

Universidad de **Cádiz**

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

**DISEÑO DE UN VELERO CRUCERO-REGATA DE 10
METROS DE ESLORA CON UN PRESUPUESTO
ANTICIPADO DE 95.000 € P.V.P.**

Adrián ELENA VÁZQUEZ



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Abril 2010



INDICE

1- INTRODUCCION.	5
2- ESPECIFICACION TECNICA.	6
3- ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA.	7
3.1- ESTIMACION DE LOS COSTES.	7
3.2- VIABILIDAD ECONOMICA.	8
4- REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS.	9
5- ESTUDIO ESTADISTICO.	11
5.1- BASE DE DATOS.	11
5.2- PARAMETROS COMPARATIVOS.	13
5.3- GRAFICAS DE RELACIONES Y ESTUDIO ESTADISTICO.	14
5.4- PARAMETROS PRINCIPALES DE LA EMBARCACION.	23
6- DISEÑO DE LA CARENA.	25
6.1- INTRODUCCION.	25
6.2- PARAMETROS PRINCIPALES DE LA CARENA.	25
7- DISEÑO DE LOS APENDICES.	31
7.1- INTRODUCCION A LA AERODINAMICA Y GENERACION DE LA SUSTENTACION.	31
7.1.1- APLICACIÓN DE LA AERODINAMICA A LA NAVEGACION.	33
7.1.2- LA FUERZA AERODINAMICA LATERAL (Fal).	35
7.2- DISEÑO DE LA ORZA.	38
7.2.1- TIPO DE SECCION.	42
7.2.2- DIMENSIONAMIENTO DE LOS PERNOS DE LA ORZA.	44
7.3- DISEÑO DEL TIMÓN.	46
7.3.1- CALCULO DE LOS PARAMETROS PRINCIPALES DEL TIMÓN.	47
7.3.2- CALCULO DE LA MECHA DEL TIMÓN (ABS O.R.Y.).	48
8- DISEÑO DE INTERIORES.	51
8.1- CAMAROTES DE PROA Y POPA.	52
8.2- COCINA.	53
8.3- MESA DE CARTAS.	53
8.4- CUARTO DE BAÑO.	54
8.5- SALON.	54
9- DISEÑO DE LA CUBIERTA.	55
10- DISEÑO DEL PLANO VELICO.	57

10.1- TIPO DE APAREJO.	58
10.2- CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y CONFIGURACION DEL PLANO VELICO.	59
10.2.1- ANGULO DE DELLENBAUGH.	61
10.3- DISEÑO DEL APAREJO.	63
10.3.1- DEFINICION Y AMBITO DE LA NORMATIVA N.B.S.	63
10.3.2- FUERZAS TRANSVERSALES EN EL APAREJO.	66
10.3.3- FUERZAS EN LOS OBENQUES.	68
10.3.4- FUERZAS EN LOS STAYS.	71
10.3.5- DIMENSIONAMIENTO DEL MASTIL.	73
10.3.5.1- DIMENSIONAMIENTO TRANSVERSAL DEL MASTIL.	73
10.3.5.2- DIMENSIONAMIENTO LONGITUDINAL DEL MASTIL.	74
10.3.6- DIMENSIONAMIENTO DE LA BOTAVARA.	76
10.3.7- DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS.	78
10.3.8- ELECCION DEL CABLEADO Y RESUMEN DE LAS SECCIONES.	81
11- DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.	82
11.1- CALCULO DEL ESCANTILLONADO Y AJUSTE DEL LAMINADO.	83
11.1.1- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DEL FONDO.	84
11.1.2- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DE LOS COSTADOS.	86
11.1.3- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DE LA CUBIERTA.	88
11.2- CALCULO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES.	91
11.2.1- REFORZADO DE LAMINACION.	91
11.2.2- REFUERZOS ESTRUCTURALES.	92
11.2.2.1- REFUERZOS DEL FONDO.	94
11.2.2.2- REFUERZOS DEL COSTADO.	96
11.2.2.3- REFUERZOS DE LA CUBIERTA.	100
11.2.3- CALCULO ESTRUCTURAL DE LOS MAMPAROS.	102
12- CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y MOTORIZACION.	107
12.1- CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE.	107
12.2- MOTORIZACION.	110
13- ESTIMACION DE PESOS YCALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD.	113
14- ESTUDIO Y EVALUACION DE LA ESTABILIDAD.	115
14.1- CONDICIONES DE CARGA A ESTUDIAR.	115
14.2- ANALISIS Y EVALUACION DE LA ESTABILIDAD.	116

14.3- CALCULOS DE LA ESTABILIDAD.	122
14.3.1- CALCULOS PARA LA CONDICION DE MAXIMA CARGA.	122
14.3.1.1- CALCULOS DE ESTABILIDAD A GRANDES ANGULOS.	122
14.3.1.2- REQUISITOS DE LA NORMATIVA UNE-EN ISO 12217-2.	124
14.3.1.3- CALCULOS DE EQUILIBRIO .	126
14.3.2- CALCULOS PARA LA CONDICION DE MINIMA CARGAOPERATIVA.	127
14.3.2.1- CALCULOS DE ESTABILIDAD A GRANDES ANGULOS.	127
14.3.2.2- REQUISITOS DE LA NORMATIVA UNE-EN ISO 12217-2.	129
14.3.2.3- CALCULOS DE EQUILIBRIO .	131
14.4- CURVAS HIDROSTATICAS.	132
14.5- CALCULO DE LAS CURVAS DE BRAZOS KN.	134
15- REGULACION DE LOS EQUIPAMIENTOS.	136
15.1- EQUIPOS DE SALVAMENTO Y SEGURIDAD.	136
15.2- EQUIPO DE NAVEGACION.	137
15.3- EQUIPOS CONTRA INCENDIO Y DE ACHIQUE.	138
15.4- PREVENCION DE VERTIDOS.	138
16- PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONOMICO.	140
16.1- DESGLOSE DETALLADO DEL PRESUPUESTO DE MATERIALES.	140
16.2- TIEMPO DE FABRICACION Y COSTE DE MANO DE OBRA.	144
16.3- COSTE DEL PROYECTO Y GASTOS DEL ASTILLERO.	145
16.4- RESUMEN DEL PRESUPUESTO Y CÁLCULO DEL BENEFICIO.	146
<u>ANEXO A</u>	
- CALCULO DEL ESCANTILLONADO CON NORMA UNE-EN ISO 12215-5.	147
<u>ANEXO B</u>	
- CALCULO DE PESOS Y ESTIMACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD.	168
<u>ANEXO C</u>	
- PREDICCION DE LA VELOCIDAD, CURVA POLAR.	176
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	184
<u>PLANOS</u>	186

1- INTRODUCCION.

Este proyecto trata del diseño de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora, que está destinado a satisfacer la necesidad de un cliente que quiere disfrutar de la náutica, aunque no sea una embarcación para alcanzar gran velocidad, y a la vez tener un confort óptimo para la navegación por placer con buenos acabados y equipamiento, pero sin ser ostentosos.

Dado que uno de los dos objetivos principales de este proyecto es, que tenemos un presupuesto anticipado de 95.000 € P.V.P. sin I.V.A. al que debemos ajustarnos, al final del mismo se dispondrán los capítulos necesarios para analizar desde un punto de vista económico todos los elementos que intervengan, y hacer un balance de las diferentes posibilidades existentes en el mercado actual, así como tomar las decisiones que más interesantes nos resulten para alcanzar esta meta.

2- ESPECIFICACION TECNICA.

En este capítulo se definirán las características técnicas del velero, consideramos indispensables y de principal interés las siguientes: tipo de uso de la embarcación, número máximo de personas, autonomía, categoría de navegación y velocidad de diseño.

Se trata de un velero crucero-regata, destinado para clientes que busquen formas deportivas para la navegación, sin tener que sacrificar confort y habitabilidad interior, siendo su uso de carácter privado.

El diseño de este velero esta originalmente adecuado para un máximo de 8 personas en condición de navegación y 6 personas en pernoctación.

La capacidad de combustible es de 100 litros, lo cual dotará a la embarcación de una autonomía aceptable, sabiendo que aun no se ha decidido el motor, pero cuya potencia ronda entre los 18 cv y 21 cv, esta decisión se ha llevado a cabo teniendo en cuenta que se quieran hacer rutas relativamente largas e imprevistos en el mar y/o meteorología.

La categoría de diseño es la “B”, la cual comprende viajes en alta mar, en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas, donde se pueden encontrar vientos de hasta fuerza 8 en la escala de Beaufort y olas de altura significativa de hasta 4 metros.

La velocidad de diseño será, en principio, de unos 6,5 a 7 nudos dado que no es un velero con afán de competir ni de llegar a situaciones extremas aunque se le incorporara un spinnaker para aquellos que si deseen un poco mas de velocidad.

3- ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA

Para la construcción de la embarcación se ha fijado 95000€ PVP, el objetivo es no superar este precio fijado, por lo que todo el beneficio debe de salir del ajuste los costes, la mano de obra,...etc.

Como la construcción de una sola unidad sería muy costosa y por otra parte inviable económicamente hablando, se concreta que se fabricaran 10 embarcaciones, con una producción de 5 embarcaciones al año, por lo que se abarataran los precios por amortización de factores como la compra del diseño y el molde y una reducción en la adquisición de materiales.

3.1- ESTIMACION DE LOS COSTES.

- **Modelo y molde:**

Esta adquisición es importantísima a la hora de la fabricación, es unitariamente la más costosa pues se prevé que el coste ascienda alrededor de 1.400 €/m².

Una estimación a priori de la superficie de la embarcación dará una amplia visión del capital que se tiene que invertir para la adquisición de este:

- ▶ Casco = 50 m².
- ▶ Cubierta con caseta = 25 m².

Lo que supone 105.000 € para las 10 embarcaciones, por lo que el coste por embarcación asciende a 10.500 €.

- **Proyecto:**

El coste del proyecto es de unos 18.000 € por lo que el precio es de 1.800 € por embarcación.

- **Coste de los materiales:**

Se estima que el coste de los materiales para la construcción del casco es de 9.000 €, teniendo en cuenta la previsión de unos 25.000 € para la habilitación y los equipos ya que como se especifico anteriormente no será una embarcación de grandes lujos.

- **Mano de obra:**

El coste de la mano de obra dependerá las horas necesarias para realizar la embarcación. Se estima que la obra completa tiene alrededor de 1800 horas de trabajo.

En una cuadrilla todos los trabajadores no cobran el mismo salario por lo que a modo de término medio, el coste se aproxima a 18 €/hora por persona. La estimación de la mano de obra se fija en 32.400€

- **Gastos fijos:**

El alquiler de la nave, la luz, el agua, el teléfono y los gastos variados derivados del mantenimiento y uso de la empresa, generan una serie de gastos fijos que se deberán asumir en la construcción de la embarcación, fijando esta e unos 2.500€/mes, y como la previsión de producción es de 5 embarcaciones al año, el gasto añadido del gasto fijo de la empresa será de unos 5.000€ por embarcación.

3.2- VIABILIDAD ECONOMICA.

La estimación del coste de producción por unidad es de 87.300 €, dado que el PVP será de 95.000€ por unidad se estima un beneficio de 11.300 € por unidad, lo que representa el 13,5% del coste de fabricación. Lo que resulta un beneficio a largo plazo total de la producción de 113.000€

4- REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS.

- **Norma UNE-EN ISO 8666 2003:** Esta norma internacional establece una uniformidad para las definiciones concernientes a las dimensiones principales, los datos relacionados con las mismas, las especificaciones de los pesos y las condiciones de carga. Se aplican a las pequeñas embarcaciones cuyo casco tenga una eslora igual o inferior a 24 metros.
- **Norma UNE-EN ISO 12215-5:** Esta parte de la norma ISO 12215 se aplica para la determinación de las presiones y las tensiones de diseño, y para la determinación del escantillado, incluyendo los refuerzos de la estructura interior, de las pequeñas embarcaciones de un solo casco construidas de plástico reforzado con fibras, y aleaciones de aluminio y acero, de madera encolada o de cualquier otro material conveniente para la construcción de embarcaciones de una eslora de casco, L_h , comprendida entre 2,5 y 24 metros, determinada de acuerdo con la norma ISO 8666. Ésta norma solo se aplica a las embarcaciones en estado intacto.
- **Norma UNE-EN ISO 12217-2:** Esta parte de la norma ISO 12217 especifica los métodos de evaluación de la estabilidad y flotabilidad de las embarcaciones en estado intacto, es decir, sin averías. También se contemplan las características de flotación de las embarcaciones susceptibles de inundación. La evaluación de las condiciones de estabilidad y flotabilidad utilizando esta parte de la norma ISO 12217 permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C o D) adecuada a su diseño y a su carga máxima. Esta parte de la norma ISO 12217 es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela, incluso si disponen de motor auxiliar, de una eslora comprendida entre 6 m y 24 m exclusive. Sin embargo se puede también aplicar a las embarcaciones de menos de 6 m si se trata de multicascos habituales o si no alcanzan la categoría de diseño necesaria que se especifica en la norma ISO 12217-3 y disponen de cubiertas y aberturas de achique rápido de acuerdo con la norma ISO 11812. Esta parte de la norma ISO 12217 excluye embarcaciones neumáticas y rígido- neumáticas hasta 8 metros incluidas en la norma ISO 6185, canoas, Kayaks u otras embarcaciones de manga inferior a

1,1 m. tampoco incluye o evalúa los efectos sobre la estabilidad en las operaciones de remolque, pesca de arrastre, dragado o izado de cargas, que deberían considerarse separadamente en su caso.

- **Reglamento de American Bureau of Shipping (ABS)**, para el cálculo del escantillado de los pernos de la orza y del diámetro de la mecha del timón.

- **Orden del Ministerio de Fomento FOM/1144/2003 del 28 de Abril**, para la regulación de los equipos de seguridad, salvamento, contraincendios y navegación.

5- ESTUDIO ESTADISTICO.

5.1- BASE DE DATOS.

A continuación se muestran los datos de una colección de embarcaciones con unas dimensiones y conceptos similares a la del diseño de este trabajo, actualmente existentes en el mercado y con el objetivo de encaminar los parámetros de este proyecto.

Servirán de apoyo en la toma decisiones y se realizarán unas gráficas de relaciones de estos para el análisis y estudio de los distintos comportamientos.

Embarcación	Eslora total	E. en flotación	E. del casco	Manga	Calado	Desplazamiento	Lastre
First 34,7	10,26	8,73	9,99	3,37	2	4400	1675
First 31,7	9,61	8,8	8,8	3,23	1,9	3750	1110
First 36,7	10,9	10,68	10,68	3,45	2,2	5870	1745
Oceanis 31	9,66	9,3	9,3	3,39	1,8	4620	1540
Oceanis 34	10,34	9,99	9,99	3,65	1,87	5700	1700
Hunter 31	9,39	8,55	9,14	3,38	1,68	3858	1114
Hunter 33	10,21	8,97	10,08	3,51	1,67	4722	1568
Hunter 36	10,82	9,32	10,56	3,66	1,96	6318	2283
Sun Odyssey 30i	9	8,26	8,79	3,18	1,75	3945	946
Sun Odyssey 32i	9,6	8,52	9,45	3,3	2	4300	1130
Elan 31	9,4	8,21	9,2	3,2	1,85	4500	1430
Elan 340	9,99	9,39	9,99	3,48	1,95	5000	1450
Elan 344	10,46	9,99	9,99	3,49	1,6	6000	1950
MEDIA	9,972307692	9,131538462	9,689230769	3,40692	1,8638	4844,846154	1510,8462
MAXIMO	10,9	10,68	10,68	3,66	2,2	6318	2283
MINIMO	9	8,21	8,79	3,18	1,6	3750	946
Velero Pro	10	9,2		3,3	2	5200	1976

DISEÑO DE UN VELERO CRUCERO-REGATA DE 10 METROS DE ESLORA CON 95.000€ P.V.P.

