

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Diseño y homologación europea CE de un
velero catamarán de 13,5 metros de eslora**

Joaquín QUIJANO MELERO



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Julio 2007





- 1. Introducción**
- 2. Especificación Técnica**
- 3. Normativa Aplicada**
- 4. Estudio Estadístico**
- 5. Dimensionamiento Preliminar**
- 6. Diseño de la Carena**
- 7. Diseño de Apéndices**
- 8. Distribución de Interiores**
- 9. Diseño de la Cubierta**
- 10. Diseño del Plano Vético**
- 11. Escantillonado**
- 12. Pesos y CDG**
- 13. Estabilidad**
- 14. Presupuesto**



PFC

1. Introducción

1. Introducción



1

Introducción





PFC

2. Especificación Técnica

2. Especificación Técnica



- **Catamarán con características de crucero.**
- **Doce personas en navegaciones diurnas.**
- **Diez personas en navegaciones nocturnas.**
- **Dispositivos eléctricos que faciliten el gobierno.**
- **Desplazamiento importante.**
- **Distribución de interiores espaciosa y cómoda.**



PFC

3. Normativa Aplicada

3. Normativa Aplicada



- Real Decreto 297 / 1998 del 28 de Febrero.
- Crucero de Categoría A (Oceánico).

“Los barcos encuadrados en esta categoría están diseñados para viajes largos en los que los vientos puedan superar la fuerza diez (Escala Beaufort), y alturas de olas de siete metros, siendo autosuficientes en gran medida”.



PFC

4. Estudio Estadístico

4. Estudio Estadístico



- **Base de Datos con 22 barcos.**
- **Características principales.**
- **Tablas con valores máximos, medios y mínimos.**
- **Gráficas de dispersión de puntos.**



4

Estudio Estadístico

Nº	Nombre	Loa (m)	Lwl (m)	B (m)	B casc. (m)	Dist casc. (m)	Francobord o (m)	T sin orza (m)	T con orza (m)	Desp. (kg)	Despl. max (kg)	Motor (cv)
1	Tobago 35	10,6		7,09	1,77	3,54	1,25	0,96	0,96	7240	8525,00	36
2	Antigua 37	11,37	10,9	6	1,28	3,42		0,95	0,95	4500	5865,00	36
3	Privilege 37	11,17	10,37	6,56	1,73	3,1		1,2	1,2	6800	8025,00	56
4	Lagoon 38	11,55	11	6,5	2,06	2,37	1,54	1,15	1,15	5000	6265,00	36
5	Athena 38	11,6		6,6	1,6	3,45	1,22	1	1	5800	7365,00	50
6	Prot Escala 39	11,9	10,66	5,6	1,62	2,35		0,95	0,95	7100	8725,00	60
7	Fast Cat 395	12,01	11,49	6,27	1,95	2,37		1	1	5500	7055,00	40
8	Nautitech 40	12,19	11,5	6,5	1,37	3,68	1,28	1,2	1,2	6600	8425,00	54
9	Lavezzi 40	12,19		6,5	1,6	3,28		1,1	1,1	6200	7965,00	60
10	Lagoon 410	12,37	11,67	7,09	1,94	3,2		1,2	1,2	6800	8660,00	54
11	Venezia 42	12,6		6,95	1,7	4,78		1,2	1,2	6800	8685,00	54
12	Belize 43	13		7	1,71	3,58	1,44	1,3	1,3	8600	10395,00	60
13	Catana 43	13,1	12,8	7,3	2,05	3,2		1,25	2,5	10500	12415,00	60
14	Fast Cat 435	13,16	12,59	7,49	1,95	3,59	1,31	1,12	1,12	6500	8265,00	60
15	Privilège 435	13,45	12,6	7,07	1,98	3,1		1,35	1,35	12000	14015,00	80
16	Advantage 44	13,45	12,49	8,45	2,3	3,85		0,55	2,4	7750	9905,00	42
17	Lagoon 44	13,61	12,75	7,7	2,24	3,2	1,5	1,3	1,3	10500	12725,00	80
18	Privilege 465	14,34	13,64	7,33	1,86	3,59		1,15	2,47	10500	12515,00	80
19	Lagoon 470	14,1	13,2	7,9	2,53	2,82		1,2	1,2	9500	11550,00	76
20	Catana 471	14,3	13,8	7,5	2,09	3,31	1,69	0,8	2,3	12000	14555,00	80
21	Nautitech 475	14,5	13,9	14	1,92	3,75	1,13	1,2	1,2	11230	13325,00	112
22	Bahia 46	14,5	13,71	7,3	1,86	3,57	0,96	1,3	1,3	9500	11905,00	76



4

Estudio Estadístico

Cap. Comb. (l)	Cap. Agua (l)	Camarotes	WC	Capacidad (personas)	Categoría Diseño
120	400	3 dobles + 2 indiv.	1	8	C
150	450	4 dobles	2	8	C
180	470	3 dobles	2	6	C
200	300	4 dobles	2	8	C
200	600	4 dobles	2	8	C
160	700	4 dobles	2	8	C
300	300	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
270	600	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
250	560	4 dobles	4	10	B
200	800	4 dobles y 1 ind	4	9	B
330	600	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
300	540	4 dobles y 2 indiv.	4	10	B
360	600	4 dobles y 2 indiv.	4	10	B
500	500	4 dobles y 2 indiv.	4	8	B
380	680	4 dobles	2	10	B
400	800	4 dobles	2	10	B
750	900	3 dobles	2	6	B
380	680	4 dobles	2	10	B
400	600	4 dobles y 3 indiv	4	11	B
800	800	4 dobles y 2 indiv	4	10	B
400	740	4 dobles	4	10	B
400	860	4 dobles y 4 indiv.	4	12	B



Valores Mínimos

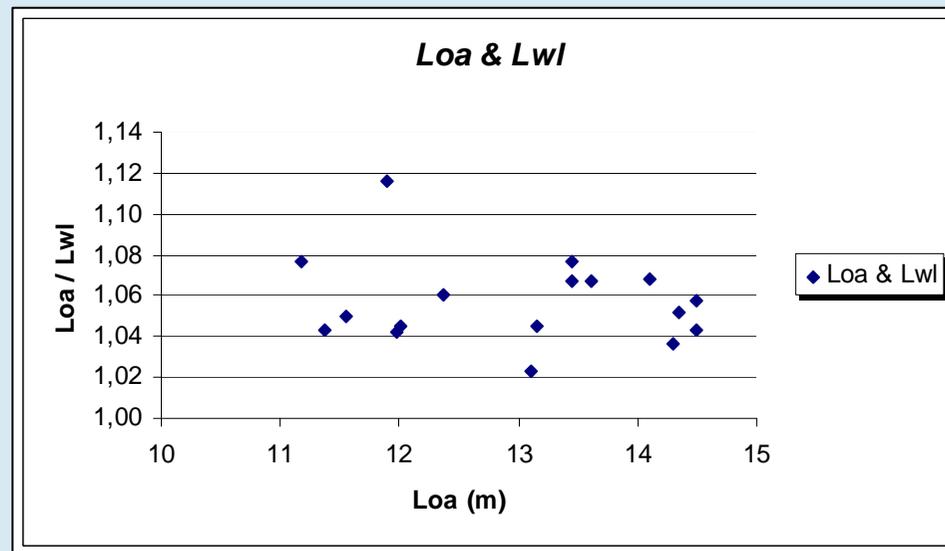
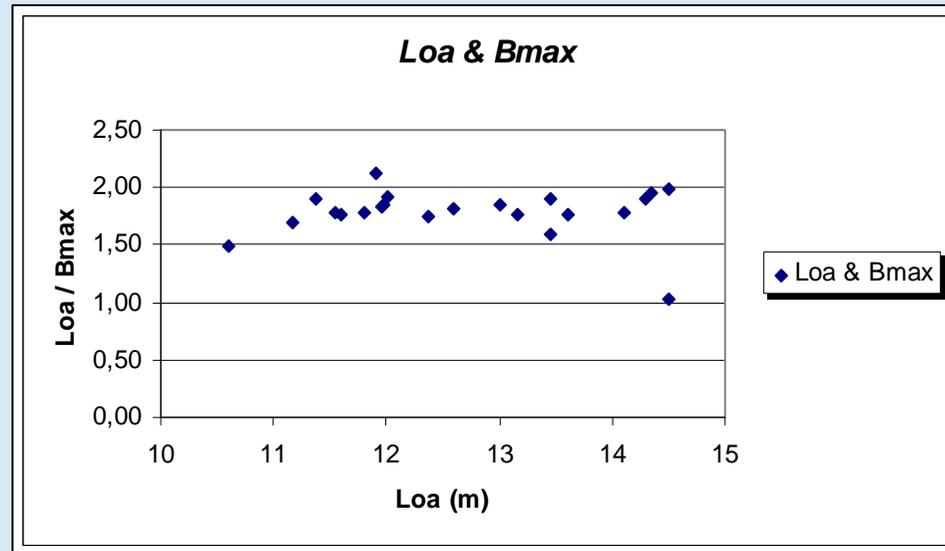
Loa	10,6
Lwl	10,37
B	5,6
B casc.	1,28
Francobordo	0,96
T sin orza	0,8
T con orza	0,95
Desp.	4500
Motor	36
Cap. Comb.	120
Cap. Agua	300

Valores Medios

Loa	12,55
Lwl	12,135
B	9,8
B casc.	1,905
Francobordo	1,325
T sin orza	1,05
T con orza	1,71
Desp.	8250
Motor	74
Cap. Comb.	460
Cap. Agua	600

Valores Máximos

Loa	14,5
Lwl	13,9
B	14
B casc.	2,53
Francobordo	1,69
T sin orza	1,3
T con orza	2,47
Desp.	12000
Motor	112
Cap. Comb.	800
Cap. Agua	900





4

Estudio Estadístico





4

Estudio Estadístico





4

Estudio Estadístico





4

Estudio Estadístico





4

Estudio Estadístico







5. Dimensionamiento Preliminar



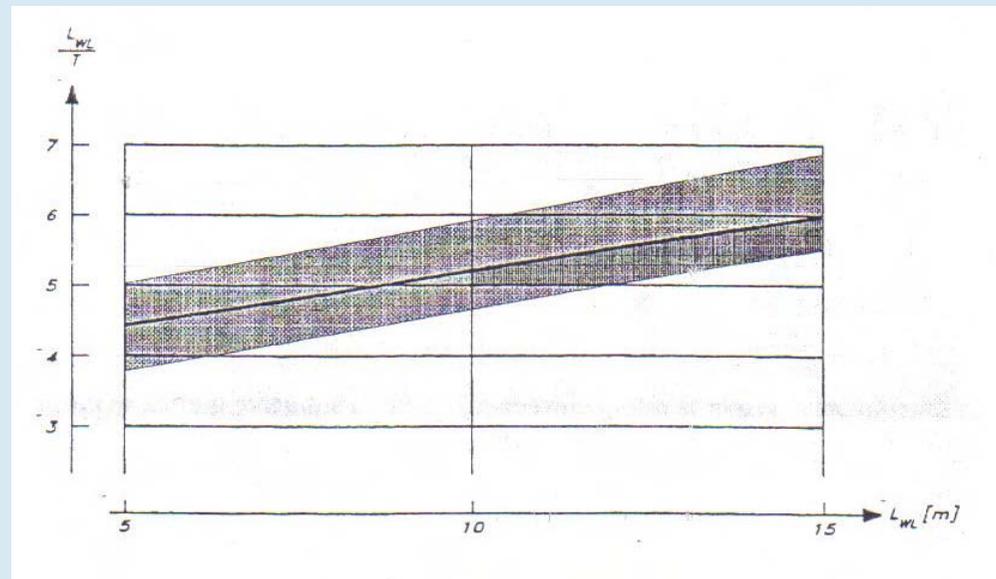
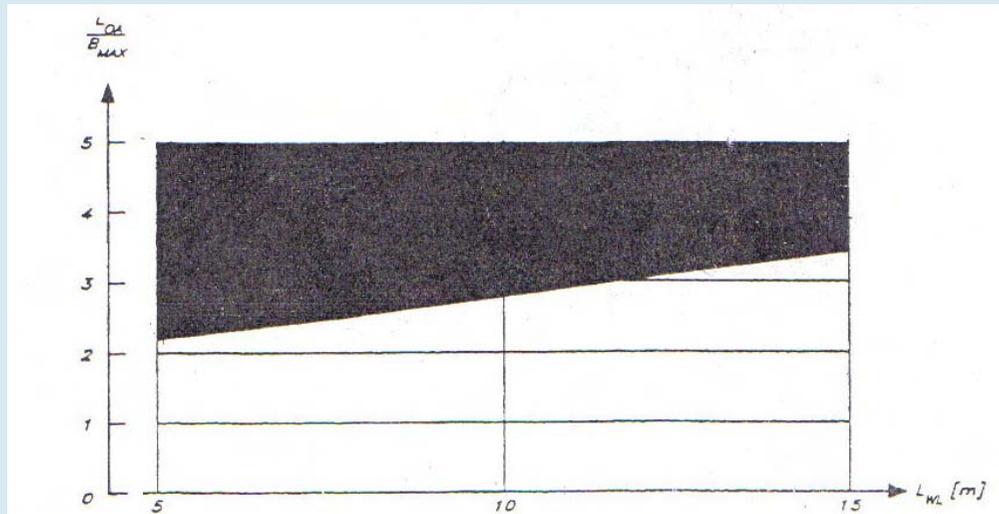
Las dimensiones principales de la embarcación son las siguientes:

1. Eslora Total
2. Eslora en Flotación
3. Manga Máxima
4. Ancho de Flotadores
5. Calado Máximo
6. Desplazamiento en rosca
7. Superficie Vélica ceñida
8. Potencia
9. Capacidad combustible
10. Capacidad agua
11. N° Pasajeros



5

Dimensionamiento Preliminar





Eslora Total	13,50 m
Eslora en la flotación	12,676 m
Manga máxima	7,5 m
Calado máximo	2,30 m
Calado en el casco	0,65 m
Desplazamiento rosca	10.200 Kg
S.V. ceñida	90 m²
Potencia	2*40 Hp
Capacidad combustible	400 L
Capacidad agua	800 L
Nº pasajeros	10-12



PFC

6. Diseño de la Carena

6. Diseño de la Carena



- **Los objetivos fundamentales a cumplir por la carena son:**
 - 1. Formas estilizadas.**
 - 2. Adecuada distribución de interiores.**

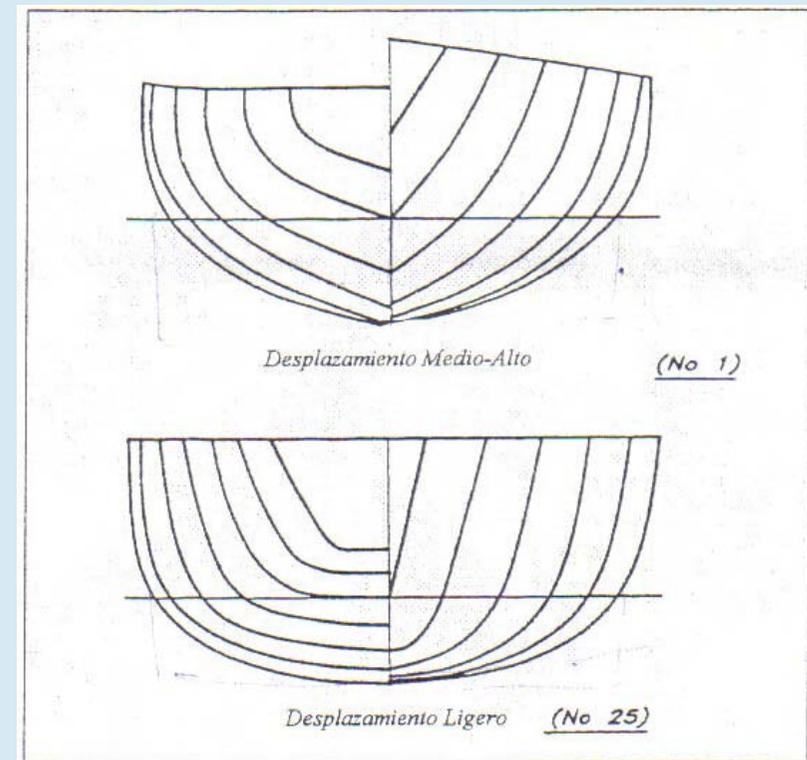
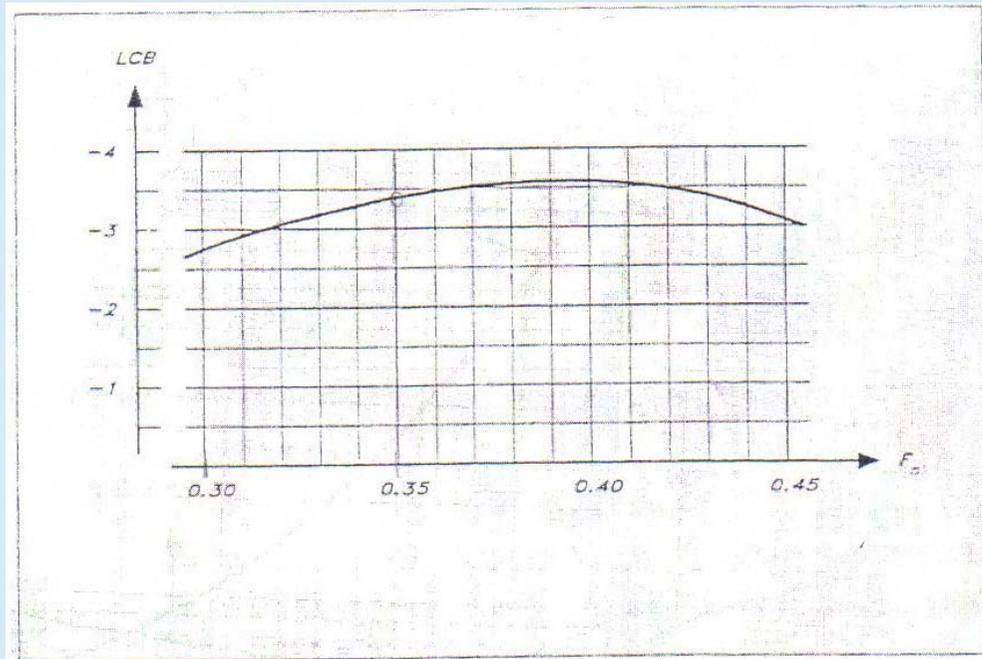


- Los parámetros necesarios para definir la carena son:
 1. Superficie Mojada (SV/SM)
 2. Número de Froude ($0,35 < Fn < 0,45$)
 3. Posición Long. del Centro de Carena (S. Delft)
 4. Coeficiente Prismático (S. Delft)
 5. Desplazamiento Diseño ($\Delta r < \Delta d < \Delta t$)
 6. Tipo de carena (S. Delft)
 7. Francobordo en proa (Larsson)
- Modelización de formas mediante Maxsurf (Plano de Formas).



6

Diseño de la Carena





Parámetros principales:

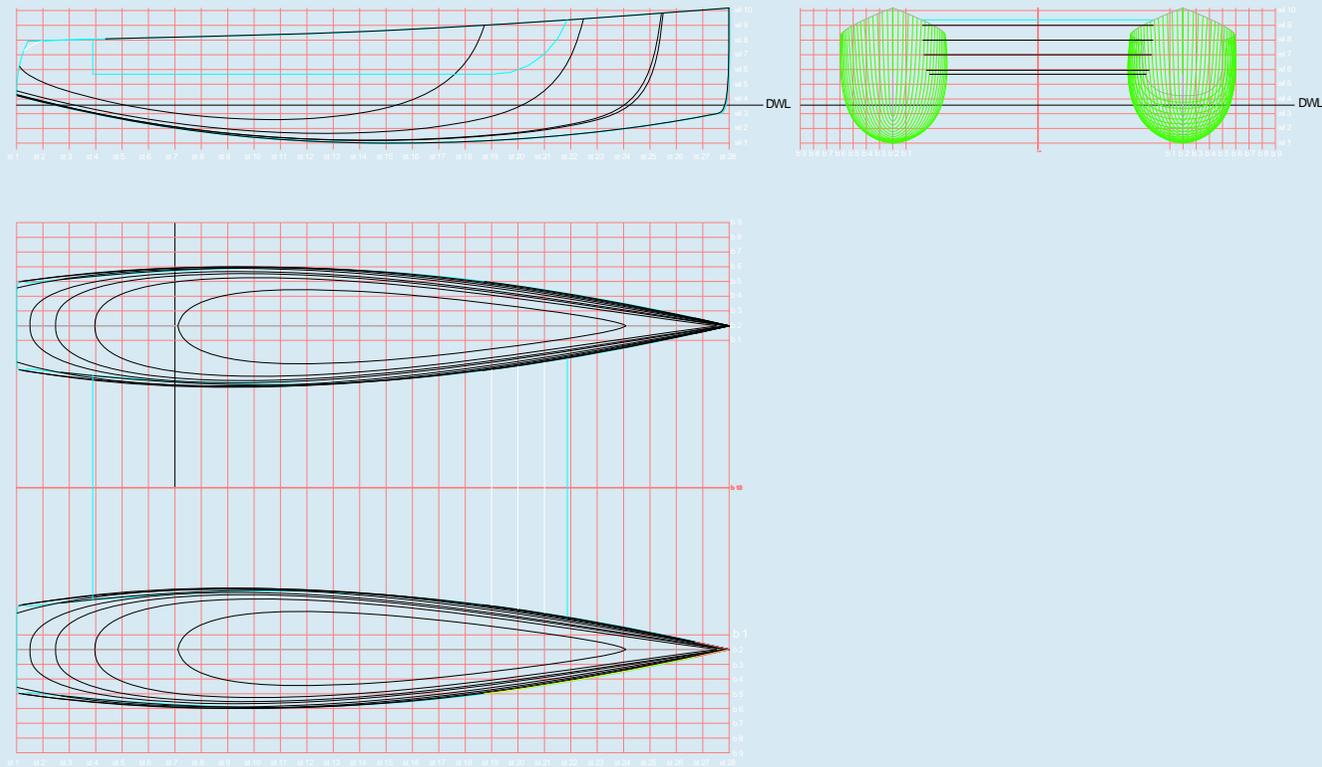
Superficie mojada	115,28 m ²
Número de Froude	0,3986
Posición centro carena	3,6 %
Coeficiente prismático	0,598
Desplazamiento diseño	$\Delta d=11500$ kg.
Francobordo en proa	1,65 m



6

Diseño de la Carena

Plano de Formas:





PFC

7. Diseño de Apéndices

7. Diseño de Apéndices



En este capítulo explicaré el proceso llevado a cabo para calcular y dimensionar los apéndices de la embarcación; estos son:

7.1. Diseño de la Orza.

7.2. Diseño del Timón.



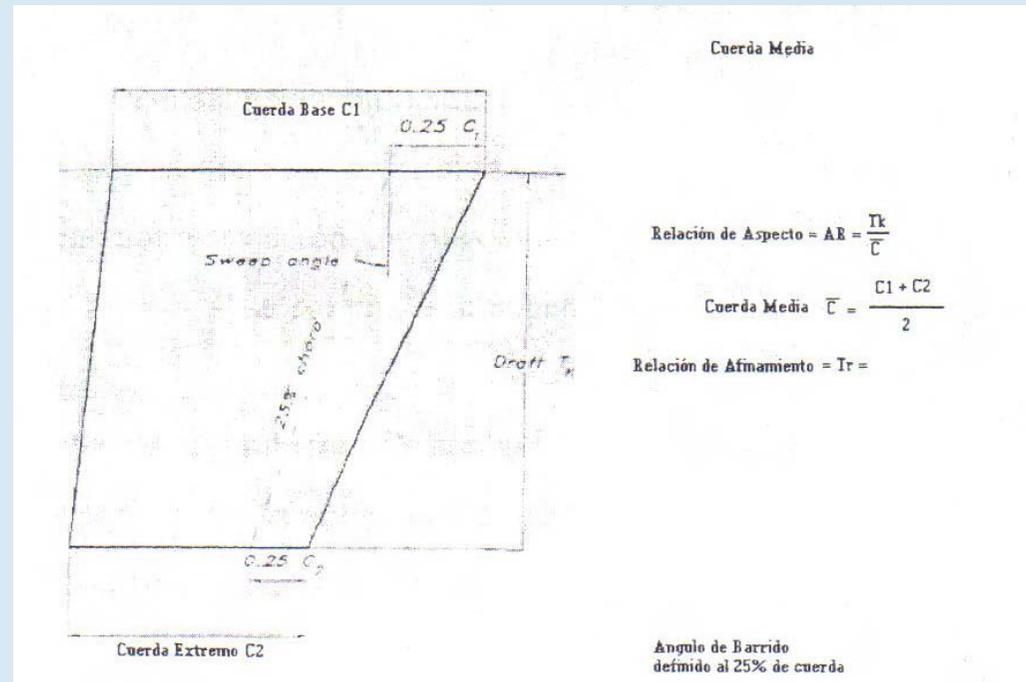
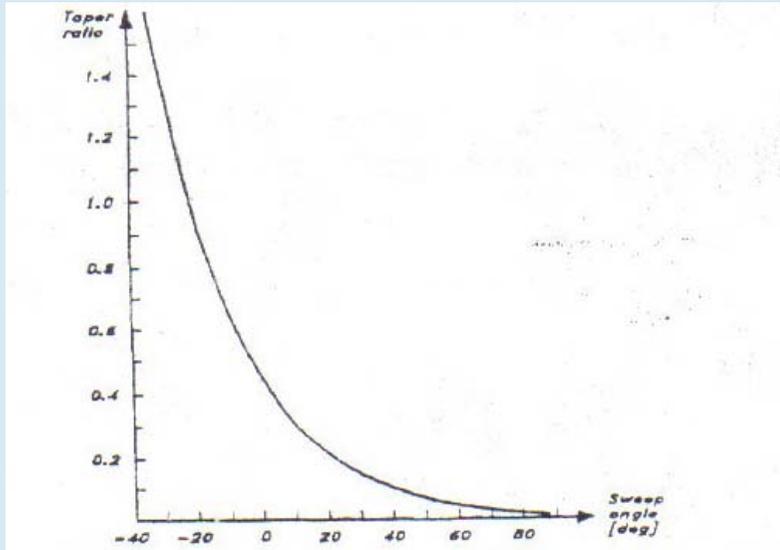
7.1. Diseño de la Orza:

- Superficie Proyectada (S_p/SV)
- Calado de la Orza ($S_p = C_m * T_k$)
- Cuerda Media ($C_m = (C_1 + C_2)/2$)
- Ángulo de Barrido
- Relación de Afinamiento (C_2/C_1)
- Cuerda en la Base
- Cuerda en el Extremo
- Relación de Aspecto ($AR = T_k/C_m$)



7

Diseño de Apéndices





Ángulo de barrido: $\alpha = 0^\circ$.

Relación de afinamiento: $C2 / C1 = 1$.

Cuerda en la base: $C1 = 1.05$ m.

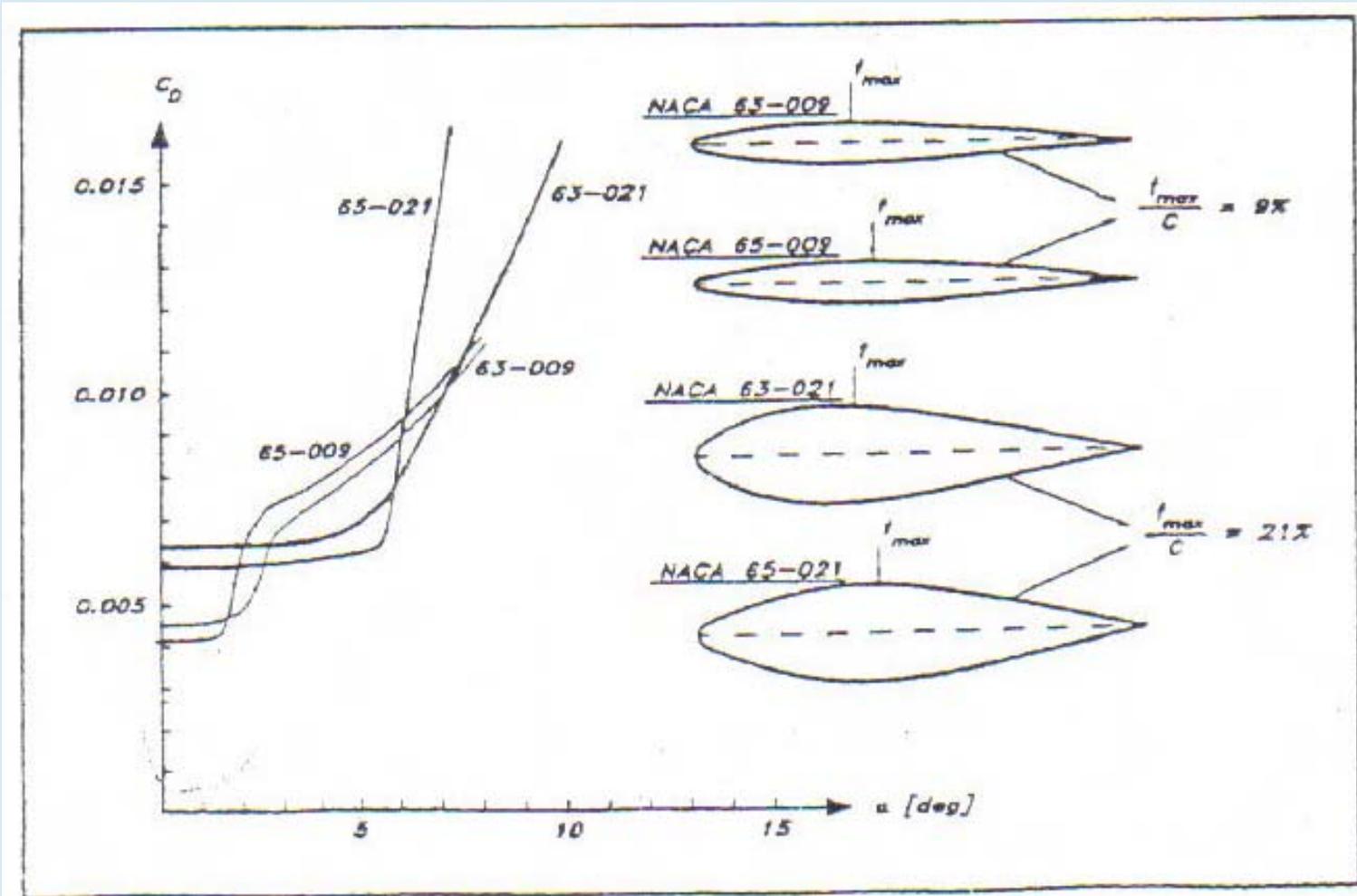
Cuerda en el extremo: $C2 = 1.05$ m.

Calado de la orza: $Tk = 1,50$ m.

Cuerda media: $\hat{C} = 1,05$.

Superficie proyectada de la orza: $Sp = 1,575$ m².

Relación de aspecto : $ARe = 1,428$





7.2. Diseño del Timón:

- **Superficie Proyectada**
- **Calado del Timón**
- **Cuerda Media**
- **Relación de Aspecto**
- **Ángulo de Barrido**
- **Relación de Afinamiento**
- **Cuerda en la Base**
- **Cuerda en el Extremo**



Ángulo de barrido: $\alpha = -20^\circ$.
Relación de afinamiento: $C2 / C1 = 1$.
Cuerda en la base: $C1 = 0,71$ m.
Cuerda en el extremo: $C2 = 0,71$ m.
Calado de la orza: $Tk = 0,7$ m.
Cuerda media: $\hat{C} = 0,714$ m.
Superficie proyectada de la orza: $Sp = 0,45$ m².
Relación de aspecto efectiva: $ARe = 0,98$



PFC

8. Distribución de Interiores

8. Distribución de Interiores



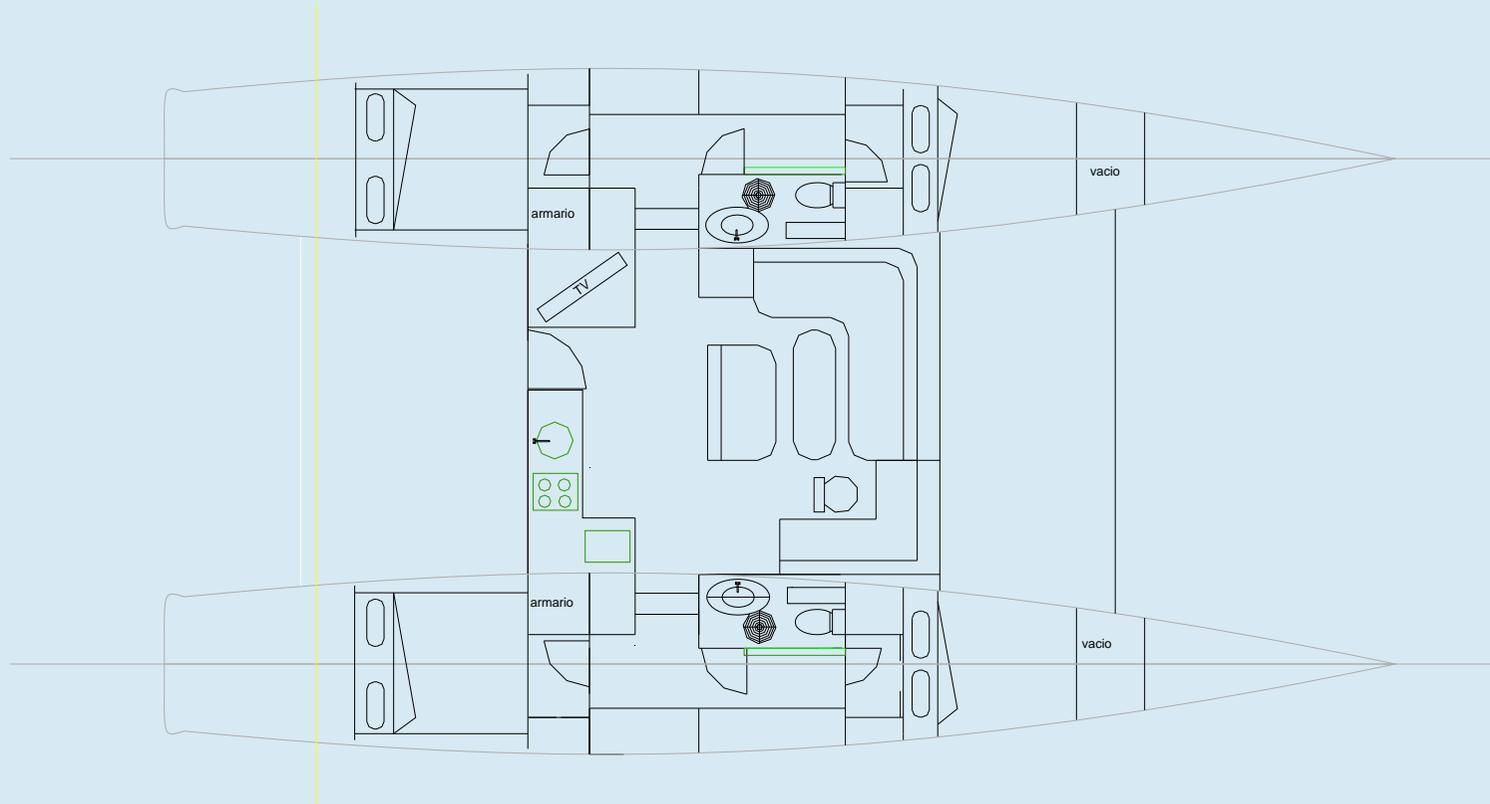
Los interiores de la embarcación se distribuyen de la siguiente forma:

- 1. Camarotes de Popa**
- 2. WC**
- 3. Bañera**
- 4. Casco Central**
- 5. Camarotes de Proa**



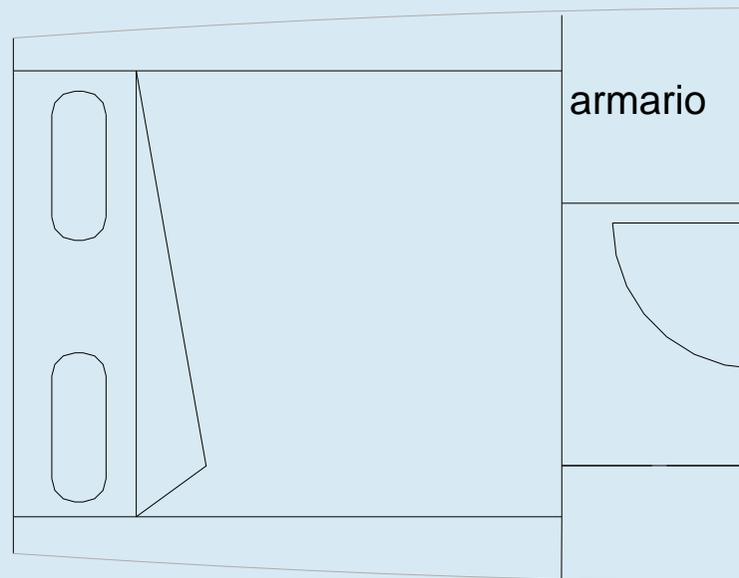
8

Distribución de Interiores



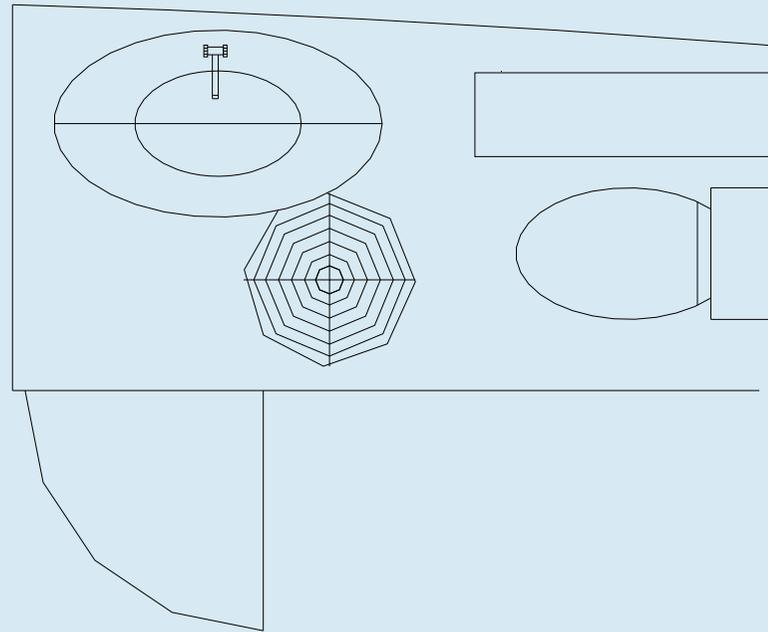


8.1. Camarotes de Popa:



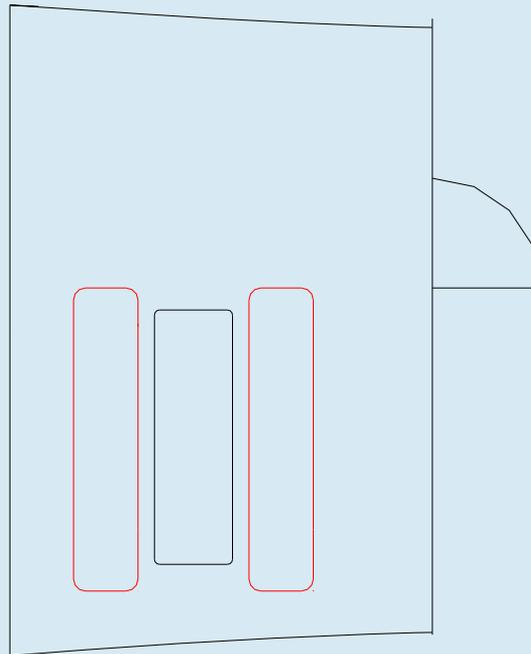


8.2. WC:



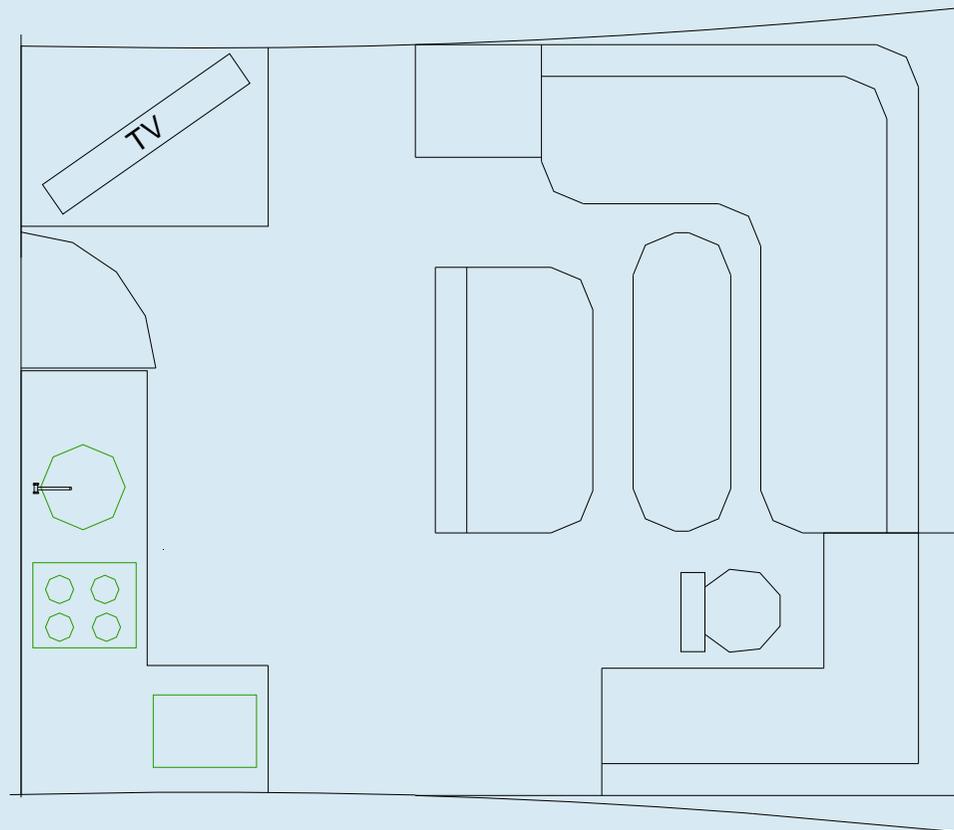


8.3. Bañera:



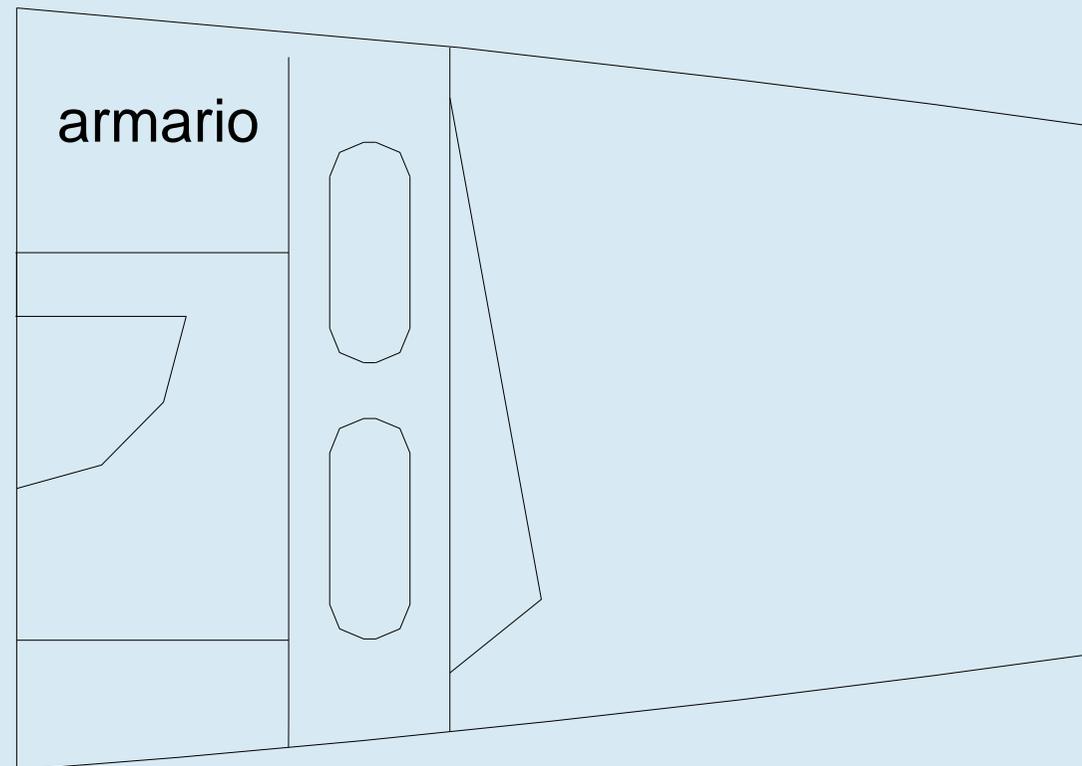


8.4. Casco central:





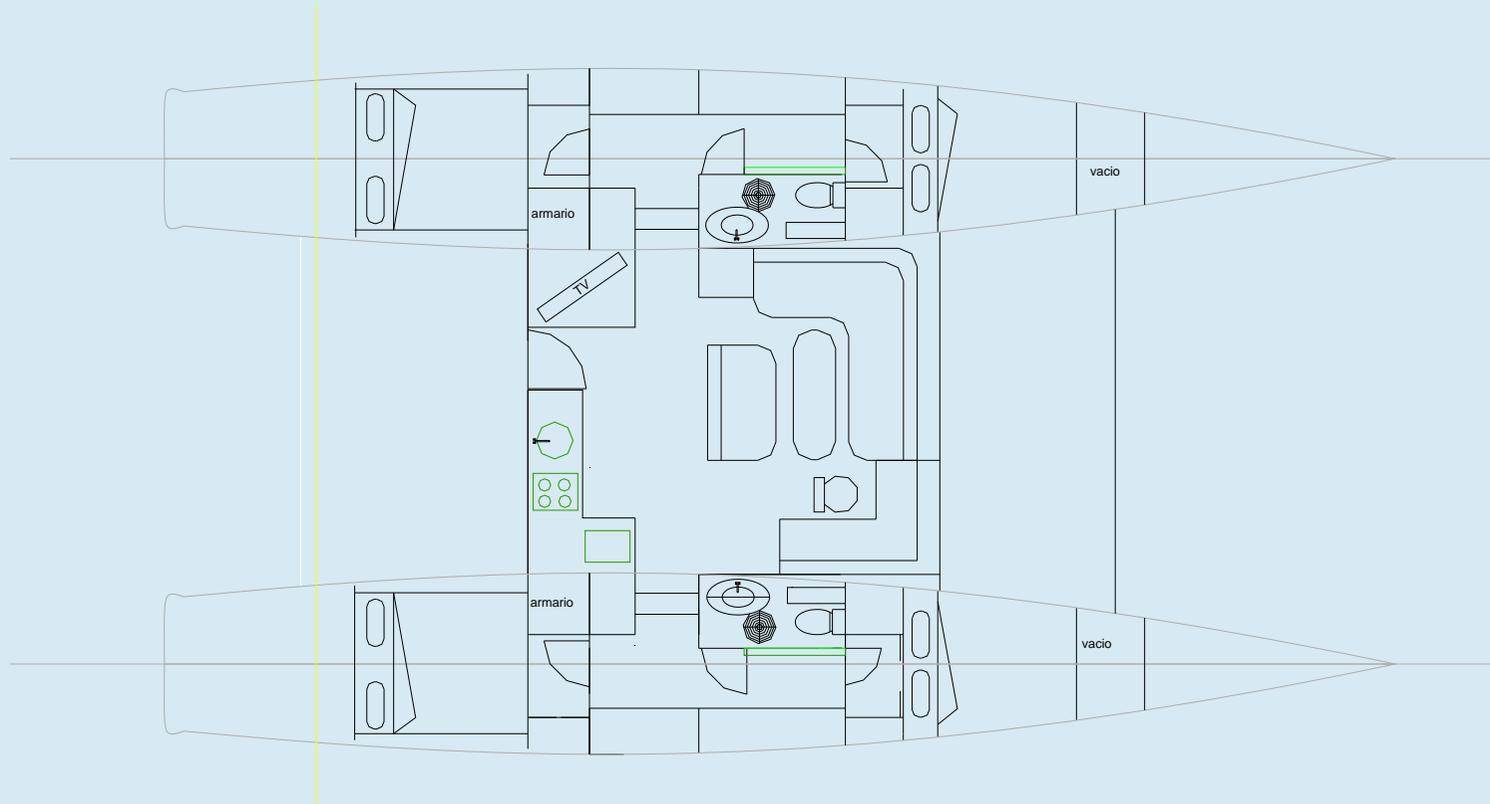
8.7. Camarote de Proa:





8

Distribución de Interiores

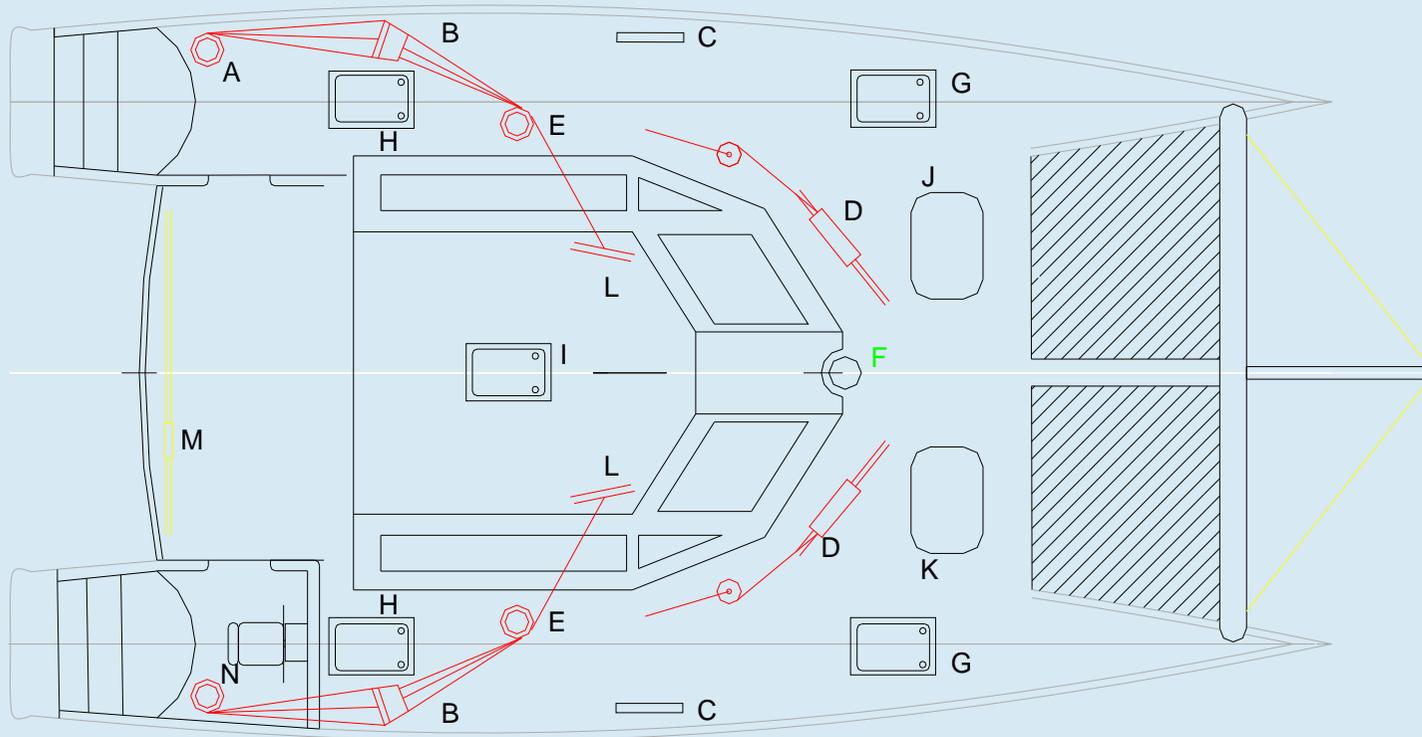




PFC

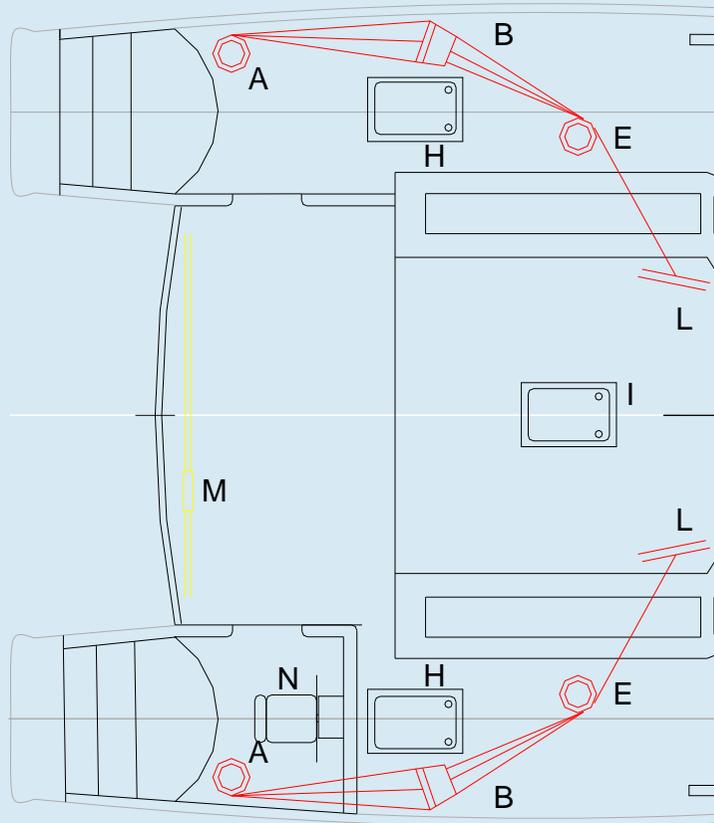
9. Diseño de la Cubierta

9. Diseño de la Cubierta





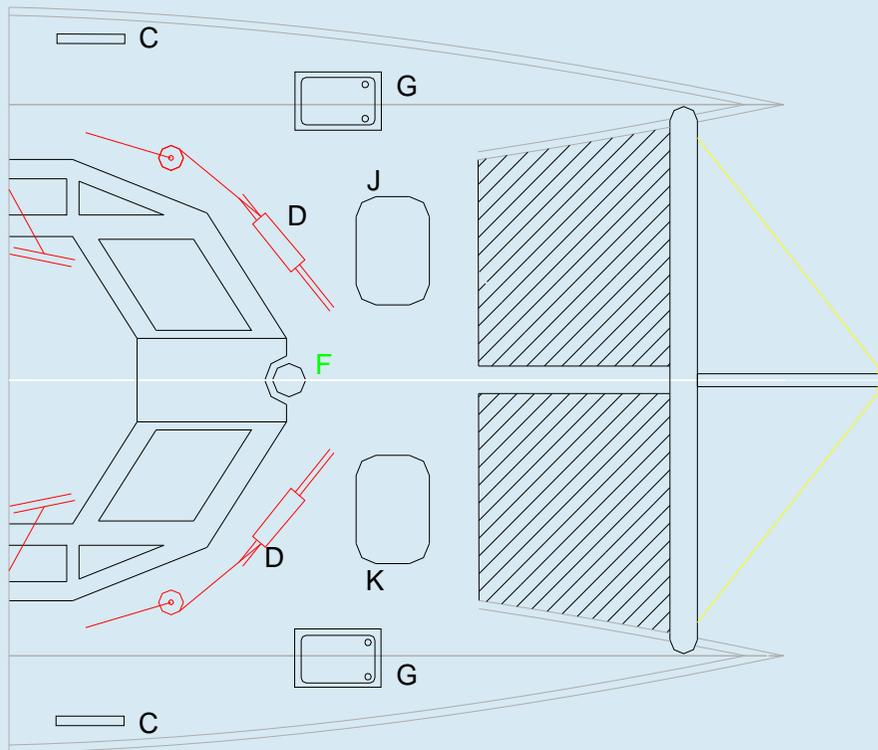
1. Mitad de popa:



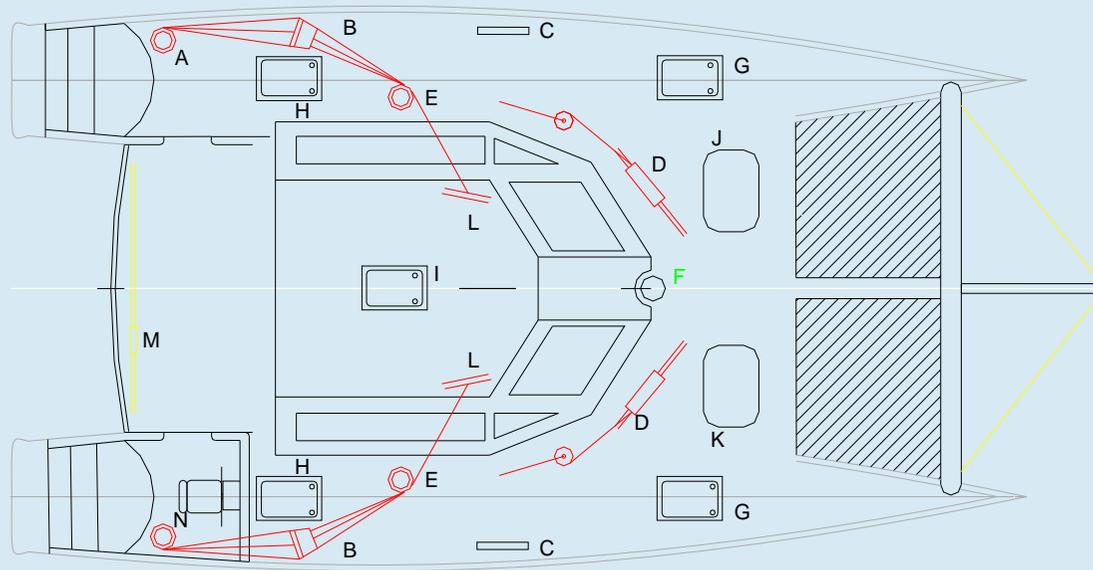
- A- Winches Popa**
- B- Organizer**
- E- Winches Centrales**
- H- Escotilla Popa**
- I- Escotilla Central**
- L- Carro Genova**
- M- Carro de la Mayor**
- N- Zona Gobierno**



4. Cuerpo de proa:



- C- Cornamusas**
- D- Carros de Foque**
- G- Escotilla Proa**
- J- Pañol Ancla**
- K- Pañol velas**
- F- Mástil**





PFC

10. Diseño del Plano Vélido

10. Diseño del Plano Vélido



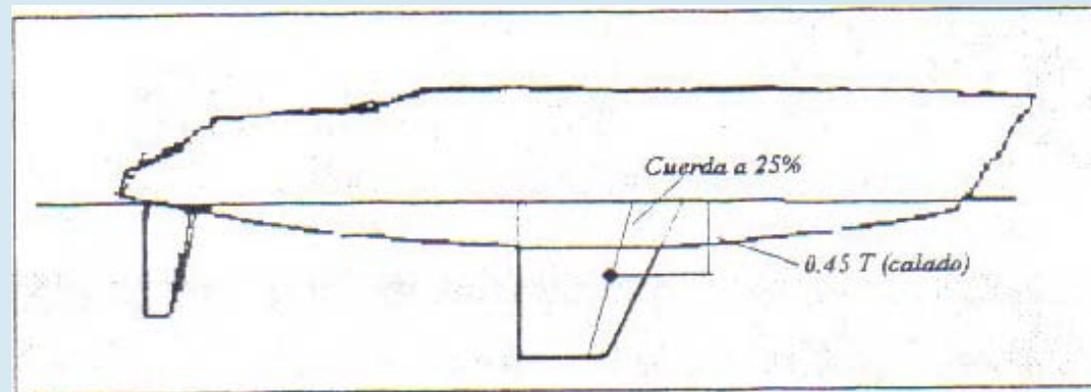
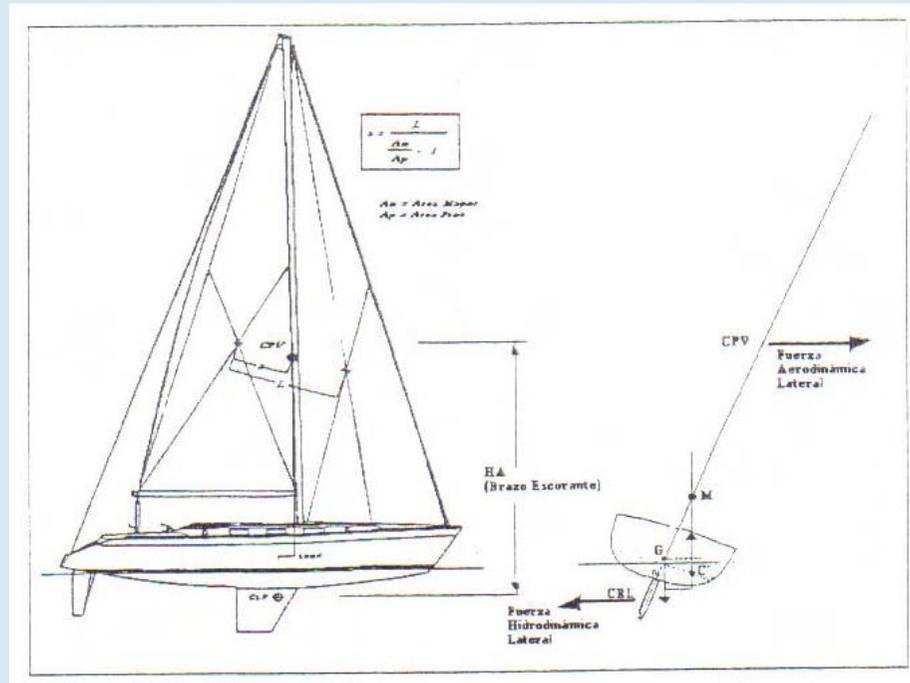
10

Diseño del Plano Vélido

Nº	Nombre	Mayor (m ²)	Genova (m ²)	Spinnaker (m ²)	i (m)	j (m)	p (m)	e (m)	Area Mayor (m ²)	Area Proa (m ²)	Superf. Velica proyect. (m ²)
1	Tobago 35	40	28	68	10,6	3,48	11,7	4,9	28,67	18,44	47,11
2	Antigua 37	44	24	68,6							
3	Privilege 37	48	32								
4	Lagoon 38	79	52	85	12,51	3,46	13,09	5,39	35,28	21,64	56,92
5	Athena 38	50	35	85	14,3	3,49	15,1	5,4	40,77	24,95	65,72
6	Prot Escala 39	44,2	22,6	145,7							
7	Fast Cat 395			97							
8	Nautitech 40			87	14,83	3,8	16,16	5,9	47,67	28,18	75,85
9	Lavezzi 40	55	35	90							
10	Lagoon 410	56	36								
11	Venezia 42	60	41	92							
12	Belize 43	67	44		17,57	4,21	17,94	6,4	57,41	36,98	94,39
13	Catana 43										
14	Fast Cat 435	74	39,5	113	15,79	4,21	17,37	6,05	52,54	33,24	85,78
15	Privilage 435	64	47	110							
16	Advantage 44	65	57,9								
17	Lagoon 44	71,3	43,6	125	16,15	4,24	17,05	6,5	55,41	34,24	89,65
18	Privilege 465	76	52	140							
19	Lagoon 470	66	35	111							
20	Catana 471			148	15,61	4,9	18,06	6,2	55,99	38,24	94,23
21	Nautitech 475			115,6	14,3	4,48	16,26	7,29	59,27	32,03	91,30
22	Bahia 46	72	50	120	15,7	4,59	14,43	7	50,51	36,03	86,54



- **Dimensionamiento de las velas:**
 1. Aparejo tipo Sloop a Tope.
 2. S.V. vela de Proa (I, J)
 3. S.V. vela Mayor (P, E)
 4. GZ a 30° por Hydromax
 5. CPV (CGD de las velas)
 6. CRL (K. Nomoto)
 7. GM (Maxsurf)
- **Cálculo del Aparejo.**



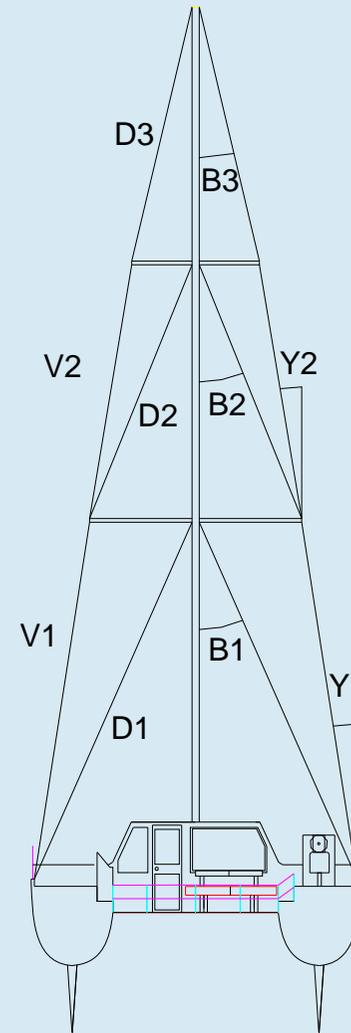
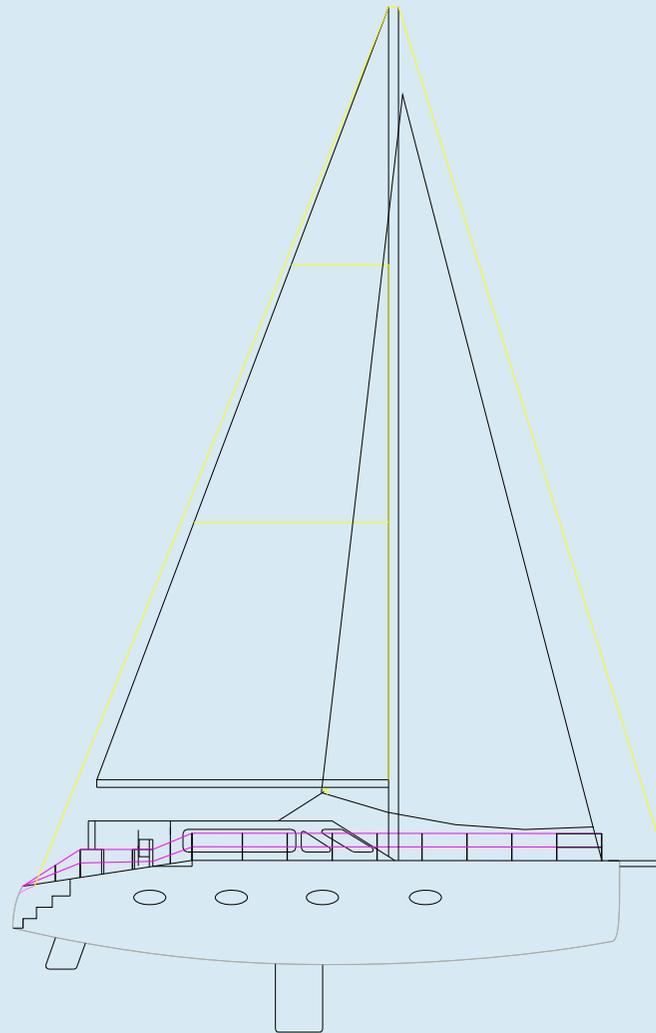


S.V. total :	90 m2
S.V.mayor :	55 m2
S.V.proa :	35 m2
P :	17.05 m
E :	6,5 m
I :	16.15 m
J :	4.24 m
GM :	1,801 m
KG :	1,15 m
HA :	13,88 m
Δd :	11.500 Kg



10.1. Cálculo del Aparejo:

- Principles of Yacht Design (Larsson)
 - I, J, P, E
 - $GZ30^\circ$ (Hydromax)
 - Momento adrizante a 30° (RM30°)
 - Par adrizante (RM)
1. Obenques (Thu, Thl, Tbu)
 2. Stay y Backstay (Pfo, Pa)
 3. Mástil (I_x, I_y)
 4. Botavara (F_v, F_h, SM)
 5. Crucetas (I, SM, Ms)





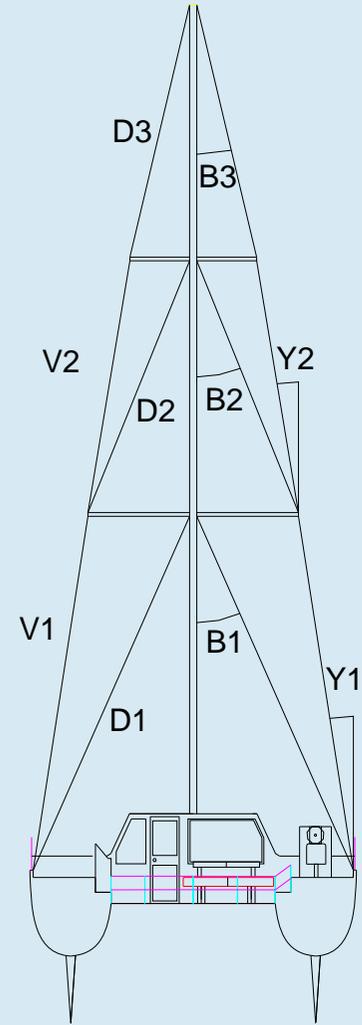
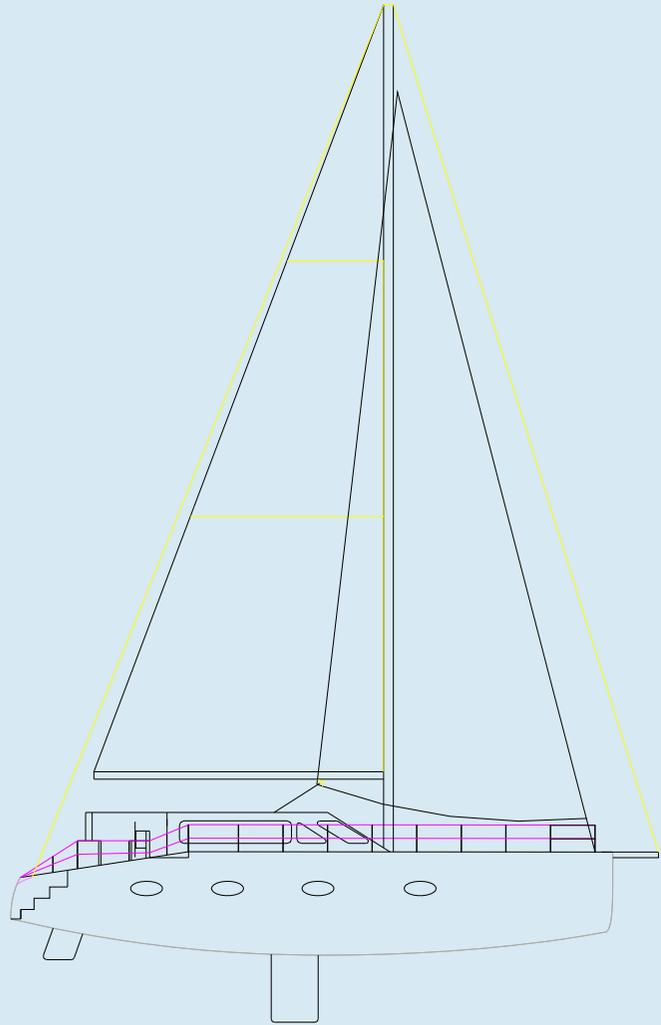
1. Obenques:		Tension: (N)	C.Rotura: (N)	L (m)	P / L : (kg / m)	P: (kg)	Diam: (mm)
Obenquillos	D3	64286	192858	5,765	2,738	0,475	10
	D2	85588,73	196854,08	5,965	4,891	0,82	12
	D1	90733,31	226833,27	8,618	7,067	0,82	12
Obenques	V2	46726,6	140179,8	5,676	1,856	0,327	8
	V1	129934	415788,8	7,967	7,967	1	14

2. Stay y Backstay		Tension: (N)	C.Rotura: (N)	L (m)	P / L : (kg / m)	P: (kg)	Diam: (mm)
Stay		221890,44	310646,61	19,752	1	19,752	14
Backstay		155949,79	218329,7	20,931	1	20,931	14

3. Mástil:	M.I.Transversal:		M.I.Longitudinal:			
	Panel	Ix (mm4)	Ix (cm4)	ly	mm4	cm4
	1	47984327,7	4798,43277		68922753,81	6892,2753
	2	25576256,1	2557,62561			
	3	25576256,1	2557,62561			

4. Botavara:	Elemento:	Unidad
	Fh	81909 N
	Fv	70987,84 N
	SMh	233,35 cm3
	Smv	418,83 cm3

5. Crucetas:	Cruceta:	I (mm4)	SM (mm3)	Ms (N * mm)
	1	140923,38	165,93	38827,74
	2	25583,7	35,21	8349,28





PFC

11. Escantillonado

11. Escantillonado



- Según Lloyd's Register of Shipping (1978)
- He utilizado Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV).

A- El casco se divide en 3 zonas:

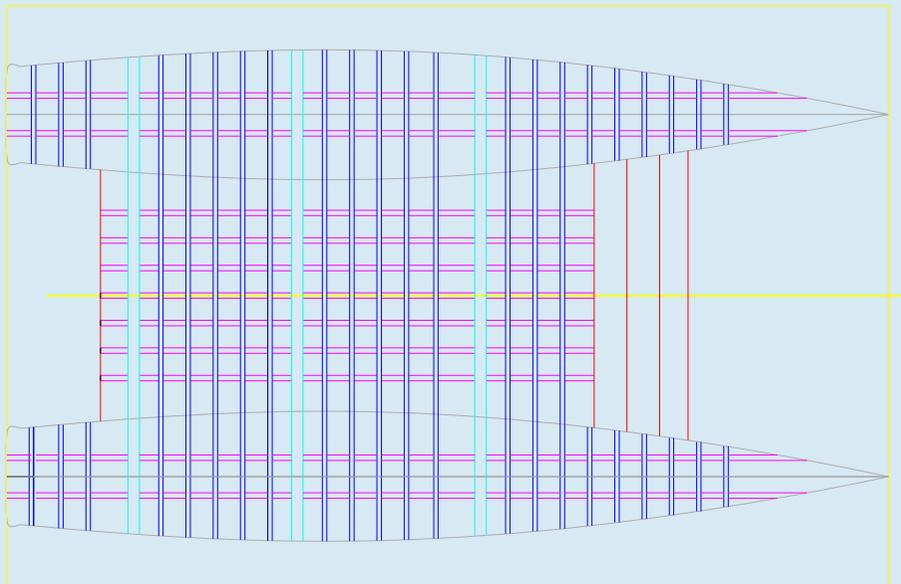
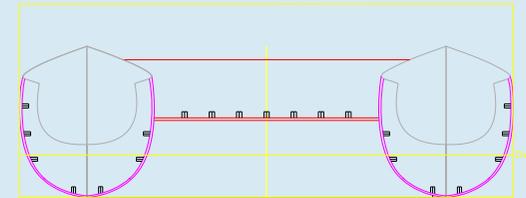
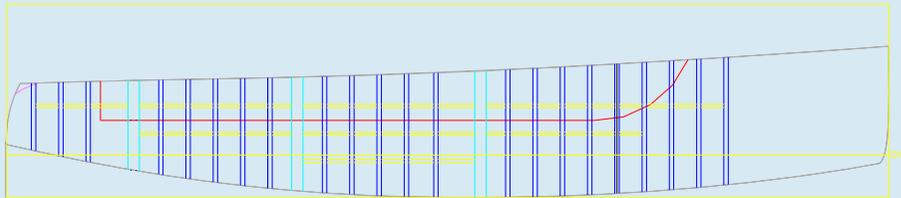
1. Costados Exteriores
2. Fondo, costados interiores y casco central
3. Quilla

B- El Reforzado del casco se divide en 3 zonas:

1. A. Transversal
2. A. Longitudinal
3. Cubierta y Superestructura



Plano de Escantillonado:





- 1. Armazón Transversal:**
 - 1.1. Varengas fondo**
 - 1.2. Cuadernas costado**

- 2. Armazón Longitudinal:**
 - 2.1. Longitudinales fondo**
 - 2.2. Longitudinales costado**
 - 2.3. Bulárcamas centro**
 - 2.4. Bulárcamas costado**

- 3. Cubierta y superestructura:**



A- Peso mínimo del Casco:

Tabla 2.5.2 : Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:						
Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos aleta y popa: (gr / m ²)	Quilla:	
		Fondo:	Costado:		Manga: (mm)	Peso: (gr / m ²)
12	410	4300	3200	5250	535	7200
13,5	417,5	4562,5	3462,5	5512,5	572,5	7500
14	420	4650	3550	5600	585	7600

1. Armazón Transversal:

Tabla 2.6.2 : Armazón transv. emb. a motor, veleros y auxiliares:			
Calado D (mm)	Espacio básico refuerzos (mm)	Módulos (cm ³):	
		V/< 3,6	
		Varengas del centro:	Cuadernas del costado:
2	410	150	55
2,675	417,5	197,5	70
3,35	425	245	85



2. Armazón Longitudinal:

Tabla 2.6.3 : Arm. long. emb. a motor, veleros y aux			
		Módulos Long. (cm3):	
Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	V/ < 3,6	
		Fondo:	Costado:
12	410	130	85
13,5	417,5	145	96,25
14	420	150	100

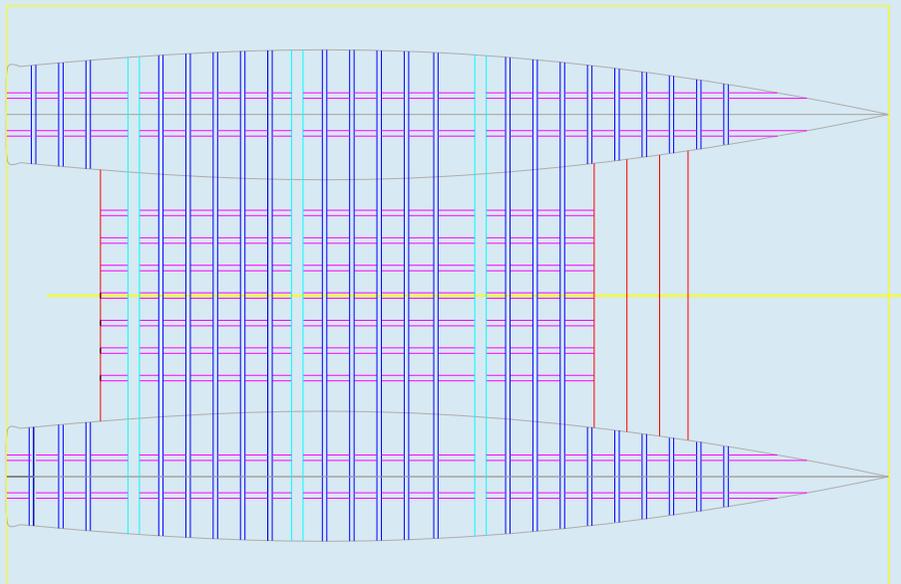
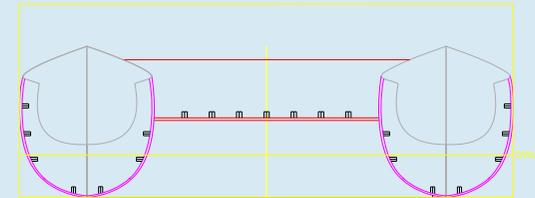
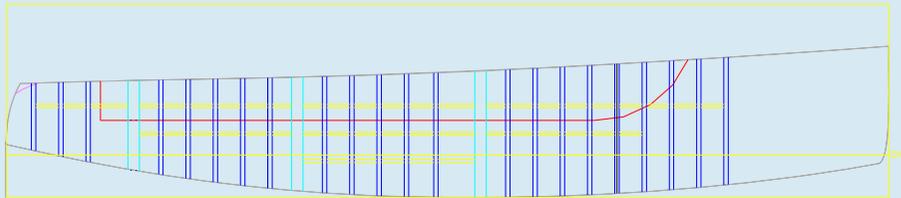


3. Cubierta y Superestructura:

Tabla 2.7.1 : Peso del laminado de cubierta superior:		
Eslora L (m)	Espaciado básico bao (mm)	Peso de la cubierta (gr / m2)
12	410	2150
13,5	417,5	2225
14	420	2250



Plano de Escantillonado:





PFC

12. Pesos y CDG

12. Pesos y CDG



- **El Peso en Rosca se divide en:**
 1. **Peso de la Estructura**
 2. **Peso de la Habilitación**
 3. **Peso de las Instalaciones**
 4. **Peso de Equipos de Cubierta**
 5. **Peso del Aparejo y Velas**
 6. **10 % Margen**

- **El Peso de la Estructura se divide en:**
 1. **Peso del Casco**
 2. **Peso de los refuerzos**



- **El Peso del Casco se divide en:**
 1. **Peso de los Costados**
 2. **Peso del Fondo**
 3. **Peso de la Quilla**
 4. **Peso Casco Central**
- **El peso de los Refuerzos se divide en:**
 1. **A. Transversal**
 2. **A. Longitudinal**
 3. **Cubierta y Superestructura**
- **El Punto Cero de referencia está en el corte del extremo de popa con la línea base.**



Peso en Rosca:

VIII) PESO EN ROSCA:

Tabla resumen:							
Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Estructura	5749,012	5,703	0,955	0,000	32789,43	5488,0	0,000
Habilitación	978,000	5,174	1,427	0,070	5060,420	1395,5	68,525
Instalaciones	1667,000	3,117	0,630	0,000	5196,500	1049,4	0,000
Equipos cubierta	91,000	4,027	1,428	0,000	366,468	129,94	0,000
Aparejo y velas	46,900	4,314	2,385	0	202,314	111,84	0,000
10% Margen	96,457	3,527	1,073	0,229	340,204	103,49	22,089
TOTAL:	8628,369				43955,33	8278,3	90,614
Peso en Rosa:							
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):			
Total	5,094	0,959	0,011	8628,369			



PFC

13. Estabilidad

13. Estabilidad



- Aplicación de la Normativa UNE en ISO-12227-2 para la evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad en embarcaciones pequeñas.
- Curvas Hidrostáticas.
- Procedimiento para el cálculo de la estabilidad.
 - Formas por Maxsurf.
 - Hydromax, condiciones de carga: Mínima operativa y Máxima carga.
 - Equilibrio.
 - Grandes Ángulos.

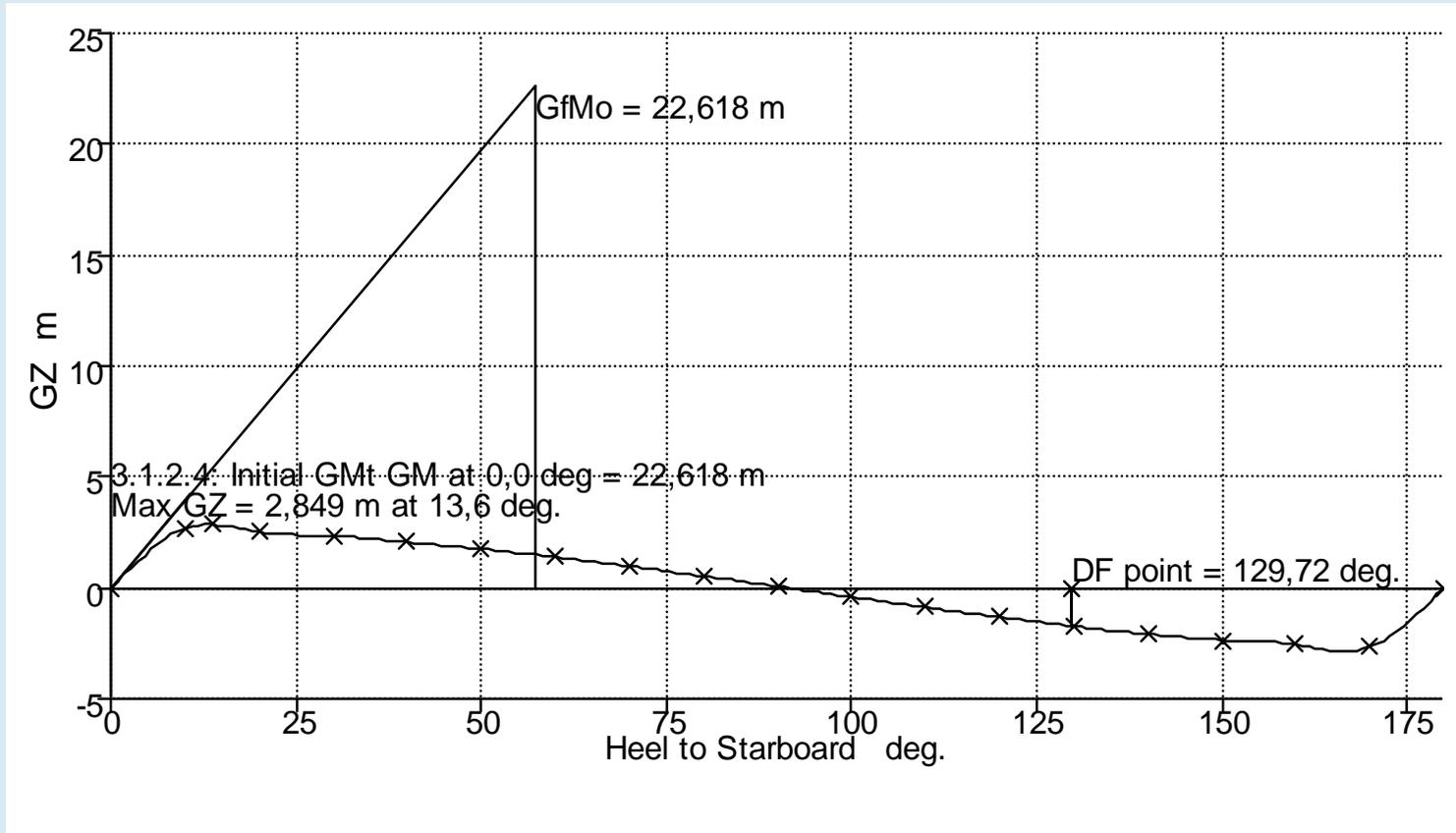


Estabilidad: Mínima Operativa.

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
v 1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	150	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	100	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	10,0	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10446	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		



1. Curva de estabilidad: Mínima Operativa.



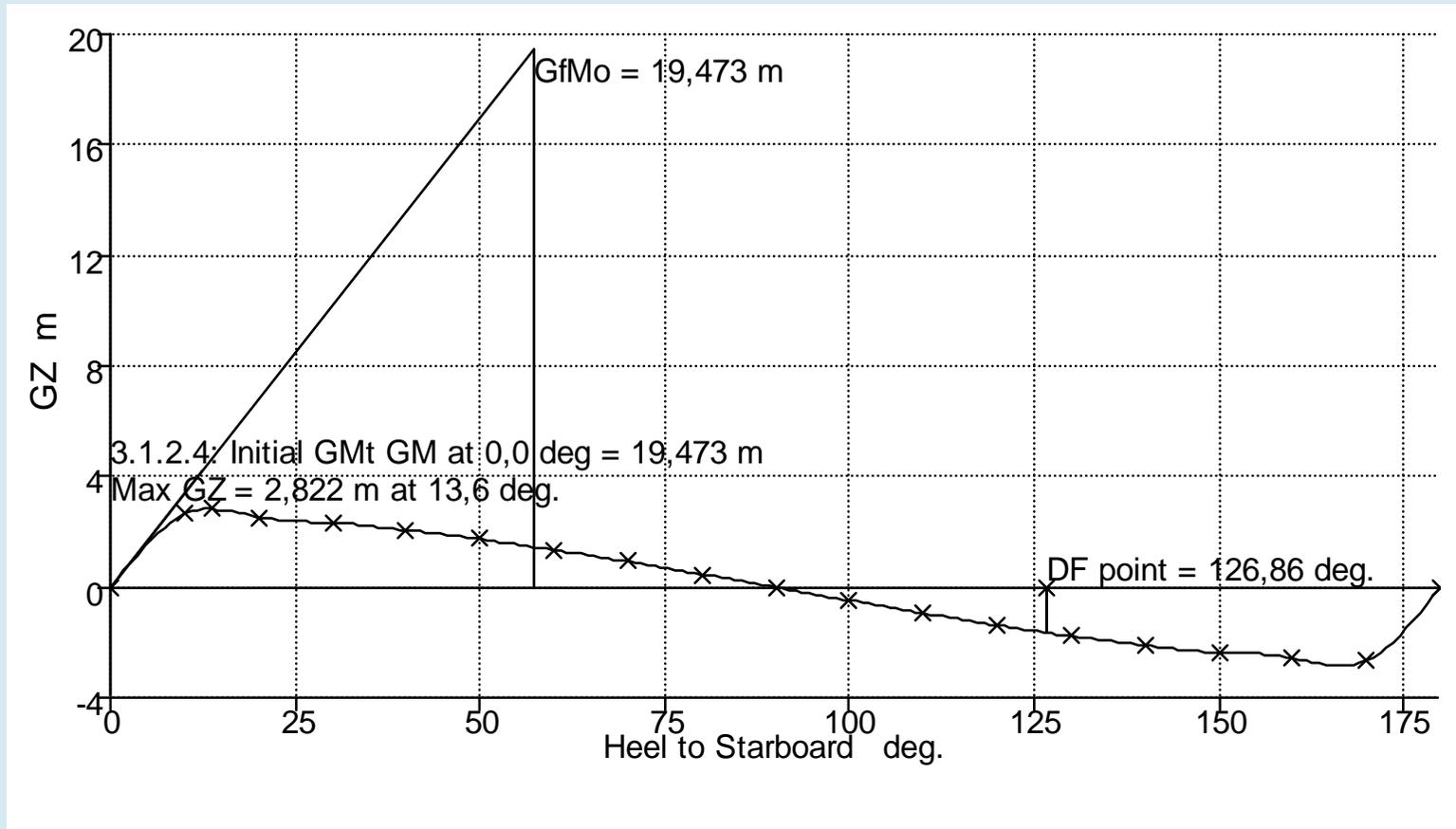


Estabilidad: Máxima Carga

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	400	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	100	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Perterchos Tripulación	1	600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertrechos Habilitación	1	150	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13136	LCG=5,651 m	VCG=1,139 m	TCG=0,00 5 m	0
1	0				FS corr.=0 m		
1	1				VCG fluid=1,139 m		



2. Curva de estabilidad: Máxima Carga





PFC

14. Presupuesto

14. Presupuesto



- Presupuesto obtenidos por medio de un estudio estadístico.
- Dificultad para obtener dichos presupuestos.
- Presupuesto estimado entre trescientos y y cuatrocientos mil euros.

Índice:

1. Introducción	1
2. Especificación Técnica	2
3. Normativa aplicada	3
4. Estudio estadístico	4
5. Dimensionamiento preliminar	5
6. Diseño de la carena	11
7. Diseño de apéndices	18
8. Distribución de interiores	24
9. Diseño de la cubierta	26
10. Diseño del Plano Vélico	28
11. Escantillado	34
12. Estimación de Pesos y CDG	39
13. Motorización	42
14. Estudio de Estabilidad	43
15. Presupuesto	46
16. Apéndices	47
17. Conclusión	48

I. Introducción:

He elegido como proyecto fin de carrera, un catamarán ya que es un tipo de embarcación que siempre me ha llamado mucho la atención, y creo que el sector de la construcción de embarcaciones deportivas tiene una importante proyección económica a medio largo plazo.

Esta embarcación está pensada para un régimen de navegación en desplazamiento, con una capacidad aproximada de unas diez ó doce personas según se trate de navegaciones nocturnas ó diurnas. De este modo, he intentado que se trate de una embarcación ante todo cómoda, en la que los espacios habitables se encuentren lo más optimizados posibles, lo que dará lugar a sensación de amplitud, comodidad y ergonomía en las formas.

Para todo esto, según vayan pasando las etapas de diseño, podremos observar que se intentará cuidar al detalle, tanto la estética, como la finalidad práctica en cada una de las zonas de la embarcación.

Intentaré utilizar como equipos de cubierta aquellos que faciliten al máximo el gobierno del barco, ayudando así a posibles tripulantes sin experiencia en navegaciones anteriores. De este modo, dispondré en cubierta la mayoría de los equipos eléctricos, y el mayor número de reenvíos posibles.

El tipo de navegación de mi embarcación será Oceánica, y estará pensada para trayectos de duración oscilante entre cinco y siete días.

2. Especificación técnica:

He elegido como embarcación un Catamarán de vela de 13.5 metros de eslora aproximadamente, para Charter. Tendrá una capacidad de diez personas en cuatro camas dobles situadas en cuatro camarotes situados, en los flotadores, un camarote en la punta de cada flotador y el sofá de la bañera central también sería otra cama doble. Esta capacidad está pensada para viajes largos en el que hubiera que pasar alguna noche. Para viajes más cortos, o en los que no hubiera que pasar noches en la embarcación podría albergar hasta un máximo de doce personas.

Será un Charter de Categoría "A" Oceánico. Este tipo de embarcaciones están diseñadas para viajes largos en las que haya que soportar fuertes vientos y oleajes importantes, por lo que será una embarcación autosuficiente disponiendo de interiores muy confortables, disponiendo en el centro de un amplio salón con una pequeña cocina con una mesa comedor para diez personas. En cada flotador y entre los camarotes se dispondrá un WC con su correspondiente ducha, mas una tercera situada en cubierta.

El uso para esta embarcación está encuadrado por las zonas del estrecho, del Mediterráneo, tanto alejados como cerca de la costa, gozará con una buena estabilidad, y no tendrá el problema de grandes escoras. Será diseñado para una fácil utilización asegurando a la tripulación maniobras cómodas y travesías confortables, estando equipado de algunos sistemas automatizados para facilitar todo lo posible la navegación. La cubierta estará lo más despejada posible para una buena circulación por ella.

Se ha diseñado la embarcación con un buen desplazamiento, para conseguir una estabilidad importante sin olvidarnos de unas formas estilizadas, una plano vélico importante para aprovechar el viento durante sus navegaciones, ayudado por dos motores para cuando de requiera.

Se pretende facilidad de manejo, y el máximo disfrute de sus propietarios.

3. Normativa Aplicada:

En cuanto a la normativa que vamos a seguir en la construcción de nuestra embarcación nos remitiremos al *Real Decreto 297 /1998 del 27 de Febrero*.

Dicho Decreto lleva a cabo la determinación de los requisitos de seguridad de aplicación al diseño y construcción de las embarcaciones de recreo, de las embarcaciones de recreo semiacabadas y también de los componentes a que se refiere el artículo siguiente, para su comercialización y puesta en servicio en España.