Embarcación	Sup.Vel.Real	Mayor Real	Foque Real	I	J	P	E	Sup.Ve.Py	Mayor Py	Foque Py
First 34,7	70,3	35,3	35	13,5	3,88	13,02	4,53	55,6803	29,4903	26,19
First 31,7	52,5	23,6	28,9	12,15	3,65	11,87	4,01	45,9731	23,79935	22,17375
First 36,7	78,5	38	40,5	14,15	3,97	13,85	4,75	60,9815	32,89375	28,08775
Oceanis 31	47,5	22,8	24,7	12,22	3,54	11,03	3,85	42,86215	21,23275	21,6294
Oceanis 34	56	28	28	12	3,3	11,75	4,32	45,18	25,38	19,8
Hunter 31	39,14	19	20,14	9,92	2,97	9,29	3,48	30,8958	16,1646	14,7312
Hunter 33	58,1	29	29,1	11,41	3,3	11,1	4,22	42,2475	23,421	18,8265
Hunter 36	74,42	36	38,42	13,66	4,01	13,7	4,57	58,6928	31,3045	27,3883
Sun Odyssey 30i	43	22,2	20,8	11,73	3,22	10,98	3,6	38,6493	19,764	18,8853
Sun Odyssey 32i	50,3	25,1	25,2	12,46	3,62	11,15	4,01	44,90835	22,35575	22,5526
Elan 31	54,5	26,5	28	11,74	3,28	11,46	4,28	43,778	24,5244	19,2536
Elan 340	71,64	34,51	37,13	13,49	3,67	12,78	4,5	53,50915	28,755	24,75415
Elan 344	58,05	27,8	30,25	12,5	3,7	11,64	4,01	46,4632	23,3382	23,125
MEDIA	57,99615385	28,2930769	29,7030769	12,379	3,547	11,82	4,16	46,9093192	24,801815	22,107504
MAXIMO	78,5	38	40,5	14,15	4,01	13,85	4,75	60,9815	32,89375	28,08775
MINIMO	39,14	19	20,14	9,92	2,97	9,29	3,48	30,8958	16,1646	14,7312
Velero Pro	entre 60 y 65			13	3,5	12,5	4,2			

Embarcación	Agua	Personas	Combustible	Potencia Motor
First 34,7	100	8	75	20
First 31,7	160	6,6,8	30	21
First 36,7	270	8,9,8	75	29
Oceanis 31	130	6,8,10	130	21
Oceanis 34	290	6,7,8	130	21
Hunter 31	189,3	4	75,7	21
Hunter 33	189	8	95	21
Hunter 36	284	10	144	29
Sun Odyssey 30i	160	6	50	21
Sun Odyssey 32i	170	6,8	70	21
Elan 31	138	8	44	19
Elan 340	200	8	95	29
Elan 344	238	8	110	29
MEDIA	193,715385	7,422222222	86,43846154	23,23076923
MAXIMO	290	10	144	29
MINIMO	100	4	30	19
Velero Pro	200	8	100	18-21

5.2- PARAMETROS COMPARATIVOS.

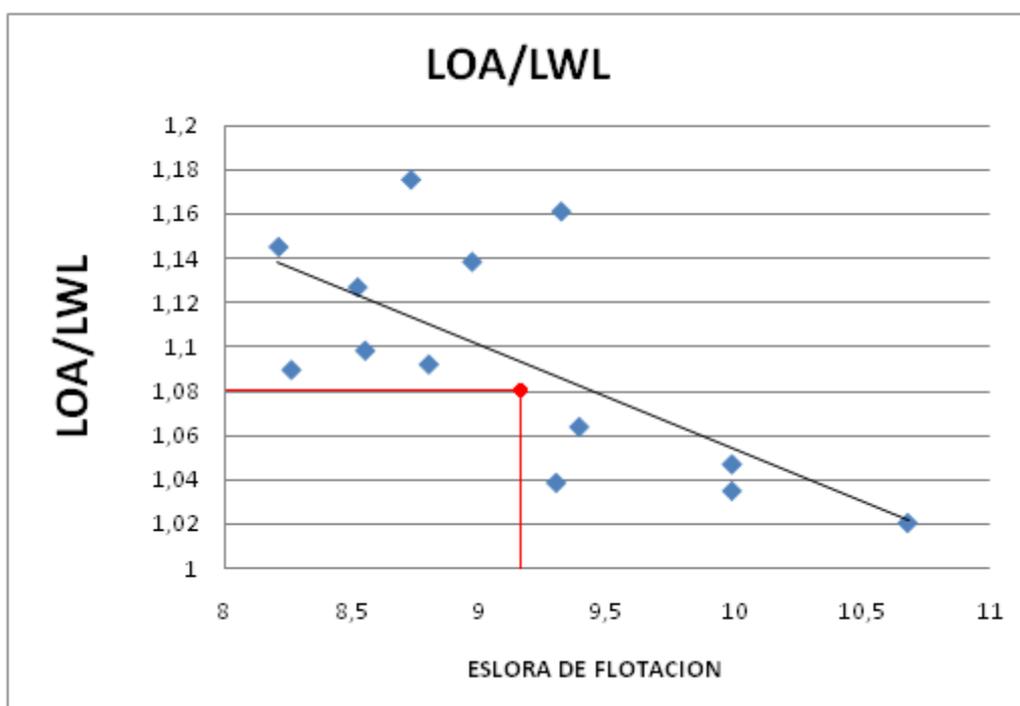
Embarcación	LOA/LWL	LOA/B	LWL/T	B/T
First 34,7	1,175257732	3,044510386	4,365	1,685
First 31,7	1,092045455	2,975232198	4,631578947	1,7
First 36,7	1,020599251	3,15942029	4,854545455	1,568181818
Oceanis 31	1,038709677	2,849557522	5,166666667	1,883333333
Oceanis 34	1,035035035	2,832876712	5,342245989	1,951871658
Hunter 31	1,098245614	2,778106509	5,089285714	2,011904762
Hunter 33	1,138238573	2,908831909	5,371257485	2,101796407
Hunter 36	1,160944206	2,956284153	4,755102041	1,867346939
Sun Odyssey 30i	1,089588378	2,830188679	4,72	1,817142857
Sun Odyssey 32i	1,126760563	2,909090909	4,26	1,65
Elan 31	1,144945189	2,9375	4,437837838	1,72972973
Elan 340	1,063897764	2,870689655	4,815384615	1,784615385
Elan 344	1,047047047	2,99713467	6,24375	2,18125

Embarcación	Δ/LWL	LASTRE/ Δ	$LWL/(\nabla^{1/3})$	SUP.VEL/ Δ
First 34,7	504,0091638	38,07%	5,371612058	15,97727273
First 31,7	426,1363636	29,60%	5,711018119	14
First 36,7	549,6254682	29,73%	5,969434264	13,37308348
Oceanis 31	496,7741935	33,33%	5,630023987	10,28138528
Oceanis 34	570,5705706	29,82%	5,638736818	9,824561404
Hunter 31	451,2280702	28,88%	5,496505439	10,14515293
Hunter 33	526,4214047	33,21%	5,390864351	12,30410843
Hunter 36	677,8969957	36,13%	5,083123486	11,779044
Sun Odyssey 30i	477,6029056	23,98%	5,270748979	10,89987326
Sun Odyssey 32i	504,6948357	26,28%	5,282725745	11,69767442
Elan 31	548,1120585	31,78%	5,013953181	12,11111111
Elan 340	532,4813632	29,00%	5,536690059	14,328
Elan 344	600,6006006	32,50%	5,54314654	9,675

5.3- GRAFICAS DE RELACIONES Y ESTUDIO ESTADISTICO.

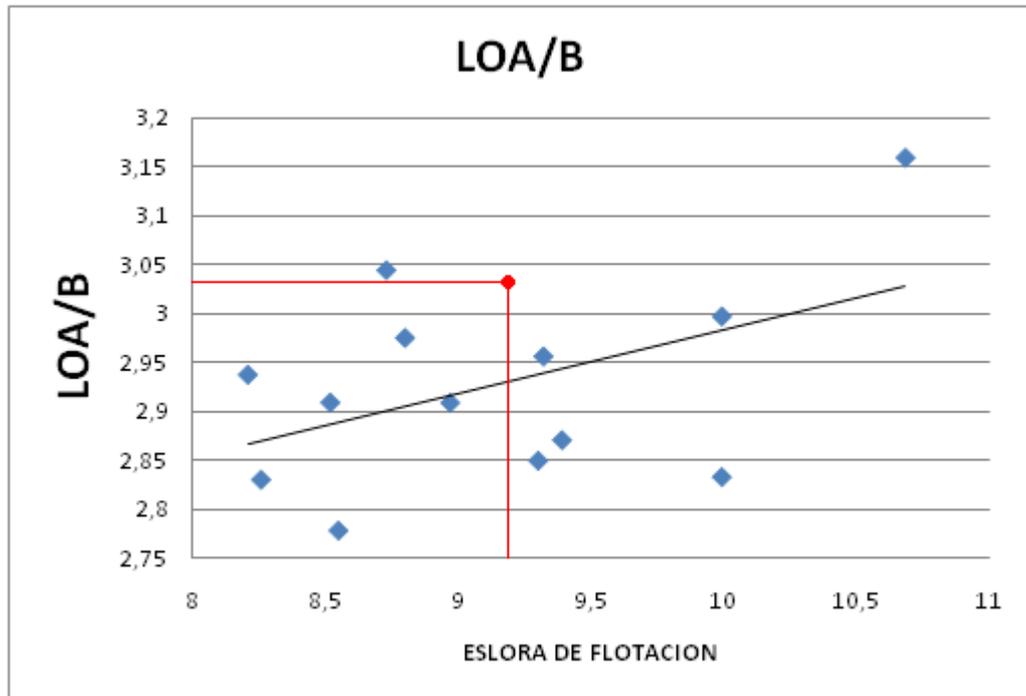
Aquí podemos observar y comparar las distintas distribución de las relaciones en función de la eslora de flotación, así como la tendencia que estas siguen y las graficas de estudio estadístico de parámetros.

- **Relación Loa/ Lwl:** Este parámetro nos marca los lanzamientos de la embarcación. Es recomendable dotar de cierto lanzamiento en proa y en popa para reducir así el cabeceo. Los valores medios se encuentran alrededor de 1,23 fluctuando 0,15 arriba y abajo.

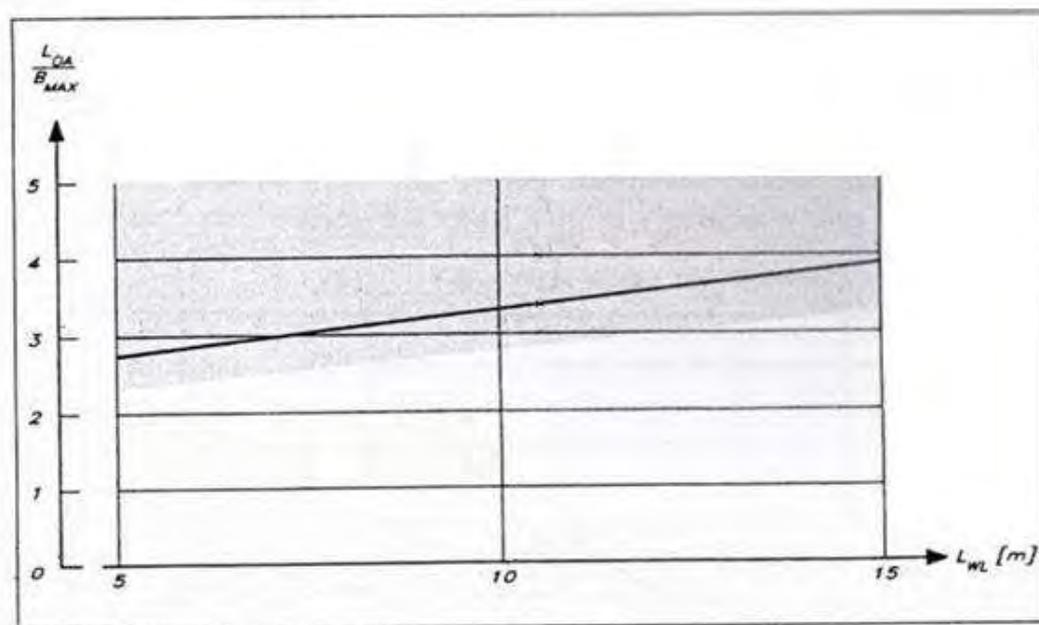


En nuestro caso como el velero es de tipo mixto, se buscan formas más regateras, llevamos esta relación al extremo inferior, dando también así mas eslora de flotación, $Loa/Lwl = 1,08$.

- **Relación Loa/Bmax:** Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, vemos que al aumentar la eslora, la relación va aumentando, lo que significa que la embarcación se vuelve más estilizada. Esto está justificado por la estabilidad, ya que al aumentar la eslora y así también el desplazamiento, aumenta la estabilidad, y no requiere tanta estabilidad por formas, reduciéndose en comparación su manga máxima. La manga máxima puede ser escalada según su eslora elevada a $2/3$.



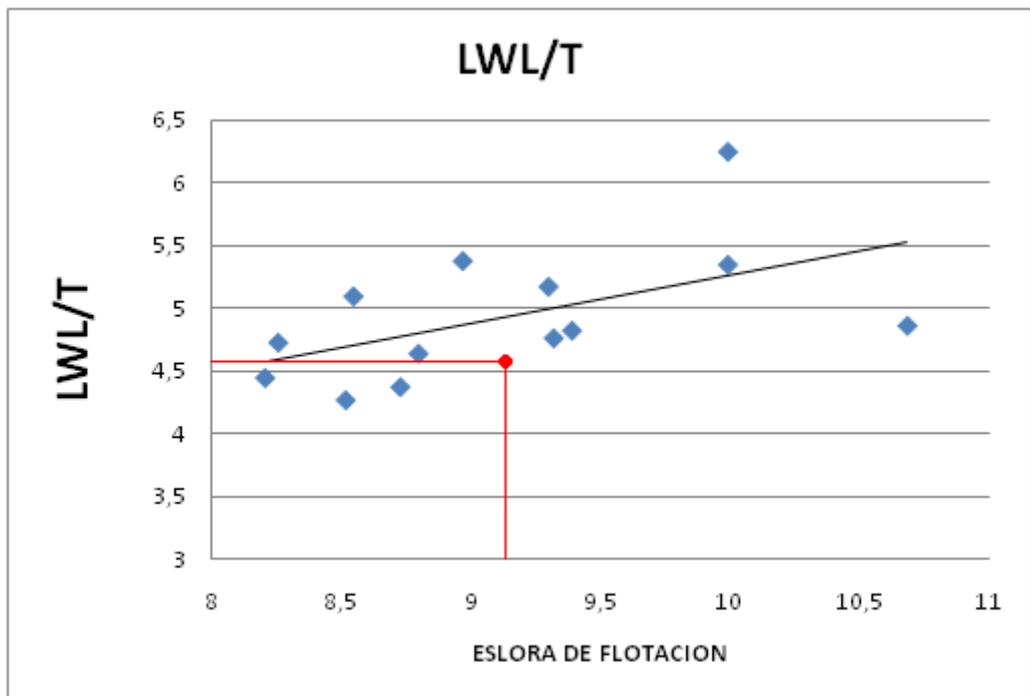
Podemos observar que la relación de nuestra embarcación es de $10/3.3 = 3.03$



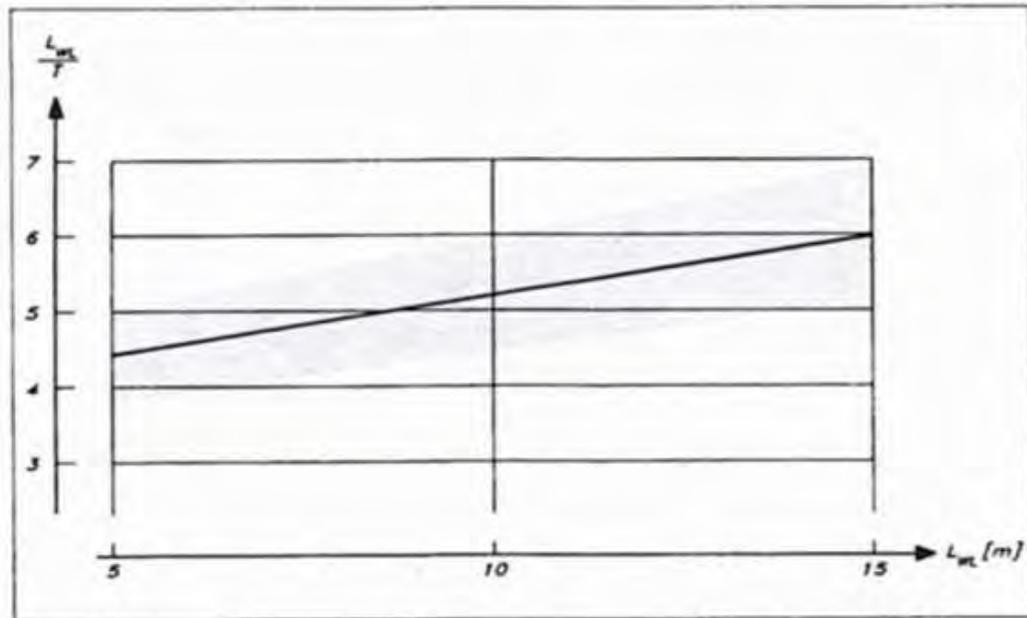
Relación Esloa máxima/Manga máxima. Principles of Yacht Design.

- **Relación Lwl/T:** El calado relativo va disminuyendo al aumentar la eslora. En el caso de veleros se puede relacionar el calado con la manga y obtendremos una relación bastante valida: $B_{max}=1,6 \times T$. El valor del calado está relacionado con la relación de aspecto de la orza. Sin embargo cuando la embarcación sobrepasa una determinada eslora, necesita reducir el calado total para no tener problemas de acceso a los puertos, aunque esto signifique perder rendimiento de la orza, o tener que emplear orzas abatibles.

Se ha elegido un calado total de 2 metros lo cual nos permite la entrada a casi todos los puertos deportivos.

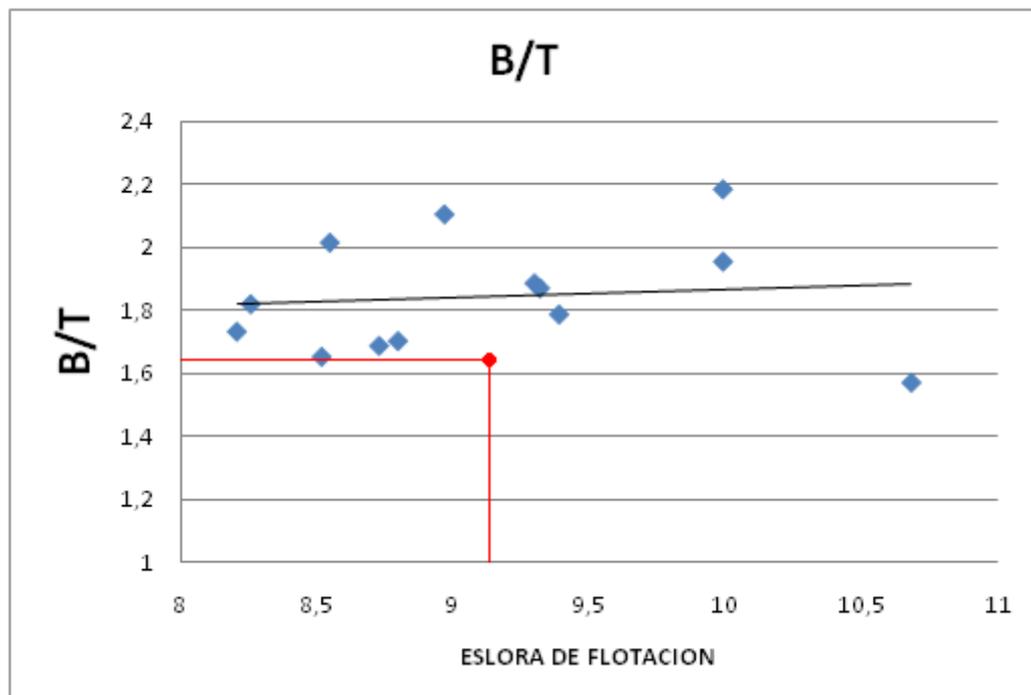


En la grafica siguiente observamos que la relación de la embarcación es muy acertada, ya que el valor aconsejado es 5 y el elegido en la relación es de 4,6. Esto implica que la diferencia de calado es mínima, 1,9 metros frente a los 2 metros que se han elegido, lo cual es beneficioso para la relación de aspecto de la orza y por la tanto para el rendimiento de esta.

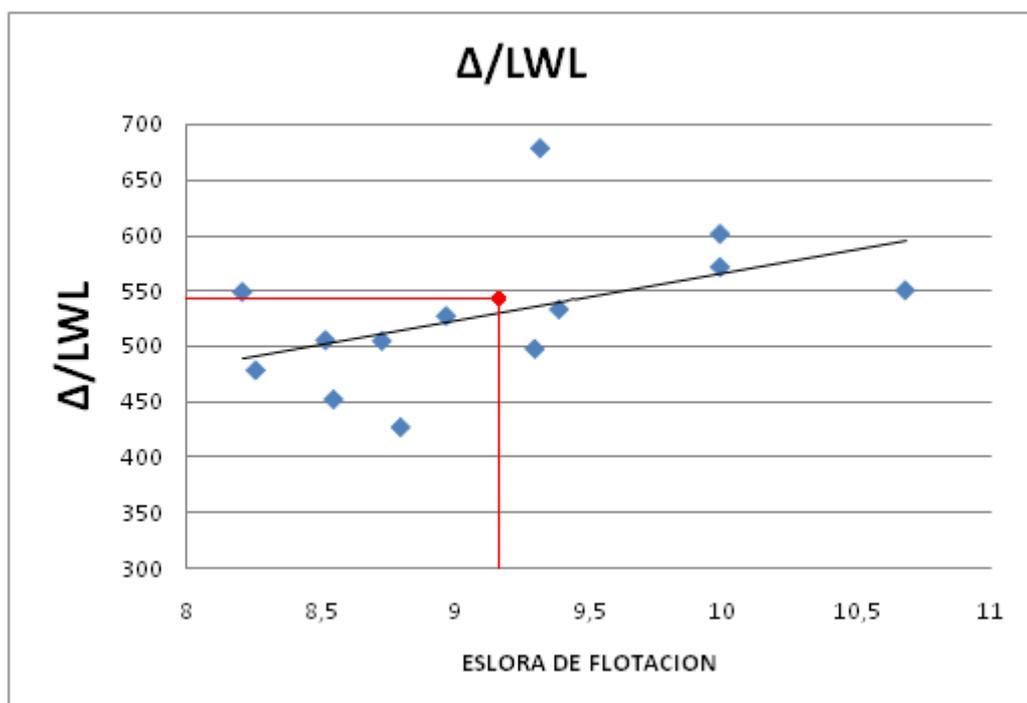


Relación Eslora de flotación/Calado. Principles of Yacht Design.

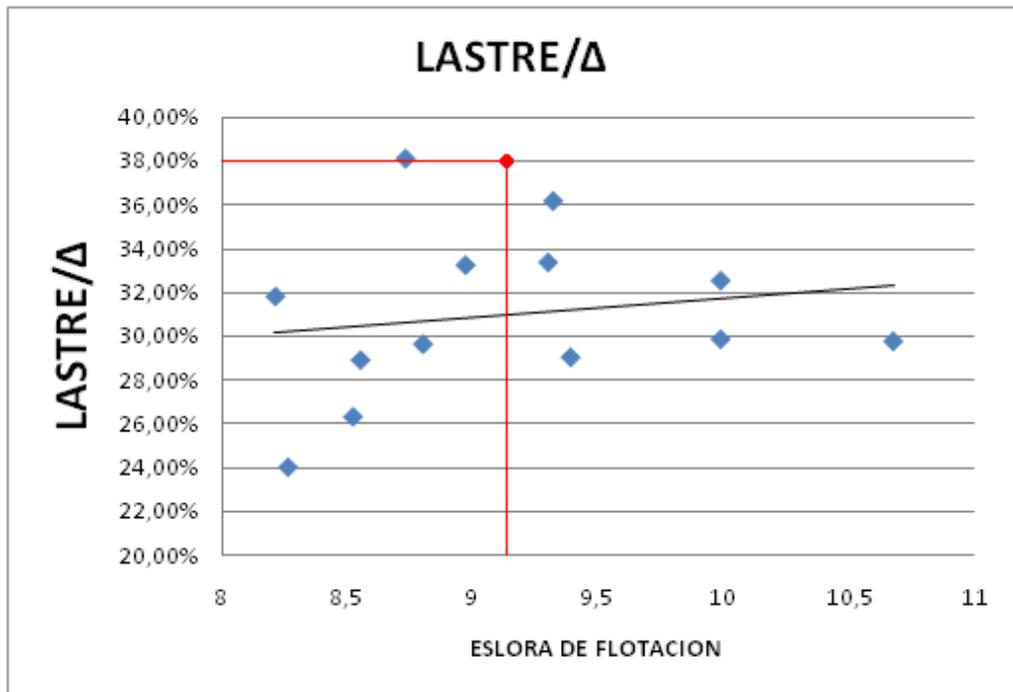
- **Relación B_{max}/T :** La línea de tendencia sigue unas pautas dadas por la combinación de las relaciones anteriores, se puede observar casi una linealidad en estas.



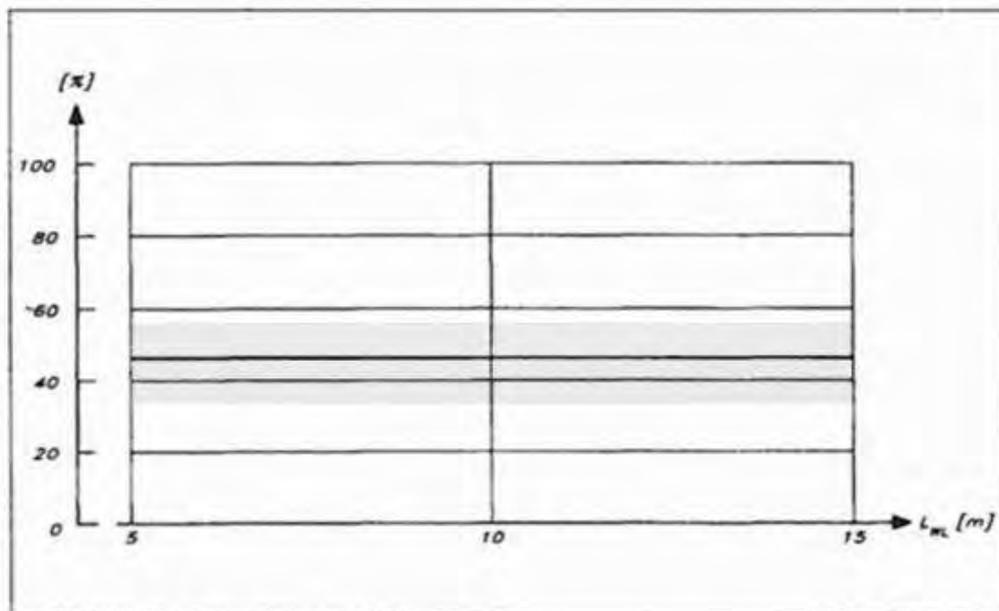
- **Relación desplazamiento/ Lwl:** Se da la unidad de peso por metro, al aumentar la eslora, aumenta el desplazamiento, pero con una linealidad ascendente, es decir, el desplazamiento suele aumenta en mayor proporción que la eslora.



- **Relación Lastre/Desplazamiento:** Este valor no varía con la eslora y fluctúa entre valores del 0,35 a 0,55. Las embarcaciones más regateras al tener menos desplazamiento necesitan bajar más el centro de gravedad (KG) para conseguir suficiente estabilidad, por lo que suelen tener una relación de lastre mayor.

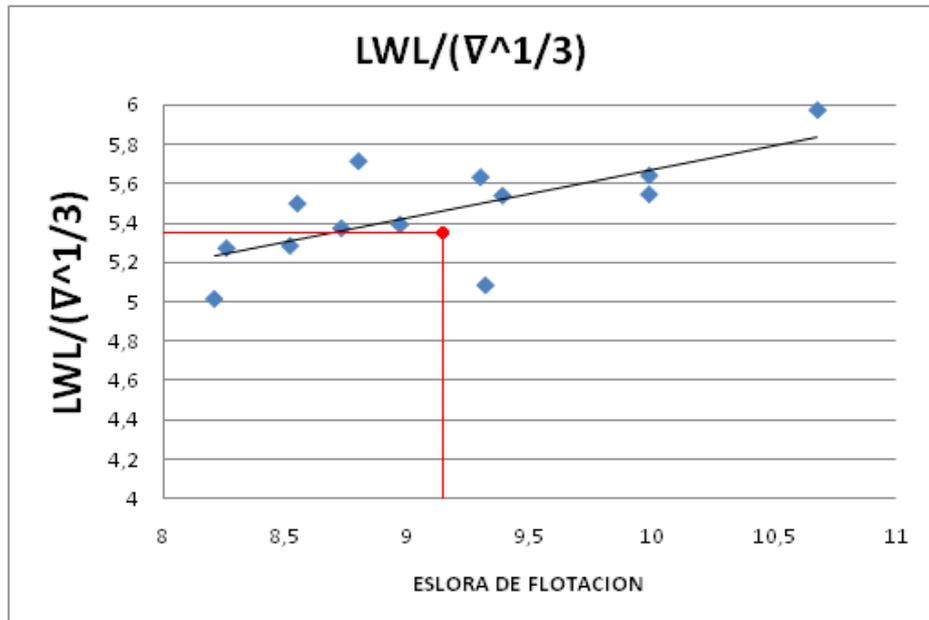


Podemos observar en la siguiente grafica la línea aproximada que sigue esta relación y el área de fluctuación.

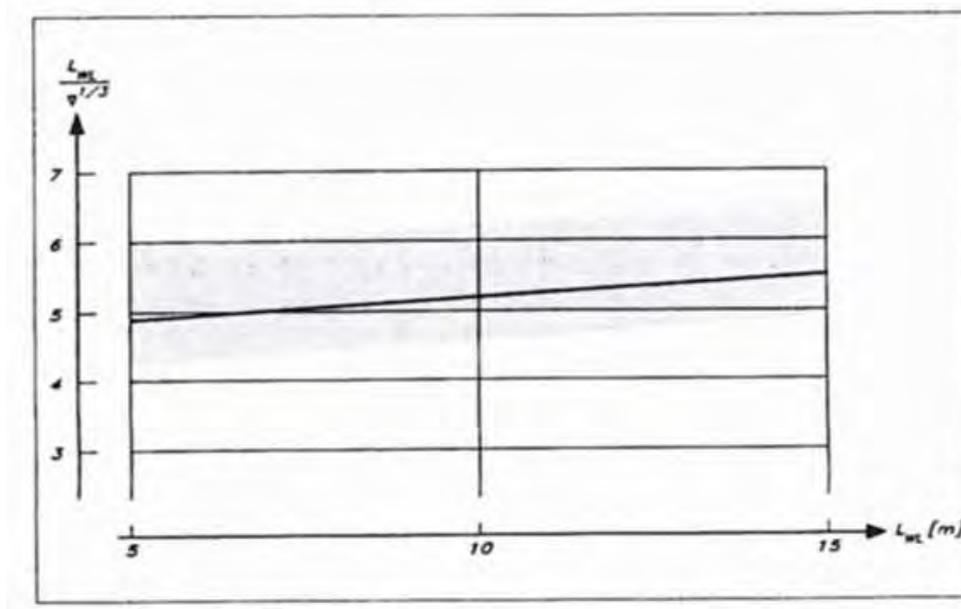


Relación Lastre/Desplazamiento. Principles of Yacht Design.

- **Relación Eslora/Desplazamiento ($Lwl/\nabla^{1/3}$):** Este factor delimita el régimen de navegación. Siendo necesario un valor mayor de 5,7 para conseguir navegar a mas de $FN=0,45$. El valor de nuestra relación es de 5,35 con lo cual navegaremos a un régimen cercano a $FN=0,45$ pero no superior.