El alcance de su aplicación comprende a las embarcaciones de recreo de todo tipo, independientemente de cómo se propulsen y siempre y cuando tengan una eslora que esté entre 2,5 y 24 metros. También están recogidas en este Real Decreto aquellas clases de embarcaciones que se usen con fines de fletamiento o de entrenamiento para la navegación de recreo, siempre que hayan sido comercializadas con fines recreativos.

Antes de producir y comercializar los productos regulados en este Real Decreto, el constructor o su representante autorizado establecido en la Unión Europea deberá cumplimentar los siguientes procedimientos de evaluación de conformidad, según la categoría de diseño de las embarcaciones referidas en el apartado 1 del [anexo I](#).

1. Para las categorías A y B: Embarcaciones de menos de 12 metros de eslora de casco: [anexo VI](#). Embarcaciones entre 12 y 24 metros de eslora de casco: alguno de los siguientes: [Anexo VII](#), [XI](#) o [XII](#)
2. Para la categoría C: Embarcaciones entre 2,5 y 12 metros de eslora de casco([Anexos V](#) o [VI](#)).Embarcaciones entre 12 y 24 metros de eslora de casco ([anexos VII](#), [X](#) o [XII](#))
3. Para la categoría D: embarcaciones ente 2,5 y 24 metros de eslora de casco:([Anexo V](#))

Las definiciones de las *categorías de diseño* son las siguientes:

A.- Océánicas: Aquellas embarcaciones diseñadas para viajes largos en los que los vientos pueden superar fuerza 8 (escala Beaufort) y las olas la altura significativa de 4 metros o más. Son embarcaciones autosuficientes en gran medida.

B.- En alta mar: Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de fuerza 8 y altura de la ola de hasta 4 metros.

C.- En aguas costeras: Embarcaciones diseñadas para viajes en aguas costeras, grandes bahías, estuarios, lagos y ríos, en los que puedan encontrarse vientos de hasta fuerza 6 y olas de altura de hasta 2 metros.

D.- En aguas protegidas: Embarcaciones diseñadas para viajes en pequeños lagos, ríos y canales, en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 4 y olas de altura de hasta 0,5 metros.

4. Estudio Estadístico:

Para dicho estudio he buscado referencias primeramente en revistas relacionadas con el tema. Como la información encontrada fue escasa me decidí a seguir buscando en Internet.

La finalidad de este estudio no es otra que servir de referencia para el cálculo de las dimensiones principales de mi embarcación. Todos los datos han sido obtenidos en diversas páginas de Internet relacionadas con la venta o alquiler de todo tipo de embarcaciones de vela, en la que he podido sacar la mayoría de la información que me ha hecho falta aunque si es de reseñar que no todas las embarcaciones venían con las características completas de ahí que haya datos que no estén reflejados en las tablas.

Junto a las tablas en el documento Excel he adjuntado unos valores máximos, mínimos y medios de cada uno de los parámetros que se estudian en la base de datos. Dichas tablas sirven de ayuda a la hora de ver los intervalos en los que se mueven los valores de dichos parámetros de una forma más gráfica y sencilla. También he adjuntado unas gráficas de dispersión de puntos, obtenidas a través de Excel, las cuales sirven como otra manera de interpretar los intervalos de valores de los parámetros estudiados.

Para este estudio he tratado de acotar la búsqueda fijándome en barcos de características y dimensiones parecidas para así poder tener algún tipo de referencia actual sobre las características y equipos de esta embarcación. Este estudio se encuentra en el apéndice I, y observamos que consta de veintidós filas diferentes correspondientes a las embarcaciones tenidas en cuenta para el estudio estadístico, así como catorce columnas que se corresponden también a las distintas características o dimensiones en estos barcos. A continuación las enumero: Nombre de la embarcación, eslora total, eslora en la flotación, manga máxima, manga en cada casco, distancia entre cascos, francobordo, calado sin orza, calado con orza, desplazamiento en rosca, desplazamiento máximo, motor, capacidad de combustible, capacidad de agua, camarotes, wc, capacidad de personas, categoría de diseño, y el resto de columnas hacen referencia a las características del plano vélico, las cuales estarán detalladas en otro estudio dedicado especialmente al plano vélico. Aunque si es de reseñar que para el estudio estadístico del plano vélico faltan datos que han sido imposible encontrar.

5. Dimensionamiento Preliminar:

Hemos recopilado una lista de embarcaciones, para el estudio estadístico, sacando los intervalos de valores máximos y mínimos, el cual vamos a utilizar para obtener los valores preliminares de las dimensiones principales del barco.

Los valores preliminares de las dimensiones principales de la embarcación son las siguientes:

5.1. Eslora Total (Loa):

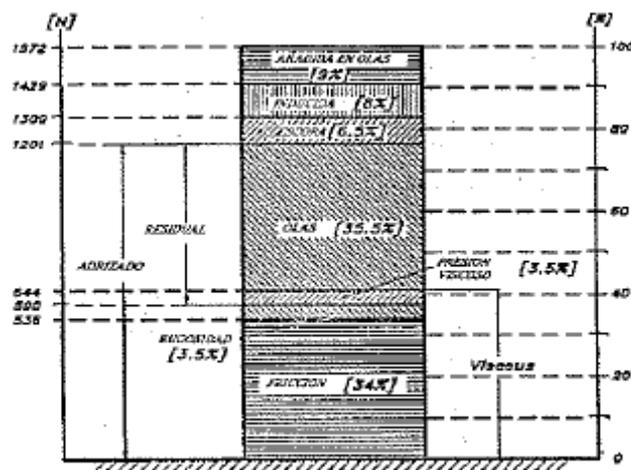
Es la distancia medida horizontalmente entre los puntos más salientes de proa y popa.

La eslora total es un dato de partida para el diseño, y para su definición no han sido necesarios cálculos adicionales. Influirá básicamente en la habitabilidad y distribución de interiores de la embarcación, el tipo de navegación que se desee tener, así como en la manejabilidad del barco.

En el estudio estadístico realizado obtuve un rango de valores que oscilaban entre una embarcación de 12,37 metros y otras de 14,50 metros, así que tomaré como valor preliminar para la eslora total de mi catamarán 13,50 metros.

5.2. Eslora en la Flotación (Lwl):

Está definida como la medida en longitud tomada entre los dos puntos más extremos de la línea de flotación, y su valor influye principalmente en las resistencias, el lanzamiento del barco, así como el cabeceo.



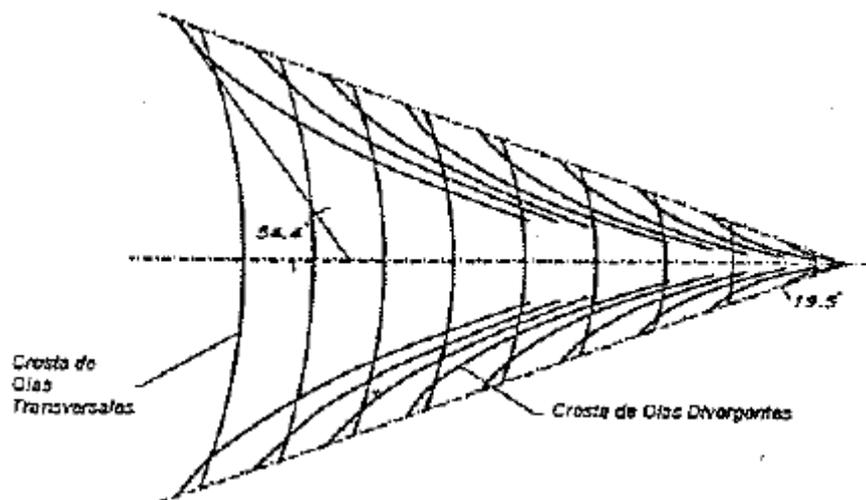
Quiero que mi catamarán tenga una velocidad razonable pero que no cabecee mucho, permitiendo a los pasajeros disfrutar de la navegación. Así, la eslora en la flotación no será demasiado grande, lo que dará como resultado unos lanzamientos considerables, disminuyendo algo la velocidad, pero reduciendo también el cabeceo y haciendo al barco más marinero. Esto conlleva el inconveniente de que, al reducir la velocidad, habrá un aumento considerable de la resistencia total (R_t), en forma de aumento de la resistencia por formación de olas (R_w), aunque también proporcionará una cierta disminución de la resistencia de fricción (R_f) debida a la disminución de la superficie mojada.

Teniendo en cuenta el estudio estadístico anteriormente realizado y viendo el rango de valores que nos ha salido en la relación $Loa \neq Lwl$, (1.02 – 1.08). Vamos a tomar un valor algo superior a la media de 1.05 ya que buscamos una embarcación con características más bien marineras. Mediante unos sencillos cálculos obtenemos que para un valor de 1.065, obtendremos un posible valor de la eslora de flotación de 12.676 metros.

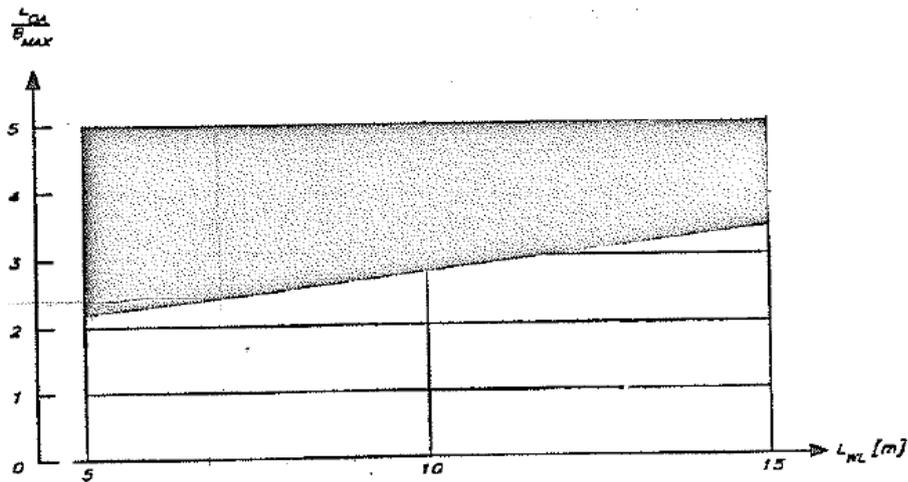
5.3. Manga Máxima ($B_{m\acute{a}x}$):

Es la máxima medida horizontal en el sentido transversal del barco, y su valor afectará directamente a la estabilidad, transversal por una parte, y por formas por la otra; así como a las resistencias desde el punto de vista hidrodinámico.

Con respecto a las resistencias, el aumento en la manga máxima, con el mismo desplazamiento, conllevará un aumento en la resistencia total (R_t) debido al aumento de la resistencia de fricción (R_f) por el aumento de la superficie mojada del barco, de la resistencia de presión de origen viscoso (R_{pov}) debido al aumento del gradiente de presiones del cuerpo de salida de la embarcación, y por último, de la resistencia por formación de olas (R_w), ya que las formas de proa resultarán más llenas.



En relación a la estabilidad, sabemos que al aumentar la manga, a igualdad de desplazamiento, se producirá un aumento de la estabilidad transversal; en el caso de mi embarcación quiero tener en los cascos interiores amplios para tener buena comodidad en viajes largos tomando un valor alto de manga máxima que me permita disponer de camas dobles en proa y popa de cada casco, siempre intentando no descuidar el poder disponer de una velocidad adecuada.



Teniendo en cuenta lo que deseo para la embarcación y los datos obtenidos en el estudio estadístico en la relación $L_{NL} \# B_{max}$ (entre 1.50 y 2.13), tomaremos un valor preliminar algo inferior a la media (1.815), para obtener una manga algo mayor, tomamos 1.80 para obtener una manga máxima de 7.5 metros.

5.4. Ancho de los flotadores:

Es la máxima medida horizontal de cada casco en el sentido transversal del barco, y su valor afectará a las formas; así como a las resistencias desde el punto de vista hidrodinámico.

En el caso de mi embarcación he querido disponer de unos flotadores lo suficientemente anchos para tener una buena comodidad en cada uno, disponiendo de una cama doble. Hay que tener en cuenta a la hora del diseño de los cascos el hecho de que, si disponemos de un casco muy ancho pero plano por debajo, tendremos que disponer de una orza que impida el movimiento lateral o de deriva, y si por el contrario diseñamos los cascos consiguiendo que la zona bajo la flotación sea de forma mas fina o mas en "V", para que colocando una semiquilla nos valdría, para cumplir con el calado requerido.

Teniendo en cuenta los datos de la relación $B_{max} \# Dist.Casc$ (1.45 y 2.80), con un valor medio de 2.125 obtenidos en mi estudio estadístico, utilizaremos un valor ligeramente inferior (2.1) para hallar el valor de la distancia entre los cascos, vamos a sacar nuestro valor con relación a nuestra manga de 7.50 metros siguiendo los cálculos anteriormente utilizados obtendremos una distancia entre cascos de 3.57 metros. Esto significa que cada casco tendrá un ancho de 1.965 metros.

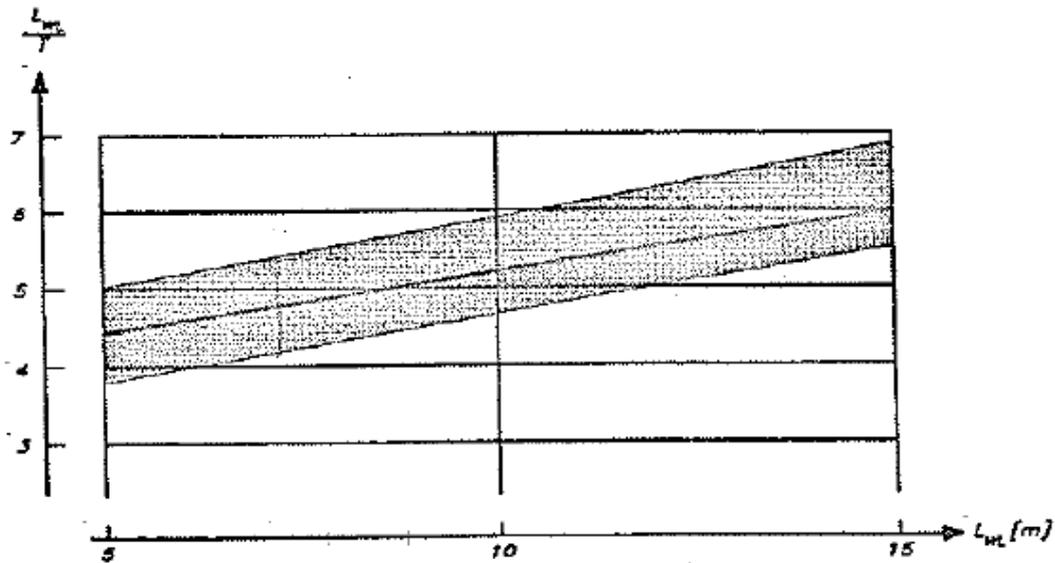
5.5. Calado Máximo ($T_{máx}$):

Es la dimensión vertical de la parte sumergida, o sea, la distancia desde donde el plano de flotación corta al casco del buque hasta el plano del canto bajo de la quilla. Se calcula como la suma del calado de casco y el calado de la orza.

Este calado máximo influirá básicamente en las zonas de navegación, así como en los puertos de atraque, siendo el inconveniente más importante a la hora de llevar a cabo el dimensionamiento preliminar de este parámetro, la magnitud de mi calado en función al máximo de acceso en dichos puertos. En este caso, quiero que el calado máximo no sea muy alto, a fin de restringir

lo menos posible la zona de navegación, y para posibilitar el acceso a los puertos que se deseen. Debida a la buena estabilidad de la que gozará no será necesario un calado muy alto aunque si dispondrá de orza para facilitar el efecto antideriva.

Teniendo en cuenta el rango de valores obtenidos para la relación $B_{max} \cdot T$ (sin orza) en mi estudio estadístico (entre 5.24 y 7.39), con un valor medio de 6.315, tomamos un valor ligeramente mayor (6.8), haciendo un rápido cálculo y tomando como nuestra B_{max} de 7.50 metros hallamos un calado de 1.102 metros.



5.6. Desplazamiento en Rosca (Δ rosca):

Es el peso de la estructura del barco, más el peso de la maquinaria con sus fluidos en circulación y sus respetos reglamentarios, más el peso del equipo y la habilitación del barco.

El desplazamiento en rosca influye principalmente en la velocidad que el barco podrá alcanzar, en la estabilidad que este tendrá, y en la amplitud y distribución de interiores.

Es evidente que cuanto menos peso tenga el barco, mayor velocidad podrá alcanzar, siempre teniendo en cuenta unas formas medianamente estilizadas, aunque por el contrario como será nuestro caso una embarcación con un desplazamiento importante implicará como es normal una velocidad menor pero aumentará la estabilidad por formas y tendremos interiores más amplios.

Lo que buscamos es, una buena y amplia distribución de interiores para ganar en comodidad y habitabilidad, sacrificando algo de velocidad.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio estadístico y los tipos de catamaranes que han sido incluidos, voy a elegir como valor preliminar del desplazamiento en rosca de 10200 kg.

5.7. Superficie Vélica Ceñida ó Proyectada (SVceñ):

La superficie vélica de ceñida es la que se obtiene tras llevar a cabo los cálculos durante la fase de proyecto del barco. Será menor que la superficie vélica real.

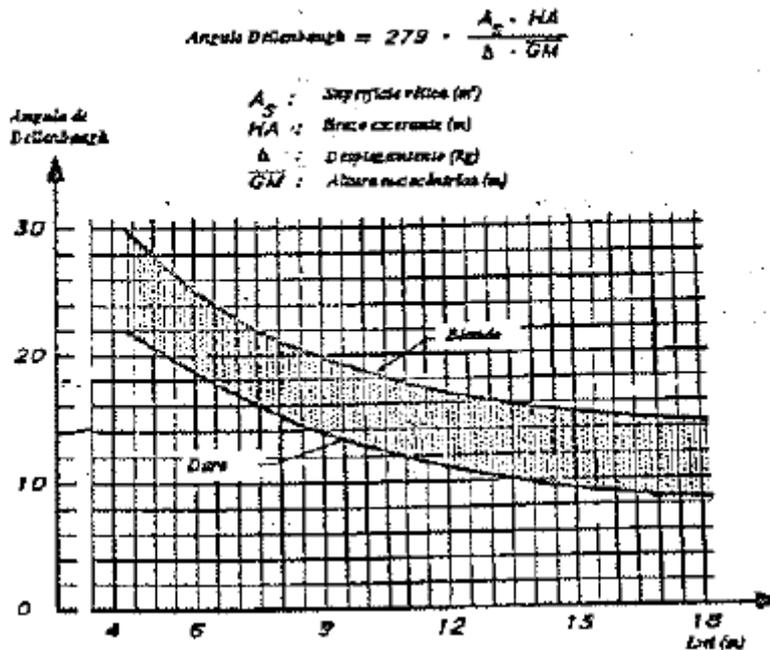
La superficie vélica ceñida influirá básicamente en la estabilidad, ya que una superficie vélica importante acarreará un calado máximo importante también, ya que éste es el encargado de contrarrestar las fuerzas producidas por el viento en las velas.

En nuestro caso se ha intentado que haya una buena estabilidad por pesos, con un desplazamiento elevado, con una gran estabilidad por formas debido a la manga máxima tan elevada que tienen estos tipos de embarcaciones y sabiendo que tendrá un calado máximo razonable podremos tener una superficie vélica bastante grande, mejorando de esta forma la velocidad de la embarcación.

Para la elección de la superficie vélica, también tendremos en cuenta la zona de navegación, mar Mediterráneo cerca de las costas, y sabremos que no resulta excesivamente conflictiva en relación a la fuerza de los vientos.

El intervalo de valores de la superficie vélica del estudio estadístico, para embarcaciones de desplazamiento entre 9.5 toneladas y 11.23 toneladas oscilan entre 86.54 y 94.23 m², intentaremos ajustarnos a estos intervalos.

Según los datos obtenidos en el estudio estadístico, de la relación $\text{Sup.Vel} \# \text{Desp}$, que hemos obtenido en el estudio estadístico (6.51 – 13.20) con una media de 9.855 tomaremos un valor inferior (8.571) en el cual obtenemos una superficie vélica de 90 m² como valor preliminar.



5.8. Potencia:

Como tenemos la posibilidad de colocar la potencia que creamos necesaria nos vamos a ceñir solo a los datos que nos proporciona el estudio estadístico, para decidir que potencia vamos a disponer.

Teniendo en cuenta el rango de Potencias obtenido en el Estudio Estadístico (entre 36 y 112 Hp), tendremos como valor preliminar para la Potencia 80 Hp, en dos motores de 40 Hp cada uno.

5.9. Capacidad de Combustible:

La capacidad de combustible viene directamente relacionada con la autonomía que la embarcación tenga, y esta a su vez, con las zonas de navegación.

Según nuestro estudio estadístico, con respecto a embarcaciones de características similares al nuestro, de la relación $\text{Cap. Comb} \div \text{Loa}$ obtenemos el siguiente intervalo de valores (entre 11.32 y 37.99), teniendo en cuenta esto y sabiendo que la media es 24.65, tomaremos un valor especialmente alto ya que tenemos que tener en cuenta el elevado número de pasajeros que tenemos con respecto a las embarcaciones que tenemos en el estudio estadístico. Vamos a utilizar 29.63, buscando que al resolver, el resultado de un tanque de 400 litros.

5.10. Capacidad de Agua:

Del mismo modo que la capacidad de combustible, la capacidad de agua tampoco es un parámetro fundamental en el cálculo de la embarcación, aunque evidentemente sí que influirá en su autonomía.

Fijándonos en los resultados obtenidos en el estudio estadístico, los barcos que guardan relación con el nuestro tanto en capacidad de combustible como en pasaje vamos a disponer de una capacidad de agua de 800 litros, dispuestos en dos tanques de 400 litros cada uno.

5.11. Número de Pasajeros:

Para poder definir adecuadamente el número de pasajeros que podrá albergar la embarcación debemos tener en cuenta el grado de complejidad para maniobrar que el barco tendrá, el tamaño y la amplitud de bañera, así como el número de camarotes y camas dobles que el barco posea.

Esta embarcación está diseñada para albergar cómodamente a doce personas pero solo para viajes diarios en los que no halla que pasar la noche. En los viajes en los que halla que hacer noche en la embarcación tendrías cama solo diez personas, ocho en camarotes situados a proa y popa de cada casco con camas dobles y dos personas que tendrían su cama en el sofá de la mesa comedor.

6. Diseño de la carena:

El objetivo principal de este capítulo es definir una serie de parámetros necesarios para definir las formas de la carena, donde algunos de esos parámetros ya han sido definidos anteriormente, buscando que cumplan con los requisitos expuestos al principio del proyecto.

Mientras que en apartado del dimensionamiento preliminar hablamos sobre la eslora total, la eslora en la flotación, la manga máxima, el calado total, etc... en este capítulo que nos ocupa, trataremos los parámetros restantes para el diseño de la carena.

Estos son: la superficie mojada (S_m), el número de Froude (F_n), la posición longitudinal del centro de carena (LCB), la velocidad de diseño ($V_{\text{diseño}}$), el coeficiente prismático (C_p), el desplazamiento de diseño ($\Delta_{\text{diseño}}$), el francobordo en proa (F_f), y el tipo de carena que la embarcación tendrá. El tema de la resistencia al avance del buque durante sus navegaciones no se ha introducido como parámetro específico, ya que se trata ampliamente a lo largo del capítulo en las diversas explicaciones de estos parámetros.

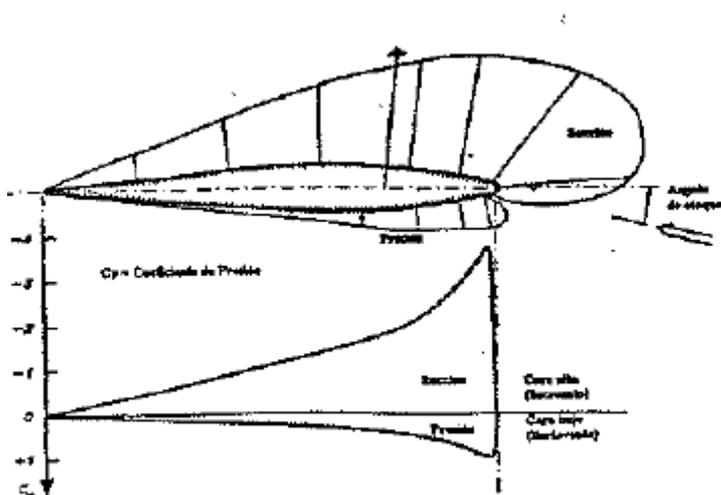
También utilizaremos el diseño asistido por computador para obtener unas formas visibles de la carena estudiada, y concluiremos con un cuadro resumen de los parámetros tratados que nos sirva como síntesis de todo lo estudiado hasta el momento.

A continuación comienzo con la explicación de los parámetros anteriormente mencionados.

6.1. Superficie mojada (S_m):

Es la superficie exterior de la obra viva ó parte sumergida del barco, y está directamente relacionada con las dimensiones principales de la embarcación así como también será parte importante cuando hablemos de las resistencias que el barco tendrá que superar en sus navegaciones.

La superficie mojada depende directamente con las dimensiones principales del barco, está aumenta cuanto mayor es la eslora, manga, calado, etc. También hay que hacer referencia a las resistencias al avance que provoca la superficie mojada, al aumentar la superficie mojada aumentan también la resistencia por fricción (R_f), variará del 80 al 85% de la resistencia total para embarcaciones lentas y un 50% para embarcaciones rápidas.



La superficie mojada también está relacionada directamente con las formas de la carena y el coeficiente prismático (C_p), el cuál nos indicará si el barco tendrá unas formas mas o menos llenas. Al ser nuestro barco de desplazamiento no va a navegar a altas velocidades, la resistencia por formación de olas no se verá afectada pero si le afectará a la resistencia por fricción que aumentará de forma excesiva, por lo que tenemos que buscar una superficie mojada pequeña para contrarrestar ese aumento de la resistencia por fricción debido a las bajas velocidades.

A la hora de calcular la superficie mojada hemos tenido que guiarnos de los resultados obtenidos por medio del programa Maxsurf, ya que los estudios realizados por Larsson no se adecuan del todo a embarcaciones del tipo de los catamaranes.

El resultado obtenido por el mencionado programa a sido una superficie mojada entorno a 115 m² de superficie mojada, para una superficie vélica de 90 m².

6.2. Número de Froude (F_n):

Es uno de los tres coeficientes adimensionales de la resistencia al avance, depende de la velocidad de diseño y la eslora del barco, e influirá principalmente en la resistencia por formación de olas (R_w).

En este apartado además de tratar el mencionado número de Froude, es casi obligatorio hacer mención a la velocidad de diseño de la embarcación, ya que ambos parámetros están íntimamente relacionados, así que diré que según comentamos en apartados anteriores, mediante los valores del coeficiente prismático, la posición longitudinal del centro de carena, y la velocidad de diseño, optimizaremos los valores de las resistencias de presión viscosa y por formación de olas; mientras que, en el cálculo de la resistencia residual, gracias a esta velocidad obtendremos los valores óptimos del coeficiente prismático y la posición longitudinal del centro de carena.

Sabemos que cuando una embarcación se mueve sobre el agua, la carena produce un reparto discontinuo de presiones que provocan olas; la longitud de estas olas generadas por el casco dependerá del número de Froude (de la eslora del barco y la velocidad a la que se mueva), y el punto a partir del cual la resistencia aumenta más rápidamente con la velocidad, es cuando la eslora en la flotación coincide con la longitud de la ola generada por el casco; Esto sucede con un número de Froude igual a 0,45.

En función de la velocidad, podremos hablar pues de tres tipos de regímenes de navegación, estos son: Régimen de desplazamiento ($F_n < 0,35$), Régimen de semi-desplazamiento ($0,35 < F_n < 0,45$), y Régimen de planeo ($F_n > 0,45$).

Habrá que tener en cuenta en la elección del número de Froude del barco, que este valor influirá directamente en otros importantes parámetros de diseño, tales como la velocidad de diseño, el coeficiente prismático, y la posición longitudinal del centro de carena.

La posición longitudinal del centro de carena influirá en la resistencia de presión de origen viscoso (R_{pov}), por formación de olas, y en la resistencia residual. En la primera de estas resistencias, una situación más a proa del centro de carena reduciría considerablemente el valor de esta, aunque conllevaría un aumento de la segunda de estas resistencias; así que habría considerar la velocidad de diseño ($V_{diseño}$) de la embarcación para estudiar cuál tendríamos que reducir para mejorar su rendimiento final.

Por otra parte, la forma de la carena a lo largo de la embarcación así como su distribución de volúmenes, afectará al tren de olas generado y a la resistencia por formación de olas; o sea, el coeficiente prismático y la posición longitudinal del centro de carena afectarán a esta resistencia.

La eslora de flotación es un dato necesario para hallar la velocidad del casco, teniendo una eslora de flotación de 41.58 pies, hacemos el cálculo y obtenemos una velocidad del casco de 8.641 nudos. Ahora hallamos el número de Froude, utilizando la velocidad del casco obtenemos un número de Froude de 0.3986.

6.3. Posición longitudinal del centro de carena (LCB):

El centro de carena es el punto de aplicación del vector empuje del cuerpo que flote en un fluido, y coincide con el centro de gravedad geométrico del volumen sumergido ó carena. La posición del centro de carena en flotaciones paralelas a la línea base (flotaciones hidrostáticas) se determina por las distancias a la quilla (KC), a la maestra (\bar{OC}), y al plano de crujía (LC). Cuando el barco se inclina longitudinal ó transversalmente, el centro de carena cambia de posición, al cambiar la forma de la carena sumergida, desplazándose hacia la banda a la que está inclinado el buque.

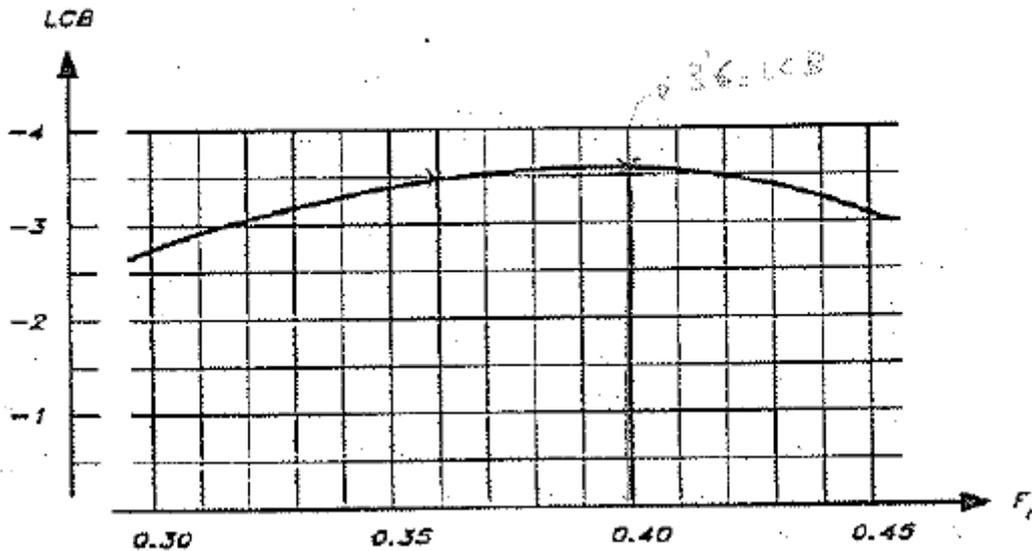
La posición longitudinal del centro de carena influirá en la resistencia de presión de origen viscoso (R_{pov}), por formación de olas, y en la resistencia residual. En la primera de estas resistencias, una situación más a proa del centro de carena reduciría considerablemente el valor de esta, aunque conllevaría un aumento de la segunda de estas resistencias; así que habría considerar la velocidad de diseño ($V_{diseño}$) de la embarcación para estudiar cuál tendríamos que reducir para mejorar su rendimiento final.

Por otra parte, la forma de la carena a lo largo de la embarcación así como su distribución de volúmenes, afectará al tren de olas generado y a la resistencia por formación de olas; o sea, el coeficiente prismático y la posición longitudinal del centro de carena afectarán a esta resistencia.

Teniendo en cuenta los razonamientos mencionados anteriormente, y sabiendo que esta embarcación navegará a velocidades relativamente bajas, podemos deducir que la resistencia que más crítica nos resultará será la de presión de origen viscoso, de modo que, nos será más favorable para reducirla en lo posible situar el centro de carena lo más a proa que se pueda, siempre manteniendo un cierto compromiso con la resistencia por formación de olas, que aunque no resulte tan crítica, nunca debemos olvidar.

Antes de elegir el valor preliminar para la posición longitudinal del centro de carena, y a modo de comparación, he utilizado como referencia las tablas empleadas en el estudio de la resistencia residual del barco. Estas tablas están basadas en un estudio llevado a cabo en base a un grupo de treinta y nueve barcos, variando estos desde el modelo número uno (correspondiente a una embarcación de desplazamiento pesado), hasta el número veinticinco (correspondiente a una embarcación de desplazamiento ligero), y son llamadas Series Delft.

Mediante estas tablas, y previo cálculo del número de Froude del barco, podremos conocer un intervalo razonable para el valor de este parámetro. Sabiendo que régimen de navegación de esta embarcación será más cercano al semidesplazamiento que al planeo, podemos deducir que su número de Froude oscilará más bien entre 0,35 y 0,45 de modo que, entrando en las tablas con estos valores obtendremos un intervalo de valores para la posición longitudinal del centro de carena que oscilará entre 3,2 y 3,6%.



Una vez dicho esto, tomaré como valor porcentual preliminar para la posición longitudinal del centro de carena un 3,6% a popa de la sección maestra, representando este valor la distancia desde la sección donde se encuentra el centro de carena hasta la sección maestra, en porcentaje de la eslora en la flotación.

6.4. Coeficiente prismático (C_p):

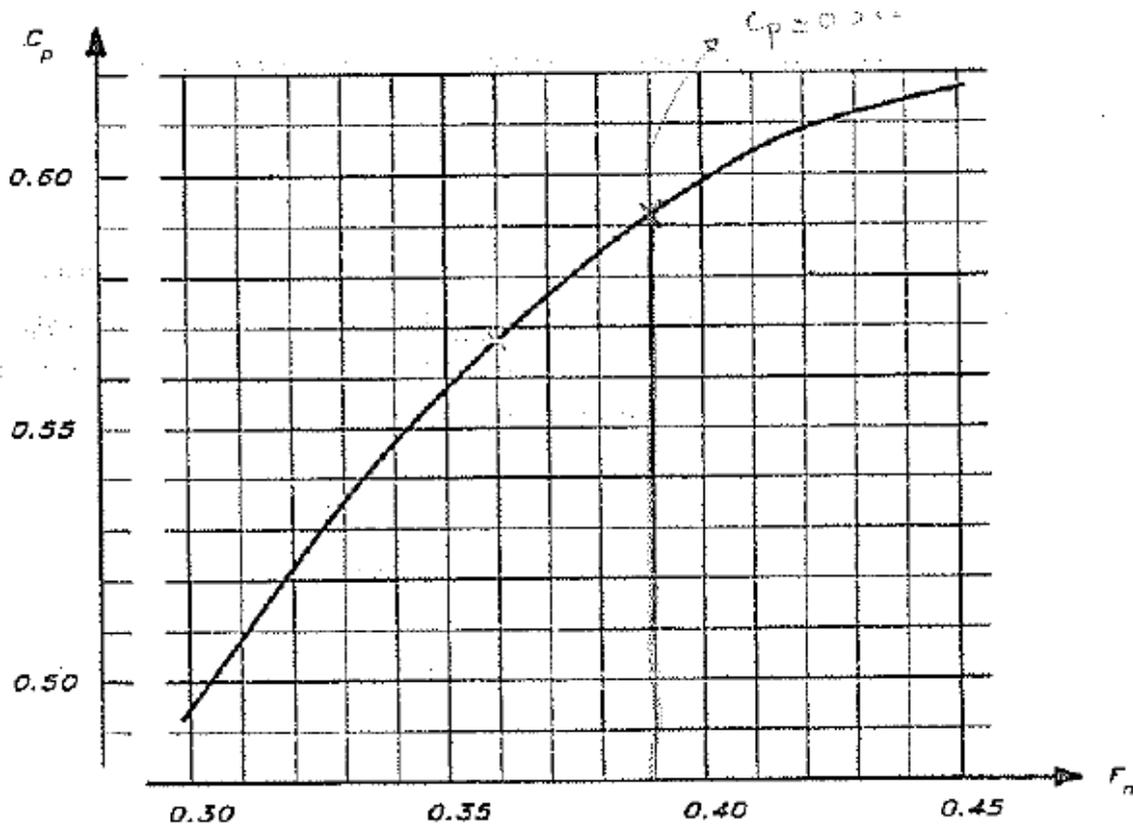
Es uno de los coeficientes adimensionales de la carena, toma valores mayores que cero y menores que uno, y nos da una idea sobre la distribución de las formas del barco. Nos muestra la relación entre el volumen de carena de la embarcación y un prisma circunscrito que tuviera como base el área de la sección media, y de altura la eslora del barco.

Este coeficiente influirá en la mayoría de las resistencias que hemos estado mencionando a lo largo de este capítulo y el anterior, así como en la distribución de las formas de la carena.

El valor del coeficiente prismático está íntimamente relacionado con el valor que tome el número de Froude, la posición longitudinal del centro de carena, y la velocidad de diseño, ya que estos tres parámetros son fundamentales en el estudio de las resistencias del barco, y éstas en el rendimiento del casco.

El valor del coeficiente prismático está íntimamente relacionado con el valor que tome el número de Froude, la posición longitudinal del centro de carena, y la velocidad de diseño, ya que estos tres parámetros son fundamentales en el estudio de las resistencias del barco, y éstas en el rendimiento del casco.

De este modo, y tomando como referencia las gráficas del estudio de la resistencia residual del barco (Series Delft), para un rango de valores del número de Froude que oscila entre 0,35 y 0,45 (ya que el régimen de navegación del barco será más de semidesplazamiento), obtengo un rango de valores preliminares para el coeficiente prismático que oscila entre 0,558 como valor mínimo, y 0,617 en caso de tomar el número de Froude su máximo valor; Así que, tomaré como valor preliminar para el coeficiente prismático de mi embarcación 0,598.



6.5. Desplazamiento de diseño (Δ diseño):

El desplazamiento de diseño no se corresponde ni con el desplazamiento total, ni con el desplazamiento en rosca de la embarcación, sino que es un valor intermedio de ambos que utilizaremos para llevar a cabo los cálculos necesarios en esta etapa del proyecto.

Al hablar de desplazamiento de diseño nos referimos a la suma del desplazamiento del casco sin apéndices y el desplazamiento de la orza. Por ahora, trabajaremos con el desplazamiento del casco sin apéndices, y a partir del capítulo en el que calculemos la orza, le sumaremos al desplazamiento del casco el de dicha orza.

El desplazamiento total de la embarcación se obtiene al sumarle al desplazamiento en rosca (10.200 Kg en este caso), 75 Kg por persona (en concepto de equipaje y pertrechos), el peso del equipo de salvamento (otros 100 Kg aproximadamente) y el peso del agua y el combustible (800 y 400 Kg respectivamente), y su valor es 12.500 Kg.

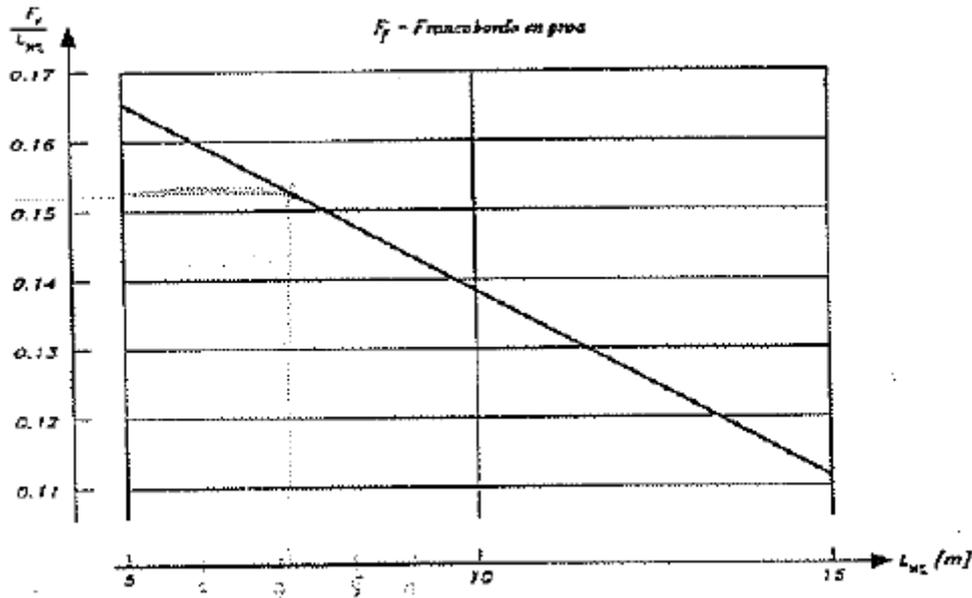
De este modo, y tomando un valor intermedio entre el desplazamiento en rosca (10.200 Kg) y el desplazamiento total (13.000 Kg), elijo como valor para el desplazamiento de diseño en torno a 11.500 Kg.

6.6. Francobordo en proa (Ff):

A los buques se les limita el calado máximo a que pueden navegar mediante una marca llamada francobordo o línea de máxima carga que se pone en los costados del buque; Francobordo es la distancia vertical entre el lado alto de la línea considerada en el costado y la cara alta de cubierta de francobordo.

Esta distancia la vamos a obtener preliminarmente del estudio estadístico, tomando los valores de las otras embarcaciones ajustando nuestro valor a lo que mejor nos convenga.

Los valores del francobordo oscilan entre 0.96 y 1.69, obtenemos que la media es 1.33, así que tomaremos un valor casi el mayor dentro del rango (1.65 m), guiándonos de embarcaciones similares.

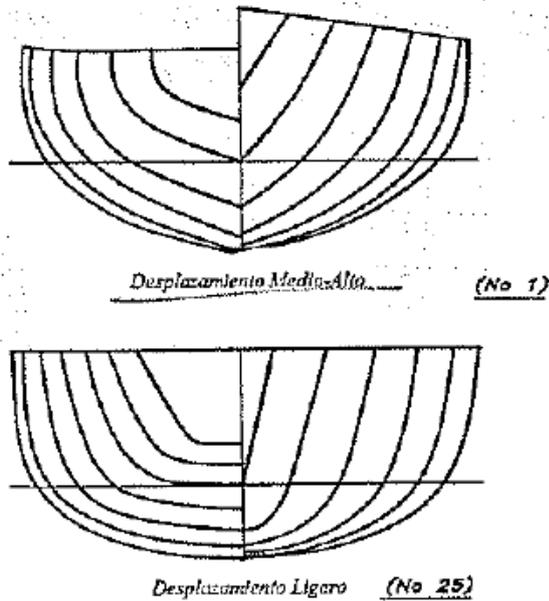


6.7. Tipo de carena:

Para concluir este apartado, terminaré definiendo el tipo de carena que mi embarcación tendrá. Esta decisión es fruto de todo lo expuesto anteriormente, tanto en este capítulo, como en el correspondiente al dimensionamiento preliminar.

Como mencionamos anteriormente, como esta embarcación va a tener un desplazamiento importante, que le de una buena estabilidad inicial por pesos unida a una considerable amplitud de espacios interiores con una bañera importante que contribuya a la comodidad en los trayectos, aunque siempre manteniendo un cierto compromiso con la estilización de las formas, que permita el disfrute de una velocidad razonable. Esto, unido a un régimen de navegación más cercano al desplazamiento que al planeo, conlleva un valor para el número de Froude cercano a 0,40, y un coeficiente del bloque importante que corrobore la amplitud de interiores anteriormente mencionada, así como una posición longitudinal del centro de carena que, en la medida de las posibilidades, reduzca al máximo las resistencias.

Para definir más correctamente el tipo de carena a que me refiero, y utilizando la terminología empleada en los cálculos de la resistencia residual del barco mediante las Series Delft, diré que la carena de mi embarcación corresponde a las denominadas de "Desplazamiento Medio – Alto".



6.8. Tabla resumen de las dimensiones preliminares:

Eslora Total	13,50 m
Eslora en la flotación	12,676 m
Manga máxima	7,5 m
Calado máximo	2,30 m
Calado en el casco	0,65 m
Desplazamiento rosca	10.200 Kg
S.V. ceñida	90 m ²
Potencia	2*40 Hp
Capacidad combustible	400 L
Capacidad agua	800 L
Nº pasajeros	10-12
Superficie mojada	115,28 m ²
Número de Froude	0,3986
Posición centro carena	3,6 %
Coefficiente prismático	0,598
Desplazamiento diseño	$\Delta_d = 11500$ kg.

7. Diseño de apéndices:

7.1. Diseño de la orza:

La orza debe cumplir dos funciones principales, la función hidrodinámica y la adrizante.

La función adrizante consiste en servir de ubicación para el lastre fijo, para así conseguir la estabilidad necesaria para soportar la superficie vélica dentro de ángulos de escora razonables.

Por otra parte y con respecto a la función hidrodinámica, la orza deberá generar una fuerza de sustentación que disminuya el abatimiento al menor ángulo posible, de modo que la embarcación tenga un buen rendimiento en ángulos cerrados al viento, intentando a su vez que su resistencia sea mínima.

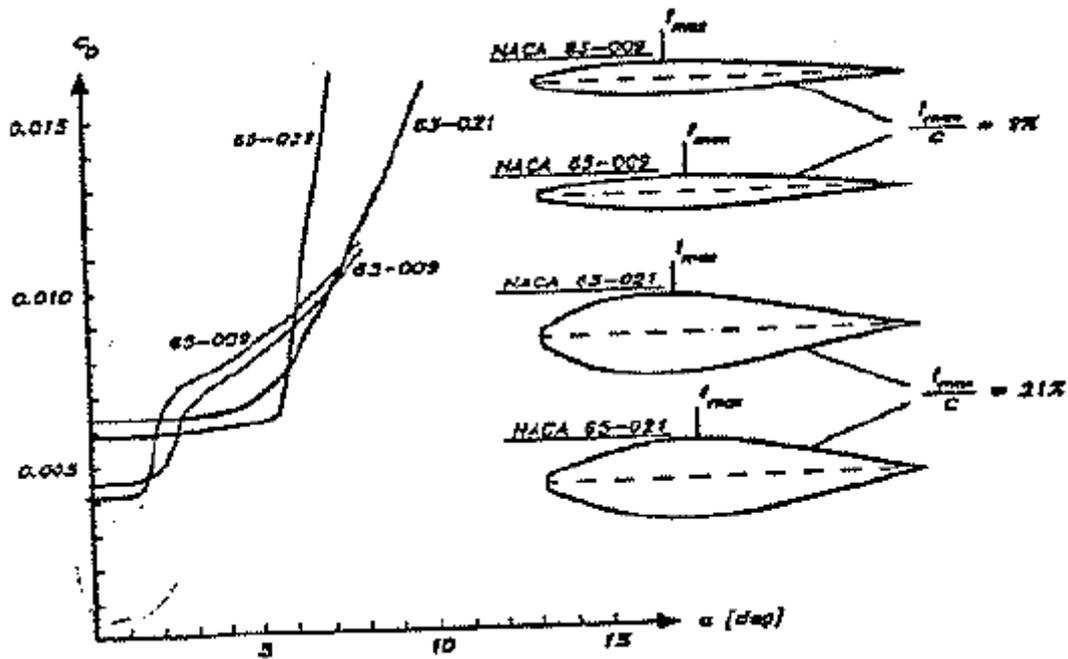
Vamos a tomar como referencia los estudios de Larsson para orientarme debido a la poca información existente en referencia a catamaranes.

Además de esto y con respecto a esta función hidrodinámica, podemos decir también que la superficie proyectada de la orza (S_p) deberá aumentar proporcionalmente con la superficie vélica de la embarcación; Un intervalo razonable de valores para la relación superficie proyectada de la orza / superficie vélica ($S_p/S.V.$), según Larson, es el que oscila entre un 2,75% (para embarcaciones regateras) y un 3,5% (caso de embarcaciones más de crucero). Por supuesto, este valor no puede aplicarse de manera genérica ya que, cuanto mayor sea la velocidad de diseño de la embarcación, menor será la superficie de orza necesaria. Lo mismo ocurre si la relación de aspecto de la orza (AR) es alta.

Hay otros factores que intervienen en el rendimiento de la orza; estos son su relación de afinamiento (Cuerda en el extremo / Cuerda en la base) y su ángulo de barrido hacia atrás (sweep back angle). Estos dos factores están relacionados entre sí mediante una gráfica obtenida en la "Potential Flow Theory", y con una buena relación de ambos se puede conseguir una distribución de sustentación considerable.

Del mismo modo, es digna de ser mencionada la relación existente entre el grosor y la cuerda media de la orza, ya que nos hablará acerca de la transición de régimen laminar a turbulento del fluido alrededor de la orza durante las navegaciones.

Las secciones más comúnmente utilizadas en el diseño de apéndices son las denominadas Secciones NACA, que se diferencian entre sí por su nariz (redondeamiento de la cara de ataque), y por la posición de su grosor máximo. Las secciones NACA más utilizadas en veleros son las de las series G; que incluyen las series G3, series G5 ... A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de la orza debemos tener en cuenta que ésta ha de conseguir obtener una sustentación suficientemente alta trabajando a pequeños ángulos de ataque, para reducir al mínimo el abatimiento del barco, de modo que las secciones de la serie G3 o G5 son preferibles, siempre que su relación de espesor no sea demasiado baja y pueda entrar en pérdida, así como tampoco demasiado gruesa debido al aumento de la resistencia por formación de olas que provocaría.



Estudios realizados al respecto constatan como buen diseño para las orzas, aquellas que tengan una relación de grosor de 15 – 18% en el extremo, reduciéndose gradualmente hasta un 12% en la base, y reduciéndose también la sección de la 65 a la 63.

Estos mismos estudios, realizados en el Delft University of Technology, confirman que las orzas de calado normal son más efectivas que las de bajo calado, y que dentro de las de calado normal tienen mayor rendimiento las orzas trapezoidales y las elípticas.

Vamos a elegir para nuestra quilla una orza de tipo sable. Dicha orza tiene la peculiaridad de que se pueden levantar en el momento que sea necesario, ya sea porque se necesite varar en tierra como puede ser cualquier tipo de playa, o porque la profundidad de algún puerto sea inferior al calado de la orza. Esta sube y baja por un orificio existente en el casco también llamado caja de orza.

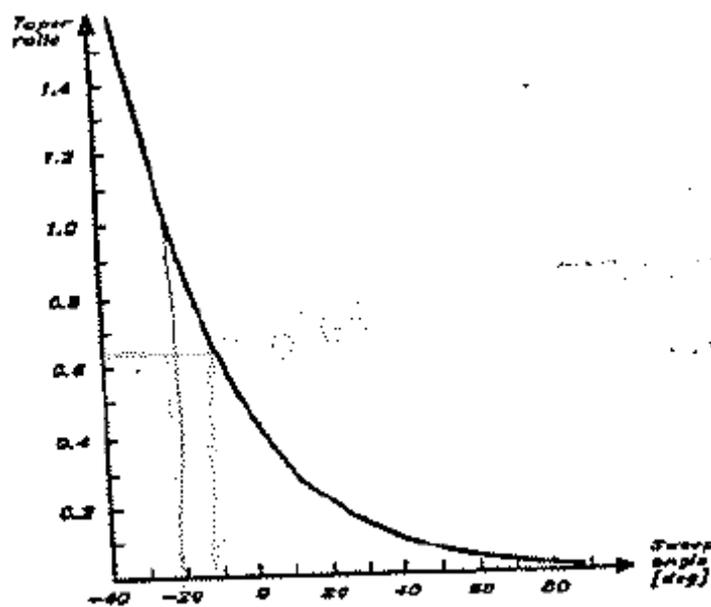
Una vez dicho esto y tomando como valor para la superficie vélica ceñida 90 m² (como en capítulos anteriores mencionamos), obtendremos un intervalo de valores de referencia para la superficie proyectada de la orza que oscila entre 2.475 m² (caso de barcos regateros) y 3.15 m² (para embarcaciones con características más de crucero).

Como en este caso se trata de un barco más cercano al crucero que a la regata, tomaremos como valor aproximado para la relación Superficie proyectada de la orza / Superficie vélica 3,5% obteniendo así el valor preliminar para la superficie proyectada de la orza de 3.15 m² anteriormente mencionado. Debemos tener en cuenta, como en el apartado en el que elegimos el calado máximo de la embarcación, que el valor de éste no podrá ser excesivo, ya que si así fuera el acceso a muchos puertos sería restringido, cosa que tendremos que evitar. Debido a esto, podemos decir que el calado máximo de la embarcación queda restringido a 2,3 metros de modo que una solución aceptable para aprovechar los 1,5 metros restantes del calado de la orza es disponer una orza de baja relación de aspecto, es decir, más ancha y menos profunda.

Una vez obtenido el valor de este importante parámetro y, mediante una serie de expresiones que a continuación se mencionarán, deduciremos los valores del resto de las dimensiones de nuestra orza, sabiendo que, podremos contar con el calado de la orza (Tk) como dato inicial. Tomando el valor de este calado como 1,5 m y despejando de la fórmula de la superficie proyectada de la orza, obtendremos una cuerda media (\bar{C}) de 1,05m.

El procedimiento a seguir es el siguiente; Tomaremos como intervalo normal de valores para el ángulo de barrido hacia atrás de la orza entre 0 grados (sabiendo que estos valores serán siempre negativos) y con el valor de este ángulo de barrido y, entrando en la gráfica obtenida de la "Potential Flow Theory" que lo relaciona con la relación de afinamiento, obtendremos los distintos valores de esta relación de afinamiento correspondientes a cada valor del ángulo de barrido.

Una vez obtenida la relación de afinamiento y, junto con la expresión y el valor de la cuerda media, resolveremos un sencillo sistema de ecuaciones para así obtener los valores de las dos cuerdas. Obtendremos el valor de la relación de aspecto de la orza, dividiendo el calado de la misma entre la cuerda media. Teniendo en cuenta que la orza pensada será de baja relación de aspecto, tenderemos a aumentar la superficie proyectada de la misma para acentuar más esta condición.

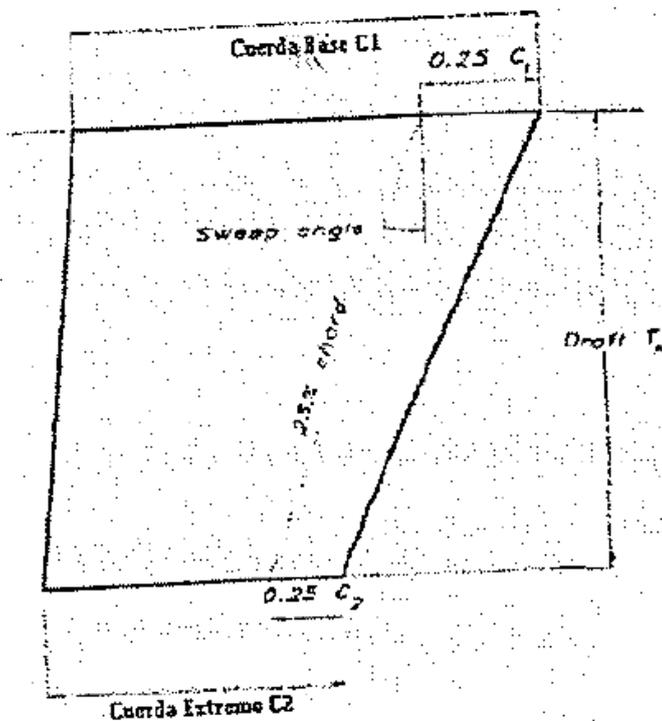


Las expresiones utilizadas en el procedimiento de cálculo anteriormente descrito son las siguientes:

- Superficie proyectada de la orza: $S_p = \hat{C} \times T_k$
- Relación de afinamiento: C_2 / C_1
- Cuerda media: $\hat{C} = (C_1 + C_2) / 2$
- Relación de aspecto: $AR = T_k / \hat{C}$

Tomando como valor para el ángulo de barrido -20° , y teniendo en cuenta los valores de la superficie vélica (90 m²) y relación superficie proyectada de la orza / superficie vélica (3,5 %) anteriormente mencionados, obtenemos los siguientes valores para las dimensiones de la orza:

- Ángulo de barrido: $\alpha = 0^\circ$.
- Relación de afinamiento: $C2 / C1 = 1$.
- Cuerda en la base: $C1 = 1,05$ m.
- Cuerda en el extremo: $C2 = 1,05$ m.
- Calado de la orza: $Tk = 1,50$ m.
- Cuerda media: $\hat{C} = 1,05$.
- Superficie proyectada de la orza: $S_p = 1,575$ m².
- Relación de aspecto efectiva: $AR_e = 1,428$
- Relación de aspecto geométrico: $AR_g = 0,952$



$$\text{Relación de Aspecto} = AR = \frac{Tk}{\hat{C}}$$

$$\text{Cuerda Media } \hat{C} = \frac{C1 + C2}{2}$$

$$\text{Relación de Afinamiento} = Tr =$$

Ángulo de Barrido
definido al 25% de cuerda

7.2. Diseño del timón:

El objetivo principal del timón es el de maniobrar la embarcación consiguiendo la fuerza lateral necesaria. El timón opera a grandes ángulos, sobre todo navegando a zonas de mucho oleaje donde hay que estar continuamente haciendo correcciones de rumbo. Para embarcaciones ligeras como es nuestro caso se puede usar un ángulo de ataque requerido algo menor que otras embarcaciones más pesadas, por eso que podemos usar secciones de las series G3.

Las formas del timón deben ser hidrodinámicas para producir la mínima resistencia al avance. Este debe estar colocado en un extremo del buque para producir el máximo momento de guiñada, con el mínimo incremento de resistencia. Donde se suele poner suele ser en popa por detrás de la hélice para recibir la corriente de expulsión de la misma.

Con respecto al fundamento físico de la actuación del timón he de decir que es un perfil independiente de la carena, introducido totalmente en una corriente de fluido a velocidad uniforme. Cuando este perfil toma con la corriente un determinado ángulo (alfa), denominado ángulo de ataque, la distribución de las presiones en ambas caras del timón se modifica, de tal manera que se produce un aumento de presión por la cara interior (intrados) y una disminución en la cara exterior (extrados) del perfil.

La acción de estas variaciones de presión, sumándose sus efectos y al actuar sobre la superficie del timón producen una fuerza perpendicular llamada Fuerza Normal (FN), si sumamos a esta la fuerza de fricción que es paralela a la cara del timón, obtenemos la Fuerza Total (F) debida a la actuación del timón en un determinado ángulo de ataque.

Hay otra forma de descomponer la fuerza total, utilizada sobre todo en el estudio de perfiles hidrodinámicos e aerodinámicos, que es descomponiendo la fuerza total en la fuerza de Sustentación (L), fuerza perpendicular a la dirección del flujo, y la fuerza de Resistencia (D) que es una fuerza en la misma dirección y sentido que el flujo.

La compensación es el cociente entre el área a proa del eje de giro y el área total del timón. Se suele decir que un timón es compensado cuando el área a proa se extiende en toda la altura de la pala, y semicompensado si solo se extiende en parte de la altura. La compensación oscila entre un 20 y un 30 % del área total.

La superficie del timón oscilará entre un 1 y un 1.5% del área de la superficie vélica total. En nuestro caso teniendo en cuenta que nuestra superficie vélica oscilará sobre unos 90 m², los valores de mi timón estarán en torno a 0.9 m², pero teniendo en cuenta que al ser un catamarán debe tener dos timones con que el área de cada uno será de 0.45 m². $SP = 0.45$ m². Sabemos que el calado del timón no debe ser mayor que el de la orza, he elegido un calado (TK) de 0.7 m. Para conocer el valor de la cuerda media dividimos la Sup.Lateral entre el calado y obtenemos el valor de la cuerda media (C) 0.714 m

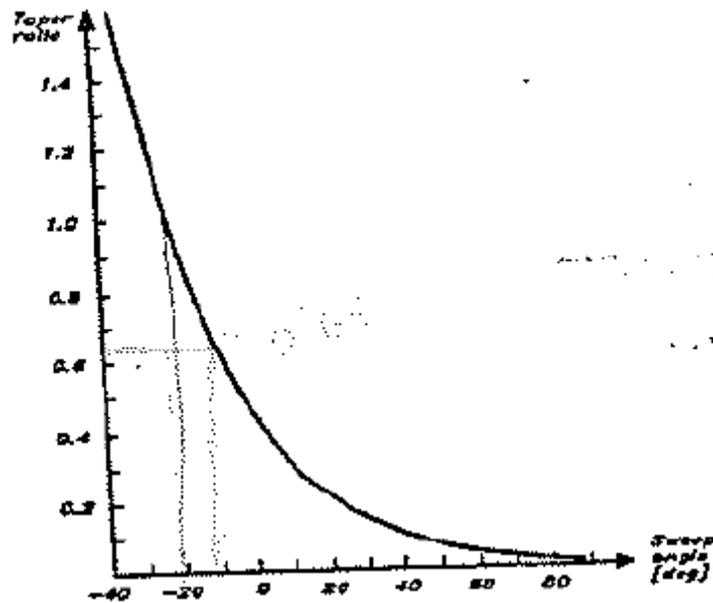
Una vez que sabemos esto utilizaremos una serie de expresiones, para poder avanzar en el cálculo del timón, son las mismas que las utilizadas para el cálculo de la orza, son:

- Superficie proyectada del timón: $S_p = \hat{C} \times T_k$
- Cuerda media: $\hat{C} = (C_1 + C_2) / 2$
- Relación de aspecto: $AR = T_k / \hat{C}$
- Relación de afinamiento: C_2 / C_1

Intentaremos que nuestro timón tenga la mayor relación de aspecto posible, lo que significa que busquemos el mayor rendimiento de este, lo calculamos dividiendo el calado del timón entre la cuerda media. $AR = 0.98$.

Con respecto a las cuerdas hemos utilizado de igual manera que en el caso de la orza la grafica que relaciona el angulo de barrido hacia atrás (sep back angle) con la relación de afinamiento, que la calculamos dividiendo la cuerda en el extremo entre la cuerda base.

Entraremos en la gráfica con un angulo de barrido de -20° y una relación de afinamiento de 1 ya que la cuerda base y la cuerda extrema son iguales.



Una vez realizado todos los cálculos obtenemos para los valores de las cuerda extrema y la cuerda base de 0.71 m.

Utilizaremos para el timón una sección de cuatro dígitos, más apropiada para el timón que para la orza. Este tendrá un ángulo de caída hacia atrás de -20° y tendrá un acabado trapezoidal, que favorezca la dirección del flujo.

8. Distribución de interiores:

Podríamos decir que este es el apartado más bonito de todo el proyecto, aunque probablemente también uno de los más trabajosos debido a que no es fácil cuadrar toda la distribución de interiores teniendo en cuenta las formas, y que mas adelante hay un apartado (del pesos y centro de gravedad), que en gran parte dependerá de la distribución que dispongamos en este capítulo. También habrá que tener en cuenta la distribución del reforzado del casco, para que éste dificulte lo menos posible la distribución de los interiores en general. Al ser una embarcación con dos cascos, éstos han sido diseñados simétricos, por lo que la distribución será la simétrica en ambos.

Para explicar la distribución de interiores comenzaremos por los camarotes de popa e iremos avanzando hacia proa.

Estos camarotes son los más grandes de los cuatro de que consta mi embarcación; están compuestos por una cama doble de 1,90 m de largo por 1,55 m de ancho y rodeados por una estantería a la altura de la cama. A los pies de esta encontramos un armario alto, justo en frente de un armario bajo que también es usado como asiento, estos están pegados a la puerta.

Saliendo del camarote de popa en la banda externa del casco hay una serie de armarios que se extienden hasta el camarote de proa, mientras que en la banda interior del casco hay un armario alto pero estrecho, antes de la escalera que comunica con el casco central; después, y avanzando hacia proa, nos encontramos con el cuarto de baño. Éste se compone del WC, lavabo con espejo, y un pequeño armario para guardar todos los utensilios de aseo del cuarto de baño, el mismo grifo del lavabo es utilizado a modo de ducha disponiendo de un desagüe en el suelo, y creando así la denominada ducha veneciana.

A proa de los cascos se encuentran los camarotes de proa; éstos son algo mas pequeños que los de popa, ya que sus camas son algo mas estrechas (todo esto viene obligado por las formas de la proa del casco), mientras que a los pies de la cama se encuentran un armario alto y el bajo usado también en forma de asiento, del mismo modo que en popa. Como podemos observar en los planos, se trata de una disposición sencilla pero sumamente cómoda para el máximo aprovechamiento de los extremos de la embarcación.

Para hablar sobre el casco central comenzaremos describiendo la bañera en popa, donde encontramos una mesa alargada y de importantes dimensiones con dos bancos largos, uno a cada banda de la parte mas larga de la mesa, ésta está colocada de forma transversal en la bañera. Accederemos al cuerpo central de la embarcación a través de una puerta que se encuentra centrada con respecto al anteriormente mencionado mamparo. A ambas bandas de esta puerta encontramos sendas cristaleras que delimitan la zona de popa de la de proa en nuestra bañera. Justo a proa de una de esta cristaleras (la de la banda de babor) encontramos una mesa sobre la que se apoya la anteriormente mencionada televisión.

La cristalera de la banda opuesta nos lleva a la cocina propiamente dicha; ésta está constituida por avanzados electrodomésticos que darán cierta sensación de modernidad y estilo minimalista a la embarcación; estará compuesta por una placa vitrocerámica, un microondas, un horno bajo la placa, y un frigorífico de dimensiones adecuadas al armario bajo de la encimera, junto al que se encuentra una indispensable lavadora.

En ella también podremos encontrar los típicos y muy útiles armarios altos en los que disponer, tanto pertrechos de cocina, como vajilla, cubiertos, etc... El habitáculo de la cocina propiamente dicho consta de aproximadamente una longitud de casi dos metros.

Justo a proa de la cocina encontramos la mesa de cartas; es un diseño aplicado a interiores de embarcaciones que intenta aprovechar al máximo el espacio habitable del salón; adopta forma de esquina y tiene un cómodo sillón (bajo el cuál se encuentran las cajas de baterías) a juego y a su vez tapizado como el resto de los sofás del salón.

En la banda de babor, y a la misma altura de la mesa de cartas, se encuentra el salón propiamente dicho. Podría decirse que esta es la zona más confortable de la embarcación, ya que consta de un cómodo sofá esquinera con capacidad para unas seis personas dispuestas cómodamente, una mesa multipropósito que puede utilizarse como cama supletoria, y un pequeño sofá, con capacidad para dos personas más, justo a popa de la mesa. Lo que realmente hace de este lugar más habitable sin duda es la optimización de los espacios, la utilización de colores pastel en la decoración (con la finalidad de evitar posibles mareos y dar sensación de amplitud en los espacios), así como el acabado, sencillo pero elegante, del mobiliario en general.



9. Diseño de la cubierta:

Comenzaré comentando que, para facilitar al máximo el gobierno de mi embarcación, he procurado disponer a lo largo de la cubierta el mayor número posible de elementos eléctricos y reenvíos para que la persona encargada de su gobierno reduzca sus responsabilidades en la medida de sus posibilidades.

Estructuraré esta descripción comenzando desde el extremo de popa y avanzando a lo largo de los dos cascos y el cuerpo central, hasta llegar al extremo de proa.

Mi embarcación acaba en ambos cascos en sendas escaleras de acceso a la cubierta; justo a proa de estas escaleras encontramos un winche a cada banda, que conectará con el organizer y este a su vez con un winche central y el carro de la génova. Este winche se denomina de popa.

A proa de este winche de popa podemos observar una escotilla a cada banda también que nos permite el acceso a la zona de popa del camarote del casco lateral. A la misma altura de estas escotillas, pero en la zona central del casco encontramos la caseta que cierra el salón del cuerpo central, sobre la que he dispuesto una tercera escotilla que dará cierta luz natural a la zona del salón y cocina.

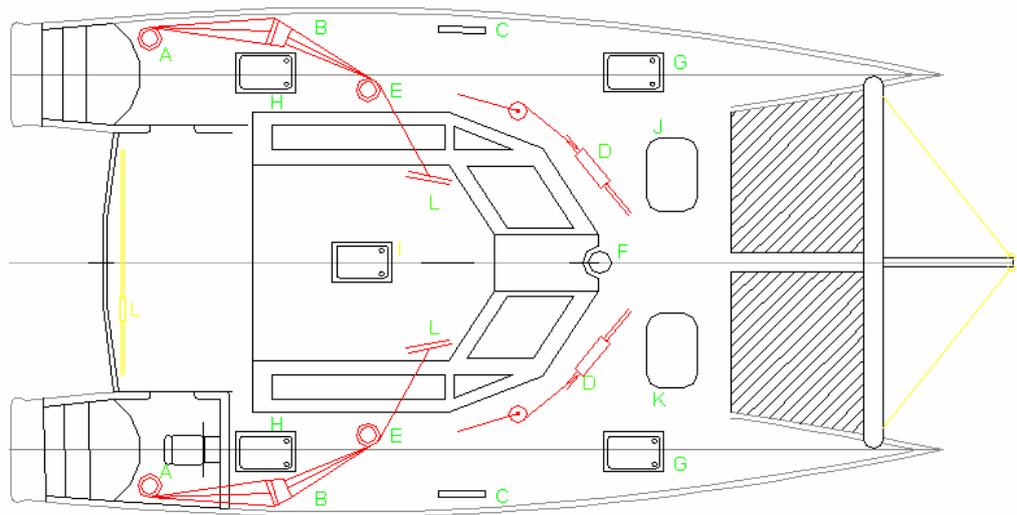
En esa misma línea encontramos a cada banda de dicha escotilla los anteriormente mencionados winches centrales que conectan con los carros de la génova, que a su vez se encuentran sobre esta misma caseta, pero ubicados un poco más a proa de nuestra escotilla.

Un poco más a proa de estos carros de la génova, y lindado con el final de la caseta, encontramos el mástil. A su misma altura, pero uno a cada banda, encontramos los carros del foque, un poco a popa de éstos he dispuesto un par de cornamusas centrales de agarre.

Pasando a tres cuartos de la eslora hacia proa encontramos un par de escotillas de proa dispuestas a la altura del camarote en el extremo de los cascos laterales, y un poco más a proa de estas escotillas se disponen los pañoles de anclas, uno a cada banda pero más cerca de crujía que de los extremos.

A lo largo de la eslora en los extremos de ambos cascos laterales he dispuesto simétricamente y equidistantes candeleros con tensores que servirán de apoyo en posibles movimientos a través de la cubierta.

Para concluir con esta descripción, diré que se han dispuesto unas mallas a proa del cuerpo central con una manga igual a la del cuerpo central, con la finalidad de evitar posibles accidentes, así como para estibar temporalmente útiles como aparejos de pesca, etc...



10. Diseño del Plano Vélido:

En este capítulo abordaremos el diseño del Plano Vélido, que incluye la Superficie Vélida y su reparto, así como el tipo de aparejo utilizado y su dimensionamiento, para el cual, hemos recurrido a la información obtenida en el estudio estadístico anteriormente realizado.

Hablaremos también acerca de la posición del Centro de Presión Vélida (Cpv), del Centro de Resistencia Lateral ó de Deriva (Crl), y de la influencia que estos dos factores (junto con el desplazamiento, la superficie vélica, el Brazo Escorante y el Ángulo de Dellenbaugh) tienen en la estabilidad de la embarcación.

A la hora de determinar la configuración del plano vélico de una embarcación es necesario tener en cuenta una serie de factores tales como, la Estabilidad de la embarcación (factor que nos limitará la altura del centro de presión vélica), su Resistencia (que nos marcará la Fuerza Propulsora Aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad ó número de Froude) y la Zona de Navegación (debido a las posibles características especiales de los vientos, que condicionarán el aumento ó disminución de la Superficie Vélida de la embarcación).

Por otro lado, tendremos en cuenta el efecto que la Relación de Aspecto de las velas tiene en el coeficiente de sustentación, en la fuerza de sustentación y en la fuerza aerodinámica propulsora. Con todo esto, si queremos diseñar una embarcación que tenga buen rendimiento en ceñida, es necesario una alta relación de aspecto de las velas, aunque esto conlleve una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante de la fuerza aerodinámica lateral, siendo necesario dotar a la embarcación de más estabilidad.

La fuerza aerodinámica se descompone en una fuerza lateral y otra propulsora, de modo que, la capacidad de generar energía de sustentación de un perfil dependerá por tanto de la relación entre la fuerza de sustentación y la resistencia (L/D). La resultante de estas dos fuerzas nos va a definir la fuerza propulsora que podemos obtener, así como la fuerza lateral, que será responsable de la deriva ó abatimiento, y de la escora de la embarcación. A la hora de estudiar la superficie vélica necesaria, se utiliza concepto de superficie vélica en ceñida, que es calculada como la superficie proyectada del plano vélico cuando se navega en rumbos cerrados. Para la estandarización de dicho parámetro y para poder comparar distintas embarcaciones, se utiliza como superficie vélica proyectada la suma de la superficie de la mayor y la superficie de la vela de proa.

Sobre la zona de navegación, diré que el uso genérico de esta embarcación está encuadrado en cualquier zona del mar mediterráneo, por la costa de Cádiz, Málaga, Almería, como por la zona de la costa Valenciana, etc. Serán zonas en las que la configuración vélica ni el tipo de aparejo elegido no se verán afectada por fuertes vientos u oleajes.

De los tipos de configuración vélica más comunes son el aparejo tipo Sloop ó Balandro (un solo palo), y el aparejo tipo Ketch (dos palos: mayor y mesana). Cada configuración es recomendable para cada tipo de navegación ó uso de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado y maniobras, y al efecto en estabilidad.

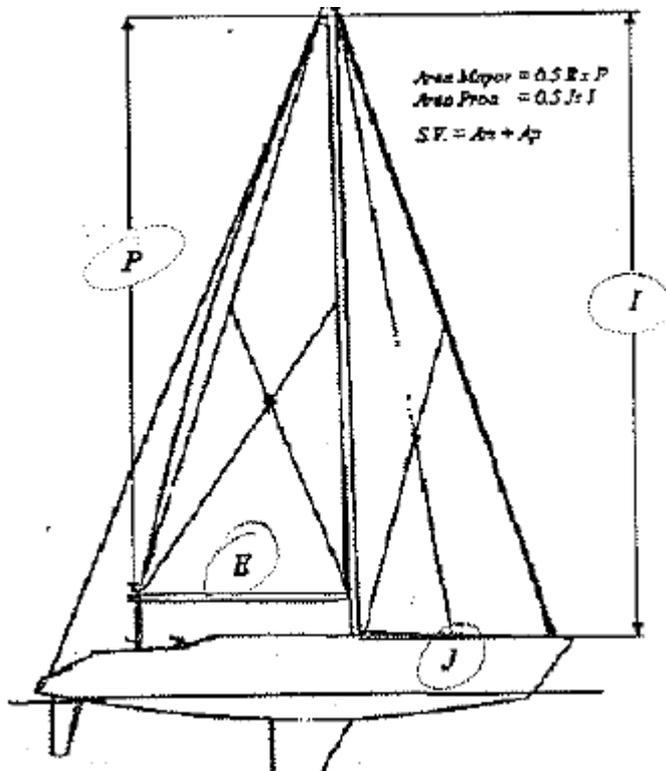
En este caso, me decantaré por el aparejo tipo Sloop, y dentro de esta configuración, utilizaré el Aparejo a Tope, utilizado fundamentalmente en embarcaciones de crucero donde los cambios de bordos no son tan frecuentes y es más conveniente el uso de una vela mayor más reducida, de modo que en el caso de trasluchadas imprevistas, el efecto sea menor.

Antes de comenzar con el dimensionamiento del plano vélico de la embarcación, diré que se hará lo posible por facilitar su manejo (ya que recuerdo que la finalidad de este barco es el disfrute durante las navegaciones, más que la navegación en sí) por lo que en cubierta se dispondrán diversos elementos eléctricos que ayuden al gobierno de la embarcación para de este modo tratar de facilitar al patrón, en la medida de lo posible, dichas tareas de gobierno ya que con una eslora de 13,50 m será necesaria una superficie vélica considerable que imposibilitará que este lo lleve a cabo una sola persona, o en su defecto, más de una pero sin probada experiencia en la mar.

Utilizando la información proveniente del estudio estadístico realizado con anterioridad podremos cotejar y asegurar que mis datos se encuentran dentro de unos márgenes razonables en relación a otras embarcaciones de similares características. Para conocer las dimensiones principales del plano vélico que nos ocupa, antes tendremos que hacer la distribución porcentual entre vela mayor y vela de proa; para ello, observamos que en el estudio estadístico encontramos que la mayor suele ser mayor de superficie vélica de la vela de proa, sobre 60% de la superficie vélica total. En mi caso, y observando la estadística, tomaré como distribución porcentual para las velas, un 60% de la superficie vélica total para la mayor, y algo menos del 40% para la vela de proa. Obteniendo así una superficie de vela mayor de 55 m² y una superficie de vela de proa de 34 m², tomando como superficie vélica total de unos 90 m².

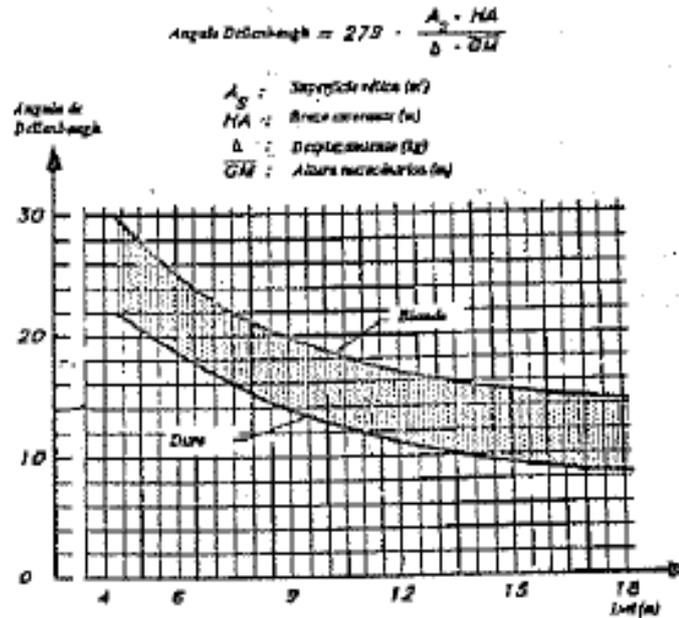
Mediante las expresiones de las áreas de las velas mayor y de proa, y conociendo como datos las superficies vélicas anteriormente mencionadas, podremos comenzar con el dimensionamiento de estas velas.

En el estudio estadístico encontramos un intervalo de valores para la dimensión I (altura del triángulo de proa medido a lo largo de la cara exterior de mástil, desde la cubierta hasta su anclaje en el estay de popa) que oscila entre 14,48 m de valor mínimo, y 22,59 m de valor máximo, de modo que elegiré como valor preliminar para dicha dimensión 16.15 m. Para el parámetro J (base del triángulo de proa medido horizontalmente desde la cara exterior del mástil, hasta su anclaje en el estay de proa), encontramos unos valores que oscilan entre 5,12 m como mínimo y 7,25 m como máximo; así que tomaré un valor preliminar de 4.248 m para obtener la superficie vélica de proa anteriormente calculada.



Con respecto a la mayor, en el estudio estadístico encontramos un intervalo para la dimensión P (altura de la vela mayor, medida desde la botavara hasta su tope sobre la cara exterior de popa del mástil) que oscila entre 12,34 m como mínimo valor, y 20,3 m como máximo, así que tomaré como valor preliminar para P unos 17,05 m. Para concluir este dimensionamiento, encontramos como intervalo para el valor de E (longitud de la vela mayor medida sobre la botavara desde su punto de anclaje en popa hasta su tope en escota) el que oscila entre 4,57 m y 7,62 m de modo que tomaré como valor preliminar de este parámetro unos 6,50 m de longitud para así obtener una superficie vélica de la mayor de 55 m².

Haré mención que para embarcaciones monocasco se usa el ángulo de Dellembaugh, para saber si una embarcación tiene una estabilidad adecuada para su superficie vélica, a parte de saber la escora que tendrá la embarcación cuando navega con un viento de 8 m/seg. Este ángulo depende de la superficie vélica (A_s), la altura metacéntrica (GM) y el brazo escorante (HA), definido este como la altura vertical entre el centro de presión vélica y el centro de resistencia lateral de la obra viva.



Para embarcaciones multicasco no se puede usar este ángulo. En nuestro caso usaremos el programa Hydromax, con el que conseguiremos, el GZ, y a partir de aquí el GM a 30° y a partir de aquí hallaremos el cálculo del aparejo

S.V. total :	90 m ²
S.V.mayor :	55 m ²
S.V.proa :	34 m ²
P :	17.05 m
E :	6,5 m
I :	16.15 m
J :	4.24 m
GM :	1,801 m
KG :	1,15 m
HA :	13,88 m
Δd :	11.500 Kg

Anteriormente comenté que para el diseño del plano vélico he realizado un estudio estadístico a menor escala debido a que en el realizado a mayor escala hecho al principio los valores de las superficies vélicas no aparecían en la mayoría de los barcos.

Por eso me remito al apéndice 3 para obtener al menos una estimación de los valores utilizados para el diseño del plano vélico y posterior cálculo y dimensionamiento de esfuerzos tanto en crucetas como demás elementos del plano vélico.

En esta pequeña base de datos observamos que hay veintidós nuevas entradas pero que, en este caso, el estudio se centra exclusivamente en el diseño del plano vélico. Esto es Superficie Vélica, Eslora total, y dimensiones de las velas (J, I, P y E).

10.1. Cálculo del Aparejo:

Para realizar los cálculos en este apartado he seguido el libro Principles of Yacht Design del profesor Lars Larsson.

Este señor desarrolla en uno de los capítulos de su libro la normativa Nordic Boat Standar (NBS) y es la que seguiré en los cálculos del aparejo para mi embarcación.

El proceso de cálculo se distribuye en una serie de pasos a seguir que comento a continuación. Para comenzar el cálculo del aparejo debemos tener como datos de partida el desplazamiento, las anteriormente definidas dimensiones I, J, Pe y E, la gravedad 9,81 (m/seg²), la estabilidad a 30° (tras estimar un peso en rosca de 10200 kg y entrar en Hydromax), el momento adrizante a 30°, y el par adrizante.

Una vez obtenidos estos datos de partida solo tendremos que seguir la secuencia de pasos que nos llevará al dimensionamiento de los distintos elementos que forman el aparejo. Éstos son: Mástil, Botavara, Crucetas, Stay, Backstay y obenques.

La secuencia a seguir es la siguiente:

- a) **Cálculo en los obenques:** tendremos que definir qué tipo de aparejo vamos a utilizar (a 7/8 en mi caso), calcular las fuerzas en un par de situaciones de carga distintas y tomaremos el peor de los casos (la carga mayor) para obtener los esfuerzos, previamente hemos de tener en cuenta los ángulos que éstos toman con el mástil, las crucetas...(β1, β2, γ...).

Una vez obtenidas estas tensiones las multiplicaremos por una serie de coeficientes de Seguridad para así obtener las Fuerzas de Dimensionamiento o Cargas de Rotura, es decir, aquellas fuerzas mínimas que hay que aplicar a los obenques y obenquillos para que rompan (Pd1, Pvl, ...). Mediante esas cargas de rotura podremos entrar en tablas para así obtener las secciones adecuadas a cada cable en cuestión. Las expresiones que he usado son las siguientes:

$$T_{hu} = (T_{head} * d1) / (d1 + d2) \text{ [N]}$$

$$T_{hl} = (T_{head} * d2) / (d1 + d2) \text{ [N]}$$

$$T_{bu} = (T_{boom} * BD) / L1 \text{ [N]}$$

- b) **Stay y Backstay:** Necesitaremos como datos para el cálculo y dimensionamiento de estos elementos los ángulos que forman con el mástil y su longitud. Con estos valores obtendremos las cargas de rotura de estos cables y entraremos en tablas para obtener la sección adecuada para cada cable.

$$P_{fo} = (15 * RM) / (L + fs) \text{ [N]}$$

$$P_a = (2,8 * RM) / (L_a * \text{sen } \alpha_a)$$

- c) **Mástil:** Para obtener la sección adecuada del mástil necesitaremos calcular los momentos de inercia del mismo en sentido transversal y longitudinal. Para ello usaremos los datos obtenidos de las expresiones que se adjuntan en la siguiente hoja de cálculo. En este caso tuve que ir a Internet a un distribuidor de mástiles y mirar qué sección era la idónea para los momentos de inercia existentes en mi mástil.

$$I_y = k2 * k3 * m * PT * (h)^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$I_x = k * m1 * pT * (L)^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

- d) **Botavara:** Para el cálculo de la botavara he calculado las fuerzas verticales y horizontales necesarias para obtener la sección adecuada de botavara para estos esfuerzos (SM). Entrando en las tablas de estas secciones encontré una botavara adecuada a las necesidades de mi aparejo.

$$F_v = (0,5 * RM * E) / (HA * d1) \text{ [N]}$$

$$F_h = (05 * RM * E) / (HA * d2) \text{ [N]}$$

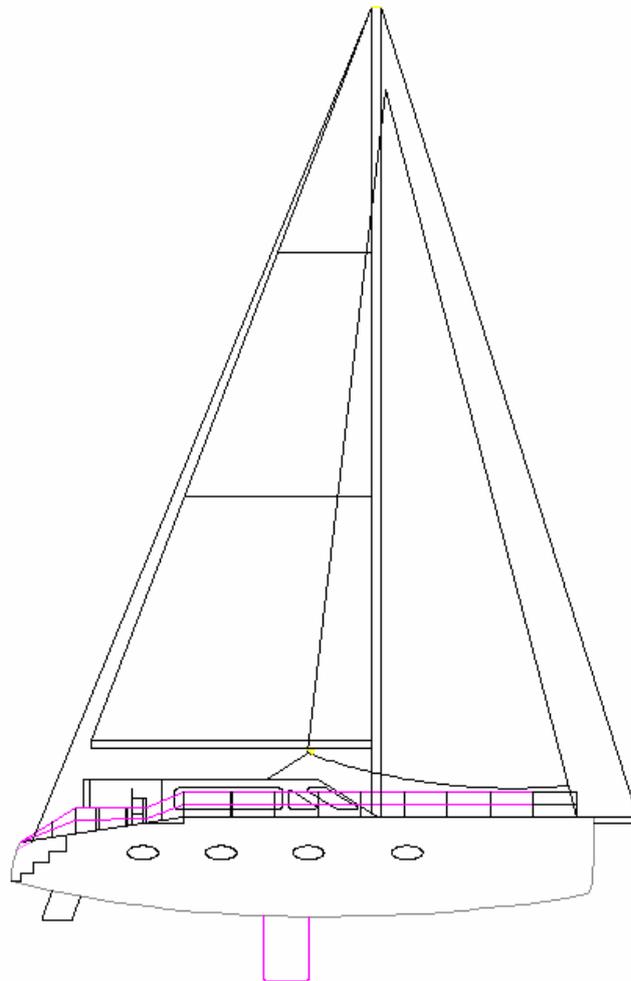
$$SM = [600 * RM * (E - d1)] / (F * HA) \text{ [mm}^3\text{]}$$

- e) **Crucetas:** Consiste en calcular para cada una de las crucetas su inercia, la sección óptima que debe tener (SM) y el momento de inercia mínimo que debe soportar (M_s).

$$I = (0,8 * C * S) / (E * \cos \delta) \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$SM = k * S * V * \cos \delta \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$M_s = 0,16 * S * V * \cos \delta \text{ [N*m]}$$



11. Escantillonado:

El cálculo del escantillonado de la estructura de una embarcación es uno de los puntos más importantes a la hora de diseñarlo. En el caso particular de esta embarcación he usado la normativa Lloyd's Register of Shipping de agosto de 1997, la cual es un poco antigua y en determinados cálculos sobredimensiona los refuerzos. Aun así es perfectamente posible su uso para este caso.

Según esta normativa el casco de un barco se divide en tres zonas principales: Costados, Fondo y Quilla (orza). En mi caso, al ser un catamarán habrá que incluir la zona del casco central. El catamarán está diseñado para que el espesor del fondo sea el mismo que para los costados interiores y el casco central. Para cada una de estas zonas tendremos que elaborar una secuencia de laminado a base de tejido, matt y resina hasta obtener un espesor y peso mínimo requerido, anteriormente obtenido de una tabla en la que entramos con la eslora de escantillonado de nuestro barco. La secuencia de laminado será comenzar a dar una serie de capas hasta obtener el espesor requerido para los costados, seguir luego aplicando capas hasta conseguir el espesor requerido para el fondo (mayor que los costados) y por último aplicar capas en la parte de la quilla hasta obtener su espesor óptimo.

Una vez obtenidos los pesos de estas tres zonas principales habrá que definir los distintos refuerzos que se encuentran a lo largo y ancho del casco. Para ello la normativa divide estos refuerzos en tres grupos: Armazón Transversal, Armazón Longitudinal y Cubierta y Superestructura.

El armazón transversal estará compuesto por los refuerzos transversales, es decir varengas de fondo, cuadernas del costado y unos refuerzos especiales de forma que coincidan con el mamparo del pique de proa. El longitudinal estará compuesto por los longitudinales del fondo, longitudinales de costado, bulárcamas de centro y bulárcamas de costado. Finalmente la zona de cubierta y superestructura estará compuesta por el peso de la propia cubierta, baos y vagras de cubierta.

Este capítulo lleva una hoja de cálculo (en Microsoft Excel) en la cual se detalla el cálculo del escantillonado de cada uno de los refuerzos del casco del barco. Se encuentra en el Apéndice 5 y es recomendable tenerla en cuenta durante el desarrollo de los cálculos de este apartado.

Para llevar a cabo el proceso de dimensionamiento de un refuerzo lo primero que debemos hacer es obtener el módulo requerido (W) que el refuerzo debe tener. Una vez obtenido este módulo debemos saber que el producto del Módulo Resistente Requerido (W) por el Factor de Corrección (Kz) debe ser menor que el Módulo Resistente Real (Wr)

$$W * Kz > Wr$$

Este factor de corrección (Kz) viene definido por la siguiente expresión:

$$Kz = 1 / [(15 * Gc^2) - (6 * Gc) + 1,45]$$

$$Gc = 2,56 / [(3072 * T) / w] + 1,36$$

Donde Gc es un factor que depende de los valores del espesor de la zona en la que nos encontremos (costados, fondo o quilla), del espesor de la zona en cuestión (T) y de su peso (w).

Una vez obtenidos estos coeficientes y mediante tablas, obtenemos las alturas de la Línea Neutra (Yln), y la altura a utilizar en los cálculos de la inercia de los refuerzos (Ymax).

$$Y_{In} = (EA \cdot Y_g) / EA$$

$$Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{In}$$

Por último tendremos que calcular la Inercia en la Línea Neutra (I_{ln}) para poder obtener el Módulo Requerido (W) con el que comenzamos esta explicación.

Dependiendo de la zona en la que se encuentre el refuerzo en cuestión, el factor K_z variará (ya que éste depende del espesor y el peso de dicha zona), y tendremos que entrar en tablas diferentes para obtener los módulos de cada uno de los tipos de refuerzos. Esta normativa viene muy bien explicada y no suele dar muchos problemas a la hora de calcular refuerzos.

1.-Laminado del casco:

Tabla 2.5.2: Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Espaciado básico del refuerzo (mm)	Peso del casco (gr/m ²)		Pesos aleta y popa (gr/m ²)	Quilla	
	Fondo	Costado		Manga (mm)	Peso (gr/m ²)
410	4300	3462,5	5250	535	7200
417,5	4562,5	2412,5	5512,5	572,5	7500
420	4650	3550	5600	585	7600

a) Laminado del Costado:

Fibra	Peso, w (gr/mm ²)	Gc	Espesor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,6
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,6

TOTAL	4600		7,3
-------	------	--	-----

Espesor de cada lámina: $t = (w/3072) * ((2,5G/Gc) - 1,36)$

w: Peso de la capa del refuerzo (gr/mm²)

Gc: Fibra de vidrio contenida en la capa.

Mat= 0,34

Tejido= 0,5

Peso mínimo del laminado del costado = 3462 gr/mm².

Corrección del valor del peso:

$Gc = 2,5G / [(3072 * t) / w + 1,36] = 0,3721$

$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16 = 1,2020$

Peso mínimo Laminado del costado * Kw < Peso Laminado

$(3462 * 1,3096) < 4600$

4533 < 4600 → CUMPLE

b) Laminado del fondo, costados interiores y casco central:

Fibra	Peso, w (gr/mm ²)	Gc	Espe sor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,6
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,6

TOTAL	6500		9,85
-------	------	--	------

Espesor de cada lámina: $t = (w/3072) * ((2,5G/Gc) - 1,36)$

w: Peso de la capa del refuerzo (gr/mm²)

Gc: Fibra de vidrio contenida en la capa.

$$\text{Mat} = 0,34$$

$$\text{Tejido} = 0,5$$

Peso mínimo del laminado del fondo = 4562,5 gr/mm².

Corrección del valor del peso:

$$Gc = 2,5G / [(3072 * t) / w + 1,36] = 0,4290$$

$$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16 = 1,3611$$

Peso mínimo Laminado del Fondo * Kw < Peso Laminado

$$(4562,5 * 1,3616) < 6500$$

$$6166,8 < 6500 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

c) Laminado de la Quilla:

Fibra	Peso, w (gr/mm ²)	Gc	Espesor, t (mm)
Mat	300	0,34	0,6
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	800	0,5	1
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	500	0,34	1
Tejido	450	0,5	0,55
Mat	300	0,34	0,6

TOTAL	10400		16,4
-------	-------	--	------

Espesor de cada lámina: $t = (w/3072) * ((2,5G/G_c) - 1,36)$

w: Peso de la capa del refuerzo (gr/mm²)

G_c: Fibra de vidrio contenida en la capa.

$$\text{Mat} = 0,34$$

$$\text{Tejido} = 0,5$$

Peso mínimo del laminado de la quilla = 7500 gr/mm².