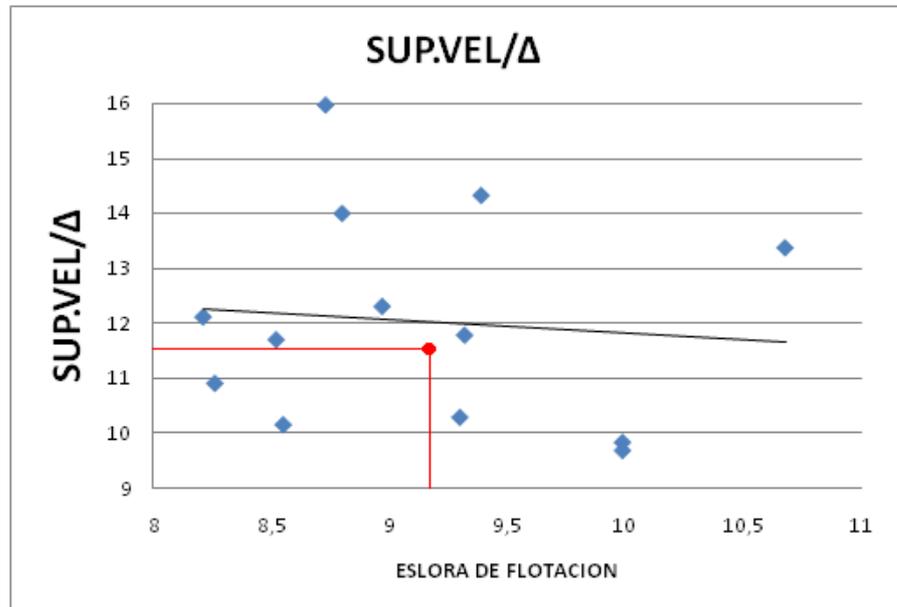


En la siguiente grafica se puede ver que los límites son 12% por debajo de la línea media y 20% por encima de esta.

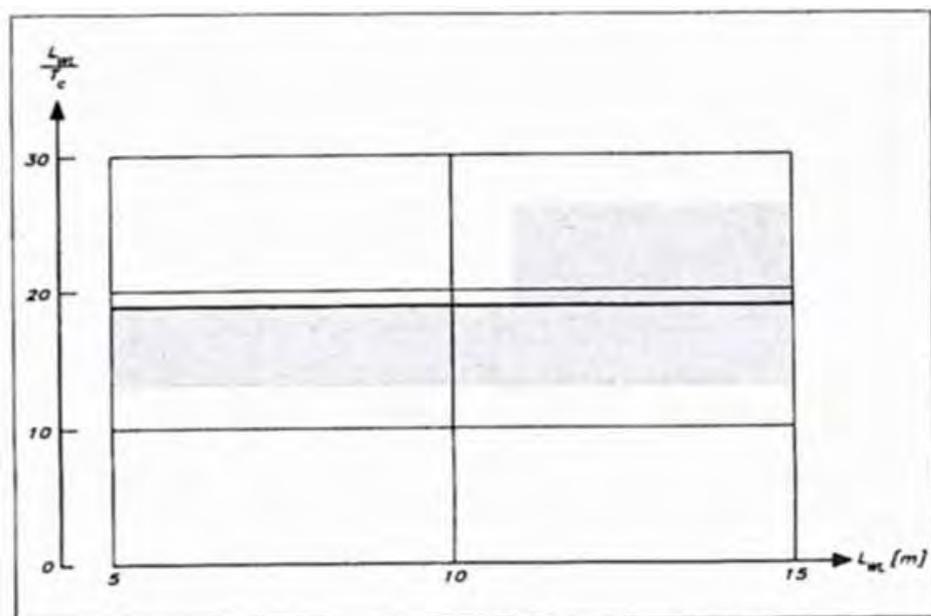


Relación Eslora de flotación/ Desplazamiento ($Lwl/\nabla^{1/3}$).Principles of Yacht Design.

- **Relación Superficie vélica/Desplazamiento:** Este parámetro nos marca la capacidad propulsora de la embarcación y determina de cierta manera la velocidad máxima. Varía entre 15 y 22 con un valor media de 19.



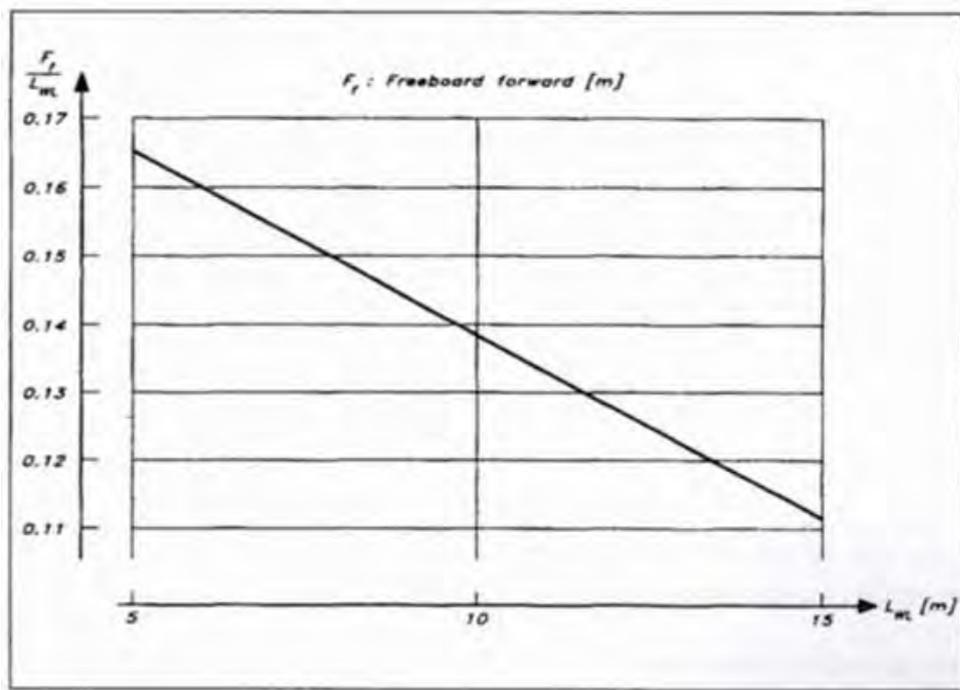
- **Relación Eslora de flotación/Calado del casco:** El calado del casco se escala linealmente con la eslora. En función del tipo de barco y del Coeficiente prismático, obtenemos que para embarcaciones de desplazamiento medio el valor típico es 18, en ultraligeras puede llegar hasta 26 y en embarcaciones de alto desplazamiento hasta 12. En nuestro caso $L_{wl}/T_c \approx 19,8$ siendo el calado de casco $T_c = 0,465$ m.



Relación Eslora de flotación/Calado del casco. Principles of Yacht Design.

- **Relación Francobordo en proa/ Eslora de flotación:** este valor va decreciendo con la eslora, ya que sobrepasado la medida mínima exigida por las alturas interiores, ya no parece necesario seguir aumentado el francobordo. Hay que tener en cuenta otros efectos como son, el mayor abatimiento de la embarcación, el aumento de estabilidad por formas positiva a grandes ángulos de escora y el riesgo de elevación del centro de gravedad.

La relación $F_{pr}/L_{wl} = 0,15$ lo que nos da un $F_{pr} = 1,38$ m



Relación francobordo en proa/. Principles of Yacht Design.

5.4- PARAMETROS PRINCIPALES DE LA EMBARCACION.

- **Eslora total (Loa):** Se llama eslora total a la longitud total de la embarcación, es decir, la distancia que hay entre el punto más situado a popa y el más situado a proa de nuestra embarcación. Este parámetro viene dado como requisito del proyecto y se fija en 10 metros.
- **Eslora de flotación (Lwl):** Se llama eslora de flotación a la longitud del eje longitudinal del plano de flotación. Debido a que la embarcación no tiene apenas lanzamiento en proa y buscando el mayor valor de este, que se relacionara también con la velocidad que pueda alcanzar la embarcación, se ha optado por tomar un valor extremo de 9,2 metros.
- **Manga máxima (Bmax):** Se llama manga máxima a la medida del barco en el sentido transversal, es decir de una banda a otra (de estribor a babor), en la parte más ancha. Como se ha visto anteriormente en la relación dada por la grafica de *Principles of Yacht Design* el valor adecuado de esta es de 3,3 metros, parece ser un valor adecuado en relación a la eslora de diseño que dotará a la embarcación de una estabilidad por formas bastante aceptable.
- **Calado máximo (Tmax):** Es la medida vertical máxima de la obra viva cuando la embarcación está en una condición de desplazamiento máximo, este valor nos dará la relación de aspecto de la orza y además está condicionado por los puertos en los que va a atracar y por ello se ha decido que sea de 2 metros, una medida que va a permitir a la embarcación tener acceso a la mayoría de los puertos deportivos.
- **Calado del casco (Tc):** Se llama calado del casco al calado de la embarcación sin la orza, este ha sido estudiado con anterioridad, siendo la elección de 0,465 metros, un valor un poco menor del aconsejado, lo cual dará formas más llenas, afectando positivamente a la estabilidad por formas y mayor altura a la orza, lo cual dará una mejor relación de aspecto de esta, ya que a mayor relación de aspecto, mayor sustentación creará el perfil y por consiguiente, menor será el abatimiento de la embarcación

- **Francobordo en proa (Fpr):** Es la altura vertical entre la parte más alta de la proa y la flotación, influye en la habilitación interior, y según la grafica de *Principles of Yacht Design*, en nuestro caso, una buena relación $Fpr/Lwl = 0,15$ lo que nos da como resultado un $Fpr = 1,38$ metros.
- **Desplazamiento en rosca (Δr):** Es el peso de la embarcación tal como lo entrega el astillero; esto es, sin combustible, pertrechos, víveres ni tripulantes, es decir, el peso de la estructura del casco y cubierta, apéndices, los aparejos, el motor y los componentes de la habilitación. Aunque sea un velero crucero-regata, su misión no es la competición, si no la náutica con placer, por lo cual el desplazamiento en rosca es un poco más elevado de lo normal, fijando el peso en 5200 kg.
- **Lastre:** Es el peso situado para contrarrestar la escora y bajar el centro de gravedad dando estabilidad al velero. Normalmente este peso se sitúa en la orza. Como hemos visto en el capítulo anterior la relación lastre/desplazamiento va de 0,35 a 0,55. Se ha elegido una relación de 0,38 siendo el peso del lastre 2000 kg.
- **Superficie velica proyectada:** Es el área de las velas, no es el área real, sino la suma de los triángulos formados por las velas, su valor es aproximadamente es de unos $52,9 m^2$, aunque su valor real rondará entre 60 y $65 m^2$, valor que se fijará cuando procedamos al estudio y diseño del plano velico.

Valores de los parámetros principales			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Eslora total	Loa	10	metros
Eslora de flotación	Lwl	9,2	metros
Manga máxima	Bmax	3,3	metros
Calado máximo	T	2	metros
Calado del casco	Tc	0,465	metros
Francobordo en proa	Fpr	1,38	metros
Desplazamiento en rosca	Δr	5200	kilogramos
Lastre	Lastre	2000	kilogramos
Superficie velica proyectada	Sup.Vel.proy	52,9	metros cuadrados

Tabla 1

6- DISEÑO DE LA CARENA.

6.1- INTRODUCCION.

Este capítulo es uno de los temas centrales del diseño, ya que es uno de los aspectos más relevantes y complicados de la embarcación, para un buen diseño funcional se deberá tener en cuenta unos parámetros que ha de cumplir la carena:

- Poseer suficiente estabilidad por formas, para que la embarcación soporte así los efectos de la fuerza aerodinámica transversal.
- Tener un consumo de energía mínimo en la navegación, es decir, que ofrezca la menor resistencia posible al avance.
- Poseer buena resistencia a los movimientos dinámicos derivados de su uso, como son el balance, el cabeceo, la guiñada...etc.
- Dotar de habitabilidad suficiente la embarcación, es decir, tener suficiente espacio interior para todos los elementos de confort y de primera necesidad.

Para poder alcanzar los requisitos que definen una buena carena, se tendrán que optimizar parámetros como son el número de Froude, la posición longitudinal del centro de carena, el coeficiente prismático, la superficie mojada y el desplazamiento en todas sus facetas. Un análisis y buen ajuste de estos podrá conferir a la embarcación un óptimo rendimiento.

6.2- PARAMETROS PRINCIPALES DE LA CARENA

- **Numero de Froude:** Viene dado por la velocidad de diseño y la eslora de flotación, y nos facilitará la obtención directa de datos de diseño a partir de unas graficas en apartados posteriores.

La velocidad de la embarcación es importante, puesto que va a determinar el momento en el que el aumento de la velocidad será viable, es decir, una embarcación navegando genera

un tren de olas, el cual desarrolla una resistencia, cuando la longitud de ola es igual a la eslora de flotación de nuestro velero esta resistencia aumentará exponencialmente con la velocidad. Esta situación se da para un número de Froude igual a 0,45.

En función a la velocidad con la que se desplace una embarcación, hay tres tipos de regímenes de navegación, los cuales son:

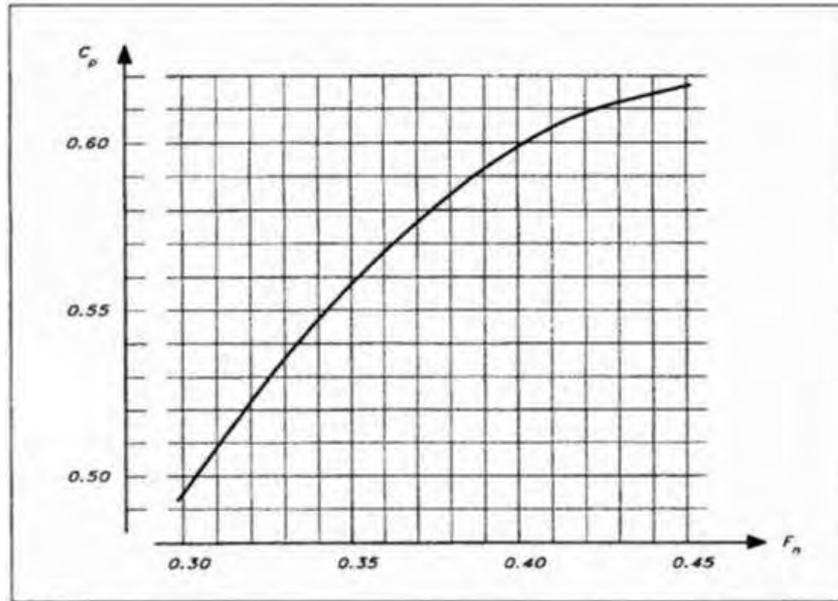
- Régimen de desplazamiento $F_n < 0,35$
- Régimen de semidesplazamiento $0,35 < F_n < 0,45$
- Régimen de planeo $F_n > 0,45$

En nuestro caso como tenemos una velocidad de diseño de 7 nudos y una eslora de flotación de 9,2 metros, obtenemos que:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{wl}}} = \frac{7 \cdot 0,5144}{\sqrt{9,8 \cdot 9,2}} = 0,38$$

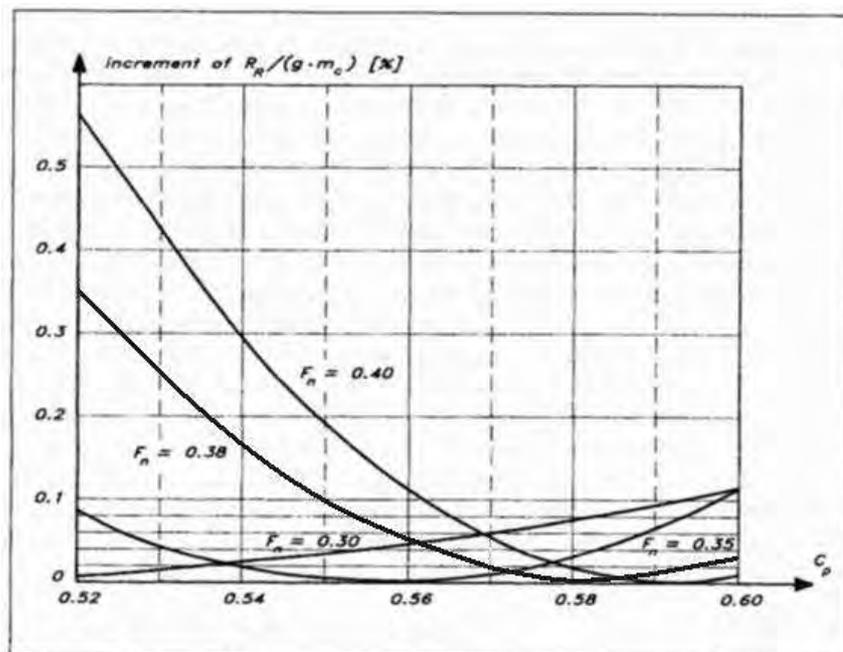
• **Coefficiente prismático:** El coeficiente Prismático nos expresa el reparto de volúmenes de la carena y tiene una influencia notoria en la resistencia. El no estar optimizado puede producir incrementos de la resistencia residual. Para cada número de Froude, existe un coeficiente prismático óptimo. A velocidades bajas, un volumen de carena centrado, esto es, coeficientes prismáticos bajos, producen una menor resistencia, mientras que a medida que la velocidad aumenta, se requieren extremos voluminosos o lo que es lo mismo, coeficientes prismáticos altos. Los valores usuales del coeficiente prismático se sitúan en el intervalo de 0.54 a 0.56. La elección del coeficiente prismático adecuado debe ir ligada a la búsqueda de la posición longitudinal idónea del centro de carena (sin apéndices).