Corrección del valor del peso:

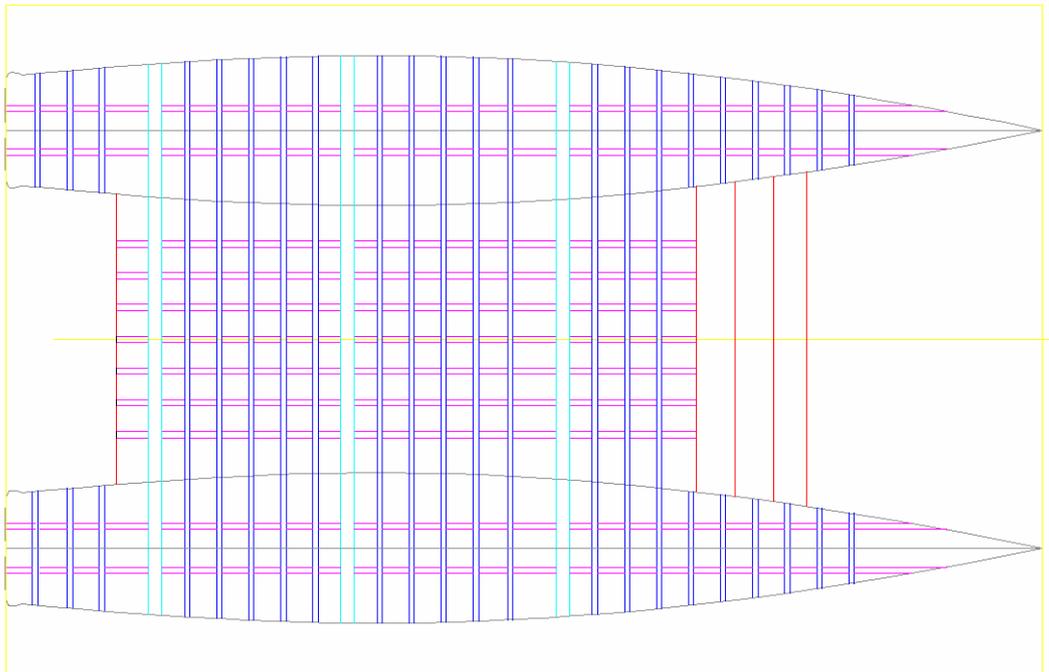
$$G_c = 2,5G / [(3072 * t) / w + 1,36] = 0,41$$

$$K_w = (2,8 * G_c) + 0,16 = 1,3153$$

Peso mínimo Laminado de la quilla *K_w < Peso Laminado

$$(7500 * 1,3153 < 10400)$$

$$9865 < 10400 \rightarrow \text{CUMPLE}$$



1.2. Estimación de Pesos y Centro de Gravedad:

Una vez terminado el cálculo del escantillonado de la estructura del barco a continuación se calcula el peso y la posición del centro de gravedad. Esta posición se desglosa en tres coordenadas: LCG (posición longitudinal del CDG), VCG (posición vertical del CDG) y TCG (Posición transversal del CDG). Este estudio es bastante relevante dentro del diseño de una embarcación, ya que por ejemplo, para realizar el cálculo de la estabilidad necesitaremos un valor para el peso en rosca, así como para las anteriormente coordenadas del CDG.

Antes de seguir con el desarrollo de este cálculo definiré el punto de origen en la intersección entre la línea base y la perpendicular de popa. A partir de aquí hacia proa y hacia arriba los valores se tomarán como positivos.

Con respecto a las coordenadas transversales he tomado como referencia la línea de crujía, siendo positivos los valores hacia babor y negativos hacia estribor.

Para calcular el peso de los materiales compuestos usados en el laminado de la embarcación hemos de distinguir entre el peso de los tejidos en seco (sin resina) y el peso de los tejidos con la resina, la cual absorben durante el proceso de laminado.

Para ello tendremos que hacer un primer cálculo del peso de las tres partes principales en las que se divide el casco del barco: Fondo, costados y quilla. Para calcular estos pesos tomaremos los obtenidos en el proceso de laminado explicado en el capítulo anterior (Kg/m²) y los multiplicaremos por la superficie que corresponde a cada una de estas zonas. Obtenemos las formas del programa Maxsurf, dividimos el casco en las 3 zonas, exportamos estas formas a Autocad y calculamos el área como las coordenadas del CDG a cada una de las partes. Para aplicarle el peso de la resina a estas tres partes debemos conocer una sencilla relación: 600 gr/m² de Mat absorben 440 gr/m² de resina. Con esta relación tendremos el peso de la resina absorbida por el Mat (habrá que sumarle este peso al peso en seco). Por otra parte 300 gr/m² de tejido absorben 550 gr/m² de resina.

A la hora de calcular el peso de los refuerzos del casco, tal y como hicimos anteriormente, dividiremos estos refuerzos en 3 grupos: Armazón Transversal, longitudinal y cubierta. La expresión del área de cada refuerzo es:

$$A = (F + h + c + h + F) \quad [\text{mm}^2]$$

El área de refuerzo calculada antes la multiplicaremos por el peso del laminado (tejido más resina) de la zona en que nos encontremos (costado, fondo o quilla) y tendremos así el peso del refuerzo solo. Para las coordenadas del CDG tomaremos medidas en los planos.

Cuando tengamos los pesos y coordenadas de cada refuerzo los introduciremos en tablas que completen el peso y coordenadas del CDG de las 3 zonas en las que dividimos la estructura del casco y estos valores a su vez van a otras tablas hasta así completar el peso y coordenadas del CDG del casco completo.

Todo este cálculo de pesos ha sido orientado al peso de la estructura, pero para obtener el peso en rosca, a este peso de la estructura tendremos que sumarle el peso del resto de la embarcación. He dividido este peso en habilitación, instalaciones, aparejo y velas y lastre.

Por último y para completar este estudio y enlazarlo con el siguiente capítulo he adjuntado también el estudio de pesos en 2 condiciones de carga que usaremos a la hora de calcular la estabilidad de la embarcación y son las condiciones de mínima operativa y máxima carga.

Todo este estudio de pesos viene detalladamente en una hoja de cálculo que se encuentra en el anexo 6.

A continuación se muestra la tabla correspondiente a la distribución de pesos que constituyen el peso en rosca:

VIII) PESO EN ROSCA:

Tabla resumen:

Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Estructura	5779,836	5,795	0,996	0,000	33492,824	5755,035	0,000
Habilitación	1515,000	5,652	1,416	0,011	8562,375	2145,895	16,075
Instalaciones	1690,000	4,012	0,742	0,000	6779,540	1254,246	0,000
Equipos cubierta	155,000	6,288	2,401	0,000	974,635	372,108	0,000
Aparejo y velas	70,000	7,906	8,955	0,000	553,450	626,850	0,000
10% Margen	925,980	9,1	1,04	0,000	8426,418	963,019	0,000

TOTAL:	10135,816				58789,242	11117,153	16,075
---------------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	--------

Peso en Rosa:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,800	1,097	0,002	10135,816

A continuación se muestra la tabla correspondiente a la distribución de pesos que constituyen la condición de mínima carga:

MÍNIMA OPERATIVA:

Tabla resumen:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	10135,816	5,800	1,097	0,002	58789,242	11117,153	16,075
Tripulación	900	5,5	1,05	0,000	4950,000	945,000	0,000
Equipos Seguridad	100	8,800	0,640	0,000	880,000	64,000	0,000
Tanque agua1	400	5,25	0,27	0,000	50	1,292	0,473
Tanque agua2	400	5,25	0,27	0,000	50	5,369	0,347
Combustible	400	1,99	1,29	0,000	796,000	516,000	0,000

TOTAL:	12335,816				65515,242	12648,814	16,895
---------------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	--------

Carga Mínima Operativa:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,311	1,025	0,001	12335,816

A continuación se muestra la tabla correspondiente a la distribución de pesos que constituyen la condición de máxima carga:

MÁXIMA CARGA:

Tabla resumen:

Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
P. Rosca	10135,816	5,800	1,097	0,002	58789,242	11117,153	16,075
Tripulación	900	5,5	1,05	0	4950,000	945,000	0,000
Tanque de Agua 1	400	5,25	0,27	0	2100,000	108,000	0,000
Tanque de Agua 2	400	5,25	0,27	0	2100,000	108,000	0,000
Combustible	400	1,99	1,29	0	796,000	516,000	0,000
Equipos Seguridad	100	7,2	2,1	0	720,000	210,000	0,000
Pertrechos Tripulación	600	6,1	2,6	0	3660,000	1560,000	0,000
Pertrechos Habilitación	150	7	2,6	0	1050,000	390,000	0,000

TOTAL:	13085,816
---------------	-----------

74165,242	14954,153	16,075
-----------	-----------	--------

Máxima Carga:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,668	1,143	0,001	13085,816

13. Motorización:

En este capítulo comentar que según comenté anteriormente en el capítulo de dimensionamiento preliminar, la potencia estimada para mi embarcación es de dos motores de 40 Hp cada uno. He considerado como adecuado este valor tras llevar a cabo una estimación sobre los posibles usos y rutas de tránsito de este barco, y su autonomía (esto lo hemos visto en los capítulos 4.0 y 4.10 de "dimensionamiento preliminar").

Teniendo todo esto en cuenta y tras buscar referencias en varias revistas y páginas de Internet he tomado como motor para mi embarcación un Volvo Penta D2-40.

Es considerado un motor ligero y de altas prestaciones ya que ha sido desarrollado a partir del último diseño en tecnología diesel.

En el apéndice 7 podemos encontrar la ficha técnica del motor, obtenida directamente del fabricante, en la cual podemos ver todas las características técnicas del motor, así como gráficas de la potencia, par medio en el cigüeñal y consumo de combustible

14. Estudio de estabilidad:

El estudio de estabilidad de una embarcación es uno de los capítulos más trascendentes dentro de su diseño ya que es un proceso que engloba a otros tantos que antes realizamos. Cuando digo que engloba a otros cálculos anteriores me refiero, por una parte, a la distribución de interiores por ejemplo, ya que ésta debe estar hecha de manera que el CDG esté en una posición relativamente centrada con respecto a los ejes de referencia que anteriormente comenté. También que engloba al cálculo del escantillado de la embarcación, ya que un sobredimensionamiento en los refuerzos o la estructura en general podría dar lugar a un sobrepeso en la embarcación y un francobordo demasiado pequeño. Y sobre todo influyen en este cálculo, tanto el estudio de las formas realizado mediante Maxsurf, como el estudio de pesos y CDG realizados anteriormente.

Partiremos de un modelo de carena obtenido de Maxsurf para llevar a cabo el cálculo de la estabilidad y uno de los apartados dentro de este cálculo es el estudio de la estabilidad a grandes ángulos en las diferentes condiciones de carga (aquellas introducidas anteriormente en el estudio de pesos y CDG).

Este estudio se realiza mediante el programa Hydromax, el cual es un módulo dentro del programa Maxsurf, que se encarga del estudio de la estabilidad, equilibrio en las diferentes condiciones de carga, estabilidad a grandes ángulos, etc.

Una vez realizado este estudio de estabilidad el programa proporciona un informe acerca de los cálculos obtenidos (report) en forma de tablas y gráficas. En este caso y al aplicar la normativa UNE-EN ISO 12227-2 válida para la evaluación y clasificación de la estabilidad y la flotabilidad en pequeñas embarcaciones, necesitaré en concreto las curvas hidrostáticas para de ellas obtener una serie de datos necesarios a la hora de rellenar dicha normativa.

Para obtener estas curvas hidrostáticas tendremos que cargar en Hydromax las formas obtenidas de Maxsurf, fijar la línea base y la perpendicular de popa (como ejes sobre los que tomar las medidas) y en primer lugar hacer un estudio de equilibrio de la embarcación para ver que no se encuentra trimada. Una vez realizado dicho estudio hay que hacer el estudio de calados para obtener las curvas hidrostáticas. Para este estudio tomaremos un rango de calados que oscile entre un calado ligeramente menor al real de la embarcación y otro algo más grande que éste para tener una serie de rangos de trabajo.

Una vez realizado este estudio en el report aparecerán tanto el rango de calado como las tablas y las curvas hidrostáticas.

Una vez obtenidas las hidrostáticas comenzaremos con el estudio de la estabilidad a grandes ángulos, para el que necesitaremos definir las condiciones de carga en que el barco se moverá. Estas condiciones de carga son 2 y durante el estudio de pesos y CDG se definieron: mínima operativa y máxima carga. Antes de comenzar con el estudio tendremos que definir también el punto de inundación (Key point) que no es otro que aquel por el que primero comenzaría a entrar agua al barco en caso de escora.

Una vez definido este Key Point y elegida la opción de estudio de estabilidad a grandes ángulos, introduciremos como condición de carga la mínima operativa en este caso, introduciendo los valores correspondientes al peso, LCG, VCG y TCG en dicha posición y realizamos de nuevo el estudio de equilibrio pero en esta nueva condición de carga. Tomaremos entonces el análisis de escora. Para este análisis tomaremos una escora de 0 a 180 grados con intervalos de 10 o 20 grados. Una vez definido el rango de valores de estudio y comenzado el estudio en sí obtendremos como resultado una serie de tablas correspondientes a diversos parámetros del estudio de la estabilidad del barco en los rangos de valores anteriormente definidos y unas gráficas correspondientes a estos valores.

Tendremos que llevar a cabo esta misma secuencia de acciones para la otra condición de carga.

Todo este proceso que acabo de desarrollar se encuentra en el apéndice 8. En él constan las distintas gráficas y tablas con los valores resultantes del estudio de estabilidad según Hydromax, aunque adjunto algunas tablas en forma de resumen orientativo:

Las siguientes tablas corresponden al estudio de equilibrio para las siguientes situaciones de carga:

Situación de Mínima Carga:

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	150	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	100	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	10,0	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10446	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		

Situación de Máxima Carga:

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	400	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	100	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Pertrechos Tripulación	1	600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertrechos Habilitación	1	150	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13136	LCG=5,651 m	VCG=1,139 m	TCG=0,005 m	0
10					FS corr.=0 m		
11					VCG fluid=1,139 m		

Estas tablas corresponden al estudio de estabilidad para las siguientes situaciones de carga:

Situación de Mínima Carga:

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
v1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	150	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	100	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	10,0	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10446	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		

Situación de Máxima Carga:

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	400	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	100	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Pertrechos Tripulación	1	600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertrechos Habilitación	1	150	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13136	LCG=5,651 m	VCG=1,139 m	TCG=0,005 m	0
10					FS corr.=0 m		
11					VCG fluid=1,139 m		

15. Presupuesto:

Podríamos decir que, a efectos reales, este capítulo es uno de los más complejos (a este nivel) dentro del proceso de diseño de una embarcación, ya que la búsqueda de referencias relativamente reales se hace ardua en determinadas circunstancias debido a las reservas de las empresas del sector que prefieren mantenerse al margen de este tipo de circunstancias con la finalidad de mantener la discreción y su posible ventaja comparativa con respecto a otras empresas del sector.

Para obtener los datos suficientes necesarios para llevar a cabo un proyecto de este calado, he pensado que lo más razonable es elaborar un estudio estadístico lo más completo posible con la finalidad de obtener resultados reales y que se encuentren en concordancia con los presupuestos que actualmente se encuentran en el mercado.

De este modo y teniendo en cuenta que hoy por hoy el precio en mercado de cualquier embarcación aumenta considerablemente debido a costes derivados de su construcción en astilleros (entre un 20 y un 30% aproximadamente), impuestos pagados al estado (entre un 12 y un 16%), y otra serie de costes variables, el precio de mi embarcación oscilará entre trescientos y cuatrocientos mil euros.

16. Apéndices:

Apéndice 1:
Estudio Estadístico.

N°	Nombre	Loa (m)	Lwl (m)	B (m)	B casc. (m)	Dist entre casc. (m)	Francobordo (m)	T sin orza (m)	T con orza (m)	Desplazamiento (kg)	Despalzamiento max (kg)	Motor (cv)
1	Tobago 35	10,6		7,09	1,77	3,54	1,25	0,96	0,96	7240	8525,00	36
2	Antigua 37	11,37	10,9	6	1,28	3,42		0,95	0,95	4500	5865,00	36
3	Privilege 37	11,17	10,37	6,56	1,73	3,1		1,2	1,2	6800	8025,00	56
4	Lagoon 38	11,55	11	6,5	2,06	2,37	1,54	1,15	1,15	5000	6265,00	36
5	Athena 38	11,6		6,6	1,6	3,45	1,22	1	1	5800	7365,00	50
6	Prot Escala 39	11,9	10,66	5,6	1,62	2,35		0,95	0,95	7100	8725,00	60
7	Fast Cat 395	12,01	11,49	6,27	1,95	2,37		1	1	5500	7055,00	40
8	Nautitech 40	12,19	11,5	6,5	1,37	3,68	1,28	1,2	1,2	6600	8425,00	54
9	Lavezzi 40	12,19		6,5	1,6	3,28		1,1	1,1	6200	7965,00	60
10	Lagoon 410	12,37	11,67	7,09	1,94	3,2		1,2	1,2	6800	8660,00	54
11	Venezia 42	12,6		6,95	1,7	4,78		1,2	1,2	6800	8685,00	54
12	Belize 43	13		7	1,71	3,58	1,44	1,3	1,3	8600	10395,00	60
13	Catana 43	13,1	12,8	7,3	2,05	3,2		1,25	2,5	10500	12415,00	60
14	Fast Cat 435	13,16	12,59	7,49	1,95	3,59	1,31	1,12	1,12	6500	8265,00	60
15	Privilage 435	13,45	12,6	7,07	1,98	3,1		1,35	1,35	12000	14015,00	80
16	Advantage 44	13,45	12,49	8,45	2,3	3,85		0,55	2,4	7750	9905,00	42
17	Lagoon 44	13,61	12,75	7,7	2,24	3,2	1,5	1,3	1,3	10500	12725,00	80
18	Privilege 465	14,34	13,64	7,33	1,86	3,59		1,15	2,47	10500	12515,00	80
19	Lagoon 470	14,1	13,2	7,9	2,53	2,82		1,2	1,2	9500	11550,00	76
20	Catana 471	14,3	13,8	7,5	2,09	3,31	1,69	0,8	2,3	12000	14555,00	80
21	Nautitech 475	14,5	13,9	14	1,92	3,75	1,13	1,2	1,2	11230	13325,00	112
22	Bahia 46	14,5	13,71	7,3	1,86	3,57	0,96	1,3	1,3	9500	11905,00	76

Cap. Comb. (l)	Cap. Agua (l)	Camarotes	WC	Capacidad (personas)	Categoría Diseño
120	400	3 dobles + 2 indiv.	1	8	C
150	450	4 dobles	2	8	C
180	470	3 dobles	2	6	C
200	300	4 dobles	2	8	C
200	600	4 dobles	2	8	C
160	700	4 dobles	2	8	C
300	300	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
270	600	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
250	560	4 dobles	4	10	B
200	800	4 dobles y 1 ind	4	9	B
330	600	4 dobles y 2 indiv.	2	10	B
300	540	4 dobles y 2 indiv.	4	10	B
360	600	4 dobles y 2 indiv.	4	10	B
500	500	4 dobles y 2 indiv.	4	8	B
380	680	4 dobles	2	10	B
400	800	4 dobles	2	10	B
750	900	3 dobles	2	6	B
380	680	4 dobles	2	10	B
400	600	4 dobles y 3 indiv	4	11	B
800	800	4 dobles y 2 indiv	4	10	B
400	740	4 dobles	4	10	B
400	860	4 dobles y 4 indiv.	4	12	B

Valores min. Max. Y medios de las relaciones, para las esloras entre 12.37 m y 14.5 m

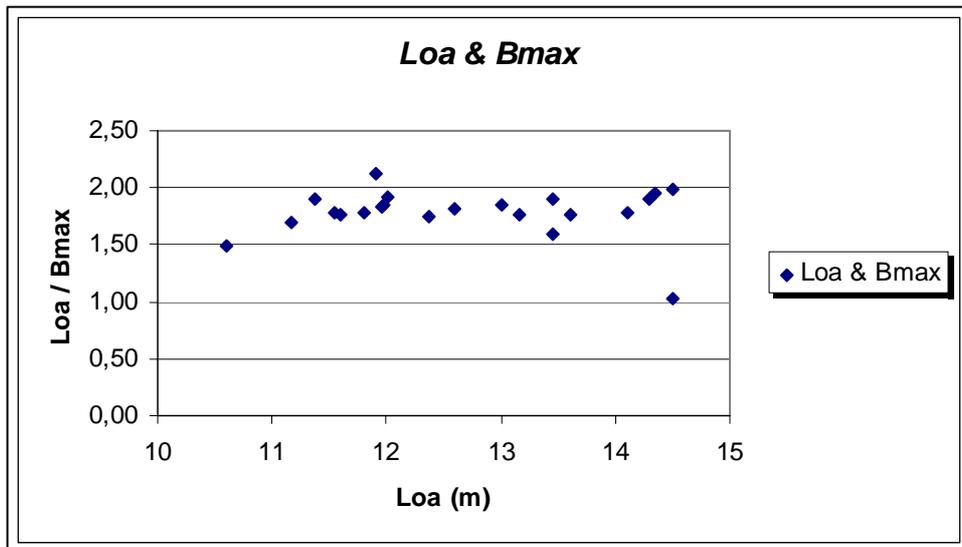
Relaciones	Loa&Bmax	Loa&Lwl	Lwl&T	Bmax&Tc(s.o.)	Lwl&Tc(c.o.)	Bmax&Dist.casc	Franc.pr&Lwl	Loa&Desp.
Mínimos	1,74	1,02	9,33	5,24	5,12	1,45	0,07	1,12
Máximos	1,99	1,08	17,25	11,67	6	3,73	0,12	2,02
Medios	1,865	1,05	13,29	8,455	5,56	2,59	0,095	1,57

Sup.Vel.&Desp.	Sup.Vel.&Desp.max	Pot&Loa	(Desp.&Loa)/Pot	Cap.Agua&Loa	Cap.comb.&Loa
4,67	3,85	3,12	6,92	37,99	16,17
8,08	6,36	7,72	13,72	66,13	37,99
6,375	5,105	5,42	10,32	52,06	27,08

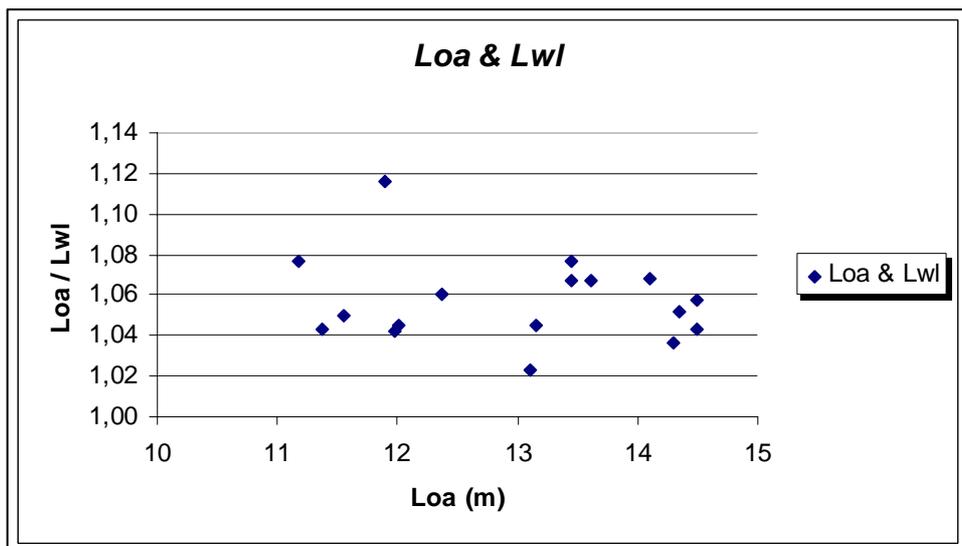
Gráficas de Dispersión:

Rango de esloras [12,37 m - 14,5 m]

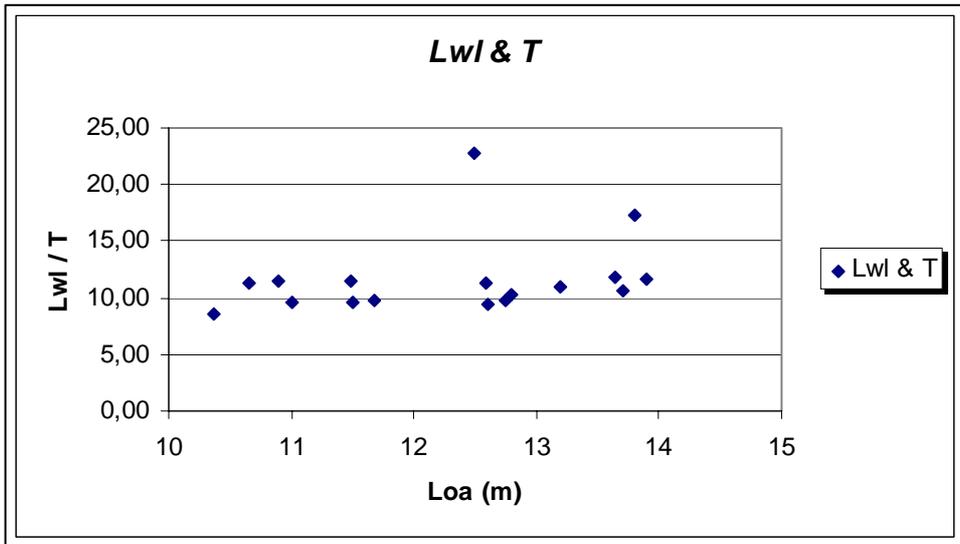
Loa & Bmax (1,74 - 1,99)



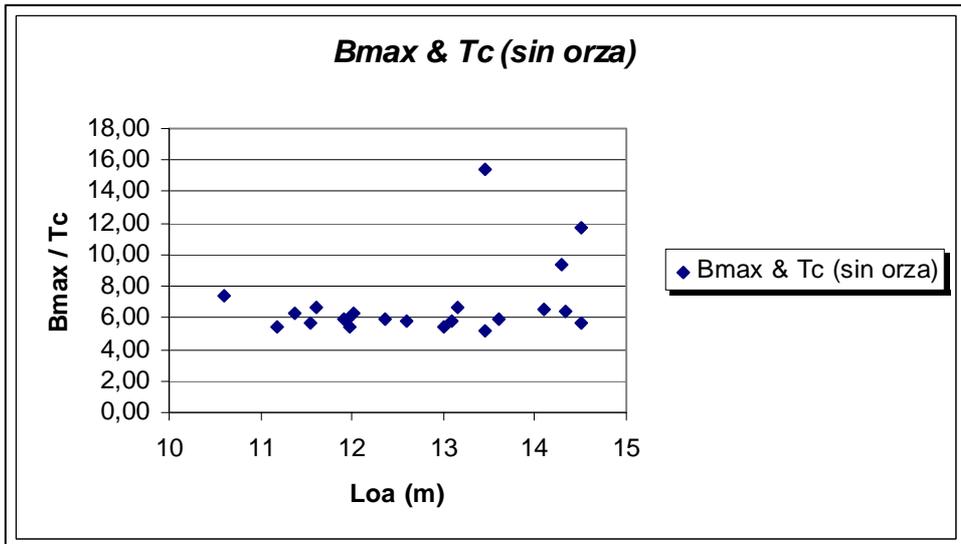
Loa & Lwl (1,02 - 1,08)



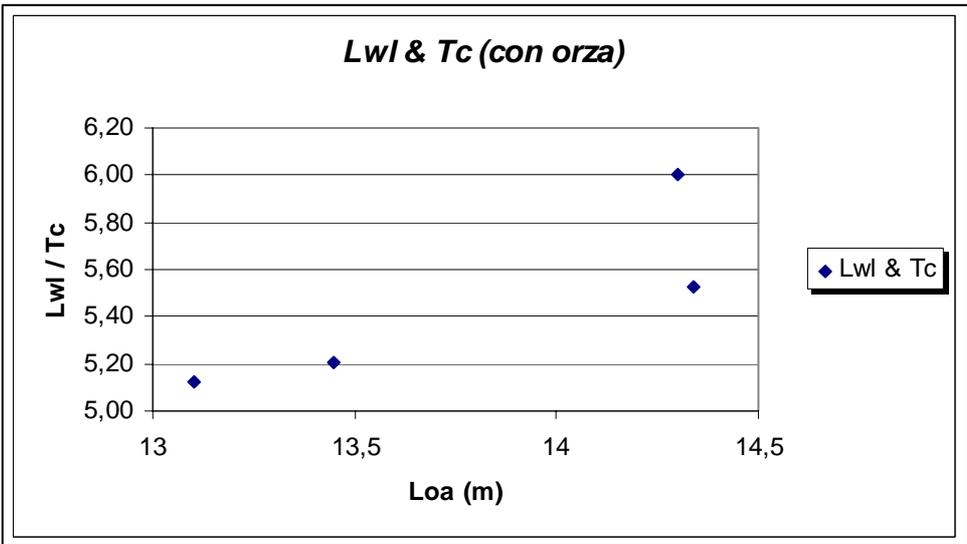
Lwl & T (9,33 - 17,25)



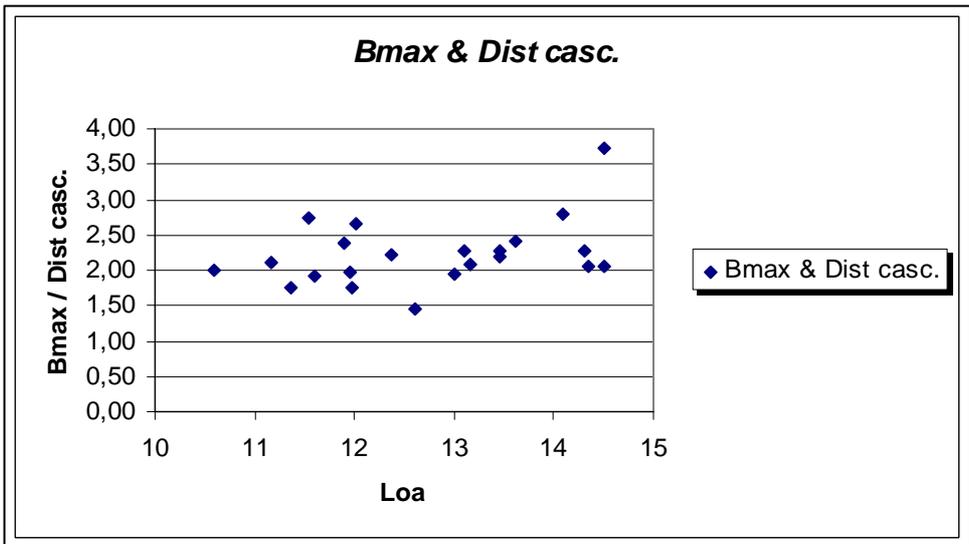
Bmax & Tc (sin orza), (5,24 - 11,67)



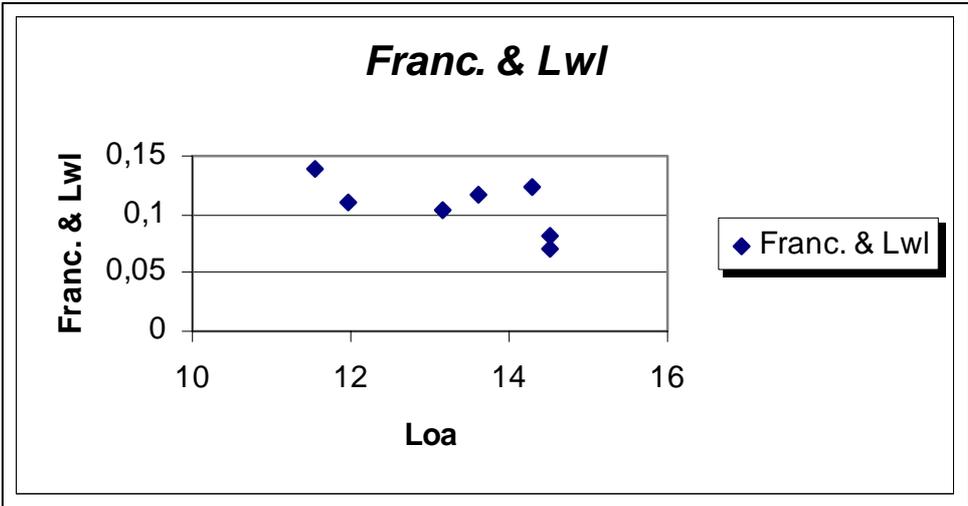
Lwl & Tc (con orza), (5,12 - 6)



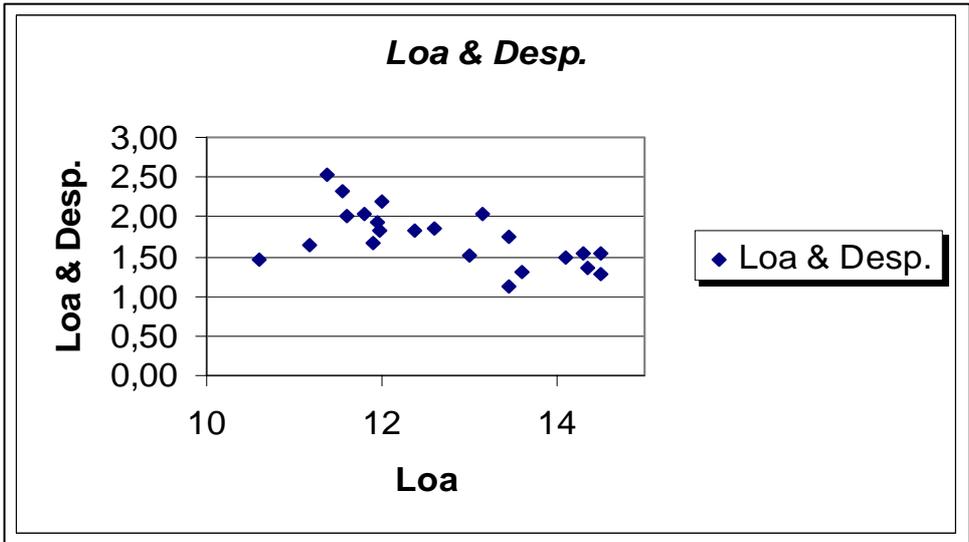
Bmax & Dist casc. (1,45 - 3,73)



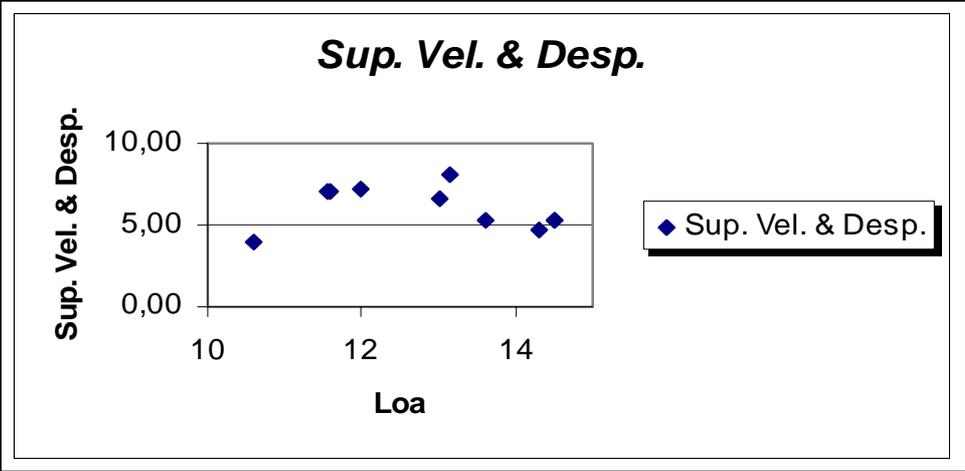
Franc. & Lwl (0,07 - 0,12)



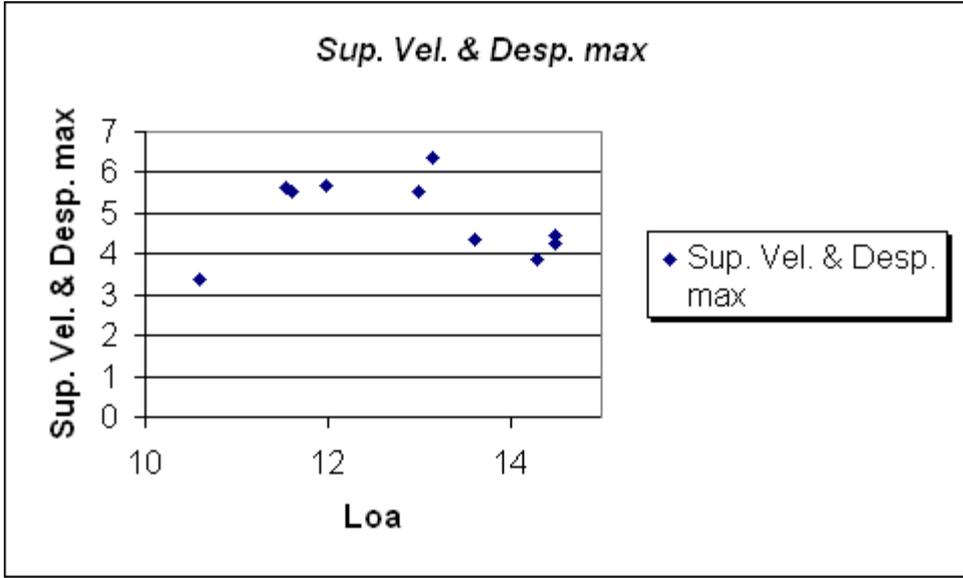
Loa & Desp. (1,12 - 2,02)



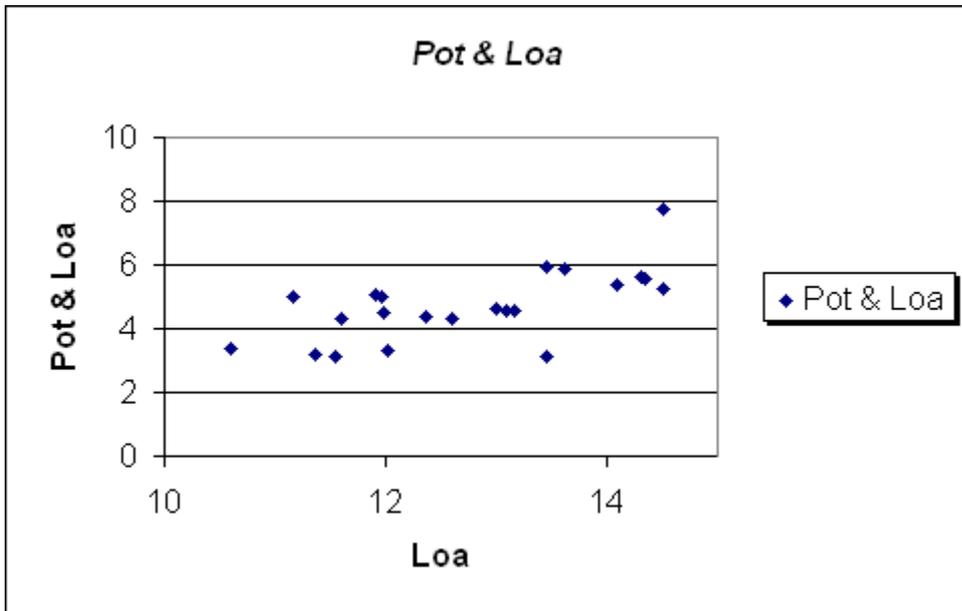
Sup. Vel & Desp. (4,67 - 8,08)



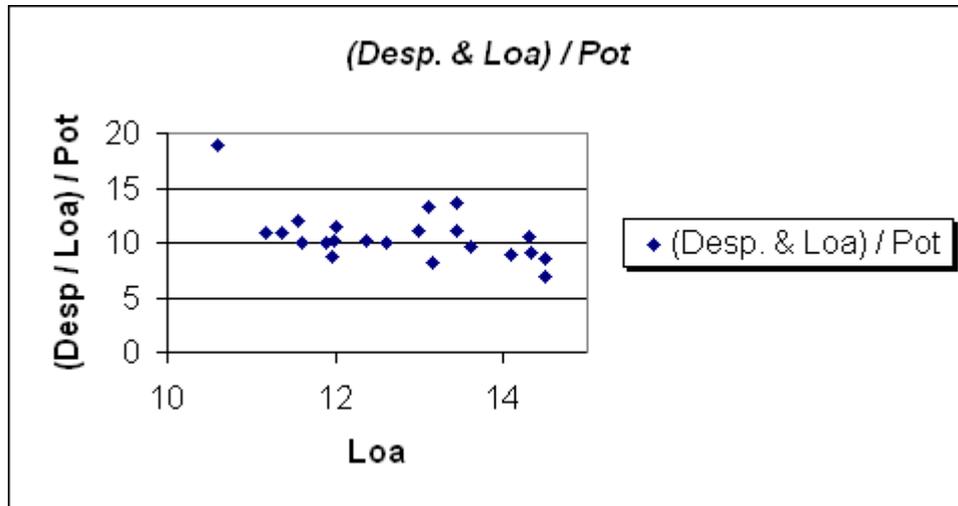
Sup. Vel. & Desp. Max (3,85 - 6,36)



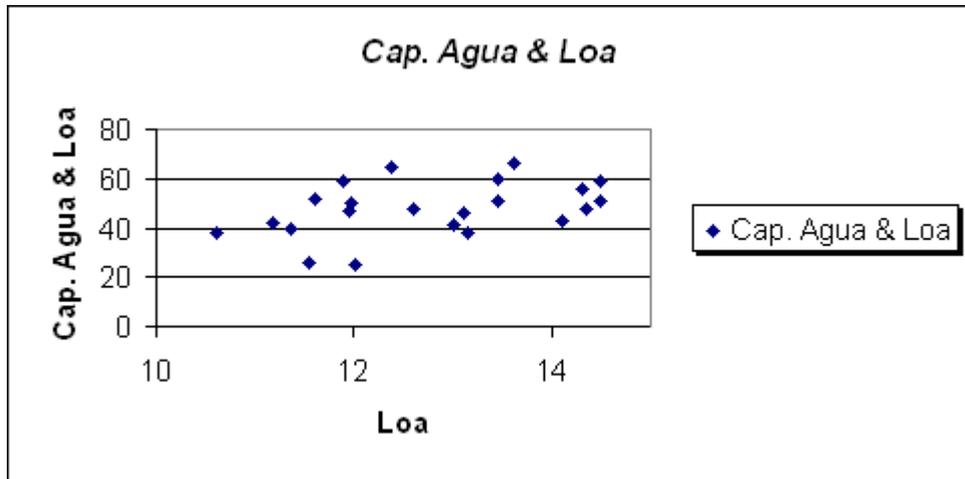
Pot & Loa (3,12 - 7,72)



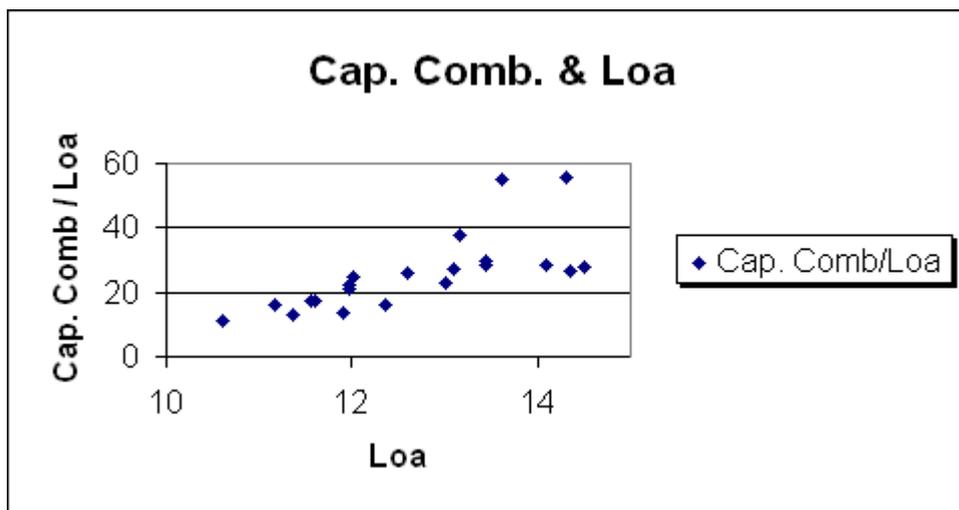
(Desp. & Loa) / Pot. (6,92 - 13,72)



Cap. Agua & Loa (37,99 - 66,13)

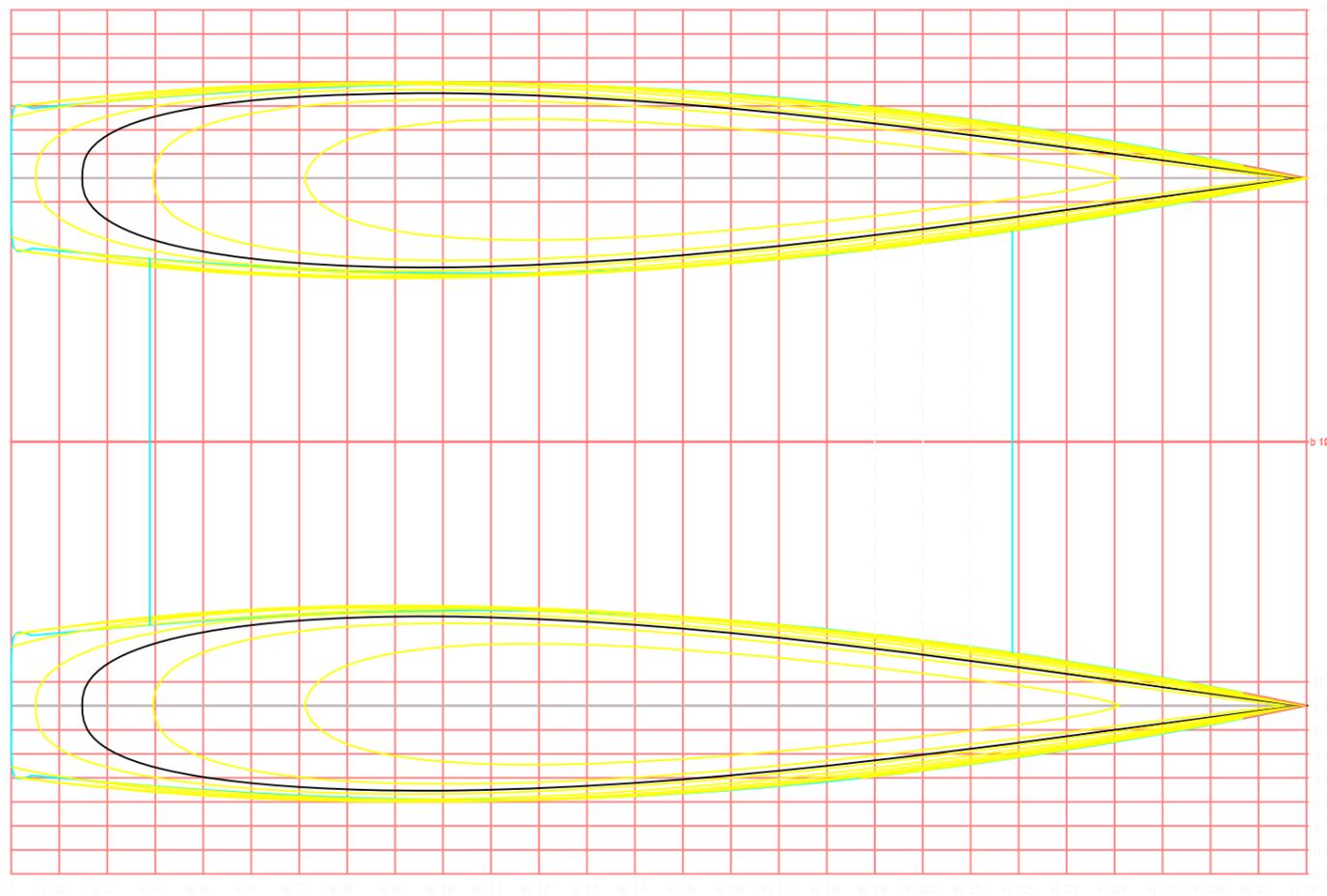
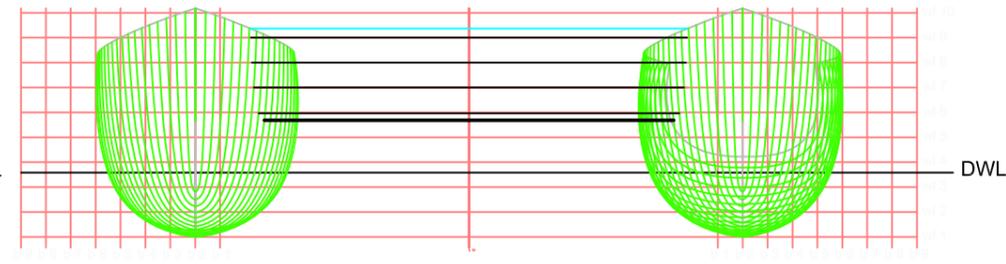
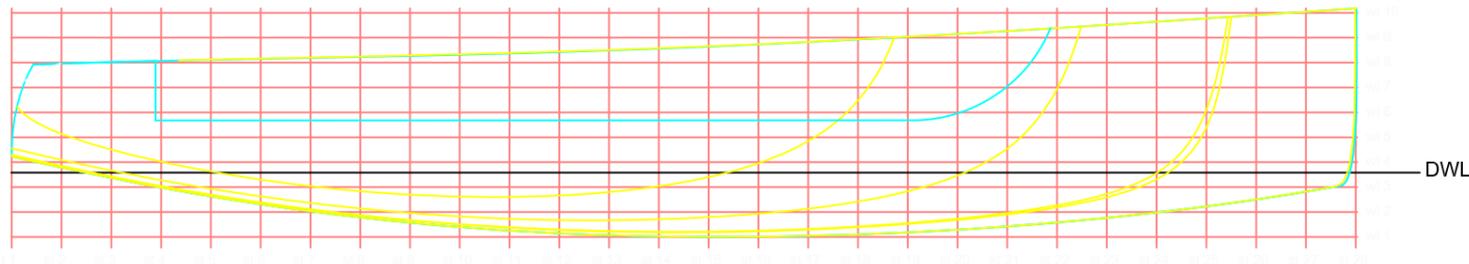


Cap. Comb.& Loa (16,17 - 37,99)



Apéndice 2:

Planos.

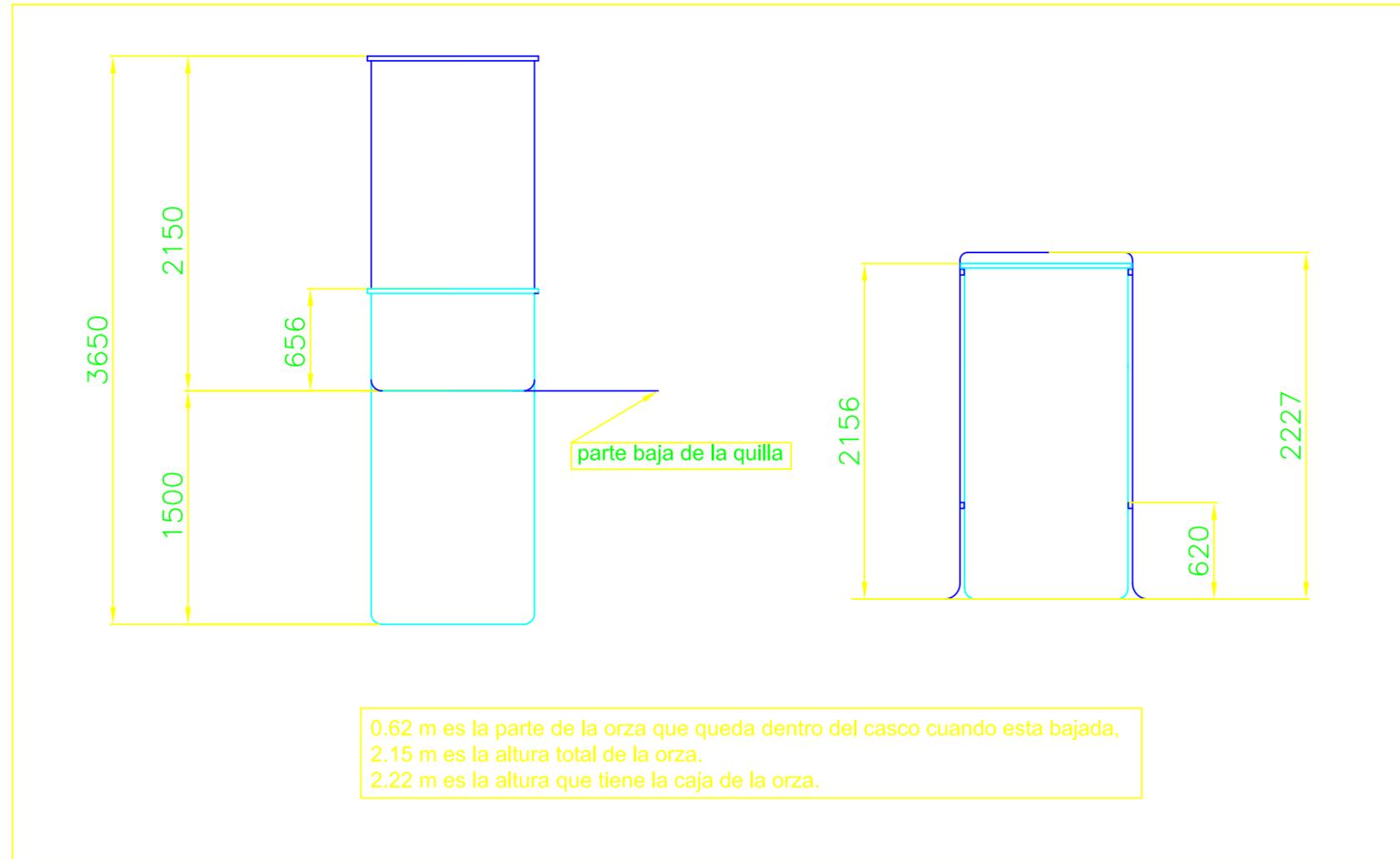
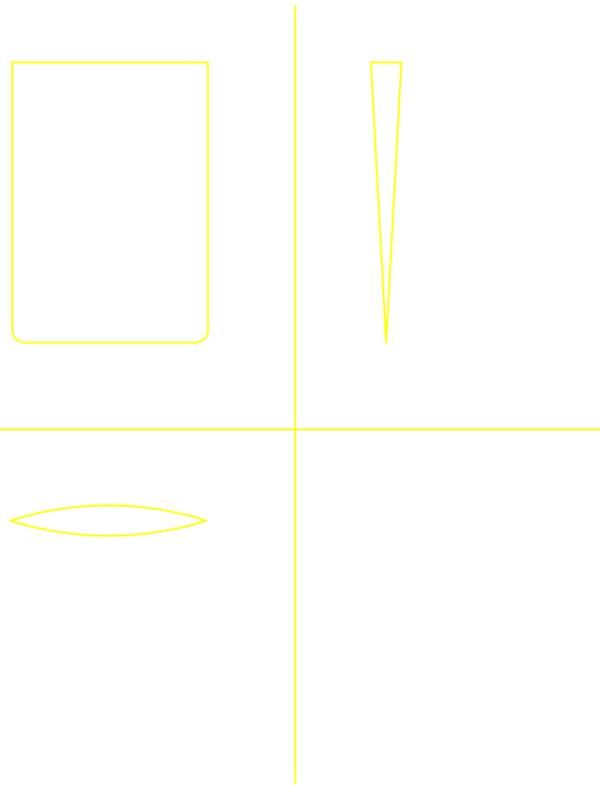


Elemento	Espaciado (mm)
Líneas de agua	250
Secciones	500
Longitudinales	250

Loa	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmáx	7.5 m
Manga casco	1.965 m
Tmáx	2.15 m
Tc	0.65 m
Desp. Rosca	10500 Kg

Desp. Diseño	11.500 Kg
Cap. Agua	800 L.
Cap. Combustible	400 L.
Superficie Mojada	115,3 m ²
Numero Froude	0.3986
Coef. Prismático	0.552
Francobordo	1.65 m

Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas				PLANO DE FORMAS	
Autor	Joaquín Quijano Melero			Fecha	02/07/2007
Plano nº	1	Escala:	1:75	Comprobado	Q

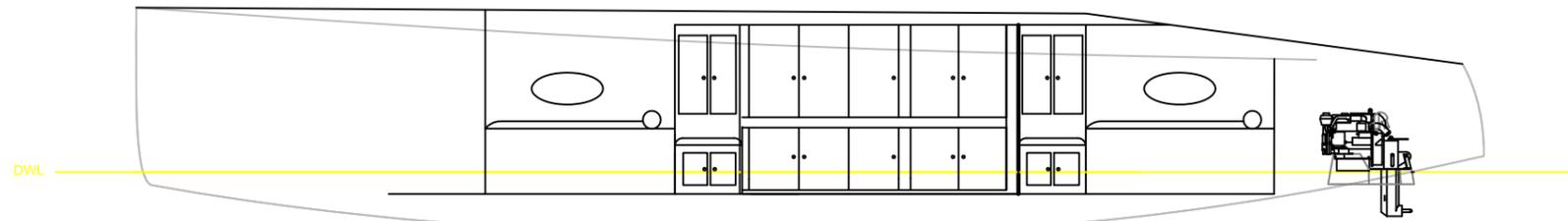


0.62 m es la parte de la orza que queda dentro del casco cuando esta bajada,
 2.15 m es la altura total de la orza.
 2.22 m es la altura que tiene la caja de la orza.

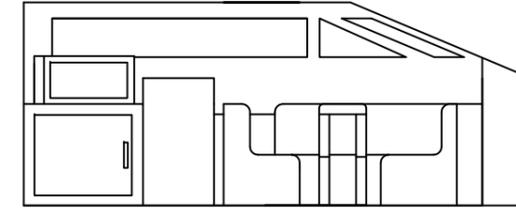
Ángulo Barrido	0°
Rel. Afinamiento	1
Cuerda Base	1,05 m
Cuerda Extremo	1,05 m
Cuerda Media	1,05 m
Sup. Proy. Orza	1,575 m ²
Rel. Aspecto	0,952

Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas			PLANO DE ORZA		
Autor	Joaquín Quijano Melero		Fecha	02/07/2007	
Plano nº	2	Escala:	1:50	Comprobado	Q

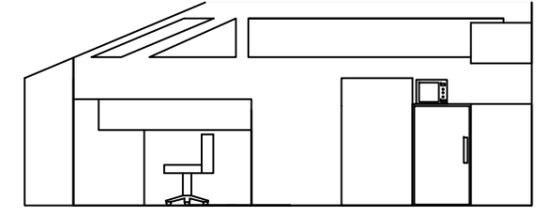
Sección B-B



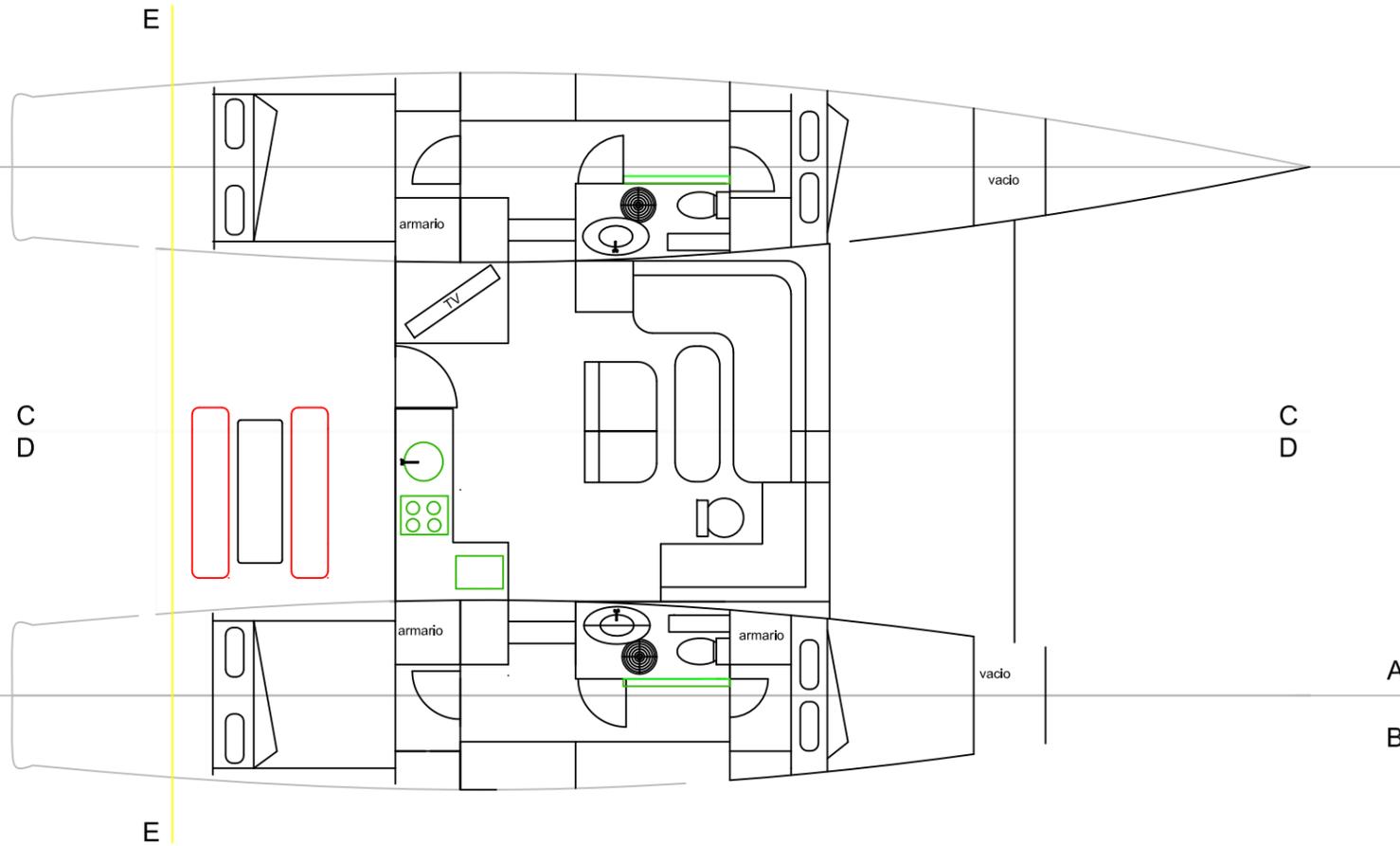
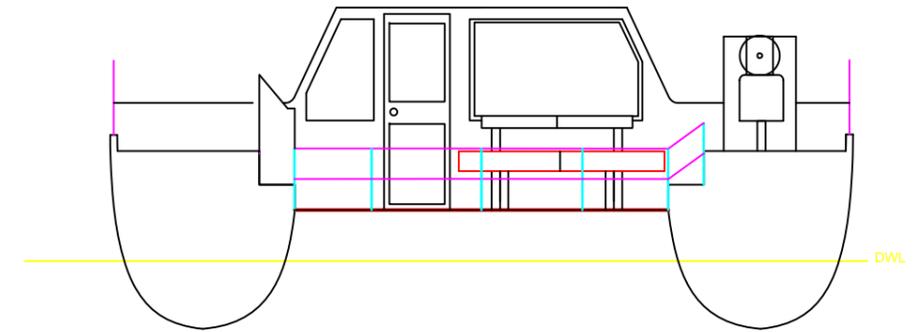
Sección C-C



Sección D-D

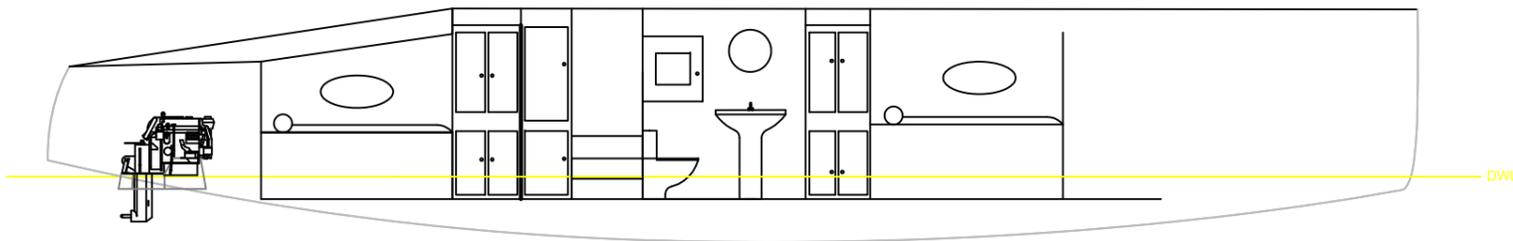


Sección E-E

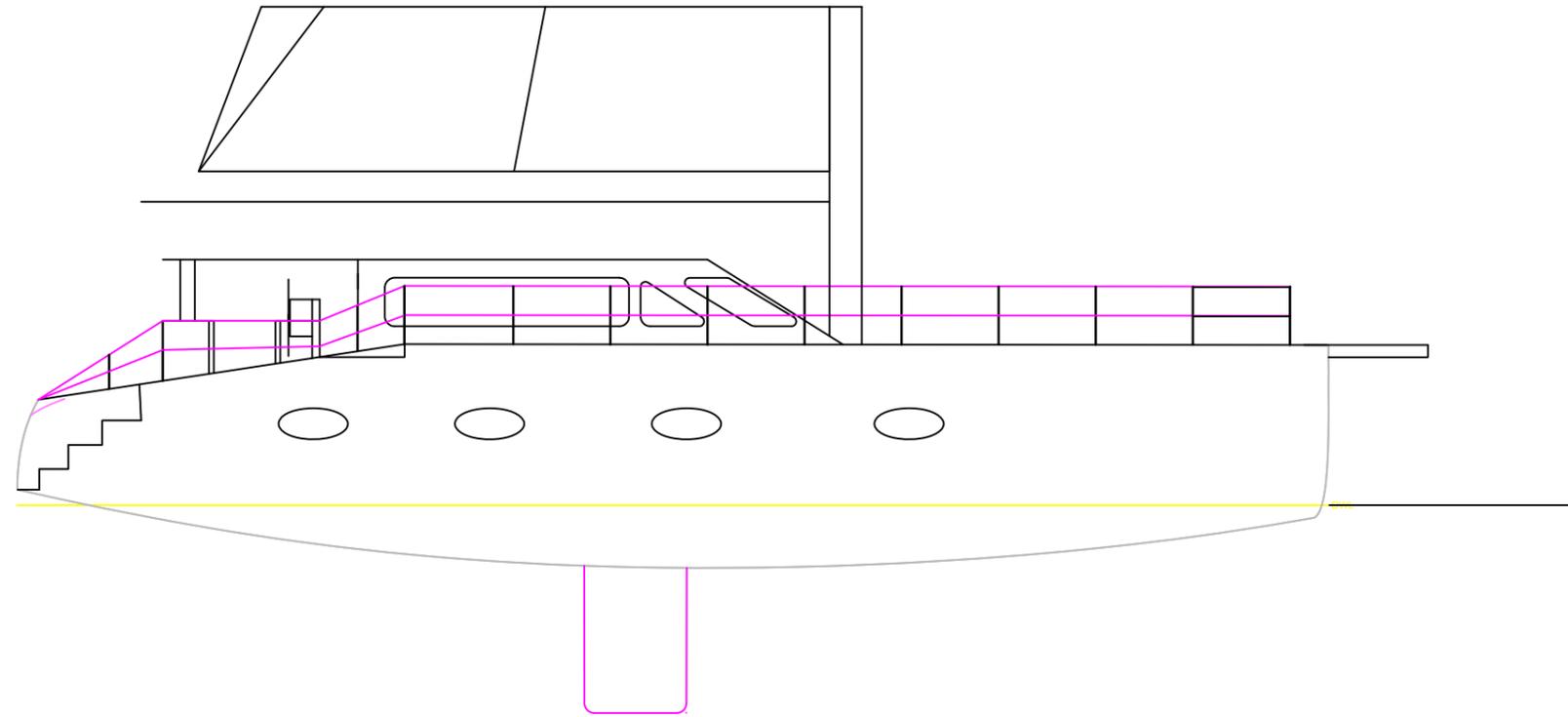


LOA	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmax	7.5 m
T (con orza)	2.3 m
Desp. Rosca	10200 kg

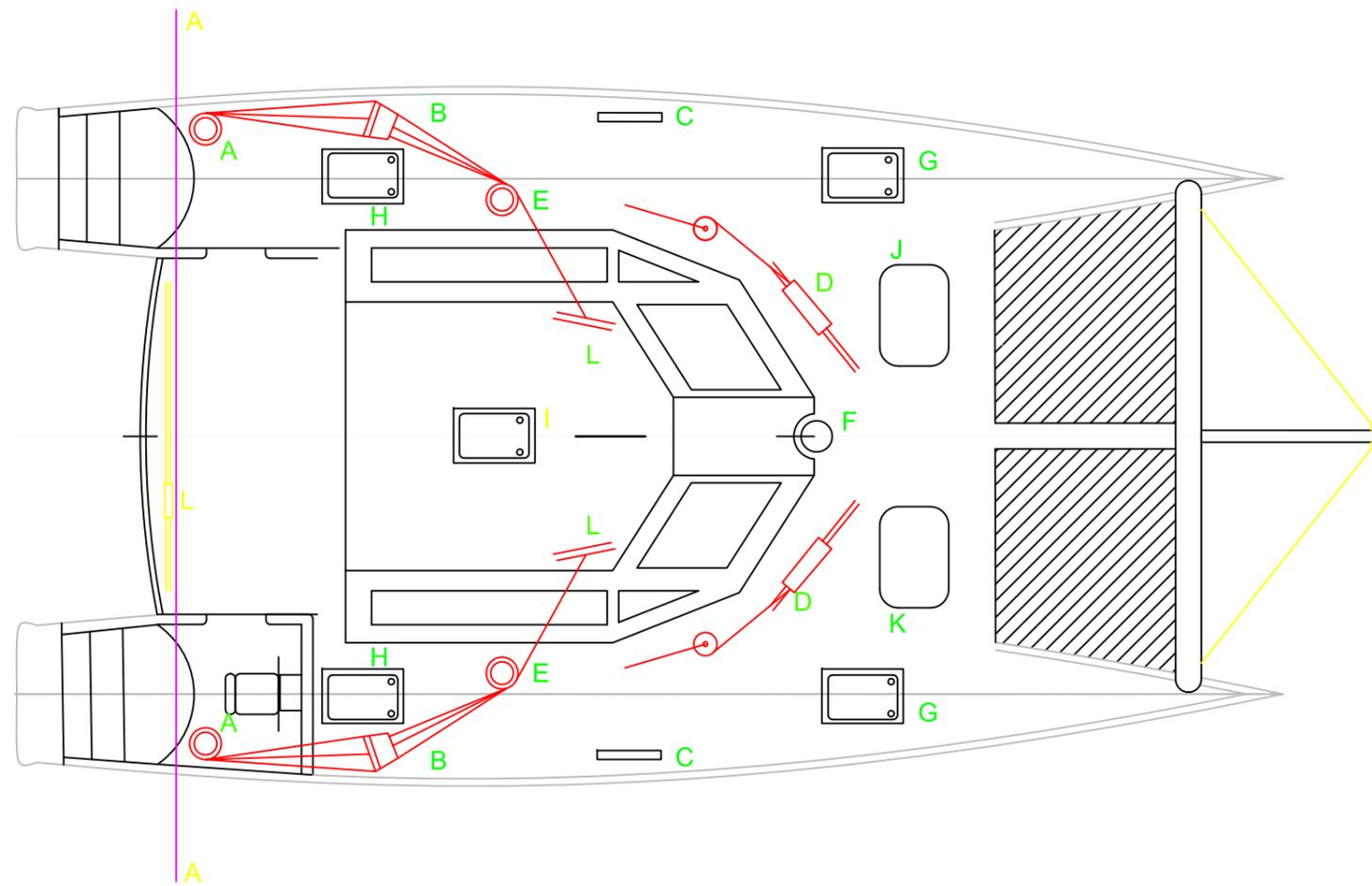
Sección A-A



Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas			PLANO DISP. GENERAL		
Autor	Joaquín Quijano Melero		Fecha	02/07/2007	
Plano nº	3	Escala:	1: 75	Comprobado	Q

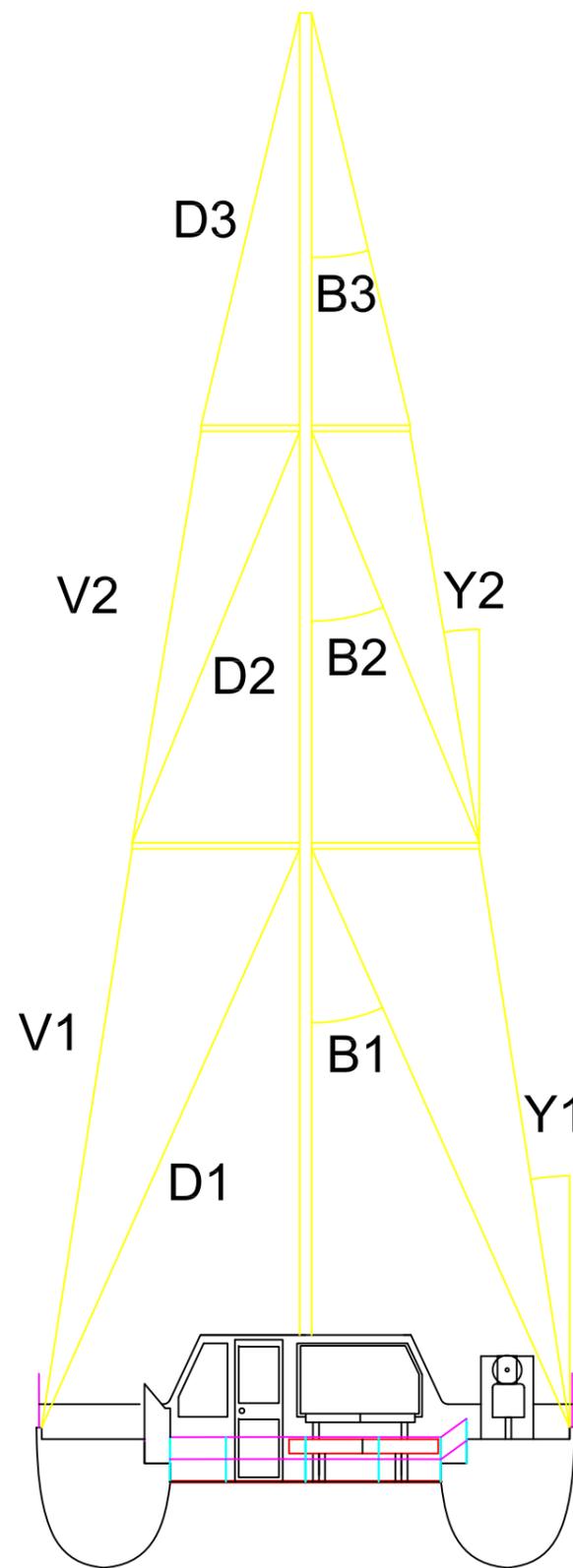
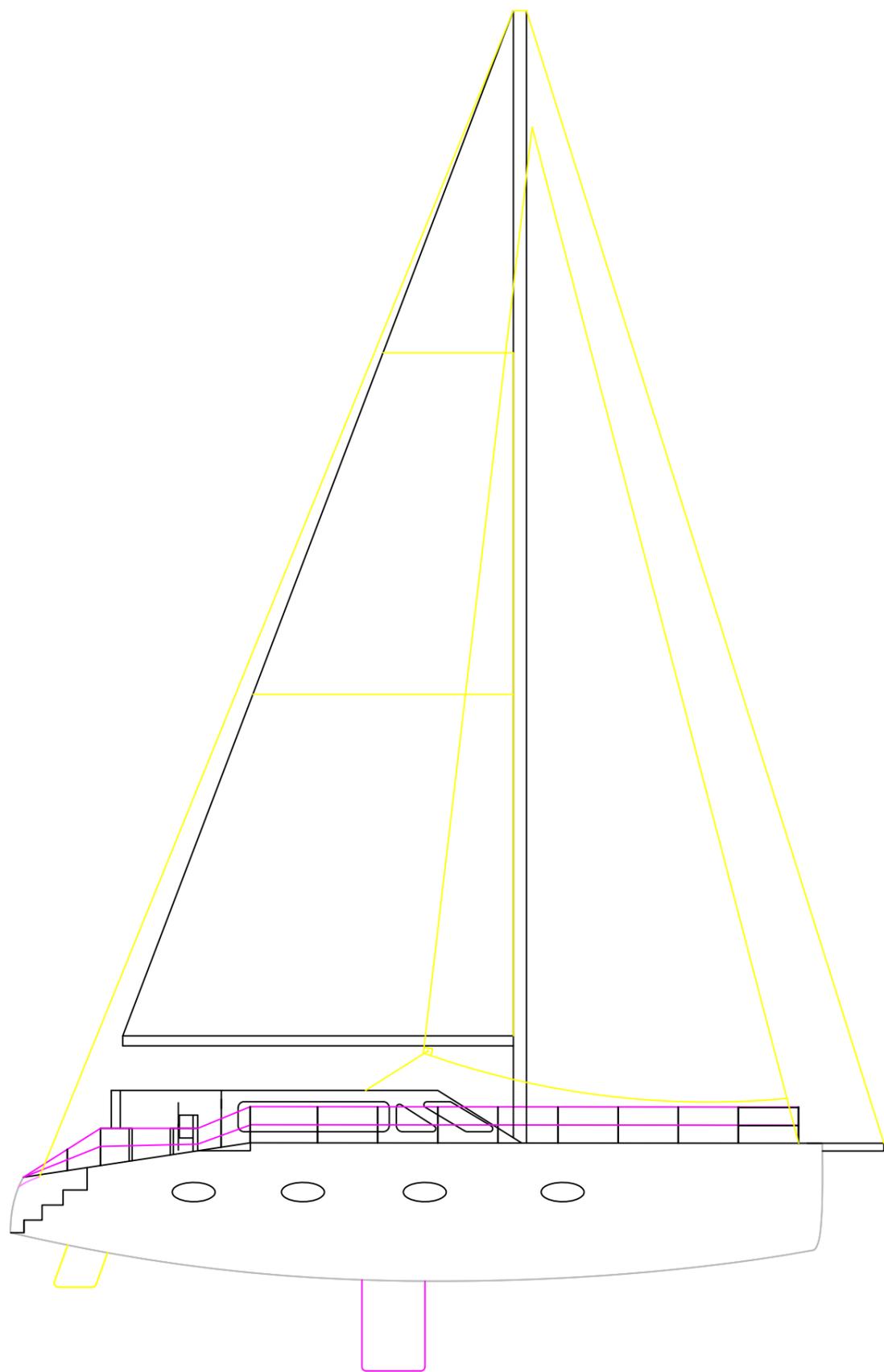


LOA	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmax	7.5 m
T (con orza)	2.3 m
Desp. Rosca	10200 kg



A	Winche Popa
B	Organizer
C	Cornamusas
D	Carros Foque
E	Winche Central
F	Mástil
G	Escotillas Proa
H	Escotillas Popa
I	Escotilla Central
J	Pañol Ancla
K	Pañol Velas
L	Carro de Genova
M	Carro de la Mayor

Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas		PLANO DE CUBIERTA	
Autor	Joaquín Quijano Melero	Fecha	02/07/2007
Plano nº	4	Escala:	1:75
Comprobado		Q	

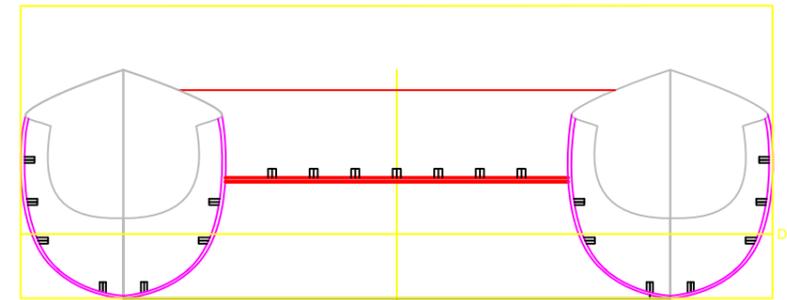
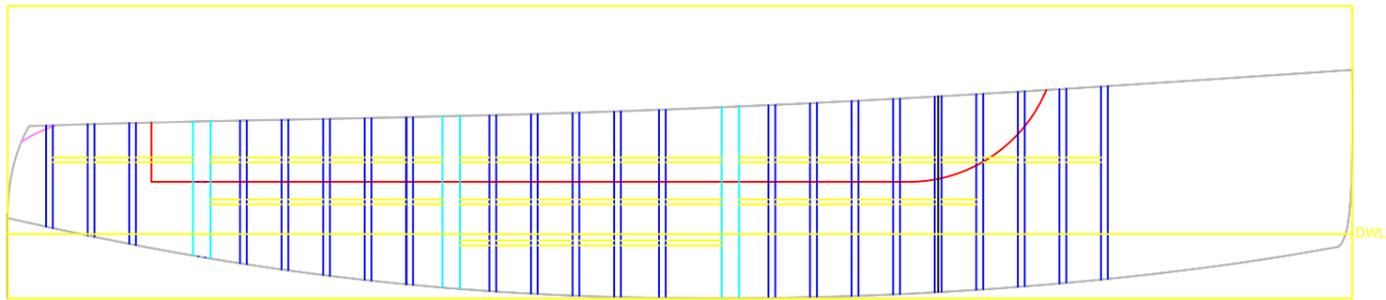


ELEMENTO:	DIMENSIÓN
B1	9°
B2	14°
B3	16°
Y1	2°
Y2	4°
LOA	13,5 m
B MAX	7,5 m
T MAX	2,3 m
SV TOTAL	90 m2
SV MAYOR	55 m2
SV PROA	35 m2
I	16,15 m
J	4,24 m
P	17,05 m
E	6,5 m

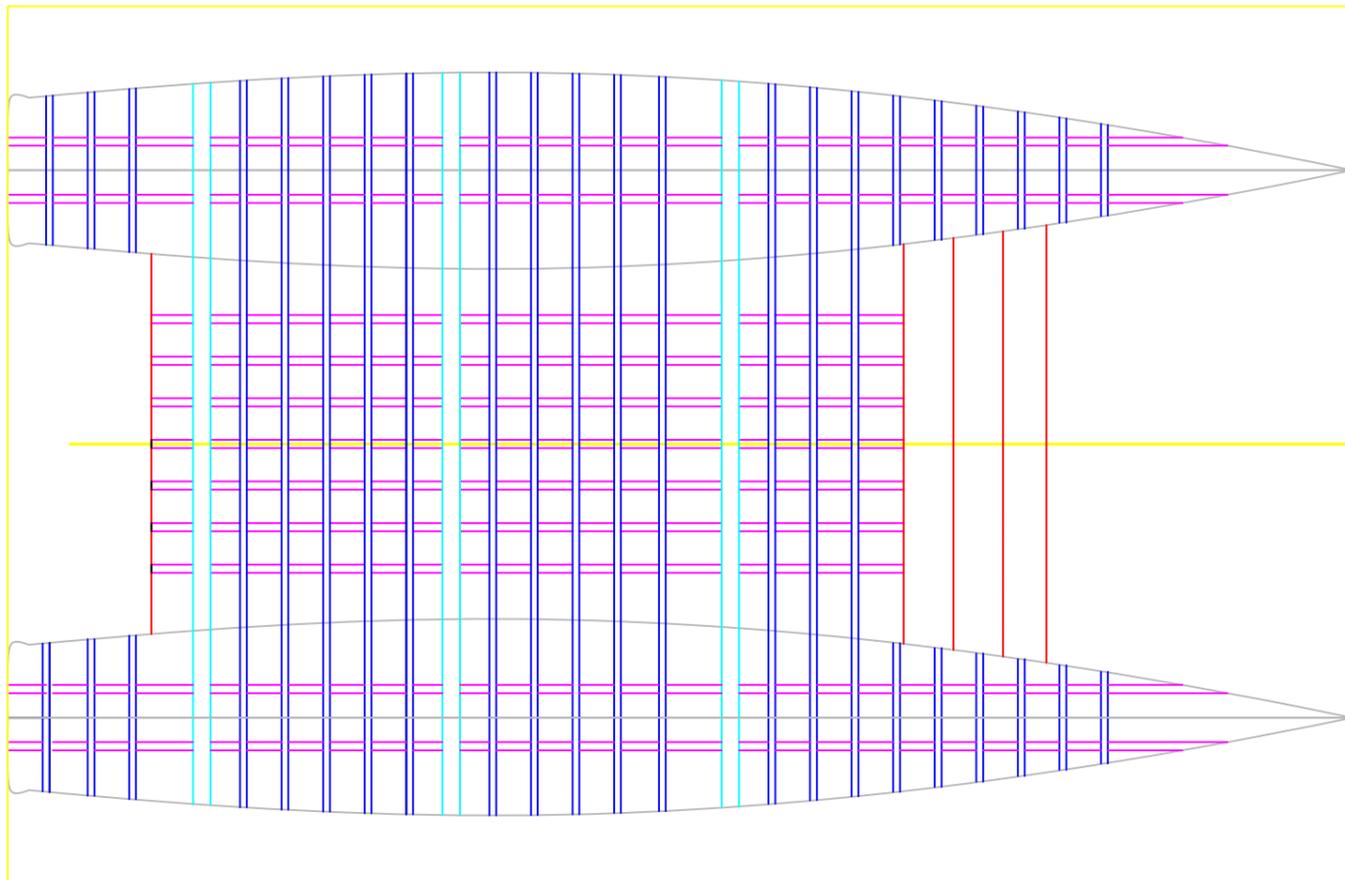
Elementos	mm
Obenquillos (D3)	10
Obenquillos (D2)	12
Obenquillos (D1)	12
Obenques (V2)	8
Obenques (V1)	14
Stay	14
Backstay	14

LOA	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmax	7.5 m
T (con orza)	2.3 m
Desp. Rosca	10200 kg

Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas			PLANO VÉLICO		
Autor	Joaquín Quijano Melero		Fecha	02/07/2007	
Plano nº	5	Escala:	1: 75	Comprobado	Q

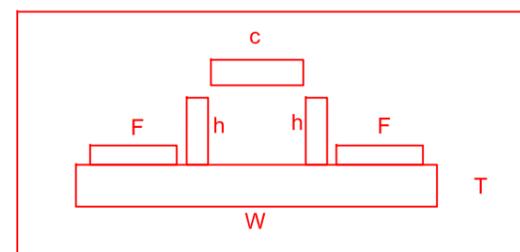


Elemento	Espesor (mm)
Costado	7,30
Fondo	9,85
Quilla	16,4

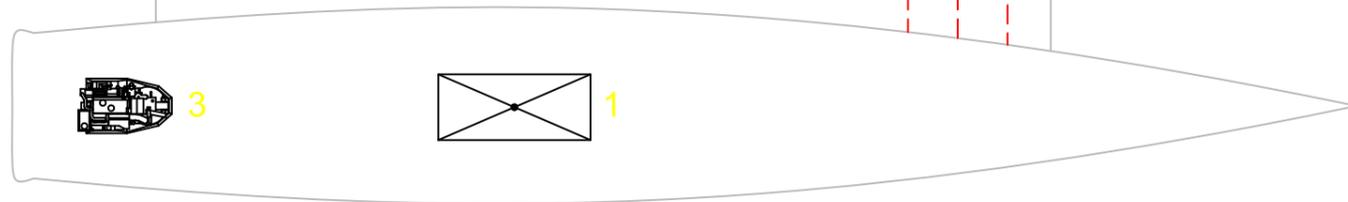
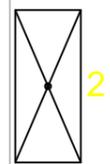
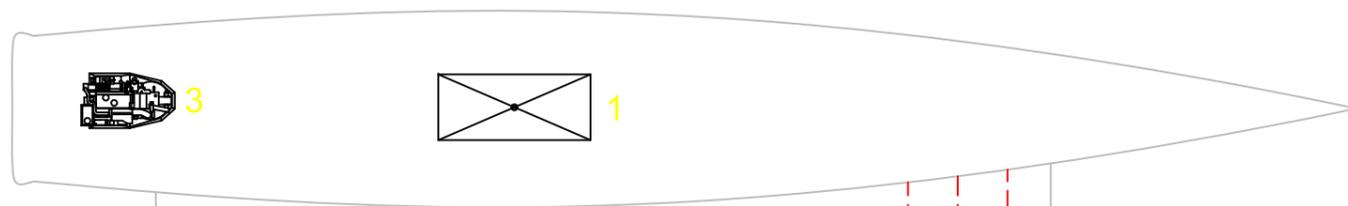
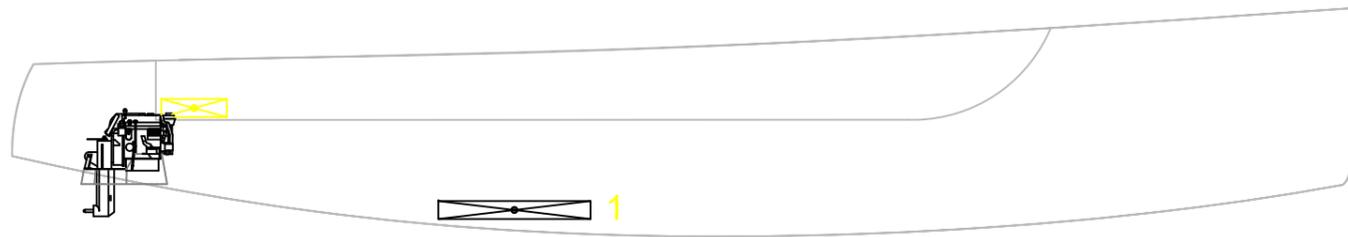


Refuerzos	Dimensiones (mm)					
	T	t	c	h	w	F
Varengas fondo	9,85.	11	68	90	230	70
Cuadernas costado	7,30	10	50	58	130	30
Longitudinales Fondo	9,85	10	61	81	181	50
Longitudinales Costado	7,30	10	30	85	150	50
Bulárcamas Centro	9,85	14	140	150	368	100
Bulárcamas Costado	7,30	11	110	110	332	100

LOA	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmax	7.5 m
T (con orza)	2.3 m
Desp. Rosca	10200 kg



Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas				PLANO DE FORMAS	
Autor	Joaquín Quijano Melero			Fecha	02/07/2007
Plano nº	6	Escala:	1:75	Comprobado	Q



LOA	13.5 m
Lwl	12.7 m
Bmax	7.5 m
T (con orza)	2.3 m
Desp. Rosca	10200 kg

Nº	Elemento	Capacidad (L)
1	T. Agua	400
2	T. Combustible	400x2
3	Motor	175x2

Universidad de Cádiz. EUIT Naval Estructuras Marinas				PL. MOTOR Y TANQUES	
Autor		Joaquín Quijano Melero		Fecha	
				02/07/2007	
Plano nº		7		Escala:	
				1:75	
Comprobado			Q		

Apéndice 3:

Estudio Estadístico P. Vélico.

N°	Nombre	Mayor (m ²)	Genova (m ²)	Spinnaker (m ²)	i (m)	j (m)	p (m)	e (m)	Area Mayor (m ²)	Area Proa (m ²)	Superf. Velica proyect. (m ²)
1	Tobago 35	40	28	68	10,6	3,48	11,7	4,9	28,67	18,44	47,11
2	Antigua 37	44	24	68,6							
3	Privilege 37	48	32								
4	Lagoon 38	79	52	85	12,51	3,46	13,09	5,39	35,28	21,64	56,92
5	Athena 38	50	35	85	14,3	3,49	15,1	5,4	40,77	24,95	65,72
6	Prot Escala 39	44,2	22,6	145,7							
7	Fast Cat 395			97							
8	Nautitech 40			87	14,83	3,8	16,16	5,9	47,67	28,18	75,85
9	Lavezzi 40	55	35	90							
10	Lagoon 410	56	36								
11	Venezia 42	60	41	92							
12	Belize 43	67	44		17,57	4,21	17,94	6,4	57,41	36,98	94,39
13	Catana 43										
14	Fast Cat 435	74	39,5	113	15,79	4,21	17,37	6,05	52,54	33,24	85,78
15	Privilage 435	64	47	110							
16	Advantage 44	65	57,9								
17	Lagoon 44	71,3	43,6	125	16,15	4,24	17,05	6,5	55,41	34,24	89,65
18	Privilege 465	76	52	140							
19	Lagoon 470	66	35	111							
20	Catana 471			148	15,61	4,9	18,06	6,2	55,99	38,24	94,23
21	Nautitech 475			115,6	14,3	4,48	16,26	7,29	59,27	32,03	91,30
22	Bahia 46	72	50	120	15,7	4,59	14,43	7	50,51	36,03	86,54

Valores min. Max. Y medios de las relaciones, para las esloras entre 12.37 m y 14.5 m

Valores Mínimos:		Valores Máximos:		Valores Medios:	
Eslora (m):	10.6	Eslora (m):	14.5	Eslora (m):	12,55
I (m):	10.6	I (m):	17.57	I (m):	17.57
J (m):	3.48	J (m):	4.9	J (m):	4.19
P (m):	11.7	P (m):	17.94	P (m):	14,82
E (m):	4.9	E (m):	7.29	E (m):	6,09
SV (m2):	47.11	SV (m2):	94.39	SV (m2):	70,75

Apéndice 4:
Cálculo del Aparejo.

4. Cálculo del Aparejo

Datos:		
Desp.	11500	kg
l	16,15	m
J	4,248	m
P	17,05	m
E	6,5	m
g	9,81	m / seg ²
GZ _{30°}	2,334	
RM _{30°}	263310	N * M
RM	263310	N * M

1. Obenques:

Datos:		
a1	19,7	m
a2	7,96	m
T1	13366	N * M
T2	33079	N * M
Thead	13231,65	N * M
d1	4,55	m
d2	1,13	m
Tboom	10916,11	N * M
Thu	10599,29	N * M
Thl	2632,35	N * M
l1	7,78	m
l2	5,68	m
BD	2,1	m
Tbu	2946,5	N * M

Tipo Aparejo	Load Case 1:		
	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
M-2 / F-2 (2)	0	0	13366

Tipo Aparejo	Load Case 1:		
	F1 (N)	F2 (N)	F3 (N)
M-2 / F-2 (2)	0	0	13366

a) Fuerzas y ángulos:

F1	5578,85	N
F2	10599,29	N
F3	13399	N
φ_1	16	°
φ_2	14	°
φ_3	12	°
μ_1	4	°
μ_2	2	°

b) Tensiones y fuerzas:

D1	90733,31	N
D2	85588,73	N
D3	64286	N
C1	19430	N
C2	10106,5	N
V1	129934	N
V2	46726,6	N

c) Cargas de rotura:

Pd1	254053,26	N
Pd1	226833,27	N
Pd2	196854,08	N
Pd3	192858	N
Pv1	415788,8	N
Pv2	140179,8	N

d) Tabla Resumen:

		Tension: (N)	C.Rotura: (N)	L (m)	P / L : (kg / m)	P: (kg)	Diam: (mm)
Obenquillos	D3	64286	192858	5,765	2,738	0,475	10
	D2	85588,73	196854,08	5,965	4,891	0,82	12
	D1	90733,31	226833,27	8,618	7,067	0,82	12
Obenques	V2	46726,6	140179,8	5,676	1,856	0,327	8
	V1	129934	415788,8	7,967	7,967	1	14

2. Fuerzas en Stays y Backstays:

Datos:		
l	18,05	m
la	19,7	m
θ_a	20,87	°
θ_f	14,5	°
fs	1,65	m
Pfo	221890,44	N
Pa	155949,79	N

a) Tabla Resumen:

	Tension: (N)	C.Rotura: (N)	L (m)	P / L : (kg / m)	P: (kg)	Diam: (mm)
Stay	221890,44	310646,61	19,752	1	19,752	14
Backstay	155949,79	218329,7	20,931	1	20,931	14

3. Mástil:

Datos:		
K3	1,35	
K1	3,645	
m	1	
l1	7,78	m
l2	5,68	m
l3	5,68	m
PT	217491	N
b	1,816	m

M.I.Transversal:		
Panel	Ix (mm ⁴)	Ix (cm ⁴)
1	47984327,7	4798,43277
2	25576256,1	2557,62561
3	25576256,1	2557,62561

Datos:		
K3	1,35	
K2	0,9	
m	1	
PT	217491	N
b	1,816	m
h	16,15	m

M.I.Longitudinal:		
	mm ⁴	cm ⁴
Iy	68922753,8	6892,2753

a) Tabla Resumen:

Dimen: (mm)	Iy (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)	Esp: (mm)	L (m)	P / L : (kg / m)	Peso (kg)
321 / 171	5822	2038	5,5 - 6,5	21,541	12,84	276,59

1

4. Botavara:

Datos		
HA	7,96	m
E	6,438	m
d1	1,5	m
d2	1,3	m
Πo,2	234	N / mm ²

Elemento:		Unidad
Fh	81909	N
Fv	70987,84	N
SMh	233,35	cm ³
Smv	418,83	cm ³

5. Crucetas:

Datos		
C1	19430,6	N
C2	10106,5	N
S1	2,28	m
S2	1,437	m
Φ_1	35	°
Φ_2	35	°
E	0,7	N / mm ²
K	0,000683	
V1	129934	N
V2	46726,6	N

Cruceta:	I (mm ⁴)	SM (mm ³)	Ms (N * mm)
1	140923,4	165,93	38827,74
2	25583,7	35,21	8349,28

Apéndice 5:
Escantillonado.