En la siguiente grafica podemos obtener el coeficiente prismático óptimo para un valor del número de Froude. En este caso entrando con nuestro $F_n = 0,38$ se tiene que el valor optimo es de $C_p = 0,58$.



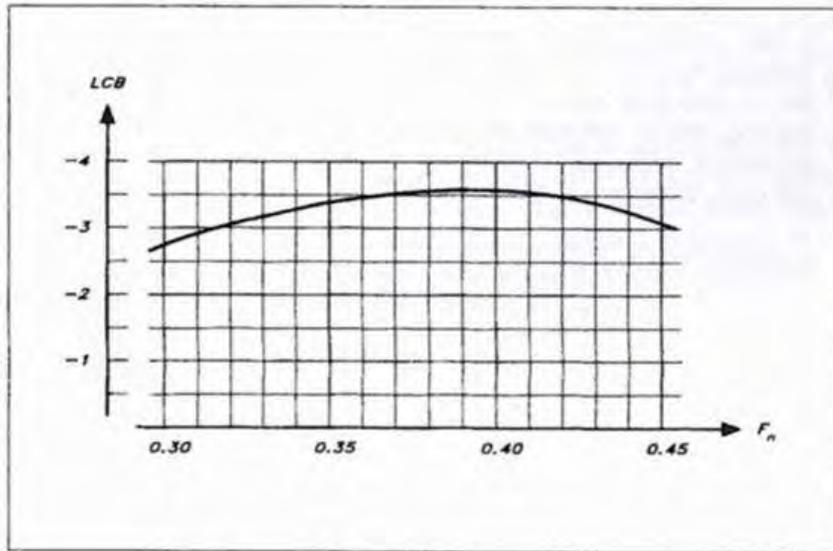
Cp-Froude. Principles of Yacht Design.

En nuestro caso el coeficiente prismático será menor, del orden de $C_p = 0,55$ con un consecuente incremento en la resistencia, como podemos observar en la grafica, del 0,09 % de la resistencia residual, que solventaremos aumentando la superficie velica.



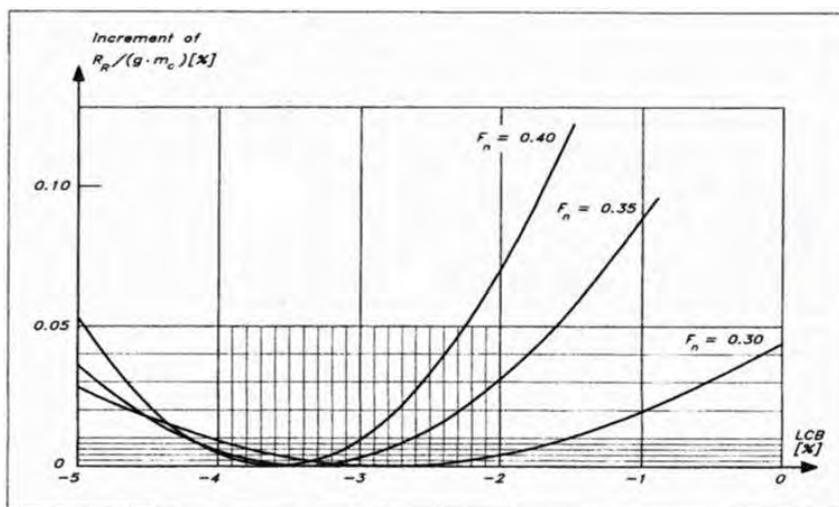
Incremento de resistencia residual debido un coeficiente prismático no optima para distintos F_n . Principles of Yacht Design.

- **Posición longitudinal del centro de carena:** En la siguiente grafica se puede obtener la posición óptima del centro de carena (LBC), entrando en ella a partir del número de Froude obtenido con anterioridad. Obviamente, la variación es muy pequeña en el rango de velocidad. Hay que tener en cuenta que el signo negativo significa a popa de la maestra, y que los números representan la distancia desde la sección en porcentajes de la eslora de flotación. Para un valor de $F_n = 0,38$ tenemos un equivalente de LBC de 3,6 % a popa de la maestra.



LBC-Froude. Principles of Yacht Design.

Una localización no óptima del centro de carena (LBC), influye negativamente en la embarcación, creando una resistencia residual como podemos observar en la siguiente grafica. En nuestro caso no tendremos incremento en la resistencia por una acertada localización.

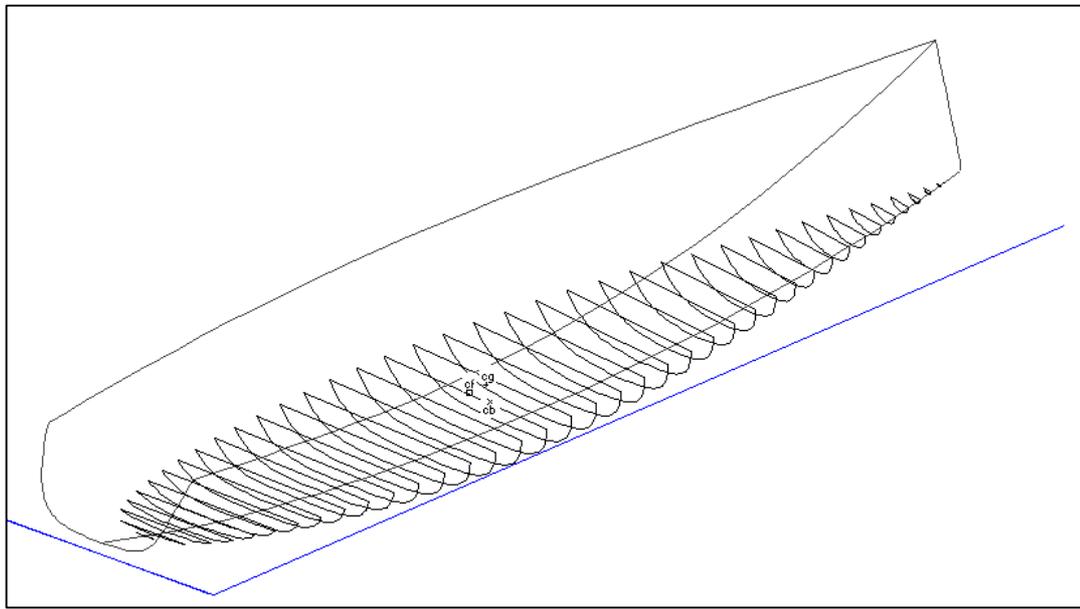


Incremento de resistencia residual debido a una localización no óptima del LBC para distintos F_n . Principles of Yacht Design.

- **Superficie mojada:** La superficie mojada es como su propio nombre indica, toda aquella superficie que está sumergida, es decir, el área exterior de la obra viva. Esta superficie va relacionada con las dimensiones de la embarcación, un ajuste acertado de estos dará como resultado una superficie mojada óptima, ya que un aumento de esta nos aumentara la resistencia de fricción.

Según el estudio realizado en la obra Principles of Yacht Desing, tenemos que la relación entre la superficie velica y la superficie mojada oscila entre 2 y 2,5, con esto podemos obtener con anterioridad un intervalo de la superficie mojada que deberá tener nuestra embarcación, como lo que pretendemos es que alcance una buena velocidad, la superficie velica rondara los 60 metros cuadrados, lo que llevando al extremo la relación, da una superficie mojada de 24 metros cuadrados.

Con esto y todo lo anterior en el diseño final tenemos que la superficie mojada de la embarcación es de 21,8 metros cuadrados. En la siguiente imagen podemos observar la obra viva y la superficie exterior que da la composición de las secciones trasversales.



Obra viva del diseño. Programa informático de diseño y calculo Span.

• **Desplazamiento:** Llamamos desplazamiento al peso de la embarcación, dentro de este concepto hay un máximo y un mínimo, estos son Desplazamiento a máxima carga y Desplazamiento en rosca, obviamente, se pueden dar muchos más casos, pero siempre comprendidos entre estos.

- **Desplazamiento en rosca:** Este comprende el peso de la estructura y los apéndices, la habilitación, la maquinaria y el aparejo y su valor es de 5200 kilogramos.
- **Personas:** La capacidad máxima es de 8 personas, tomando como valor medio de peso por persona 75 kilogramos, obtenemos un total de 600 kilogramos.
- **Pertrechos:** Enseres personales y comida por persona, tomamos un valor promedio de 20 kilogramos por persona, tenemos un valor máximo de 120 kilogramos.
- **Agua:** El depósito de agua potable es de 200 litros, con una densidad de 1000 kg/m³, tenemos un peso máximo de 200 kilogramos.
- **Combustible:** El depósito de combustible es de 100 litros, con una densidad media de 900 kg/m³, tenemos un peso máximo de 90 kilogramos.
- **Desplazamiento a máxima carga:** Es el peso máximo que tendrá la embarcación y resulta de la combinación de todos los pesos anteriores, siendo este de 6250 kilogramos.
- **Desplazamiento en mínima carga operativa:** Es la combinación del 10% de los consumos (agua y combustible), 10% de aguas grises y dos persona a bordo con sus pertrechos.

Tabla resumen de pesos		
Peso	Valor	Total en kilogramos
Desplazamiento en rosca	5200	5200
Personas	6x75	600
Pertrechos	6x20	120
Agua	200	200
Combustible	0,9x100	90
Desplazamiento a máxima carga		6250
Desplazamiento en mínima carga operativa		5424

Tabla 2

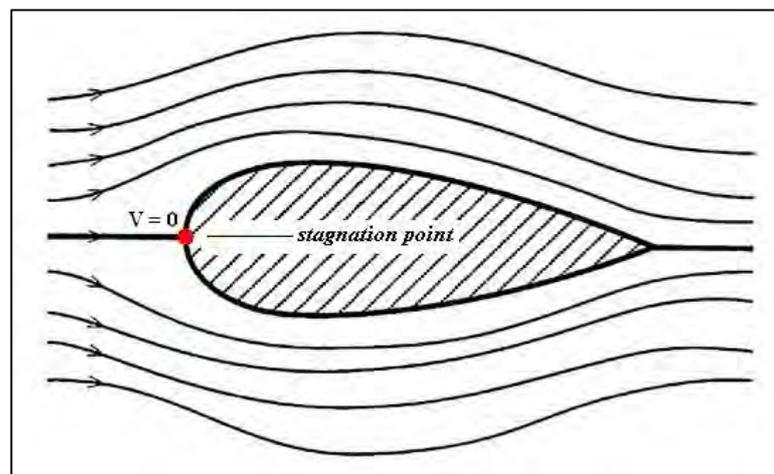
7- DISEÑO DE LOS APENDICES.

7.1- INTRODUCCION A LA AERODINAMICA Y GENERACION DE LA SUSTENTACION.

En este capítulo, daremos en primer lugar, una corta introducción de principios básicos del flujo alrededor de un perfil aerodinámico, que a su vez es hidrodinámico (orza o timón), con un ángulo de ataque y las correspondientes fuerzas generadas.

Si situamos un cuerpo, por ejemplo un perfil aerodinámico, en movimiento dentro de un fluido, este puede representarse mediante el uso de líneas de corrientes.

Si el cuerpo es simétrico, como es el caso de una orza, y el fluido es ideal, es decir, un fluido no afectado por la viscosidad, tenemos que las líneas de corrientes fluyen simétricamente en ambas caras del cuerpo, existiendo una línea divisoria, al punto de aplicación de dicha línea se le llama punto de estancamiento (stagnation point) y en él la velocidad del fluido es cero.



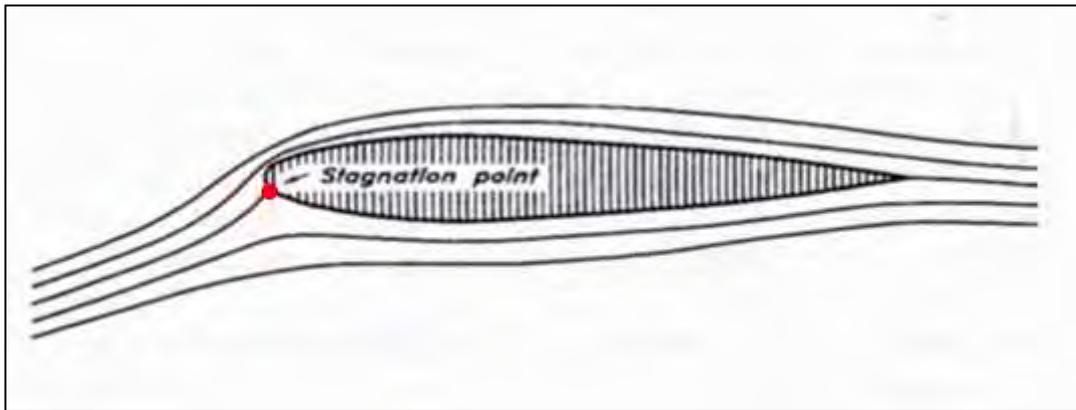
Flujo simétrico en perfil simétrico. Imagen en internet.

Como cita la ecuación de Bernouilli, la presión total (P), es la suma de la presión estática del fluido (Pe), y de la presión dinámica (Pd).

$$P = P_e + P_d = \rho gh + \frac{1}{2} \gamma V_0$$

Donde V_0 es la velocidad del fluido inicialmente antes de entrar en contacto con el perfil.

Sin embargo, cuando el perfil aerodinámico tiene un ángulo de ataque diferente, provoca que el flujo ya no sea simétrico.

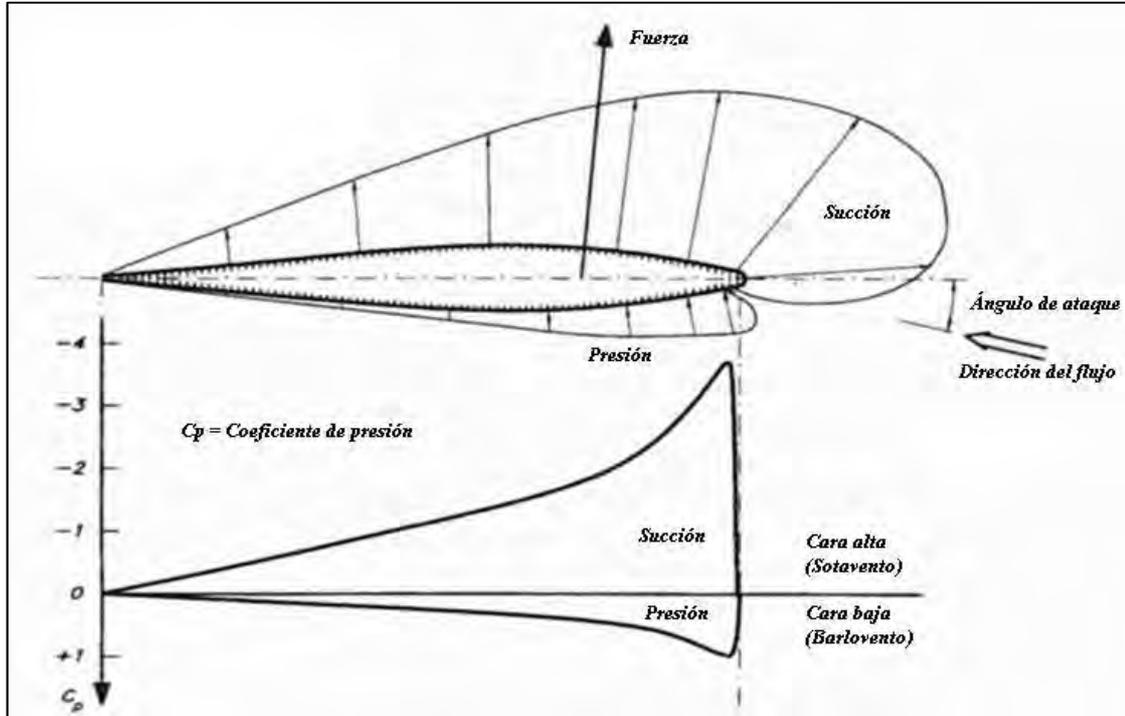


Flujo asimétrico en perfil simétrico. Principles of Yacht Design.