1. LAMINADO DEL CASCO:

Tabla 2.5.2 : Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:

Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos aleta y popa: (gr / m ²)	Quilla:	
		Fondo:	Costado:		Manga: (mm)	Peso: (gr / m ²)
12	410	4300	3200	5250	535	7200
13,5	417,5	4562,5	3462,5	5512,5	572,5	7500
14	420	4650	3550	5600	585	7600

Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares:						
Eslora L (m):	Espaciado básico del refuerzo (mm):	Pesos del casco (gr / m ²):		Pesos de la aleta y la popa (gr / m ²):	Quilla :	
		Fondo:	Costado:		Manga (mm):	Peso (gr / m ²):
13,5	417,5	4562,5	2412,5	5512,5	572,5	7500

LAMINADO DEL FONDO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO		
MAT		
TEJIDO		
MAT		
N° Capas	13	Espesor total
Peso Laminado	6500	9,85

Gc (Laminado)=	0,4256
Kw =	1,3516
Peso inicial =	4562,5

Pesos en gr/m³
Espesores en mm

Peso Laminado (CORREGIDO) =	6166,8
------------------------------------	---------------

ACCEPTABLE

$$Gc = \frac{2,56}{3072 * T} + 1,36$$

T = espesor laminado
w = peso total
Gc = contenido de f.v en laminado

$$Kw = 2,8 * Gc + 0,16$$

Kw = factor corrección

LAMINADO DEL COSTADO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO		
MAT		
TEJIDO		
MAT		
TEJIDO		
MAT		
N° Capas	9	Espesor total
Peso Laminado	4600	7,30

Pesos en gr/m³

Espesores en mm

Gc (Laminado)=	0,4106
Kw =	1,3096
Peso inicial =	3462

Peso Laminado (CORREGIDO) =	4533,9
------------------------------------	---------------

ACCEPTABLE

$$Gc = \frac{2,56}{3072 * T} + 1,36$$

T= espesor laminado
w = peso total
Gc= contenido de f.v en laminado

$$Kw = 2,8 * Gc + 0,16$$

Kw = factor corrección

LAMINADO DE LA QUILLA		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
N° Capas	19	Espesor total
Peso Laminado	10400	16,4

Pesos en gr/m³
 Espesores en mm

Peso inicial = 7500

9865 < 10400

CUMPLE

ACCEPTABLE

6.1. ARMAZÓN TRANSVERSAL:

Tabla 2.6.2 :Armazón transv. emb. a motor, veleros y auxiliares:

Calado D (mm)	Espacio básico refuerzos (mm)	Módulos (cm ³):	
		V/< 3,6	
		Varengas del centro:	Cuadernas del costado:
2	410	150	55
2,675	417,5	197,5	70
3,35	425	245	85

Tabla Resumen:		
Calado	2,675	mm
Espacio básico ref.	417,5	mm
Mod. Requerido Varengas	197,5	cm ³
Mod. Requerido Cuadernas	70	cm ³

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.2 :

Tabla Resumen:		
Calado	2,675	mm
Espacio básico ref.	417,5	mm
Mod. Varengas	177,75	cm ³
Mod. Cuadernas	63	cm ³

Altura Línea Neutra: $Y_{ln} = (EA * Y_g) / EA$

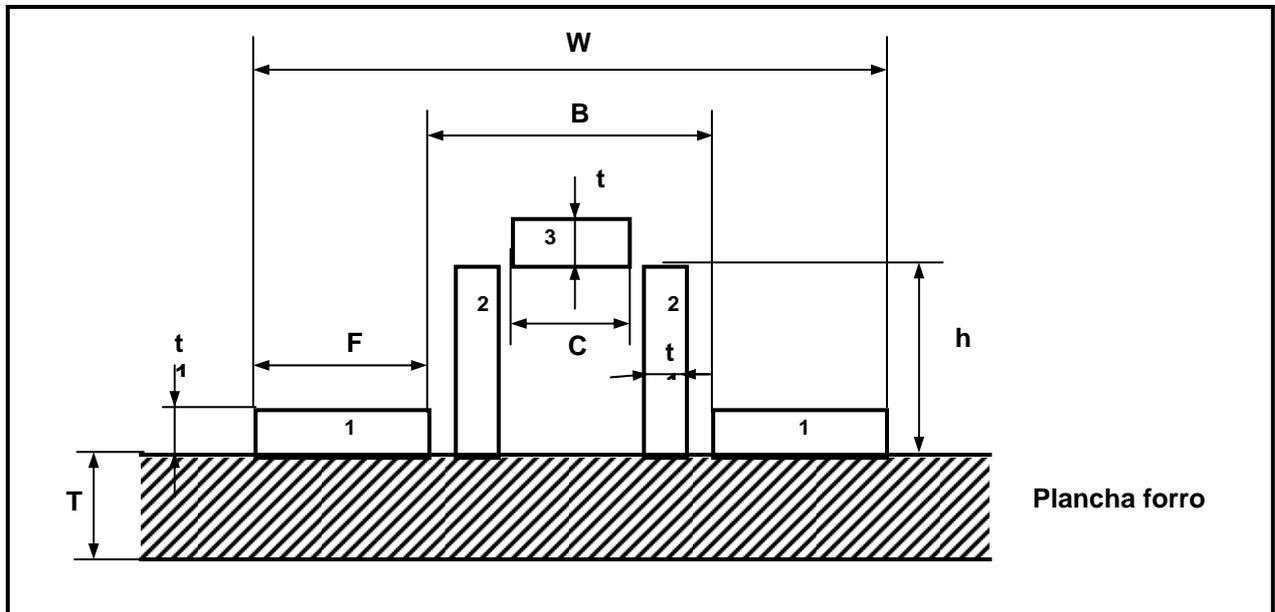
Altura Máxima: $Y_{max} = T + h + t_2 - Y_{ln}$

Inercia respecto a Línea Neutra: $I_n = I_b - [(Y_{ln}^2) * EA]$

Módulo Resistente Real: $W_r = I_n / Y_{max}$

Módulo Resistente Requerido: $W = 177750 \text{ mm}^3$

A continuación vemos un gráfico explicativo de la distribución de las dimensiones de un refuerzo estándar del casco de la embarcación. De ahora en adelante los cálculos de los diferentes tipos de refuerzos como varengas y longitudinales de fondo, cuadernas de fondo y costado, bulárcamas..., serán siguiendo la distribución del grafico.



Varengas de fondo:

Dimensiones (mm)	
T	9,85
t1	11
t2	11
C	68
h	90
W	230
F	70
B	90
altura refuerzo	101

Yg (neutra)	34,01
Y máxima	76,84
In (L. neutra)	8497372,71
Módulo resistente Real	110584,6281
Gc (fondo)	0,4256
Kz	0,6198

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	1540	15,35	23639	15528,33	378386,98
2	1980	54,85	108603	1336500,00	7293374,55
3	748	105,35	78801,8	7542,33	8309311,96
4	2265,5	4,925	11157,5875	18317,04	73268,16
TOTAL	6533,5		222201,388		16054341,65

FONDO			
Módulo (tabla)	177,75	cm ³	177750 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	110176,314
-------------------------	-------------------

ACCEPTABLE

Cuadernas de costado exterior:

DATOS DE ENTRADA	
T	7,30

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	600	12,3	7380	5000,00	95774,00

t1	10
t2	10
C	50
h	58
W	130
F	30
B	70
altura refuerzo	68

2	1160	36,3	42108	325186,67	1853707,07
3	500	70,3	35150	4166,67	2475211,67
4	949	3,65	3463,85	4214,35	16857,40
TOTAL	3209		88101,85		4441550,14

	FONDO			
Módulo (tabla)	63	cm ³	63000	mm ³

MÓDULO CORREGIDO	41580,3454
-------------------------	-------------------

Yg (neutra)	27,45
Y máxima	47,85
In (L. neutra)	2022748,03
Módulo resistente Real	42276,7609
Gc (costado)	0,4106
Kz	0,6600

ACCEPTABLE

Tabla 2.6.3 : Arm. long. emb. a motor, veleros y aux :

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	Módulos Long. (cm ³):	
		V/ < 3,6	
		Fondo:	Costado:
12	410	130	85
13,5	417,5	145	96,25
14	420	150	100

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Fondo	145	cm ³
Mód. Long. Costado	96,25	cm ³
Espaciado Básico Ref.	417,5	mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.3 :

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Fondo	130,5	cm ³
Mód. Long. Costado	86,625	cm ³
Espaciado Básico Ref.	417,5	mm

Corrección según espaciado básico de refuerzos:

Eslora L (m)	Espaciado básico refuerzos (mm)	Módulos Long. (cm ³):	
		V/ < 3,6	
		Fondo	Costado
12	410	130	85
13,5	417,5	145	96,25
14	420	150	100
26,66	800	285,71	190,476

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.3 :

Tabla Resumen:		
Mód. Long. Fondo	293,022	cm ³
Mód. Long. Costado	184,186	cm ³
Espaciado Básico Ref.	800	mm

Tabla 2.6.4 : Bulárc. emb.a motor, veleros y aux :

Eslora L (m)	Módulos (cm ³):	
	V/ < 3,6	
	Centro:	Costado:
12	595	235
13,5	790	317,5
14	855	345

Tabla Resumen:		
Mód. Bulárc. Centro	790	cm ³
Mód. Bulárc. Costado	317,5	cm ³
Espaciado Básico Ref.	2000	mm

Corrección según notas adjuntas a Tabla 2.6.4 :

Tabla Resumen:		
Mód. Bulárc. Centro	711	cm ³
Mód. Bulárc. Costado	285,75	cm ³
Espaciado Básico Ref.	2000	mm

Corrección según espaciado básico de refuerzos:

C) Bulárcamas del Centro:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
n° 1	4452,8	1582,97
n° 2	2803,9	996,786

D) Bulárcamas del Costado:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm ³)
n° 1	4452,8	636,193
n° 2	2803,9	400,607

Longitudinales de costado:

DATOS DE ENTRADA	
T	7,30
t1	10
t2	10
C	30
h	85
W	150
F	50
B	50
altura refuerzo	95

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	1000	12,3	12300	8333,33	159623,33
2	1700	49,8	84660	1023541,67	5239609,67
3	300	97,3	29190	2500,00	2842687,00
4	1095	3,65	3996,75	4862,71	19450,85
TOTAL	4095		130146,75		8261370,85

FONDO			
Módulo (tabla)	86,625	cm ³	86625 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	57172,9749
------------------	------------

Yg (neutra)	31,78
Y máxima	70,52
In (L. neutra)	4125064,00
Módulo resistente Real	58496,5015
Gc (costado)	0,4106
Kz	0,6600

ACCEPTABLE

Longitudinales de fondo:

DATOS DE ENTRADA	
T	9,85
t1	10
t2	10
C	61
h	81
W	181
F	50
B	81
altura refuerzo	91

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	1000	14,85	14850	8333,33	228855,83
2	1620	50,35	81567	885735,00	4992633,45
3	610	95,85	58468,5	5083,33	5609289,06
4	1782,85	4,925	8780,53625	14414,71	57658,85
TOTAL	5012,85		163666,036		10888437,20

FONDO				
Módulo (tabla)	130,5	cm ³	130500	mm ³

MÓDULO CORREGIDO	80888,9395
------------------	------------

Yg (neutra)	32,65
Y máxima	68,20
In (L. neutra)	5544855,92
Módulo resistente Real	81302,04
Gc (fondo)	0,43
Kz	0,62

ACCEPTABLE

3c) BULÁRCAMAS CENTRO:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm³)
nº 1	1947,8	692,442
nº 2	2505	890,527
nº 3	2803,9	996,786

Bulárcama de centro nº 1:

Dimensiones (mm)	
T	9,85
t1	14
t2	14
C	140
h	150
W	368
F	100
B	168
altura refuerzo	164

Yg (neutra)	59,47
Y máxima	114,38
In (L. neutra)	49157620,13
Módulo resistente Real	429777,6229
Gc (fondo)	0,4256
Kz	0,6198

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	2800	16,85	47180	45733,33	840716,33
2	4200	84,85	356370	7875000,00	38112994,50
3	1960	166,85	327026	32013,33	54596301,43
4	3624,8	4,925	17852,14	29307,26	117229,05
TOTAL	12584,8		748428,14		93667241,32

FONDO			
Módulo (tabla)	692,442	cm ³	692442 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	429202,292
-------------------------	-------------------

ACCEPTABLE

Bulárcamas de centro nº 2:

Dimensiones (mm)	
T	9,85
t1	16
t2	16
C	154
h	159
W	387
F	100
B	187
altura refuerzo	175

Yg (neutra)	66,35
Y máxima	118,50
In (L. neutra)	65558208,31
Módulo resistente Real	553216,8269
Gc (fondo)	0,4256
Kz	0,6198

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	3200	17,85	57120	68266,67	1087858,67
2	5088	89,35	454612,8	10719144,00	51338797,68
3	2464	176,85	435758,4	52565,33	77116438,37
4	3811,95	4,925	18773,8538	30820,41	123281,64
TOTAL	14563,95		966265,054		129666376,36

FONDO			
Módulo (tabla)	890,527	cm ³	890527 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	551983,024
------------------	------------

ACCEPTABLE

Bulárcama de centro nº 3:

Dimensiones (mm)	
T	9,85
t1	17
t2	17
C	170
h	172
W	404
F	100
B	204
altura refuerzo	100

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	3400	18,35	62390	81883,33	1226739,83
2	5848	95,85	560530,8	14417269,33	68144146,51
3	2890	190,35	550111,5	69600,83	104783324,86
4	3979,4	4,925	19598,545	32174,28	128697,11
TOTAL	16117,4		1192630,85		174282908,32

FONDO			
Módulo (tabla)	996,786	cm ³	996786 mm ³

Yg (neutra)	74,00
Y máxima	124,85
In (L. neutra)	86032425,46
Módulo resistente Real	689066,872
Gc (fondo)	0,0000
Kz	0,6897

MÓDULO CORREGIDO	687438,621
------------------	------------

ACCEPTABLE

3d) BULÁRCAMAS COSTADO:

Refuerzo:	Espaciado: (mm)	Módulo: (cm³)
n° 1	1947,8	278,291
n° 2	2505	357,901
n° 3	2803,9	400,607

Bulárcamas de costado n°1:

Dimensiones (mm)	
T	7,30
t1	11
t2	11
C	110
h	110
W	332
F	100
B	132
altura refuerzo	130

Yg (neutra)	40,75
Y máxima	87,55
In (L. neutra)	16809645,41
Módulo resistente Real	192007,411
Gc (fondo)	0,0000
Kz	0,6897

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	2200	12,8	28160	22183,33	382631,33
2	2420	62,3	150766	2440166,67	11832888,47
3	1210	122,8	148588	12200,83	18258807,23
4	2423,6	3,65	8846,14	10762,80	43051,21
TOTAL	8253,6		336360,14		30517378,25

FONDO			
Módulo (tabla)	278,291	cm ³	278291 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	191924,828
-------------------------	-------------------

ACCEPTABLE

Bulárcamas de costado nº 2:

Dimensiones (mm)	
T	7,30
t1	12
t2	12
C	120
h	120
W	364
F	110
B	144
altura refuerzo	100

Yg (neutra)	44,77
Y máxima	94,53
In (L. neutra)	23372229,49
Módulo resistente Real	247253,416
Gc (fondo)	0,0000
Kz	0,6897

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	2640	13,3	35112	31680,00	498669,60
2	2880	67,3	193824	3456000,00	16500355,20
3	1440	133,3	191952	17280,00	25604481,60
4	2657,2	3,65	9698,78	11800,18	47200,73
TOTAL	9617,2		430586,78		42650707,13

FONDO			
Módulo (tabla)	357,901	cm ³	357901 mm ³

MÓDULO CORREGIDO	246828,276
-------------------------	-------------------

ACCEPTABLE

Bulárcamas de costado nº 3:

Dimensiones (mm)	
T	7,30
t1	12
t2	12
C	125
h	129
W	349
F	100
B	149
altura refuerzo	141

Yg (neutra)	49,98
Y máxima	98,32
In (L. neutra)	27307581,97
Módulo resistente Real	277732,346
Gc (fondo)	0,0000
Kz	0,6897

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	2400	13,3	31920	28800,00	453336,00
2	3096	71,8	222292,8	4293378,00	20254001,04
3	1500	142,3	213450	18000,00	30391935,00
4	2547,7	3,65	9299,105	11313,91	45255,64
TOTAL	9543,7		476961,905		51144527,68

FONDO				
Módulo (tabla)	400,607	cm ³	400607	mm ³

MÓDULO CORREGIDO	276280,69
------------------	-----------

ACCEPTABLE

Dimensiones

Refuerzo	T	t	c	h	w	F
Varenga Fondo	9,85	11	68	90	230	70
Cuadernas costado	7,3	10	50	58	130	30
Longitudinales fondo	9,85	10	61	81	181	50
Longitudinales costado	7,3	10	30	85	150	50
Bulárcamas centro n° 1	9,85	14	140	150	368	100
Bulárcamas centro n° 2	9,85	16	154	159	387	70
Bulárcamas centro n° 3	9,85	17	170	172	349	70
Bulárcamas costado n° 1	7,3	11	110	110	332	160
Bulárcamas costado n° 2	7,3	12	120	120	364	160
Bulárcamas costado n° 3	7,3	12	125	129	349	100

Apéndice 6:

Cálculo de Pesos y C.D.G.

I) ESTRUCTURA:

Tabla 2.5.2 : Peso del casco para Veleros y emb. Auxiliares:

Eslora L (m)	Espaciado básico (mm)	Peso del Casco (gr / m ²):		Pesos aleta y popa (gr / m ²)	Quilla	
		Fondo	Costado		Manga (mm)	Peso (gr / m ²)
12	410	4300	3200	5250	535	7200
13,5	417,5	4562,5	3462,5	5512,5	572,5	7500
14	420	4650	3550	5600	585	7600

Elemento:	w (gr / m ²):	Sm (m ²):
Costados	3462,5	11,879
Fondo	4562,5	16,516
Quilla	7500	2

Elemento:	Laminado (gr / m ²):	Resina (gr / m ²):
Mat	600	440
Tejido	300	500

a) Peso de Fibra Costados:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
500	800
500	800
500	450
300	

2100	2500
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	1540
Resina del Tejido (gr / m2)	4166,667

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	3640
Peso Tej (gr / m2):	6666,667

Peso Lam. Costado (gr / m2): 10306,667

Peso Lam. Costado (gr): 122432,893

Peso Lam. Costado (Kg):	122,433
--------------------------------	----------------

b) Peso de Fibra Fondo:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
500	450
500	800
500	800
500	450
300	450

2600	3400
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	1906,666667
Resina del Tejido (gr / m2)	5666,667

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	4506,666667
Peso Tej (gr / m2):	9066,667

Peso Lam. Fondo (gr / m2): 13573,333

Peso Lam. Fondo (gr): 224177,173

Peso Lam. Fondo (Kg):	224,177
------------------------------	----------------

c) Peso de Fibra Quilla:

Mat (gr / m2) :	Tejido (gr / m2):
300	450
500	450
500	800
500	800
500	800
500	800
500	800
500	800
500	450
500	450
300	

4600	5800
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m2)	3373,333333
Resina del Tejido (gr / m2)	9666,667

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m2):	7973,333333
Peso Tej (gr / m2):	15466,667

Peso Lam. Quilla (gr / m2): 23440,000

Peso Lam. Quilla (gr): 46880,000

Peso Lam. Quilla (Kg):	46,880
------------------------	--------

1) A. Transversal:

a) Varengas del Fondo

b) Cuadernas del Costado

c) Puntal de cubierta

$$A = L * (F + h + c + h + F) (\text{mm}^2)$$

a) Varengas Fondo:

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	2982
2	3144
3	3286
4	3612
5	3710
6	3792
7	3856
8	3904
9	3942
10	3930
11	3900
12	3848
13	3772
14	3476
15	3332
16	3170
17	2988
18	2790
19	2576
20	2346
21	2102
22	1842
23	3682
24	3631
25	3589
26	3556
27	3532
28	3513
29	3518
30	3534
31	3561
32	3601
33	3749
34	3822
35	3904

Dimensiones (mm):

T	9,85
t1	11
t2	11
c	68
h	90
w	230
F	70

P Lam F (gr / m2): 13573

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	1157016	1,157	15704,560	15,705	0,421	0,773	0,000	6,605	12,136	0,000
2	1219872	1,220	16557,725	16,558	0,838	0,685	0,000	13,877	11,340	0,000
3	1274968	1,275	17305,561	17,306	1,256	0,602	0,000	21,729	10,415	0,000
4	1401456	1,401	19022,425	19,022	2,368	0,408	0,000	45,053	7,759	0,000
5	1439480	1,439	19538,537	19,539	2,786	0,346	0,000	54,432	6,760	0,000
6	1471296	1,471	19970,386	19,970	3,203	0,290	0,000	63,973	5,797	0,000
7	1496128	1,496	20307,439	20,307	3,621	0,241	0,000	73,531	4,900	0,000
8	1514752	1,515	20560,229	20,560	4,038	0,199	0,000	83,030	4,087	0,000
9	1529496	1,529	20760,354	20,760	4,873	0,132	0,000	101,174	2,738	0,000
10	1524840	1,525	20697,157	20,697	5,291	0,107	0,000	109,507	2,219	0,000
11	1513200	1,513	20539,163	20,539	5,708	0,088	0,000	117,246	1,805	0,000
12	1493024	1,493	20265,307	20,265	6,126	0,074	0,000	124,143	1,498	0,000
13	1463536	1,464	19865,057	19,865	6,577	0,064	0,000	130,660	1,278	0,000
14	1348688	1,349	18306,187	18,306	7,677	0,065	0,000	140,542	1,185	0,000
15	1292816	1,293	17547,818	17,548	8,095	0,073	0,000	142,046	1,279	0,000
16	1229960	1,230	16694,653	16,695	8,512	0,086	0,000	142,110	1,427	0,000
17	1159344	1,159	15736,159	15,736	8,930	0,102	0,000	140,521	1,611	0,000
18	1082520	1,083	14693,401	14,693	9,347	0,124	0,000	137,344	1,816	0,000
19	999488	0,999	13566,380	13,566	9,765	0,149	0,000	132,473	2,023	0,000
20	910248	0,910	12355,096	12,355	10,182	0,179	0,000	125,803	2,213	0,000
21	815576	0,816	11070,082	11,070	10,600	0,214	0,000	117,341	2,365	0,000
22	714696	0,715	9700,805	9,701	11,017	0,253	0,000	106,877	2,453	0,000
23	1428616	1,429	19391,076	19,391	2,368	1,230	0,000	45,926	23,853	0,000
24	1408828	1,409	19122,487	19,122	2,786	1,230	0,000	53,273	23,523	0,000
25	1392532	1,393	18901,296	18,901	3,203	1,230	0,000	60,548	23,250	0,000
26	1379728	1,380	18727,503	18,728	3,621	1,230	0,000	67,810	23,037	0,000
27	1370416	1,370	18601,109	18,601	4,038	1,230	0,000	75,119	22,881	0,000
28	1363044	1,363	18501,046	18,501	4,873	1,230	0,000	90,163	22,758	0,000
29	1364984	1,365	18527,378	18,527	5,291	1,230	0,000	98,027	22,791	0,000
30	1371192	1,371	18611,642	18,612	5,708	1,230	0,000	106,243	22,894	0,000
31	1381668	1,382	18753,836	18,754	6,126	1,230	0,000	114,884	23,069	0,000

32	1397188	1,397	18964,494	18,964	6,577	1,230	0,000	124,737	23,328	0,000
33	1454612	1,455	19743,929	19,744	7,677	1,230	0,000	151,580	24,287	0,000
34	1482936	1,483	20128,380	20,128	8,095	1,230	0,000	162,935	24,760	0,000
35	1514752	1,515	20560,229	20,560	8,512	1,230	0,000	175,015	25,291	0,000

TOTAL:	629,299
---------------	---------

3456,277	394,829	0,000
----------	---------	-------

Resúmen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Varengas Fondo	5,492	0,627	0,000	629,299

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	1023
2	1124
3	1219
4	1359
5	1438
6	1509
7	1573
8	1631
9	1682
10	1769
11	1806
12	1838
13	1866
14	1888
15	1938
16	1949
17	1955
18	1961
19	1963
20	1961
21	1956
22	1948
23	1935

b) Cuadernas Costado:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	10
t2	10
c	50
h	58
w	130
F	30

P Lam Cost (gr / m²): 10306,660

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	Peso (x4):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	231198	0,231	2382,879	2,383	9,532	0,421	1,224	0	4,009	11,667	0,000
2	254024	0,254	2618,139	2,618	10,473	0,838	1,187	0	8,777	12,426	0,000
3	275494	0,275	2839,423	2,839	11,358	1,256	1,151	0	14,261	13,072	0,000
4	324988	0,325	3349,541	3,350	13,398	2,368	1,067	0	31,732	14,290	0,000
5	341034	0,341	3514,921	3,515	14,060	2,786	1,040	0	39,169	14,625	0,000
6	355498	0,355	3663,997	3,664	14,656	3,203	1,017	0	46,949	14,898	0,000
7	368606	0,369	3799,097	3,799	15,196	3,621	0,997	0	55,025	15,143	0,000
8	380132	0,380	3917,891	3,918	15,672	4,038	0,980	0	63,288	15,350	0,000
9	399794	0,400	4120,541	4,121	16,482	4,873	0,961	0	80,324	15,831	0,000
10	408156	0,408	4206,725	4,207	16,827	5,291	0,950	0	89,029	15,984	0,000
11	415388	0,415	4281,263	4,281	17,125	5,708	0,947	0	97,757	16,211	0,000
12	421716	0,422	4346,483	4,346	17,386	6,126	0,947	0	106,504	16,458	0,000
13	426688	0,427	4397,728	4,398	17,591	6,577	0,948	0	115,702	16,676	0,000
14	437988	0,438	4514,193	4,514	18,057	7,677	0,973	0	138,627	17,576	0,000
15	440474	0,440	4539,816	4,540	18,159	8,095	0,987	0	146,996	17,925	0,000
16	441830	0,442	4553,792	4,554	18,215	8,512	1,003	0	155,053	18,264	0,000
17	443186	0,443	4567,767	4,568	18,271	8,930	1,023	0	163,157	18,684	0,000
18	443638	0,444	4572,426	4,572	18,290	9,347	1,045	0	170,959	19,109	0,000
19	443186	0,443	4567,767	4,568	18,271	9,765	1,069	0	178,413	19,537	0,000
20	442056	0,442	4556,121	4,556	18,224	10,182	1,097	0	185,567	19,989	0,000
21	440248	0,440	4537,486	4,537	18,150	10,600	1,127	0	192,386	20,460	0,000
22	437310	0,437	4507,205	4,507	18,029	11,017	1,1601	0	198,629	20,915	0,000

TOTAL:	353,421
---------------	---------

2282,314	365,090	0,000
----------	---------	-------

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Cuad. Costado	6,458	1,033	0	353,421

1) A. Longitudinal:

a) Longitudinales de Fondo

b) Longitudinales de Costado

$$A = L + [2 * (t_1 + F + h + (2 * t_2)) + c] (\text{mm}^2)$$

a) Longitudinales Fondo:

Dimensiones (mm):	
T	9,85
t1	10
t2	10
c	61
h	81
w	181
F	50

P Lam F (gr / m2):	13573,33
--------------------	----------

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	12034
2	12034
3	75557
4	75557
5	75557
6	75557
7	75557
8	75557
9	75557
10	12034
11	12034

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	3886982	3,887	52759,289	52,759	6,017	0,081	-3,034	317,453	4,268	-160,082
2	3886982	3,887	52759,289	52,759	6,017	0,081	-2,460	317,453	4,268	-129,798
3	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	-1,253	1729,918	402,575	-414,898
4	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	-0,835	1729,918	402,575	-276,599
5	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	-0,418	1729,918	402,575	-138,299
6	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	0,000	1729,918	402,575	0,000
7	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	0,418	1729,918	402,575	138,299
8	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	0,835	1729,918	402,575	276,599
9	24404911	24,405	331255,911	331,256	5,222	1,215	1,253	1729,918	402,575	414,898
10	3886982	3,887	52759,289	52,759	6,017	0,081	2,460	317,453	4,268	129,798
11	3886982	3,887	52759,289	52,759	6,017	0,081	3,034	317,453	4,268	160,082

TOTAL:	2529,829
---------------	----------

13379,235	2835,100	0,000
-----------	----------	-------

Resúmen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Fondo	5,289	1,121	0,000	2529,829

a) Longitudinales Fondo:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	10
t2	10
c	30
h	85
w	150
F	50

P Lam F (gr / m ²):	10306,66
---------------------------------	----------

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	10528
2	7692
3	2628
4	2628
5	7692
6	7692
7	2628
8	2628
9	7692
10	10528

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	3158400	3,158	32552,555	32,553	5,719	1,390	-3,740	186,171	45,251	-121,740
2	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	0,969	-3,711	139,962	23,034	-88,271
3	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	-3,604	47,601	4,717	-29,286
4	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	-1,890	47,601	4,717	-15,360
5	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	1,215	-1,783	139,962	28,904	-42,406
6	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	1,215	1,783	139,962	28,904	42,406
7	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	1,890	47,601	4,717	15,360
8	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	3,604	47,601	4,717	29,286
9	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	0,969	3,711	139,962	23,034	88,271
10	3158400	3,158	32552,555	32,553	5,719	1,390	3,740	186,171	45,251	121,740

TOTAL:	192,743
---------------	---------

1122,594	213,248	0,000
----------	---------	-------

Resumen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Fondo	5,824	1,106	0,000	192,743

a) Longitudinales Fondo:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	10
t2	10
c	30
h	85
w	150
F	50

P Lam F (gr / m ²):	10306,66
---------------------------------	----------

Refuerzo:	Longitud (mm):
1	10528
2	7692
3	2628
4	2628
5	7692
6	7692
7	2628
8	2628
9	7692
10	10528

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	3158400	3,158	32552,555	32,553	5,719	1,390	-3,740	186,171	45,251	-121,740
2	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	0,969	-3,711	139,962	23,034	-88,271
3	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	-3,604	47,601	4,717	-29,286
4	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	-1,890	47,601	4,717	-15,360
5	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	1,215	-1,783	139,962	28,904	-42,406
6	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	1,215	1,783	139,962	28,904	42,406
7	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	1,890	47,601	4,717	15,360
8	788400	0,788	8125,771	8,126	5,858	0,581	3,604	47,601	4,717	29,286
9	2307600	2,308	23783,649	23,784	5,885	0,969	3,711	139,962	23,034	88,271
10	3158400	3,158	32552,555	32,553	5,719	1,390	3,740	186,171	45,251	121,740

TOTAL:	192,743
---------------	---------

1122,594	213,248	0,000
----------	---------	-------

Resúmen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Long. Fondo	5,824	1,106	0,000	192,743

c) Bulárcamas Centro:

c1) Bulárcama n ° 1:

Dimensiones (mm):	
T	9,85
t1	14
t2	14
c	140
h	150
w	368
F	100
L	3498
LC	3741

c2) Bulárcama n ° 2:

Dimensiones (mm):	
T	9,85
t1	16
t2	16
c	154
h	159
w	387
F	100
L	3932
LC	3520

c2) Bulárcama n ° 3:

Dimensiones (mm):	
T	9,85
t1	17
t2	17
c	170
h	172
w	404
F	100
L	3602
LC	3688

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	2238720	2,239	30386,885	30,387	1,9478	0,4976	0,000	59,188	15,121	0,000
1C	2394240	2,394	32497,810	32,498	1,9478	1,2518	0,000	63,299	40,681	0,000
2	2642304	2,642	35864,864	35,865	4,4528	0,1894	0,000	159,699	6,793	0,000
2C	2365440	2,365	32106,898	32,107	4,4528	1,2573	0,000	142,966	40,368	0,000
3	2571828	2,572	34908,270	34,908	7,2567	0,0945	0,000	253,319	3,299	0,000
3C	2633232	2,633	35741,727	35,742	7,2567	1,2643	0,000	259,367	45,188	0,000

P Lam F (gr / m2):	13573,33
--------------------	----------

TOTAL:	201,506
---------------	---------

937,837	151,449	0,000
---------	---------	-------

Resúmen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Bulárc. Centro	4,654	0,752	0,000	201,506

d) Bulárcamas Costado:

d1) Bulárcama n ° 1:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	11
t2	11
c	110
h	110
w	332
F	100
L	1361

d2) Bulárcama n ° 2:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	12
t2	12
c	120
h	120
w	364
F	110
L	1724

d2) Bulárcama n ° 3:

Dimensiones (mm):	
T	7,30
t1	12
t2	12
c	125
h	129
w	349
F	100
L	1923

Refuerzo:	Área (mm2):	Área (m2):	Peso (gr):	Peso (Kg):	Peso (x4):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
1	721330	0,721	7434,508	7,435	29,738	1,9478	1,0961	0	57,924	32,596	0,000
2	999920	1,000	10305,842	10,306	41,223	4,4528	0,9639	0	183,559	39,735	0,000
3	1121109	1,121	11554,897	11,555	46,220	7,2567	0,9615	0	335,402	44,440	0,000

P Lam Cost (gr / m2):	10306,667
-----------------------	-----------

TOTAL:	117,181
--------	---------

576,885	116,771	0,000
---------	---------	-------

Resúmen:				
Elemento:	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Bulárc. Cost.	4,923	0,997	0	117,181

3. Cubierta y Superestructura:

a) Cubierta

a) Cubierta:

Tabla 2.7.1 : Peso del laminado de cubierta superior:

Eslora L (m)	Espaciado básico bao (mm)	Peso de la cubierta (gr / m ²)
12	410	2150
13,5	417,5	2225
14	420	2250

Elemento:	Laminado (gr / m ²):	Resina (gr / m ²):
Mat	600	440
Tejido	300	500

Área Cubierta (m ²):	19,561
----------------------------------	--------

Mat (gr / m ²):	Tej (gr / m ²):
300	500
500	800
500	500
300	

1600	1800
------	------

Pesos de la Resina:	
Resina del Mat (gr / m ²)	1173,333
Resina del Tejido (gr / m ²)	3000,000

Pesos de Fibra y Resina:	
Peso Mat (gr / m ²):	2773,333
Peso Tej (gr / m ²):	4800,000

Peso Lam. Cubierta (gr / m²): 7573,333

Peso Lam. Cubierta (gr): 148141,973

Peso Lam. Cubierta (Kg):	148,142
--------------------------	---------

Elemento:	Área Cta. (m ²):	Espesor (m):	Volúmen (m ³):	Densidad (Kg / m ³):	Peso (Kg):
PVC	73,147	0,015	1,097205	80	87,776

Elemento:	Peso (Kg):
Laminado	148,142
PVC	87,776
TOTAL:	235,918

Resumen:				
Elemento:	Peso (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):
Cubierta	235,918	5,5	2,3	0

4. Tabla Resumen:

Estructura:

Elemento:	Peso (Kg):	LCG:	VCG:	TCG:	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Costados	652,473	7	0,896	0,000	4567,311	584,616	0,000
Fondo	650,342	6,68	0,606	0,000	4344,282	394,107	0,000
Quilla	180,404	7,55	0,523	0,000	1362,047	94,351	0,000
Casco central	36,721	6,151	1,22	0,000	225,871	44,800	0,000
Varengas Fondo	629,299	5,492	0,627	0,000	3456,109	394,570	0,000
Cuadernas Costado	353,421	6,458	1,033	0,000	2282,392	365,084	0,000
Longitudinales Fondo	2529,829	5,289	1,121	0,000	13380,263	2835,938	0,000
Longitudinales Costado	192,743	5,289	1,121	0,000	1019,417	216,065	0,000
Bulárcamas Centro	201,506	4,654	0,752	0,000	937,811	151,533	0,000
Bulárcamas Costado	117,181	5,289	1,121	0,000	619,770	131,360	0,000
Cubierta	235,918	5,5	2,3	0,000	1297,551	542,612	0,000

TOTAL:	5779,836				33492,824	5755,035	0,000
---------------	----------	--	--	--	-----------	----------	-------

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Estructura	5,795	0,996	0,000	5779,836

II) HABILITACIÓN:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Camarotes popa	230,0	3,501	1,092	0,000	805,230	251,160	0,000
Bañera	50,0	2,348	1,839	0,846	117,400	91,950	42,300
Cocina	275	4,483	1,489	0,821	1232,825	409,475	225,775
Salón	360	6,88	1,632	-1	2476,800	587,520	-360,000
Mesa de cartas	100	8,019	1,572	1,08	801,900	157,200	108,000
Escaleras	170,0	3,687	1,432	0,000	626,790	243,440	0,000
WC	180,0	6,556	1,100	0,000	1180,080	198,000	0,000
Camarotes proa	150	8,809	1,381	0	1321,350	207,150	0,000

TOTAL:	1515,0
---------------	--------

8562,375	2145,895	16,075
----------	----------	--------

Resúmen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Habilitación:	5,652	1,416	0,011	1515,000

III) INSTALACIONES:

a) Instalaciones:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Motor	350	1,304	0,8958	0	456,4	313,53	0
Hélice	15	0,826	0,2644	0	12,39	3,966	0
Tanque combustible	400	1,99	1,29	0	796	516	0
Tanque agua1	400	5,25	0,27	0	2100	108	0
Tanque agua2	400	5,25	0,27	0	2100	108	0
Ancla y cadenas	65	10,518	1,638	0	683,67	106,47	0
Caja de Cadenas	60	10,518	1,638	0	631,08	98,28	0

TOTAL:	1690				6779,54	1254,246	0
---------------	------	--	--	--	---------	----------	---

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Instalaciones	4,012	0,742	0,000	1690,000

IV) EQ. CUBIERTA:

a) Equipos de cubierta:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Winches (x4)	12	3,74	2,3	0	44,88	27,6	0
Carros génova (x2)	6	6,834	3,171	0	41,004	19,026	0
Carros de foque (x2)	6	8,459	2,3	0	50,754	13,8	0
Cornamusas (x2)	8	6,542	2,3	0	52,336	18,4	0
Carro de la Mayor	7	1,615	1,21	0	11,305	8,47	0
Cabullería	8	6,75	2,3	0	54	18,4	0
Escotillas (x5)	50	5,4	2,474	0	270	123,7	0
Candeleros (x32)	32	7,25	2,591	0	232	82,912	0
Organizer (x2)	6	3,916	2,3	0	23,496	13,8	0
Paños (x2)	20	9,743	2,3	0	194,86	46	0

TOTAL:

155

974,635

372,108

0

Resumen:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Eq. Cubierta	6,288	2,401	0,000	155,000

V) APAREJO Y VELAS:

a) Aparejo y Velas:

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
Mástil	40	8,605	11,22	0,000	344,2	448,8	0
Botavara	15	5,59	3,75	0,000	83,85	56,25	0
Crucetas	10	8,36	8,18	0,000	83,6	81,8	0
Cabullería	5	8,36	8	0,000	41,8	40	0

TOTAL:	70				553,45	626,85	0
---------------	----	--	--	--	--------	--------	---

Resumen:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Aparejo Velas	7,906	8,955	0	70,000

VIII) PESO EN ROSCA:

Tabla resumen:

Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
Estructura	5779,836	5,795	0,996	0,000	33492,824	5755,035	0,000
Habilitación	1515,000	5,652	1,416	0,011	8562,375	2145,895	16,075
Instalaciones	1690,000	4,012	0,742	0,000	6779,540	1254,246	0,000
Equipos cubierta	155,000	6,288	2,401	0,000	974,635	372,108	0,000
Aparejo y velas	70,000	7,906	8,955	0,000	553,450	626,850	0,000
10% Margen	925,980	9,1	1,04	0,000	8426,418	963,019	0,000

TOTAL:

10135,816

58789,242

11117,153

16,075

Peso en Rosa:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,800	1,097	0,002	10135,816

MÍNIMA OPERATIVA:**Tabla resumen:**

Elemento:	Peso (Kg).	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso * LCG	Peso * VCG	Peso * TCG
P. Rosca	10135,816	5,800	1,097	0,002	58789,242	11117,153	16,075
Tripulación	900	5,5	1,05	0,000	4950,000	945,000	0,000
Equipos Seguridad	100	8,800	0,640	0,000	880,000	64,000	0,000
Tanque agua1	400	5,25	0,27	0,000	50	1,292	0,473
Tanque agua2	400	5,25	0,27	0,000	50	5,369	0,347
Combustible	400	1,99	1,29	0,000	796,000	516,000	0,000

TOTAL:	12335,816
---------------	-----------

65515,242	12648,814	16,895
-----------	-----------	--------

Carga Mínima Operativa:

Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,311	1,025	0,001	12335,816

MÁXIMA CARGA:

Tabla resumen:

Elemento:	P (Kg):	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	P * LCG:	P * VCG:	P * TCG:
P. Rosca	10135,816	5,800	1,097	0,002	58789,242	1117,153	16,075
Tripulación	900	5,5	1,05	0	4950,000	945,000	0,000
Tanque de Agua 1	400	5,25	0,27	0	2100,000	108,000	0,000
Tanque de Agua 2	400	5,25	0,27	0	2100,000	108,000	0,000
Combustible	400	1,99	1,29	0	796,000	516,000	0,000
Equipos Seguridad	100	7,2	2,1	0	720,000	210,000	0,000
Perterchos Tripulación	600	6,1	2,6	0	3660,000	1560,000	0,000
Pertrechos Habilitación	150	7	2,6	0	1050,000	390,000	0,000

TOTAL:	13085,816				74165,242	14954,153	16,075
---------------	-----------	--	--	--	-----------	-----------	--------

Máxima Carga:				
Elemento	LCG (m):	VCG (m):	TCG (m):	Peso (Kg):
Total	5,668	1,143	0,001	13085,816

Apéndice 7:
Motorización.

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D2-40

29,1 kW (39,6 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

¡Ahora con instrumentos EVC!

La serie D1 y D2 - un nuevo estándar en confort a bordo

Los nuevos motores diesel marinos de Volvo Penta D1 y D2 han sido diseñados con la prioridad de alcanzar el más alto nivel de confort a bordo.

El bajo régimen de revoluciones a la velocidad de crucero brinda una marcha silenciosa y de bajas vibraciones así como unas emisiones de escape mínimas. Su tamaño compacto se traduce en facilidad de instalación, y el alternador de 115A con sensor de carga incorporado proporciona cargas rápidas para las necesidades de corriente a bordo. Todo ello introduce un nuevo estándar en confort a bordo.

La base de motor ha sido desarrollada para aplicaciones industriales en servicio continuo y medio, y ha sido marinizado para responder a las más altas demandas marinas. Esto garantiza un motor fiable y de máxima duración.

Duración

D2-40 tiene como equipo de serie refrigeración por agua dulce, lo que reduce la formación de corrosión en el interior del motor permitiendo a éste trabajar a temperatura óptima y constante en cualquier circunstancia.

Para evitar la corrosión galvánica el motor lleva un original sistema de aislamiento eléctrico entre el motor y la cola.

Confort

Con el diseño de equilibrado dinámico y un volante de gran masa y eficaz aislamiento de goma se obtiene un funcionamiento estable y una transmisión mínima de vibraciones al casco.

Este nuevo motor, con cámaras de combustión reajustadas y menor régimen de funcionamiento - 2800-3200 rpm - junto con un nuevo silenciador de toma de aire, para conseguir un mayor confort a bordo. El nivel de ruidos se ha reducido en 3-4 dBA.

El elevado par del motor redonda en unas excelentes cualidades para maniobrar, lo que es particularmente útil en puertos estrechos, etc.

Además hay un gran número de accesorios que hacen más cómoda la vida a bordo.

Capacidad de carga

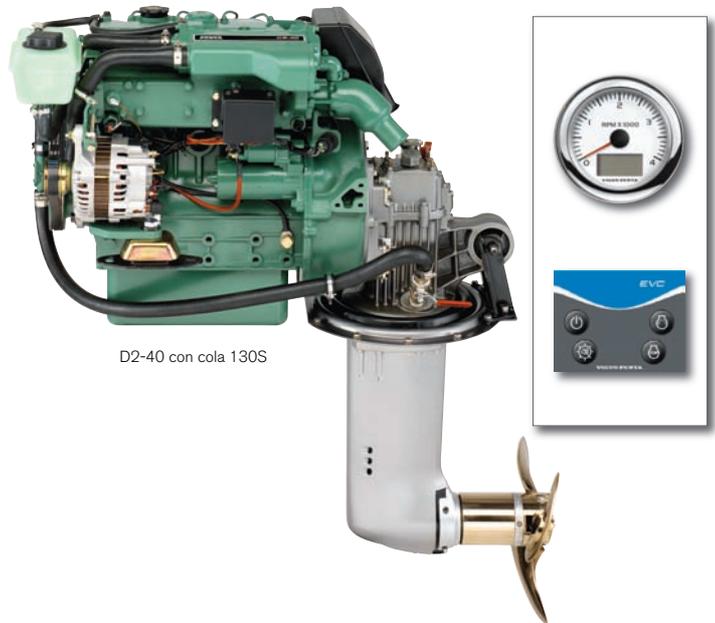
El nuevo alternador de 115A con sensor de carga integrado permite utilizar a bordo baterías de mayor capacidad completamente cargadas. Incluso al ralentí, el alternador suministra más de 35A, 100A aproximadamente a régimen de crucero.