Llegados a este punto se observa que en un perfil aerodinámico sometido a un cierto ángulo de ataque, las moléculas de agua llegan con la misma velocidad y al mismo tiempo a este, supongamos que dos moléculas que viajan juntas, se separan en el punto de estancamiento y cada una recorre una cara diferente del perfil, como ambas moléculas han de volverse a unir al salir del cuerpo, esto implica que una de ellas tendrá que recorrer mas distancia que la otra en el mismo tiempo por lo tanto aumenta su velocidad, que es lo mismo debe ir a menos presión. Esta diferencia de presiones entre las caras y en movimiento provoca que dicho cuerpo se vea afectado por una succión perpendicular a la dirección del fluido. A esta succión la llamamos Fuerza de sustentación (Lift).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en este capítulo es el ángulo de barrena. Cuando el ángulo de ataque de un perfil, respecto al fluido aumenta, el fluido comienza a separarse del cuerpo en su cara de sotavento, llegando a un punto en el que la fuerza de sustentación empieza a disminuir y a aumentar la resistencia al avance. A partir de ese ángulo de ataque, la fuerza de sustentación desaparece y la resistencia del cuerpo aumenta drásticamente. Este último es el ángulo de barrena y depende principalmente de la velocidad

del fluido respecto al cuerpo, su relación entre el grosor y la cuerda del perfil y del tipo de sección de dicho perfil. Por todo esto, es importante definir el tipo de perfil que vamos a usar y cuál va a ser su régimen de trabajo para evitar que entre en barrena.

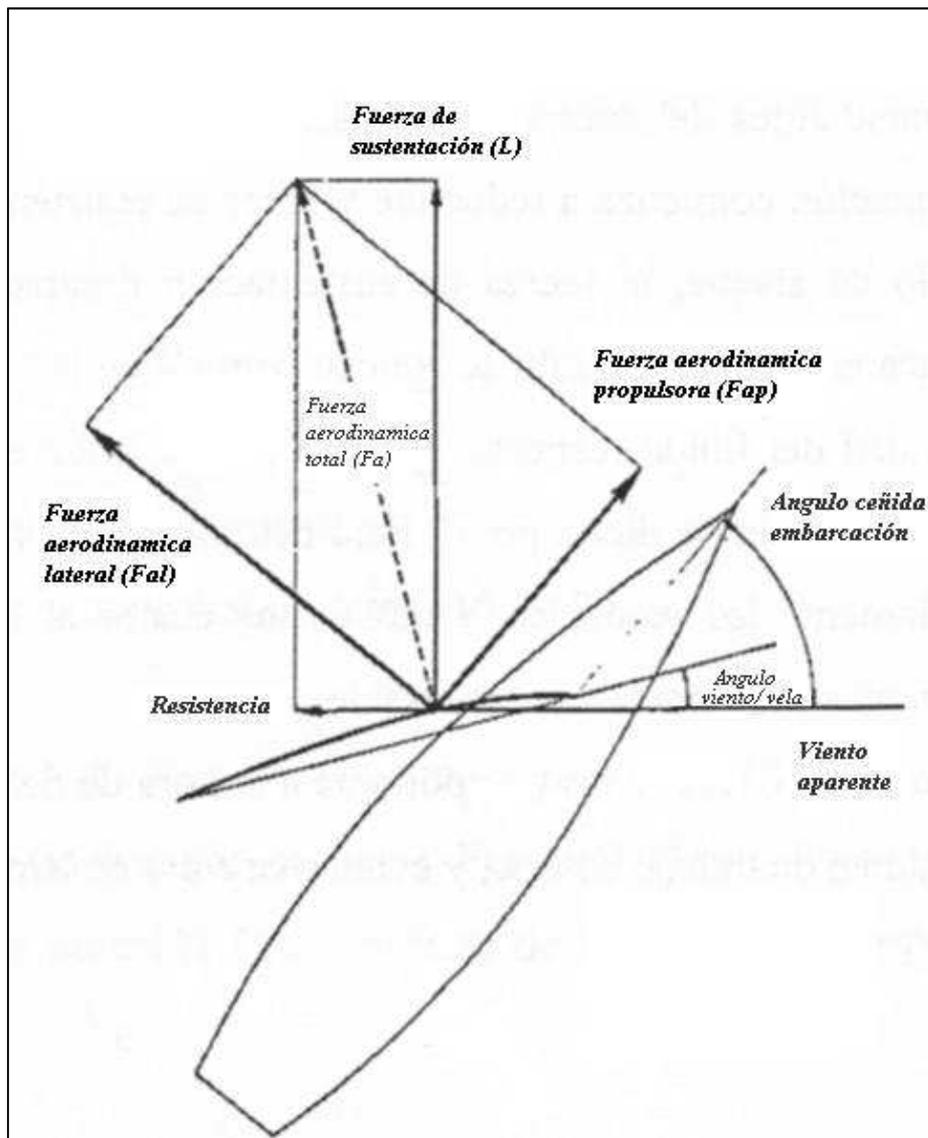


Presiones en el perfil con un ángulo de ataque. Principles of Yacht Design.

7.1.1- APLICACIÓN DE LA AERODINAMICA A LA NAVEGACION.

Partiendo de que la vela es un perfil aerodinámico que con un cierto ángulo de ataque nos permite usar la fuerza del viento para propulsar la embarcación, podemos descomponer dicha fuerza aerodinámica en dos, la fuerza de sustentación (L) y la resistencia (D). La fuerza aerodinámica se aplica en el centro de presión velica, esta depende de la configuración del plano velico.

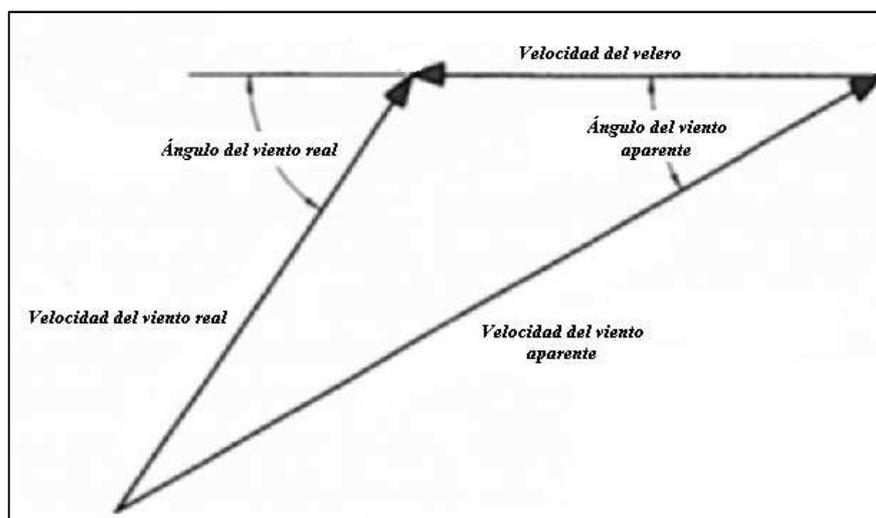
Si descomponemos la fuerza aerodinámica, tenemos dos fuerzas; la fuerza aerodinámica propulsora (F_{ap}), y la fuerza aerodinámica lateral (F_{al}).



Descomposición de la fuerza aerodinámica. Apuntes Embarcaciones deportivas.

La variación del ángulo de ataque del plano vélico respecto al viento para buscar la máxima efectividad en la navegación hace que las componentes F_{ap} y F_{al} varíen también. Cuanto más cerrado al viento se navegue mayor será F_{al} y menor la componente propulsora F_{ap} , por el contrario, cuanto más abierto al viento se navegue mayor será la componente propulsora. Sin embargo, a priori, esto nos podría hacer pensar que la embarcación navegará más lenta en rumbos cerrados que en rumbos abiertos al viento. Esto no es del todo cierto ya que la fuerza de sustentación varía con el cuadrado de la velocidad del fluido con respecto al perfil.

En la navegación a vela, la velocidad del aire respecto al perfil aerodinámico, se denomina viento aparente, cuya velocidad depende de la velocidad de la embarcación, de la velocidad del viento real y de la dirección de éste con respecto a la embarcación. Así pues, cuanto más cerrado al viento se navegue, mayor será la velocidad del viento aparente. Éste viento aparente es el que actúa sobre la velas y es el que se necesita para calcular la fuerza aerodinámica. En la siguiente imagen se puede observar el triángulo de velocidades con sus correspondientes ángulos.

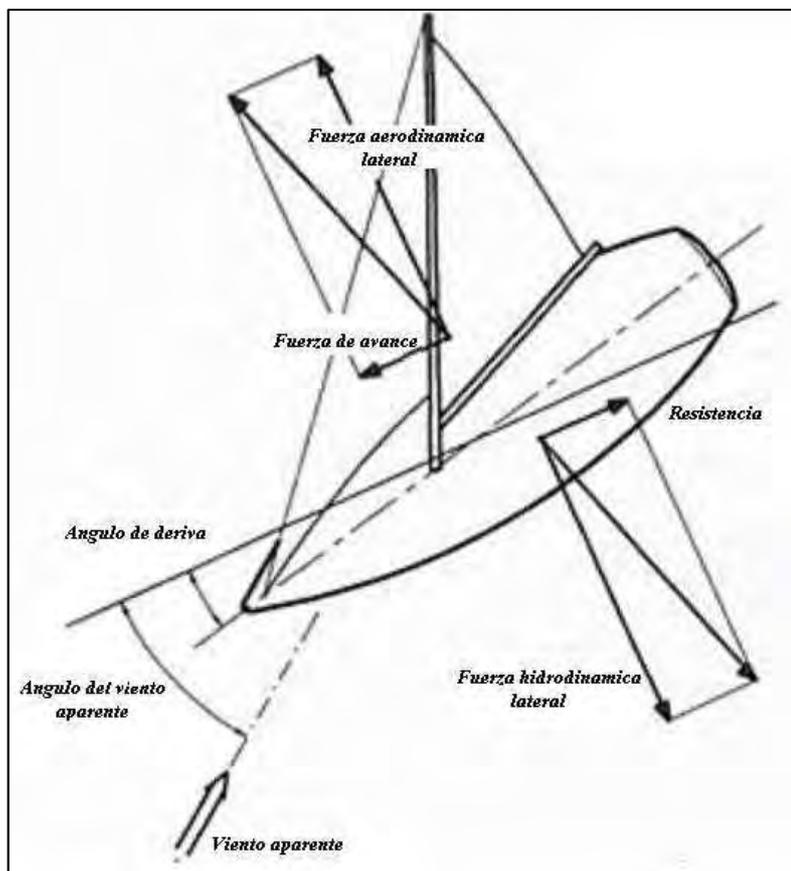


Triángulo de velocidades. Principles of Yacht Design.

7.1.2- LA FUERZA AERODINAMICA LATERAL (F_{al}).

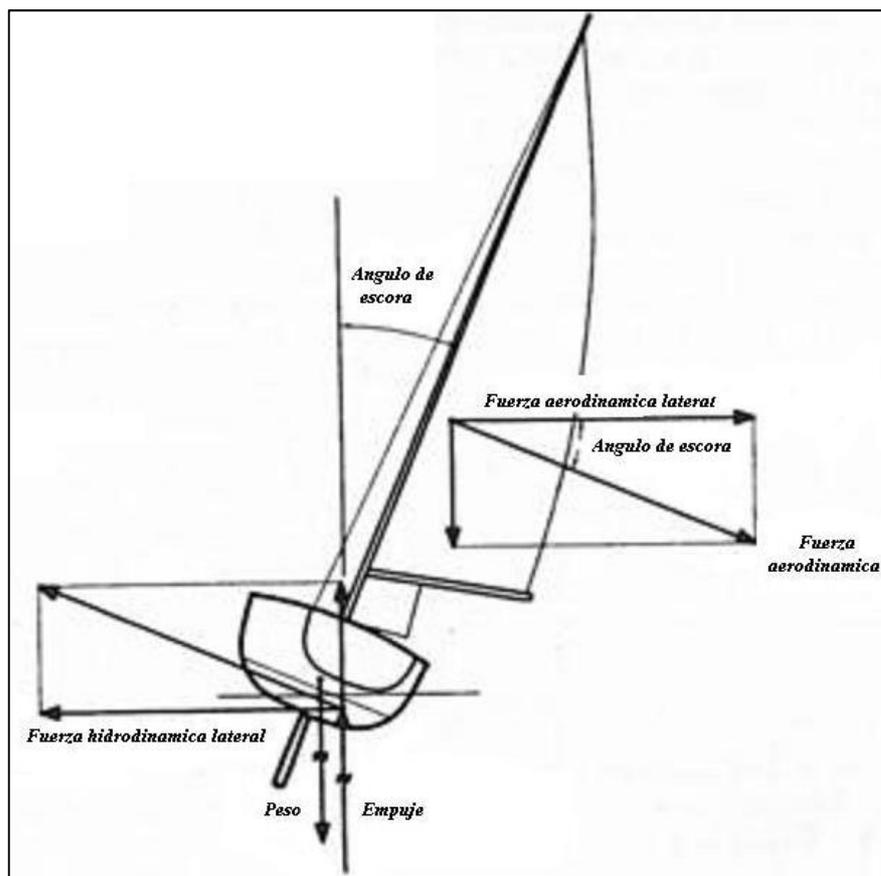
- **Deriva ó abatimiento:** Se define deriva como el desplazamiento lateral de la embarcación, y el abatimiento como el ángulo entre la dirección proa-popa de la embarcación y la dirección real por la que este se desplaza. Cuando se navega en rumbos cerrados, la fuerza aerodinámica lateral provoca que la embarcación comience a desplazarse en la misma dirección que esta. Cuando se produce ese desplazamiento lateral, la obra viva al enfrentarse con un ángulo de ataque comienza a generar una resistencia en la dirección contraria a la fuerza aerodinámica lateral, llamada fuerza hidrodinámica lateral (F_{hl}), hasta que se igualan y el rumbo se estabiliza, en un abatimiento determinado. Dicho abatimiento será menor

cuanto más efectivo sea el plano anti-deriva de la embarcación, es decir, cuanto más capaz sea de generar sustentación con un menor ángulo de ataque. Esto es función de las orzas, que son capaces de generar una gran sustentación con bajos ángulos de ataque, de manera que se puede reducir el abatimiento hasta valores cercanos a 4° . La fuerza hidrodinámica lateral se aplica sobre un punto denominado, Centro de Resistencia Lateral o Centro de Deriva (CLR).



Fuerzas sobre un velero. Principles of Yacht Design.

- **Par escorante:** La fuerza aerodinámica lateral junto con la fuerza hidrodinámica lateral provocan un par escorante a la embarcación. La magnitud de dicho par depende de la distancia vertical del CPV al CLR, así como de la intensidad de dichas fuerzas. Para mantener a la embarcación en unos regímenes de escora aceptables para la navegación y evitar así la pérdida de efectividad del plano vélico debido a la escora, es necesario dotar de suficiente estabilidad inicial a la embarcación. Esto se consigue mediante la combinación de por un lado formas llenas que aumenten la estabilidad por formas, y lastre fijo que permitan bajar el centro de gravedad (disminuir el KG).



Fuerzas escorantes sobre un velero. Principles of Yacht Design.

- **Estabilidad de rumbo:** La posición longitudinal del CPV con respecto al CLR marca la estabilidad de rumbo cuando se navega a vela.
 - Si el CPV se encuentra a proa del CLR la embarcación tiende a *arribar*, es decir, abrirse al viento.
 - Si el CPV se encuentra a popa del CLR la embarcación tiende a *orzar*, es decir, cerrarse al viento.
 - Si el CPV está en la misma vertical que el CLR la embarcación se encuentra en equilibrio vélico.