Transmisiones

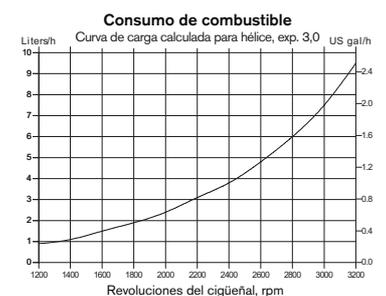
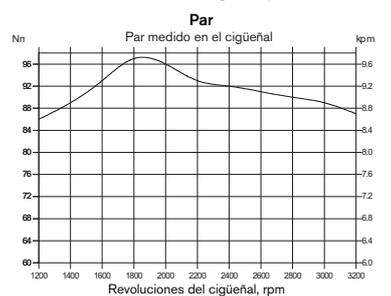
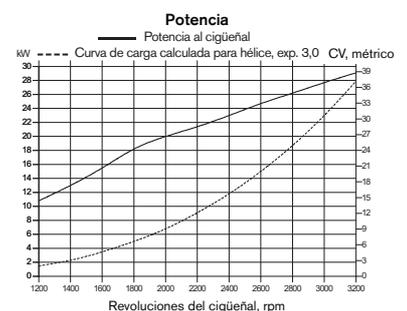
Hay seis transmisiones diferentes para su motor, todas diseñadas para larga duración y un suave funcionamiento.

Ambiente

Una avanzada tecnología hace que la combustión sea más eficaz, reduciéndose así al mínimo las emisiones de escape nocivas haciendo más agradable la vida en el mar. El D2-40 se certifica según BSO, SAV, EU RCD y USEPA.



D2-40 con cola 130S



**VOLVO
PENTA**

D2-40

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque de cilindros y culata de hierro de fundición de gran calidad. Bancada rígida tipo túnel
- Cigüeñal forjado de cromo al molibdeno, equilibrado estáticamente y dinámicamente con contrapesos integrados. Pistones de aluminio con elevado contenido de silicio, térmicamente tratados y provistos con dos aros de compresión de hierro de fundición cromado y un aro de aceite
- Asientos de válvula cambiables y templados
- Acoplamiento elástico en el volante del motor

Tacos para el motor

- Tacos de goma ajustables para delante y detrás

Sistema de lubricación

- Filtro de paso total tipo "spin-on"
- Tubo separado para el vaciado de aceite
- Ventilación del cárter tipo cerrado

Sistema de combustible

- Bomba de inyección recta montada en brida accionada por el árbol de levas del motor
- Bomba de alimentación y cebador manual
- Filtro fino de combustible del tipo "spin-on"

Sistema de escape

- El colector de escape está refrigerado por agua dulce y el codo por agua salada

Sistema de refrigeración

- Por agua dulce, de control termostático
- Cambiador de calor tubular y depósito de expansión incorporado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Bomba de agua salada y rodete fácilmente accesibles

Sistema eléctrico

- 12V, protegido contra corrosión
- Alternador de 14V/115A adaptado a uso marino
- Regulador de carga con sensor electrónico para compensar pérdidas de tensión
- Bujía de incandescencia para arranques en frío sin problemas
- Motor de arranque eléctrico
- Paro eléctrico
- Cables de prolongación con conexión rápida de diferente longitud

Instrumentos EVC

- Interruptor arranque y parada
- Tacómetro con visualización de alarmas y cuentas horas motor

Opciones:

- Instrumentos separados para:
 - Nivel de combustible
 - Temperatura de refrigerante
 - Voltímetro

- Panel LCD con multisensor
- Interfase NMEA permite compartir datos del motor con el plotter

Opciones de transmisión:

- Cuerpo de aleación de aluminio fundida
- Embrague multidisco mecánico
- Acoplamiento deslizante incorporado que protege contra sobrecargas

MS15A – inversor con eje de salida en ángulo de 8°.

- Ratio: 2,14:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.) y 2,63:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.).

MS15L – inversor con salida recta.

- Ratio: 2,14:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.) y 2,63:1/1,96:1 (Giro dcha/izq.).

Cola 130S y 130SR para instalación inverso del motor.

- Ratio: 2,19:1.

Accesorios

- Mandos del motor y sistema de dirección
- Batería e interruptor
- Sistema para agua caliente
- Depósitos de expansión separados
- Toma de agua de refrigeración, filtro de agua marina y mangueras
- Sistema de escape y piezas de paso para el mismo
- Sistema de combustible, incl. filtro, tuberías, etc.
- Sistema de ejes para hélices y hélices
- Productos químicos – pinturas, aceites, detergentes, etc.

Datos Técnicos

Modelo.....	D2-40
Potencia al cigüeñal, kW (CV).....	29,1 (39,6)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV).....	27,9 (38,0)
Revoluciones, rpm.....	2800-3200
Cilindrada, l.....	1,51
Número de cilindros.....	4
Diámetro cilindros/carrera, mm.....	77/81
Relación de compresión.....	23,5:1
Peso en seco con inversor MS15A/MS15L, kg.....	178/177
Peso en seco con cola 130S, kg.....	189

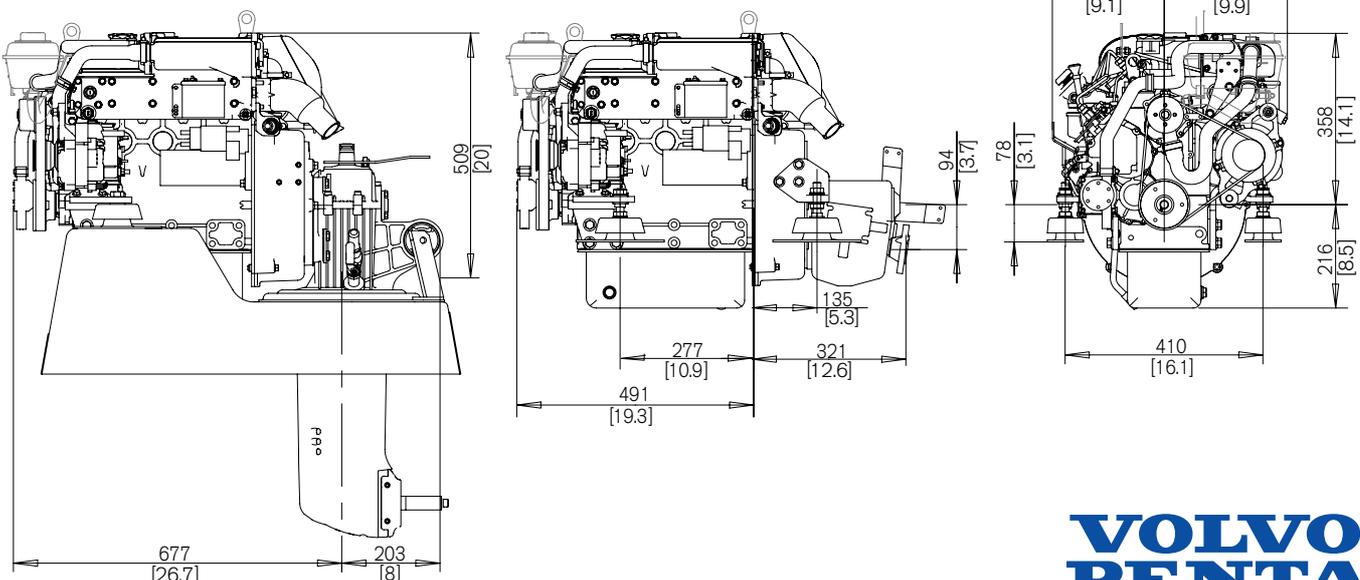
Potencia: R5

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible.

El motor se certifica según BSO, SAV, EU RCD y US EPA.

Dimensiones D2-40/MS15A/130S

No para instalación



Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso.

Las especificaciones del motor ilustrado pueden discrepar algo de las de serie.

VOLVO PENTA

AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

Apéndice 8:

Estudio de Estabilidad.

CONDICIÓN MÍNIMA CARGA

Equilibrium Calculation - Catamarán

Loadcase - minima operativa

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	150	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	100	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	10,0	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10446	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		

1	Draft Amidsh. m	0,583
2	Displacement kg	10445
3	Heel to Starboard degrees	0,02
4	Draft at FP m	0,447
5	Draft at AP m	0,719
6	Draft at LCF m	0,616
7	Trim (+ve by stern) m	0,272
8	WL Length m	12,662
9	WL Beam m	7,264
10	Wetted Area m ²	39,601
11	Waterpl. Area m ²	31,000
12	Prismatic Coeff.	0,536
13	Block Coeff.	0,375
14	Midship Area Coeff.	0,744
15	Waterpl. Area Coeff.	0,675
16	LCB from zero pt. m	5,805
17	LCF from zero pt. m	5,528
18	KB m	0,405
19	KG fluid m	1,087
20	BMt m	23,304
21	BML m	26,290
22	GMt m	22,621
23	GML m	25,607
24	KMt m	23,709
25	KML m	26,694
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,318
27	MTc tonne.m	0,211
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	4123,59
29	Max deck inclination deg	1,2
30	Trim angle (+ve by stern) deg	1,2

Stability Calculation - Catamarán

Loadcase - minima operativa

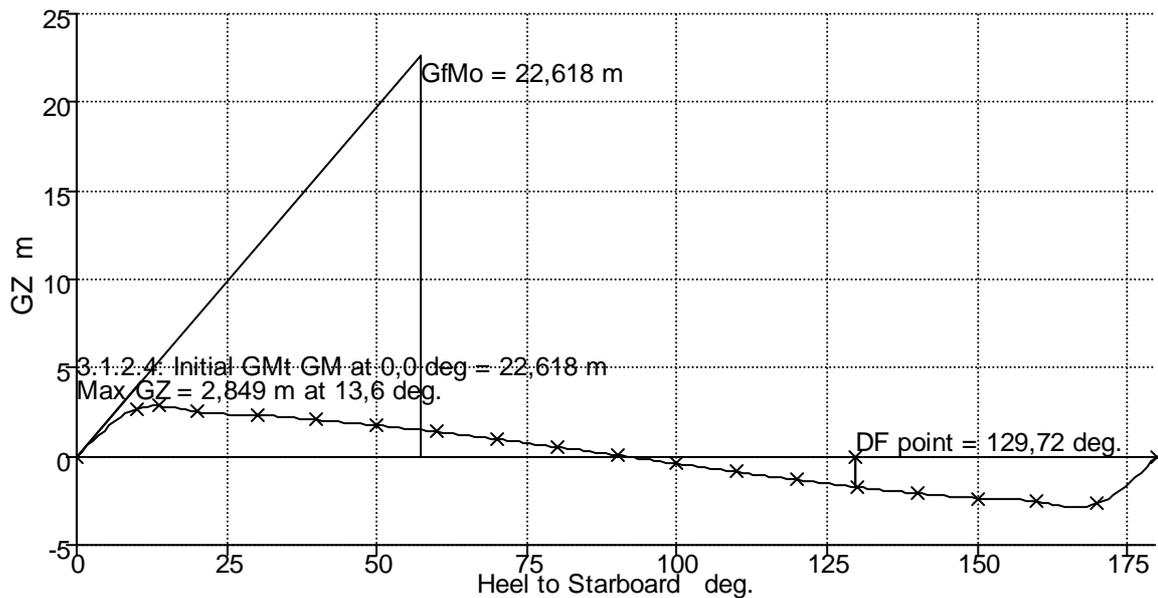
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
v1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	150	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	100	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	10,0	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10446	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	Displacement kg	10446	10445	10445	10445	10446	10446	10446	10445	10445	10447
2	Draft at FP m	0,447	0,352	-0,161	-0,742	-1,455	-2,419	-3,918	-6,769	-15,041	N/A
3	Draft at AP m	0,719	0,473	-0,056	-0,672	-1,450	-2,528	-4,185	-7,280	-16,153	N/A
4	WL Length m	12,655	13,476	13,476	13,475	13,475	13,476	13,475	13,468	13,385	12,971
5	Immersed Depth m	0,590	0,888	0,882	0,874	0,857	0,825	0,786	0,755	0,743	0,777
6	WL Beam m	7,264	3,759	3,740	3,661	3,534	3,321	2,908	2,473	2,034	1,917
7	Wetted Area m ²	39,599	29,054	29,108	29,256	29,552	30,100	30,719	31,224	31,641	31,844
8	Waterpl. Area m ²	30,998	18,632	19,001	19,646	20,629	21,650	21,620	21,686	21,898	21,447
9	Prismatic Coeff.	0,536	0,586	0,588	0,591	0,594	0,595	0,605	0,620	0,639	0,676
10	Block Coeff.	0,376	0,428	0,423	0,414	0,405	0,408	0,455	0,492	0,515	0,527

11	LCB from zero pt. m	5,805	5,812	5,809	5,812	5,820	5,835	5,849	5,863	5,869	5,865
12	VCB from DWL m	0,206	0,324	0,320	0,312	0,301	0,285	0,273	0,271	0,278	0,292
13	GZ m	-0,006	2,672	2,539	2,334	2,067	1,752	1,385	0,972	0,528	0,066
14	LCF from zero pt. m	5,528	5,444	5,505	5,605	5,744	5,952	6,286	6,609	6,873	6,914
15	TCF to zero pt. m	0,000	2,884	2,953	2,940	2,852	2,675	2,360	1,971	1,533	1,087
16	Max deck inclination deg	1,2	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	1,2	0,5	0,5	0,3	0,0	-0,5	-1,2	-2,3	-5,0	-1,\$

	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	10446	10446	10445	10445	10445	10445	10445	10445	10445
2	-17,475	-9,205	-6,361	-4,862	-3,893	-3,176	-2,592	-2,075	-1,893
3	-18,087	-9,239	-6,179	-4,571	-3,546	-2,813	-2,234	-1,725	-1,470
4	13,509	13,509	13,509	13,510	13,512	13,511	13,507	13,496	13,424
5	0,887	0,977	1,029	1,038	1,001	0,917	0,793	0,692	0,400
6	1,845	1,799	2,003	2,422	2,796	3,117	3,384	3,596	7,491
7	31,866	31,844	31,938	32,236	32,836	33,800	34,097	34,131	53,991
8	20,783	19,990	19,589	19,655	20,245	21,232	20,725	20,159	39,990
9	0,668	0,686	0,706	0,727	0,747	0,765	0,771	0,774	0,776
10	0,461	0,429	0,411	0,401	0,397	0,396	0,451	0,530	0,469
11	5,847	5,823	5,799	5,782	5,773	5,773	5,781	5,792	5,798
12	0,307	0,321	0,329	0,329	0,319	0,298	0,275	0,262	0,130
13	-0,406	-0,875	-1,325	-1,735	-2,087	-2,362	-2,557	-2,683	0,006
14	6,826	6,593	6,358	6,132	5,902	5,668	5,570	5,527	5,590
15	0,615	0,113	-0,386	-0,863	-1,299	-1,682	-2,088	-2,449	0,000
16	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	159,9	169,9	178,1
17	-2,8	-0,2	0,8	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9

CONDICIÓN MÁXIMA CARGA

Equilibrium Calculation - Catamarán

Loadcase - maxima carga

Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	400	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	100	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Pertrechos Tripulación	1	600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertrechos Habilitación	1	150	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13136	LCG=5,65	VCG=1,13	TCG=0,00	0
10				1 m	9 m	5 m	
11					FS corr.=0		
					VCG		
					fluid=1,13		
					9 m		

1	Draft Amidsh. m	0,657
2	Displacement kg	13135
3	Heel to Starboard degrees	0,01
4	Draft at FP m	0,495
5	Draft at AP m	0,820
6	Draft at LCF m	0,701
7	Trim (+ve by stern) m	0,325
8	WL Length m	13,267
9	WL Beam m	7,329
10	Wetted Area m ²	44,801
11	Waterpl. Area m ²	33,646
12	Prismatic Coeff.	0,537
13	Block Coeff.	0,385
14	Midship Area Coeff.	0,754
15	Waterpl. Area Coeff.	0,675
16	LCB from zero pt. m	5,633
17	LCF from zero pt. m	5,355
18	KB m	0,459
19	KG fluid m	1,139
20	BMt m	20,154
21	BML m	24,691
22	GMt m	19,474
23	GML m	24,011
24	KMt m	20,613
25	KML m	25,150
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,345
27	MTc tonne.m	0,248
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	4464,039
29	Max deck inclination deg	1,5
30	Trim angle (+ve by stern) deg	1,5

Stability Calculation - Catamarán

Loadcase - maxima carga

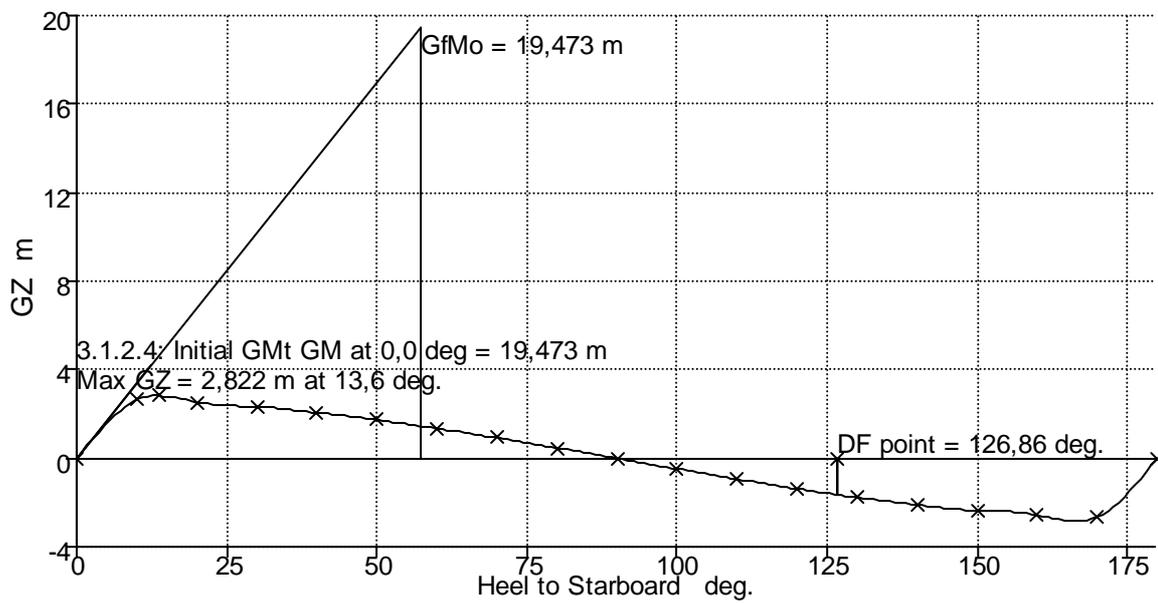
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m
1	P. Rosca	1	10186	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	400	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	400	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	100	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Pertechos Tripulación	1	600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertechos Habilitación	1	150	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13136	LCG=5,65	VCG=1,13	TCG=0,00	0
10				1 m	9 m	5 m	
11					FS corr.=0		
					VCG		
					fluid=1,13		
					9 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	Displacement kg	13135	13137	13135	13135	13135	13135	13136	13137	13137	13135
2	Draft at FP m	0,495	0,434	-0,079	-0,670	-1,395	-2,385	-3,920	-6,814	-15,170	N/A
3	Draft at AP m	0,820	0,641	0,125	-0,475	-1,224	-2,231	-3,749	-6,580	-14,697	N/A
4	WL Length m	13,264	13,478	13,484	13,485	13,484	13,481	13,474	13,457	13,168	12,906
5	Immersed Depth m	0,667	1,015	1,013	1,004	0,985	0,959	0,936	0,921	0,922	0,956
6	WL Beam m	7,329	6,714	3,793	3,734	3,623	3,304	2,906	2,480	2,031	1,944
7	Wetted Area m ²	44,803	34,895	32,740	32,877	33,172	33,822	34,308	34,659	34,957	35,172
8	Waterpl. Area m ²	33,647	21,633	19,834	20,670	21,744	21,550	21,413	21,528	21,771	21,596
9	Prismatic Coeff.	0,537	0,603	0,607	0,608	0,608	0,614	0,624	0,636	0,662	0,688
10	Block Coeff.	0,385	0,353	0,450	0,436	0,423	0,460	0,495	0,517	0,534	0,534
11	LCB from zero pt. m	5,633	5,636	5,630	5,627	5,628	5,631	5,631	5,631	5,630	5,626
12	VCB from DWL m	0,235	0,376	0,374	0,364	0,350	0,338	0,336	0,340	0,351	0,364
13	GZ m	-0,005	2,638	2,533	2,326	2,059	1,733	1,347	0,918	0,461	-0,009
14	LCF from zero pt. m	5,355	5,507	5,463	5,546	5,687	6,018	6,335	6,627	6,847	6,881
15	TCF to zero pt. m	0,000	2,318	2,973	2,969	2,882	2,644	2,326	1,945	1,518	1,074
16	Max deck inclination deg	1,5	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	1,5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	1,1	2,1	-1,\$

	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	13135	13135	13135	13135	13135	13135	13135	13135	13135
2	-17,582	-9,235	-6,356	-4,834	-3,845	-3,116	-2,523	-1,999	-1,856
3	-16,611	-8,516	-5,717	-4,245	-3,305	-2,620	-2,057	-1,558	-1,387
4	13,507	13,509	13,511	13,513	13,514	13,516	13,516	13,512	13,452
5	1,052	1,141	1,189	1,190	1,143	1,053	0,936	0,802	0,436
6	1,901	1,885	2,033	2,454	2,826	3,145	3,405	3,605	7,497
7	35,341	35,488	35,737	36,171	36,846	37,320	37,418	37,554	57,354
8	21,303	20,834	20,703	21,016	21,632	21,330	20,447	19,957	40,162
9	0,670	0,682	0,695	0,710	0,726	0,735	0,742	0,746	0,746
10	0,474	0,441	0,419	0,404	0,395	0,411	0,482	0,576	0,537
11	5,610	5,594	5,581	5,577	5,580	5,591	5,604	5,620	5,629
12	0,377	0,387	0,389	0,383	0,367	0,346	0,332	0,324	0,162
13	-0,481	-0,943	-1,379	-1,771	-2,102	-2,362	-2,558	-2,684	0,005
14	6,828	6,606	6,354	6,094	5,842	5,682	5,587	5,528	5,564
15	0,615	0,124	-0,363	-0,827	-1,257	-1,691	-2,111	-2,461	0,000
16	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	149,9	159,9	169,8	177,9
17	4,4	3,2	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1

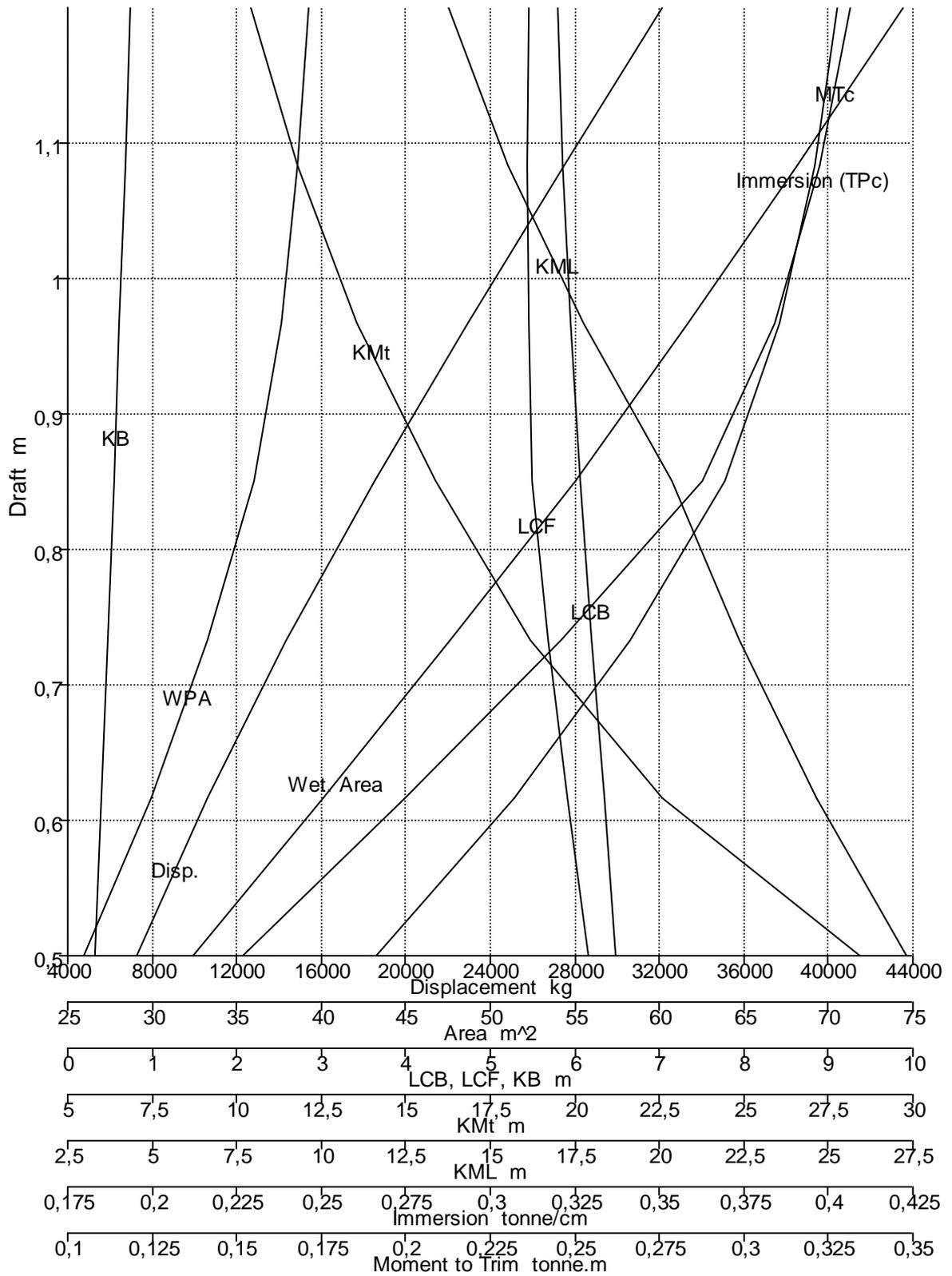
HIDROSTÁTICAS

Hydrostatics - Catamarán

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density = 1,025

	Draft Amidsh. m	0,5	0,617	0,733	0,85	0,967	1,083	1,2
1	Displacement kg	7233	10584	14371	18532	22940	27500	32162
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,500	0,617	0,733	0,850	0,967	1,083	1,200
4	Draft at AP m	0,500	0,617	0,733	0,850	0,967	1,083	1,200
5	Draft at LCF m	0,500	0,617	0,733	0,850	0,967	1,083	1,200
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	11,783	12,550	13,130	13,477	13,485	13,482	13,471
8	WL Beam m	7,127	7,242	7,328	7,390	7,437	7,469	7,489
9	LCB from zero pt. m	6,487	6,342	6,196	6,057	5,944	5,862	5,802
10	LCF from zero pt. m	6,160	5,907	5,683	5,500	5,448	5,442	5,455
11	KB m	0,328	0,402	0,474	0,545	0,615	0,683	0,750
12	KMt m	28,410	22,595	18,692	15,874	13,567	11,789	10,414
13	KML m	27,296	24,644	22,366	20,354	17,768	15,538	13,742
14	Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Stability Calculation - Catamarán

Loadcase - minima operativa

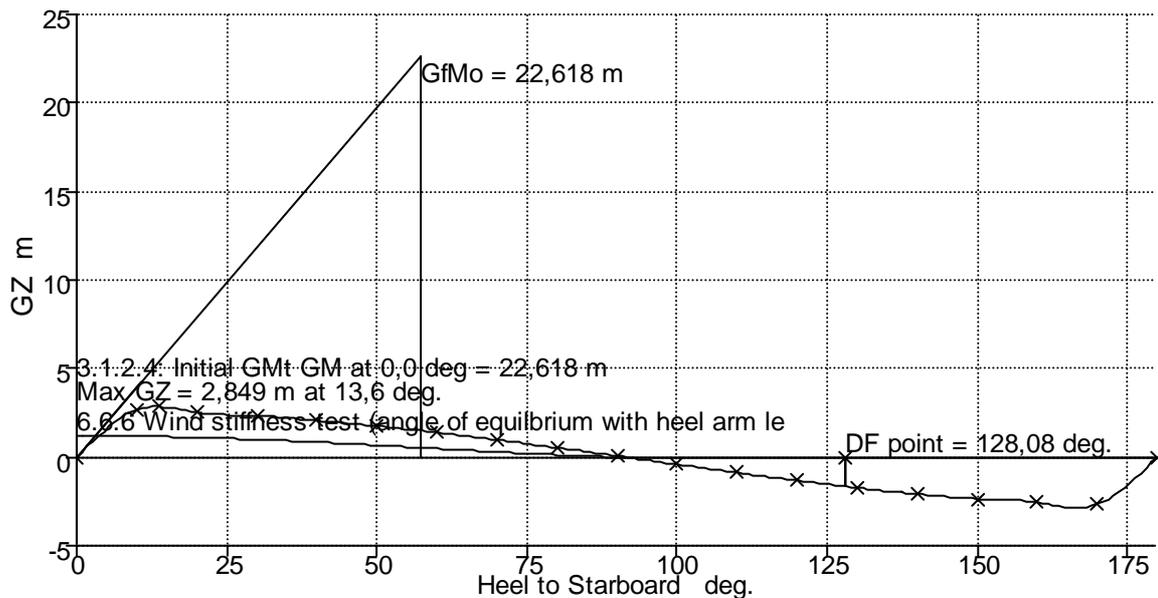
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
1	P. Rosca	1	10,19	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	0,1500	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Equipos Seguridad	1	0,1000	8,800	0,640	0,000	0,000
4	Tanque agua1	1	0,0000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Tanque agua2	1	0,0000	5,050	0,270	0,000	0,000
6	Combustible	1	0,0100	1,830	1,290	0,000	0,000
7		Total Weight=	10,45	LCG=5,821 m	VCG=1,087 m	TCG=0,006 m	0
8					FS corr.=0 m		
9					VCG fluid=1,087 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60
1	Displacement tonne	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45
2	Draft at FP m	0,447	0,352	-0,161	-0,742	-1,455	-2,419	-3,918
3	Draft at AP m	0,719	0,473	-0,056	-0,672	-1,450	-2,528	-4,185
4	WL Length m	12,655	13,476	13,476	13,475	13,475	13,476	13,475
5	Immersed Depth m	0,590	0,888	0,882	0,874	0,857	0,825	0,786
6	WL Beam m	7,264	3,759	3,740	3,661	3,534	3,321	2,908
7	Wetted Area m ²	39,599	29,054	29,108	29,256	29,552	30,100	30,719
8	Waterpl. Area m ²	30,998	18,632	19,001	19,646	20,629	21,650	21,620
9	Prismatic Coeff.	0,536	0,586	0,588	0,591	0,594	0,595	0,605
10	Block Coeff.	0,376	0,428	0,423	0,414	0,405	0,408	0,455
11	LCB from zero pt. m	5,805	5,812	5,809	5,812	5,820	5,835	5,849
12	VCB from DWL m	0,206	0,324	0,320	0,312	0,301	0,285	0,273
13	GZ m	-0,006	2,672	2,539	2,334	2,067	1,752	1,385
14	LCF from zero pt. m	5,528	5,444	5,505	5,605	5,744	5,952	6,286

15	TCF to zero pt. m	0,000	2,884	2,953	2,940	2,852	2,675	2,360
16	Max deck inclination deg	1,2	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	1,2	0,5	0,5	0,3	0,0	-0,5	-1,2

	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	10,44	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45	10,44	10,45	10,45	10,45	10,45	10,44
2	-6,769	-15,041	N/A	-17,475	-9,205	-6,361	-4,862	-3,893	-3,176	-2,592	-2,075	-1,893
3	-7,280	-16,153	N/A	-18,087	-9,239	-6,179	-4,571	-3,546	-2,813	-2,234	-1,725	-1,470
4	13,468	13,385	12,971	13,509	13,509	13,509	13,510	13,512	13,511	13,507	13,496	13,424
5	0,755	0,743	0,777	0,887	0,977	1,029	1,038	1,001	0,917	0,793	0,692	0,400
6	2,473	2,034	1,917	1,845	1,799	2,003	2,422	2,796	3,117	3,384	3,596	7,491
7	31,224	31,641	31,844	31,866	31,844	31,938	32,236	32,836	33,800	34,097	34,131	53,991
8	21,686	21,898	21,447	20,783	19,990	19,589	19,655	20,245	21,232	20,725	20,159	39,990
9	0,620	0,639	0,676	0,668	0,686	0,706	0,727	0,747	0,765	0,771	0,774	0,776
10	0,492	0,515	0,527	0,461	0,429	0,411	0,401	0,397	0,396	0,451	0,530	0,469
11	5,863	5,869	5,865	5,847	5,823	5,799	5,782	5,773	5,773	5,781	5,792	5,798
12	0,271	0,278	0,292	0,307	0,321	0,329	0,329	0,319	0,298	0,275	0,262	0,130
13	0,972	0,528	0,066	-0,406	-0,875	-1,325	-1,735	-2,087	-2,362	-2,557	-2,683	0,006
14	6,609	6,873	6,914	6,826	6,593	6,358	6,132	5,902	5,668	5,570	5,527	5,590
15	1,971	1,533	1,087	0,615	0,113	-0,386	-0,863	-1,299	-1,682	-2,088	-2,449	0,000
16	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	159,9	169,9	178,1
17	-2,3	-5,0	-1,\$	-2,8	-0,2	0,8	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,9

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
6		angle of vanishing stability	91,4	deg		
7		shall not be less than (>=)	0,055	m.rad	1,164	Pass
8						
9	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
10		<i>from the greater of</i>				
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
12		<i>to the lesser of</i>				
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
14		first downflooding angle	128,1	deg		
15		angle of vanishing stability	91,4	deg		
16		shall not be less than (>=)	0,090	m.rad	1,551	Pass
17						
18	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
19		<i>from the greater of</i>				
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
21		<i>to the lesser of</i>				
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
23		first downflooding angle	128,1	deg		
24		angle of vanishing stability	91,4	deg		
25		shall not be less than (>=)	0,030	m.rad	0,387	Pass
26						
27	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass

	ships					
28		<i>in the range from the greater of</i>				
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
30		<i>to the lesser of</i>				
31		spec. heel angle	180,0	deg	180,0	
32		shall not be less than (>=)	0,200	m	2,334	Pass
33		<i>Intermediate values</i>				
34		angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
35						
36	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
37		spec. heel angle	0,0	deg		
38		shall not be less than (>=)	0,150	m	22,618	Pass
39						
40	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
41		shall be greater than (>)	40,0	deg	128,1	Pass
42						
43	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Fail
44		shall be greater than (>)	100,0	deg	91,4	Fail
45						
46	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.4 STIX				Fail
47		delta	0	See ISO 12217-2		
48		AS, sail area ISO 8666	90,000	m ²		
49		height of centroid of AS	9,500	m		
50		LH, Hydromax calculated	13,509	m		
51		BH, Hydromax calculated	7,456	m		
52		LWL, Hydromax calculated	12,655	m		
53		BWL, Hydromax calculated	7,264	m		
54		height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	0,348	m		
55		STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	29,6	Fail
56		<i>Intermediate values</i>				
57		m, mass of boat in current loading condition		tonne	10,446	
58		height of waterline in current loading condition		m	0,583	
59		phiD, actual downflooding angle		deg	128,1	
60		PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	91,4	
61		AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 91,4 deg.		m.rad	2,549	
62		GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,066	
63		GZD, righting lever at downflooding angle		m	-1,661	
64		FR		See ISO 12217-2	0,428	
65		LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	12,940	
66		FL, length factor		See ISO 12217-2	1,033	
67		FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,622	
68		VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
69		FDS, dynamic stability factor		See ISO 12217-2	1,500	
70		FIR, inversion recovery factor		See ISO 12217-2	0,772	
71		FKR, knockdown recovery factor		See ISO 12217-2	0,643	
72		FDL, displacement-length factor		See ISO 12217-2	0,962	
73		FBD, beam-displacement factor		See ISO 12217-2	0,750	
74		FWM, wind moment factor		See ISO 12217-2	1,000	
75		FDF, downflooding factor		See ISO 12217-2	1,250	
76						
77	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition)				Pass
78		shall be greater than (>)	90,0	deg	91,4	Pass
79						
80	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value)				Pass

81		<i>Heeling arm = A cos^n(phi)</i>				
82		A =	1,200	m		
83		n =	1,3			
84		shall be less than (<)	45,0	deg	3,6	Pass
85						

	Key point	Type	DF angle deg	Freeboard m
1	Margin Line (immersion pos = 0 m)		3,57	--
2	Deck Edge (immersion pos = 0 m)		5,88	--
3	DF point	Downflooding point	128,08	--

Stability Calculation – Catamarán

Loadcase - maxima carga

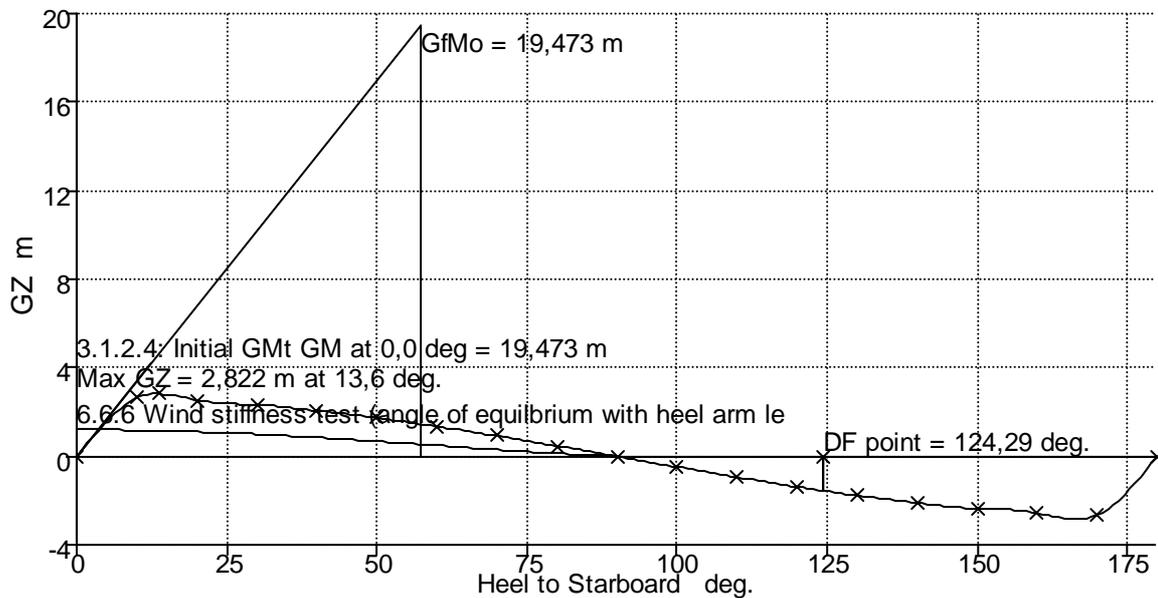
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density = 1,025

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
1	P. Rosca	1	10,19	5,800	1,092	0,006	0,000
2	Tripulación	1	0,900	5,500	1,050	0,000	0,000
3	Tanque de Agua 1	1	0,4000	5,050	0,270	0,000	0,000
4	Tanque de Agua 2	1	0,4000	5,050	0,270	0,000	0,000
5	Combustible	1	0,4000	1,830	1,290	0,000	0,000
6	Equipos Seguridad	1	0,1000	7,200	2,100	0,000	0,000
7	Pertrechos Tripulación	1	0,600	6,100	2,600	0,000	0,000
8	Pertrechos Habilitación	1	0,1500	7,000	2,600	0,000	0,000
9		Total Weight=	13,14	LCG=5,651 m	VCG=1,139 m	TCG=0,005 m	0
10					FS corr.=0 m		
11					VCG fluid=1,139 m		



	Heel to Starboard degrees	0	10	20	30	40	50	60
1	Displacement tonne	13,14	13,14	13,13	13,13	13,14	13,13	13,14
2	Draft at FP m	0,495	0,434	-0,079	-0,670	-1,395	-2,385	-3,920
3	Draft at AP m	0,820	0,641	0,125	-0,475	-1,224	-2,231	-3,749
4	WL Length m	13,264	13,478	13,484	13,485	13,484	13,481	13,474
5	Immersed Depth m	0,667	1,015	1,013	1,004	0,985	0,959	0,936
6	WL Beam m	7,329	6,714	3,793	3,734	3,623	3,304	2,906
7	Wetted Area m ²	44,803	34,895	32,740	32,877	33,172	33,822	34,308
8	Waterpl. Area m ²	33,647	21,633	19,834	20,670	21,744	21,550	21,413
9	Prismatic Coeff.	0,537	0,603	0,607	0,608	0,608	0,614	0,624

10	Block Coeff.	0,385	0,353	0,450	0,436	0,423	0,460	0,495
11	LCB from zero pt. m	5,633	5,636	5,630	5,627	5,628	5,631	5,631
12	VCB from DWL m	0,235	0,376	0,374	0,364	0,350	0,338	0,336
13	GZ m	-0,005	2,638	2,533	2,326	2,059	1,733	1,347
14	LCF from zero pt. m	5,355	5,507	5,463	5,546	5,687	6,018	6,335
15	TCF to zero pt. m	0,000	2,318	2,973	2,969	2,882	2,644	2,326
16	Max deck inclination deg	1,5	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	1,5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8

	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1	13,14	13,14	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13	13,13
2	-6,814	-15,170	N/A	-17,582	-9,235	-6,356	-4,834	-3,845	-3,116	-2,523	-1,999	-1,856
3	-6,580	-14,697	N/A	-16,611	-8,516	-5,717	-4,245	-3,305	-2,620	-2,057	-1,558	-1,387
4	13,457	13,168	12,906	13,507	13,509	13,511	13,513	13,514	13,516	13,516	13,512	13,452
5	0,921	0,922	0,956	1,052	1,141	1,189	1,190	1,143	1,053	0,936	0,802	0,436
6	2,480	2,031	1,944	1,901	1,885	2,033	2,454	2,826	3,145	3,405	3,605	7,497
7	34,659	34,957	35,172	35,341	35,488	35,737	36,171	36,846	37,320	37,418	37,554	57,354
8	21,528	21,771	21,596	21,303	20,834	20,703	21,016	21,632	21,330	20,447	19,957	40,162
9	0,636	0,662	0,688	0,670	0,682	0,695	0,710	0,726	0,735	0,742	0,746	0,746
10	0,517	0,534	0,534	0,474	0,441	0,419	0,404	0,395	0,411	0,482	0,576	0,537
11	5,631	5,630	5,626	5,610	5,594	5,581	5,577	5,580	5,591	5,604	5,620	5,629
12	0,340	0,351	0,364	0,377	0,387	0,389	0,383	0,367	0,346	0,332	0,324	0,162
13	0,918	0,461	-0,009	-0,481	-0,943	-1,379	-1,771	-2,102	-2,362	-2,558	-2,684	0,005
14	6,627	6,847	6,881	6,828	6,606	6,354	6,094	5,842	5,682	5,587	5,528	5,564
15	1,945	1,518	1,074	0,615	0,124	-0,363	-0,827	-1,257	-1,691	-2,111	-2,461	0,000
16	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	149,9	159,9	169,8	177,9
17	1,1	2,1	-1,\$	4,4	3,2	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
6		angle of vanishing stability	89,8	deg		
7		shall not be less than (>=)	0,055	m.rad	1,156	Pass
8						
9	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass
10		<i>from the greater of</i>				
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
12		<i>to the lesser of</i>				
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
14		first downflooding angle	124,3	deg		
15		angle of vanishing stability	89,8	deg		
16		shall not be less than (>=)	0,090	m.rad	1,541	Pass
17						
18	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass
19		<i>from the greater of</i>				
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
21		<i>to the lesser of</i>				
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
23		first downflooding angle	124,3	deg		

24		angle of vanishing stability	89,8	deg		
25		shall not be less than (>=)	0,030	m.rad	0,385	Pass
26						
27	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass
28		<i>in the range from the greater of</i>				
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
30		<i>to the lesser of</i>				
31		spec. heel angle	180,0	deg	180,0	
32		shall not be less than (>=)	0,200	m	2,326	Pass
33		<i>Intermediate values</i>				
34		angle at which this GZ occurs		deg	30,0	
35						
36	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
37		spec. heel angle	0,0	deg		
38		shall not be less than (>=)	0,150	m	19,473	Pass
39						
40	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
41		shall be greater than (>)	40,0	deg	124,3	Pass
42						
43	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Fail
44		shall be greater than (>)	100,0	deg	89,8	Fail
45						
46	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.4 STIX				Fail
47		delta	0	See ISO 12217-2		
48		AS, sail area ISO 8666	90,000	m ²		
49		height of centroid of AS	9,500	m		
50		LH, Hydromax calculated	13,509	m		
51		BH, Hydromax calculated	7,456	m		
52		LWL, Hydromax calculated	13,264	m		
53		BWL, Hydromax calculated	7,329	m		
54		height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	0,391	m		
55		STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	27,1	Fail
56		<i>Intermediate values</i>				
57		m, mass of boat in current loading condition		tonne	13,135	
58		height of waterline in current loading condition		m	0,657	
59		phiD, actual downflooding angle		deg	124,3	
60		PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	89,8	
61		AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 89,8 deg.		m.rad	2,501	
62		GZ90, righting lever at 90 deg		m	-0,009	
63		GZD, righting lever at downflooding angle		m	-1,555	
64		FR		See ISO 12217-2	-0,070	
65		LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	13,346	
66		FL, length factor		See ISO 12217-2	1,039	
67		FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,356	
68		VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
69		FDS, dynamic stability factor		See ISO 12217-2	1,500	
70		FIR, inversion recovery factor		See ISO 12217-2	0,769	
71		FKR, knockdown recovery factor		See ISO 12217-2	0,500	
72		FDL, displacement-length factor		See ISO 12217-2	0,990	
73		FBD, beam-displacement factor		See ISO 12217-2	0,750	
74		FWM, wind moment factor		See ISO 12217-2	1,000	
75		PDF, downflooding factor		See ISO 12217-2	1,250	
76						

77	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition)				Fail
78		shall be greater than (>)	90,0	deg	89,8	Fail
79						
80	ISO/FDIS 12217-2:2001(E)	6.6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value)				Pass
81		<i>Heeling arm = A cos^n(phi)</i>				
82		A =	1,200	m		
83		n =	1,3			
84		shall be less than (<)	45,0	deg	3,7	Pass
85						

	Key point	Type	DF angle deg	Freeboard m
1	Margin Line (immersion pos = 0 m)		0,32	--
2	Deck Edge (immersion pos = 0 m)		2,25	--
3	DF point	Downflooding point	124,29	--

17. Conclusión:

A modo de conclusión, diré que el proceso de elaboración de este Proyecto Fin de Carrera, así como su espiral de diseño, me ha dotado de una serie de conocimientos que hasta antes de llegar a este punto de mi carrera sólo tenía de forma teórica, ofreciéndome la oportunidad de llevarlos a la práctica de modo activo y dinámico, aprendiendo y recordando siempre conceptos asimilados con anterioridad durante mis años de estudiante.

Me gustaría dar mi agradecimiento, ante todo, a mi familia y amigos, en especial a Manu y Julio, así como a la E.U.I.T. Naval en general, al departamento de Construcciones Navales en particular, y sobre todo a mi tutor durante estos meses de elaboración del proyecto, Antonio de Querol Sahagún, sin la ayuda y paciencia del cuál estoy seguro de que no habría conseguido llegar hasta este punto.

Una vez dicho esto sólo me queda expresar que, en mi opinión, este proyecto se convierte en el broche de oro a un gran trabajo elaborado a lo largo de los años; que comienza en mis primeros años de colegial y acaba ahora, titulándome como I.T. Naval y, como no, esperar que pueda servir como referente a otros compañeros que, como yo, decidan estudiar esta bonita carrera que tantos momentos me ha regalado. Gracias.