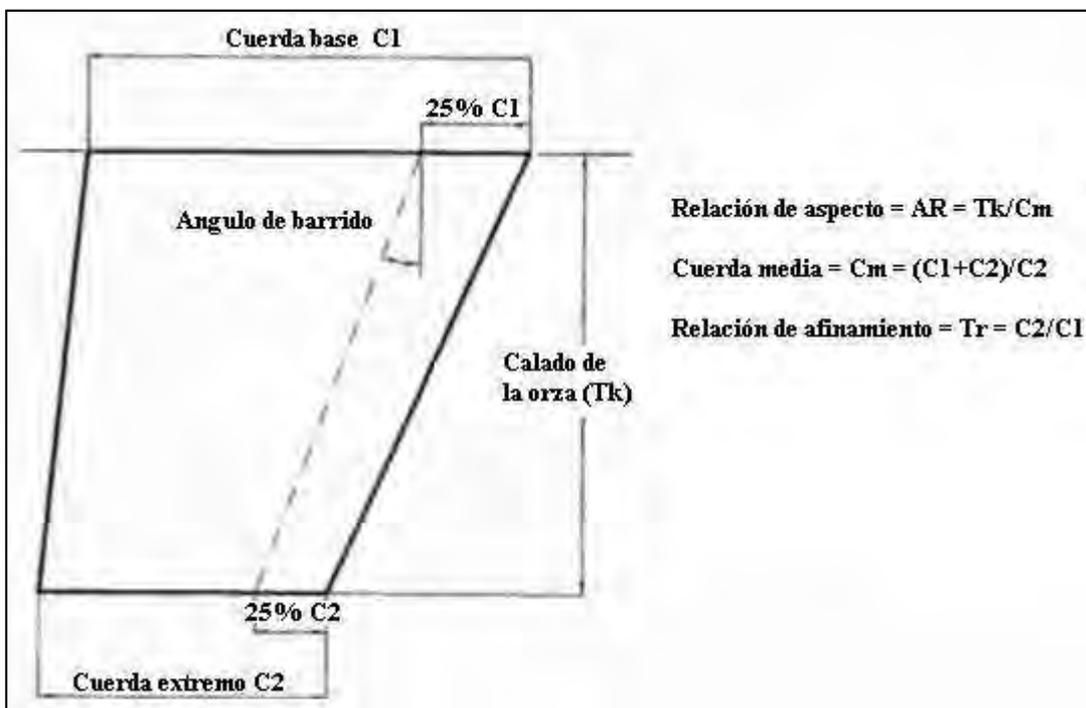
Las tendencias a *orzar* o *arribar* son corregidas con el uso del timón, lo que provoca un aumento de la resistencia al avance y por consiguiente una disminución de la velocidad.

7.2- DISEÑO DE LA ORZA.

Las funciones principales de la orza son:

- **Función Hidrodinámica:** La orza ha de generar una sustentación (Lift) que contrarreste el esfuerzo lateral de las velas (abatimiento) con el menor ángulo posible de modo que la embarcación tenga buen rendimiento en ángulos cerrados de viento. Sin embargo tan importante como la sustentación que genere la orza es su resistencia y ha de tratar que sea mínima.
- **Función Adrizante:** Debe servir de ubicación del lastre fijo, de manera que se consiga la estabilidad necesaria para soportar la superficie vélica dentro de ángulos de escora razonables.

La forma elegida para la orza de la embarcación es trapezoidal por su fácil calculo, aceptable rendimiento y bajo coste en comparación con otros tipos de orzas. A continuación se dan las pautas para la configuración de las formas de dicho apéndice.



Configuración de la orza. Principles of Yacht Design.

Sabiendo que en la estimación de la superficie vélica, fijamos está entre 60 y 65 metros cuadrados, Larsson y Eliasson nos dan una relación para aproximar el área lateral de la orza, la cual fluctúa, dependiendo del tipo de embarcación entre el 2,75 % y el 3,5 % de la superficie vélica, como el casco de nuestra embarcación es crucero-regata, llevaremos esta relación al extremo superior, lo que hace que el área lateral de la orza tendrá que ser un valor entre:

$$3,5 \% \text{ de } 60 \text{ m}^2 = \underline{2,1 \text{ m}^2} \quad \leftrightarrow \quad 3,5 \% \text{ de } 65 \text{ m}^2 = \underline{2,3175 \text{ m}^2}$$

El calado de la orza (T_k), está condicionado por el calado total de la embarcación (T) y el calado del casco (T_c), siendo este:

$$T_k = T - T_c = 2 - 0,465 = \underline{1,535 \text{ m}}$$

Siendo la elección del área lateral 2,3175 metros cuadrados, con el calado de la orza (T_k) podemos calcular la cuerda media (C_m):

Como el área lateral de la orza es $T_k \times C_m$;

$$C_m = \text{área lateral de la orza} / T_k \rightarrow \frac{2,3175}{1,535} = \underline{1,51 \text{ m}}$$

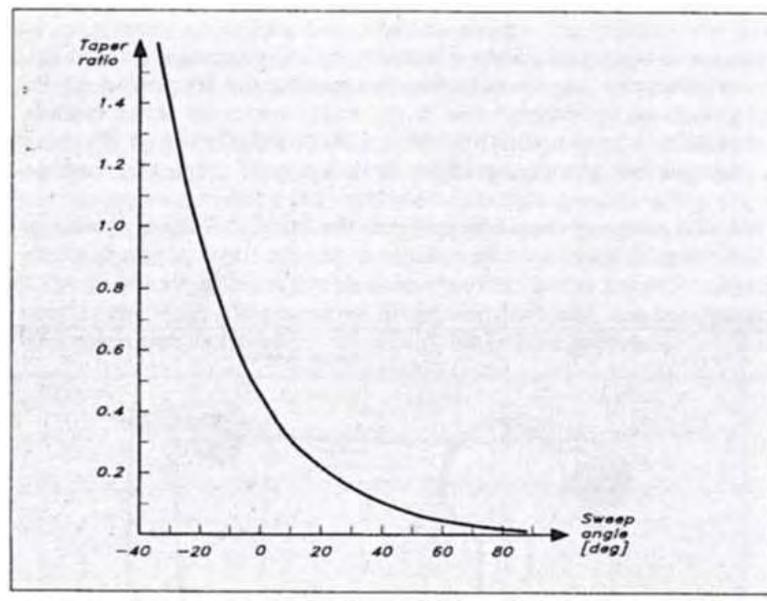
La relación de aspecto (AR) es uno de los parámetros más relevantes en el rendimiento de la orza. Infiere en el coeficiente de sustentación (C_l) de forma que cuanto mayor sea la relación de aspecto mayor la sustentación desarrollada, y a su vez más fina y estilizada será la orza y como consecuencia de esto, menos capacidad de lastre influyendo de esta manera en la estabilidad inicial. Una vez ajustada el área lateral de la orza, se obtiene la cuerda media como se ha acaecido anteriormente, por lo que el valor de la relación de aspecto (AR) viene a consecuencia de esto, así que se analizará si este valor obtenido es el más adecuado. Según

Larsson y Eliasson las relaciones de aspecto próximas a la unidad producen un aumento de resistencia menor.

$$\text{AR} = \text{Relación de aspecto} = \frac{Tk}{Cm} \rightarrow \frac{1,535}{1,51} = \underline{\underline{1,026}}$$

A partir de este dato podemos calcular la relación de aspecto efectiva (AR_e), necesaria para cálculos posteriores.

$$\text{AR}_e = \text{Relación de aspecto efectiva} = 1,5 \times \text{AR} \rightarrow 1,5 \times 1,026 = \underline{\underline{1,539}}$$



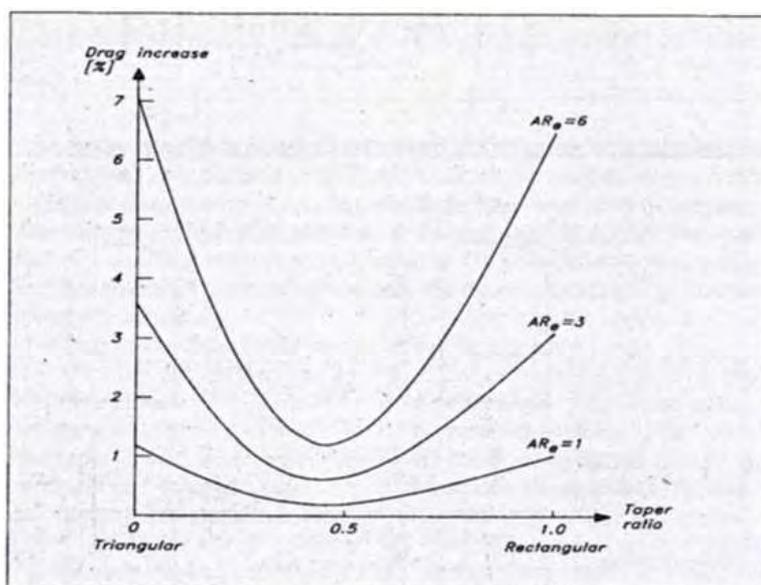
Afinamientos óptimos para determinados ángulos de barrido. Principles of Yacht Design.

La relación de afinamiento nos da el ángulo de barrido óptimo, los efectos que provoca el ángulo de barrido son la disminución de la resistencia total de la orza y la pérdida de sustentación lateral. Esto conlleva a la determinación de no usar ángulos de barrido superiores a 20°.

La relación de afinamiento se obtiene de la división de la cuerda extremo entre la cuerda base C2/C1, una acertada relación de afinamiento en conjunto con la relación de aspecto pueden originar distribuciones casi elípticas.

Según la teoría de la línea de empuje la distribución de presiones que produce una resistencia inducida mínima es una distribución elíptica. Es posible conseguir distribuciones de presión muy cercanas a la elíptica con perfiles trapezoidales siempre que se mantengan unas relaciones de afinamiento determinadas.

A continuación podemos observar cómo relaciones de aspecto cercanas a la unidad desarrollan una menor resistencia inducida que las demás y como la relación de afinamiento influye en esta, de manera que hace crecer casi de forma parabólica esta en los extremos, con lo que formas trapezoidales de relación de extremos 2 a 1 que se asemejan a la distribución de una elipse tienen un menor incremento de esa resistencia inducida.



*Incremento de resistencia inducida por una relación de afinamiento y de aspecto no óptimos.
Principles of Yacht Design.*

La posición del centro de resistencia lateral (C.R.L.) la calcularemos mediante el método del profesor K.Nomoto, que consiste en prolongar la orza hasta la flotación y ubicar el centro de resistencia lateral en la línea que une las cuerdas a 25 % y al 40 % del calado total.

El **Lead** es la distancia horizontal entre el centro de presión velica (C.P.V.) y el centro de resistencia lateral (C.R.L.). Los valores óptimos del Lead para el aparejo a tope oscilan entre el 5 % y 9 % de la eslora de flotación.

Ya que se prevé, que cuando la embarcación navegue en ceñida, al escorar, el centro de carena se desplace a popa, creando un trimado hacia proa. Al producirse dicho trimado hemos de tener en cuenta el efecto del casco en la posición del centro de resistencia lateral, ya que este se desplazara hacia proa. El centro de resistencia lateral se ubica, en situación de escora cero, a popa del centro de presión velica, de manera que cuando la embarcación navegue en ceñida, escore y trime hacia proa, el centro de resistencia lateral, avance también hacia proa y se sitúe lo más cercano posible a la vertical del centro de presión velica. Por todo esto y dada la envergadura de la superficie velica, se ha decidido que el Lead sea del 9% dando así una distancia de 0,828 metros.

7.2.1- TIPO DE SECCION.

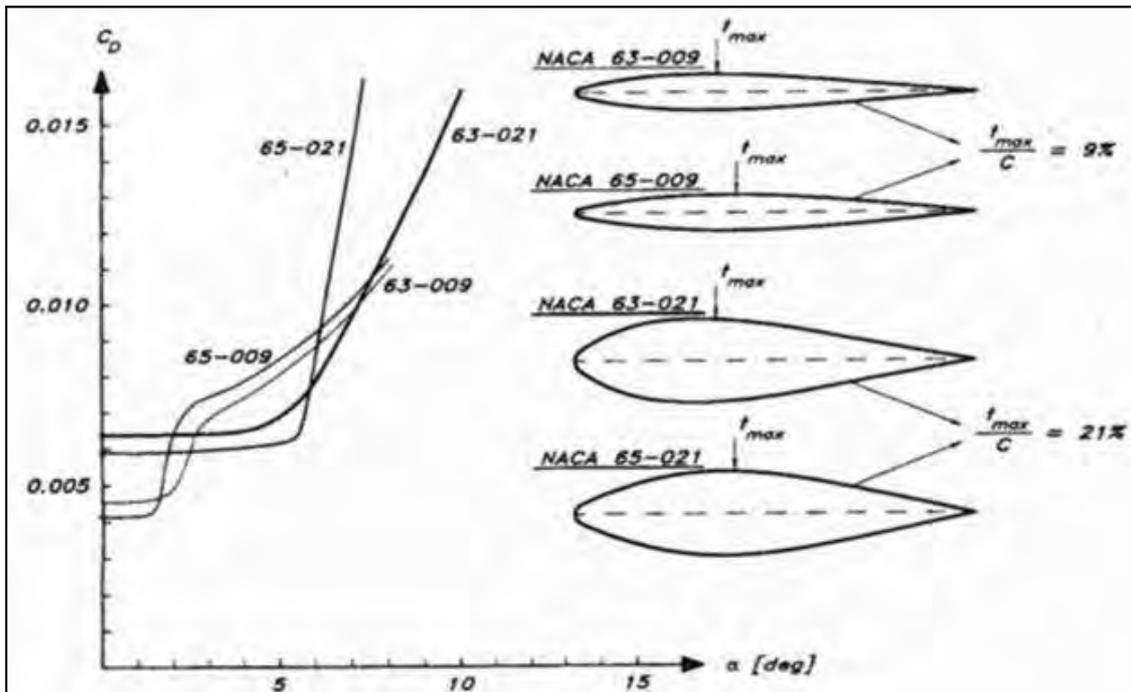
Para el diseño óptimo de la orza un factor de gran importancia es el tipo de sección y su relación entre el grosor y la cuerda media. El fluido alrededor de la orza se comporta de manera estable o laminar hasta una determinada distancia hacia atrás, a partir de la cual el fluido se vuelve inestable pasando así a un régimen turbulento, la posición del centro de presión y el ángulo de ataque máximo a partir del cual se entra en pérdida (ángulo de barrena) dependen del tipo de sección utilizada.

Existen unas secciones denominadas secciones NACA que fueron desarrolladas para la industria aeronáutica y son de gran utilidad en el diseño de apéndices. Cada sección NACA se diferencia de las demás en su nariz (redondeamiento de la cara de ataque) y en la posición de su grosor máximo. Las secciones NACA más comúnmente usadas en barcos a vela son las de las series 6, que incluyen las series 63-xxx y las series 65-xxx, y las de cuatro dígitos.

A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de los apéndices se debe considerar la orza y el timón de forma separada ya que van a operar en distintas condiciones. La orza ha de conseguir una sustentación suficientemente alta trabajando a pequeños ángulos de ataque para reducir al mínimo el abatimiento del velero. Ya que la orza trabaja con bajos ángulos de ataque, las secciones de la serie 63 o 65 son preferibles, siempre que la relación de espesor no sea demasiado baja y pueda entrar en pérdida. Tampoco puede ser demasiado

gruesa ya que de ser así aumentaría la resistencia por formación de olas en navegación con escora. Las secciones NACA utilizadas para el diseño de la orza trabajan a unos ángulos de ataque de hasta 6°.

Para nuestra orza se ha escogido un perfil NACA 64 0010 con una relación de grosor del 8%



Comportamiento de las diferentes secciones NACA. Principles of Yacht Design.

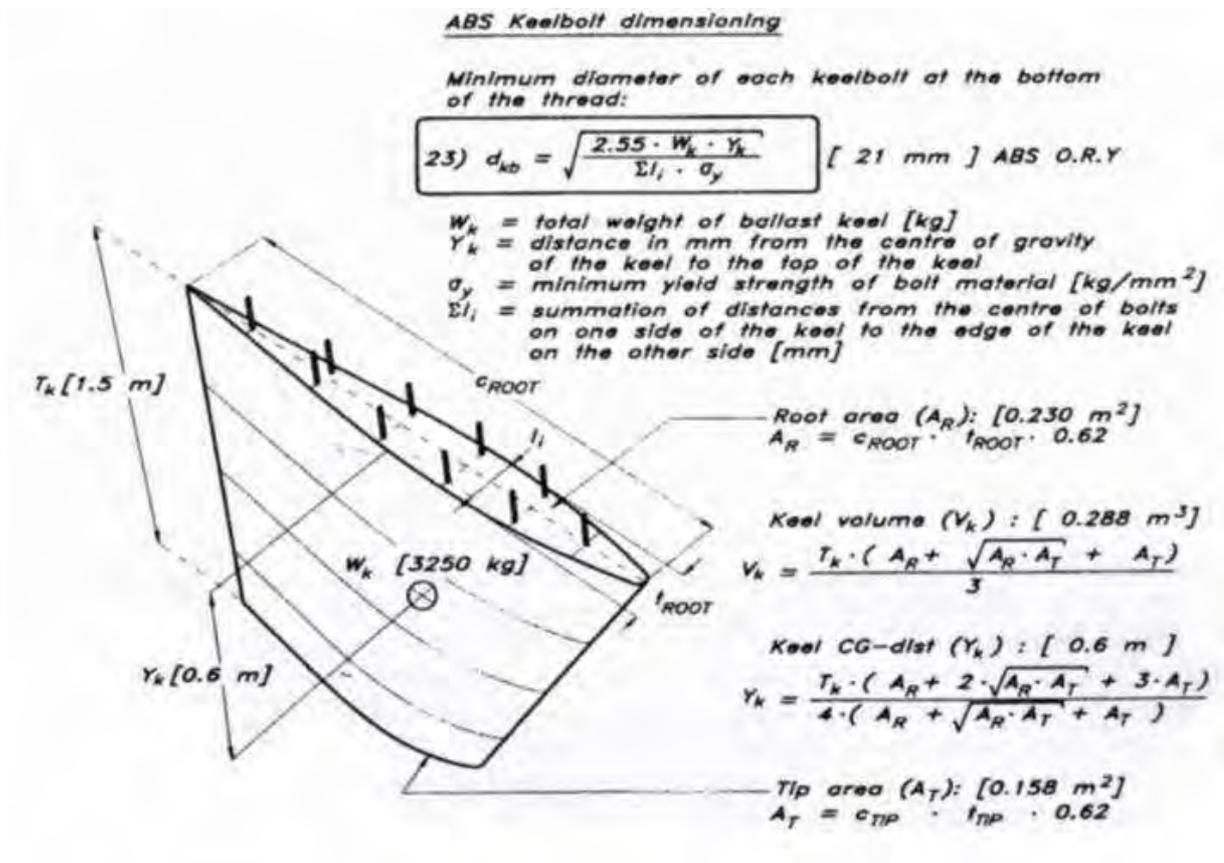
Valores de las dimensiones y características de la orza			
Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Superficie lateral de la orza	Spk	2,3175	metros cuadrados
Calado de la orza	Tk	1,535	Metros
Cuerda media	Cm	1,51	Metros
Cuerda base	C1	1,94	Metros
Cuerda extremo	C2	1,08	Metros
Angulo de barrido	-	20°	Grados
Relación de aspecto	AR	1,026	adimensional
Relación de aspecto efectiva	ARe	1,539	adimensional
Relación de afinamiento	Tr	0,55	adimensional
Desplazamiento de la orza	-	2000	kilogramos
Lead	-	0,828	Metros

Tabla 3

7.2.2- DIMENSIONAMIENTO DE LOS PERNOS DE LA ORZA.

Para el cálculo de las dimensiones de los pernos utilizaremos las reglas de la American Bureau of Shipping (A.B.S.).

Tendremos en cuenta que la fijación de este apéndice se realizará disponiendo los pernos de manera que estos estén lo más alejado posible del plano de crujía y que tengan la mayor penetración admisible en esta. Así como la elección del número de pernos será de diez para, además de asegurarnos más puntos de unión con el casco, un diámetro menor en estos.



Calculo de los pernos de la orza. Principles of Yacht Desing.

Partiendo de datos conocidos se dispondrá a hacer el cálculo:

- Peso máximo de la orza $W_k = 2000 \text{ kg}$
- Calado de la orza $T_k = 1,535 \text{ m}$
- Acero inoxidable AINSI-316. $\sigma_y = 206 \text{ N/mm}^2 = 21 \text{ Kg/mm}^2$

Cálculos:

- Área de la base superior.

$$A_R = 1,94 * 0,16 * 0,62 = \mathbf{0,1924 \text{ m}^2}$$

- Área de la base superior.

$$A_T = 1,08 * 0,16 * 0,62 = \mathbf{0,107 \text{ m}^2}$$

- Distancia desde el c.d.g. a la base superior.

$$Y_K = \frac{Tk*(A_R + 2*\sqrt{A_R*A_T} + A_T)}{4*(A_R + \sqrt{A_R*A_T} + A_T)} = \mathbf{693 \text{ mm}}$$

- Sumatorio.

$$\Sigma li = 11 + 12 + 13 + 14 + 15 + 16 = 62,5 + 117,75 + 116,1 + 94,35 + 61,05 + 16,6 = \Sigma li = \mathbf{468.35mm}$$

Ahora mediante la siguiente formula podemos calcular el diámetro de los pernos:

$$d_{Kb} = \sqrt{\frac{2,55*Wk*Y_K}{\Sigma li*\sigma_y}} = \mathbf{18,95 \text{ mm} \rightarrow \underline{19 \text{ mm}}}$$

El resultado se ha redondeado al alza para no tener complicaciones a la hora de encontrar un tamaño comercial, así pues, tenemos que el diámetro de los pernos será 19 milímetros cada uno.

7.3- DISEÑO DEL TIMÓN.

Para el diseño del timón, en primer lugar se han de concretar cuáles son las funciones principales que va a desarrollar como parte integrante del casco.

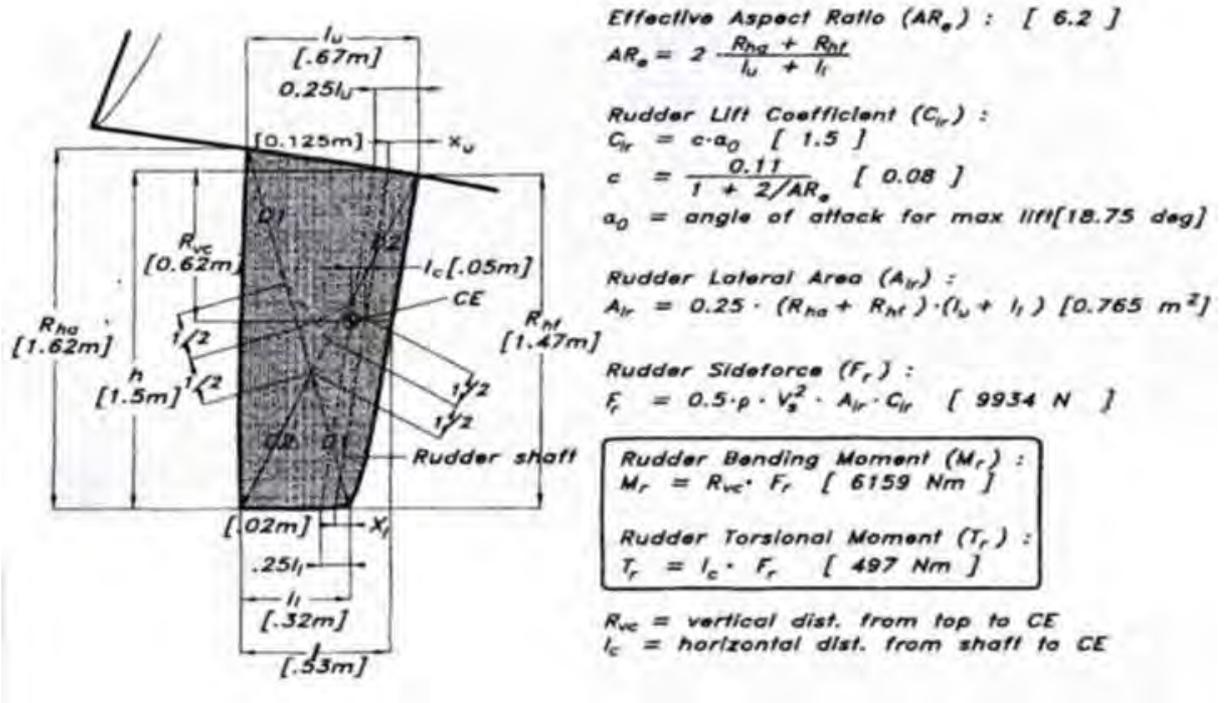
- Dotar a la embarcación de la suficiente maniobrabilidad. En situaciones extremas de tener que hacer alguna maniobra brusca, bien sea ocasionada por la mar o por otra causa ajena a la climatología.
- Proveer estabilidad direccional a la embarcación, se refiere a que no sea fácil la variación del rumbo de navegación de la embarcación, por ninguna causa ajena a la voluntad humana.
- Aportar ayuda a la orza en la función de generar fuerza lateral para contrarrestar la fuerza creada por las velas.

El desarrollo de las formas del timón, así como el cálculo de la mecha del timón, se ha llevado a cabo a través del libro *Principles of Yacht desing* que incluye la normativa ABS.

En los últimos tiempos el valor del área lateral del timón ha aumentado, tanto para mejorar el gobierno de la embarcación en navegaciones con mar de popa, como para utilizar el timón como plano anti deriva en conjunción con la orza. Se estima como dato principal, que el área lateral del timón, fluctúa entre el 1% y el 2% de la superficie vélica. Lo que nos da como consecuencia un área lateral que va desde los 0,6 m² a los 1,2 m².

Se ha decidido que el área lateral del timón sea aproximadamente del 1 % de la superficie velica, ya que por adaptación de este al casco se incrementará levemente dicha área y con un perfil NACA 0010 con una relación de grosor del 11,11 %.

7.3.1- CALCULO DE LOS PARAMETROS PRINCIPALES DEL TIMÓN.



Dimensiones y cargas en el timón. Principles of Yacht Desing.

Relación de aspecto efectivo:

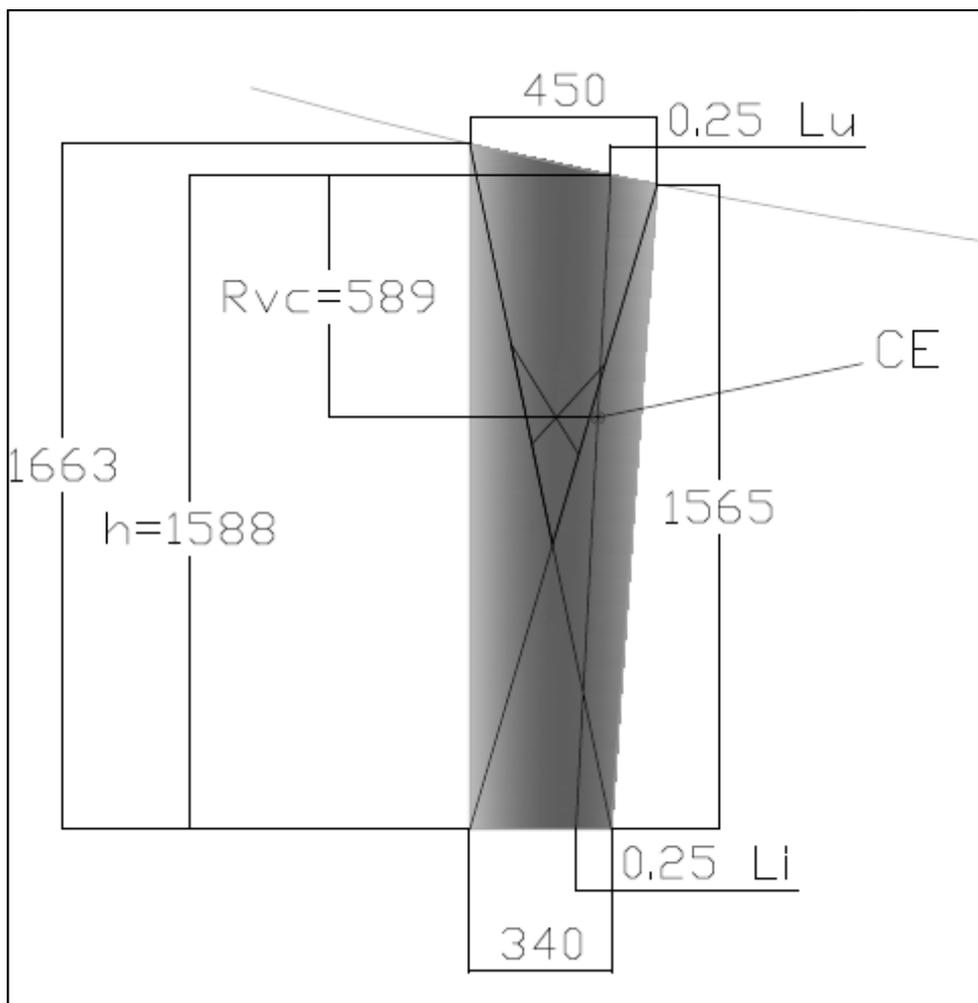
$$AR_e = \frac{R_{ha} + R_{hf}}{l_u + l_l} = 8,17$$

Coefficiente de sustentación del timón:

$$C_{lr} = c \cdot \alpha_0 = \frac{0.11}{1 + \frac{2}{8,17}} \cdot 18.75 = 1,65$$

Área lateral del timón:

$$A_{lr} = 0,25 \cdot (R_{ha} + R_{hf}) \cdot (l_u + l_l) = 0,63753 \text{ m}^2$$



Dimensiones principales del timón del proyecto. (Imagen de Autocad).

7.3.2- CALCULO DE LA MECHA DEL TIMÓN (ABS O.R.Y.).

Parámetros obtenidos en el apartado anterior.

Parámetros principales del timón			
Lu	450 mm	h	1588 mm
Li	340 mm	Rvc	589 mm
L	410,15 mm	XIc	103 mm
Rha	1663 mm	Alr	0,63753
Rhf	1565 mm		20600 N/
Clr	1,65	---	---

Tabla 4

The bending moment, torque and stock to be used for a spade rudder are given in the following formulae (ABS O.R.Y):

Rudder bending moment (M_r): [782494 Ncm; 7825 Nm]

$$19) M_r = F_r \cdot \left[h_b - h + \frac{h}{3} \left(\frac{l_u + 2 l_l}{l_u + l_l} \right) \right]$$

Rudder torsional moment (T_r):

$$20) T_r = F_r \cdot l_c \quad [56570 \text{ Ncm; } 566 \text{ Nm }]$$

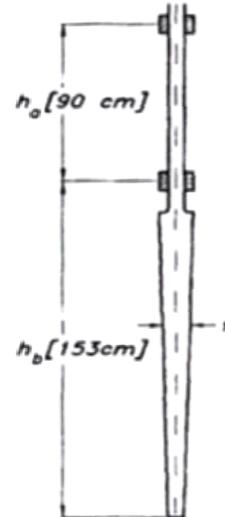
Solid Rudder Stock Diameter (d): [7 cm]

$$22) d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_c} (0.5 \cdot M_r + 0.5 \cdot \sqrt{M_r^2 + 4 T_r^2})}$$

Rudder side force (F_r):

$$21) F_r = .984 \cdot C_{lr} \cdot L_{WL} \cdot A_{lr} \cdot N \quad [11314 \text{ N }]$$

$l_c = 0.33 l - x_{lc}$, l_c is not to be taken less than $0.125 \cdot l$
 l = the horizontal length of the rudder, in cm, of the centroid of the projected area, as shown in Fig 12.13
 x_{lc} = the distance in cm at the same position, from the leading edge of the rudder to the centreline of the rudder stock, see Fig 12.13
 $C_{lr} = 1.5$ for rudders having both h/l between 2 and 6 and $l/l \geq 0.06$
 h, l_u, l_l are distances according to Fig 12.13 in cm
 A_{lr} = the total projected rudder area in m^2
 t = maximum thickness of the rudder in cm at the centroid
 $N = 1$ where ; $\frac{0.001 \cdot m}{(0.01 \cdot L_{WL})^3} \geq 4304$ [8071]
 $N = \frac{2.65 \cdot L_{WL}^2}{3 \sqrt{m^2}}$ where ; $\frac{0.001 \cdot m}{(0.01 \cdot L_{WL})^3} < 4304$
 m = maximum estimated displacement in kilograms
 $\sigma_c = \sigma_y$ or $\sigma_u / 1.75$, whichever is lesser, for metals
 σ_y = yield strength, σ_u = ultimate tensile strength in N/cm^2 !!



Cálculo de la mecha del timón por ABS O.R.Y. Principles of Yacht Desing.

- $I_c = 0,33 L \cdot X_{IC}$ Siempre menor del 12,5% de L

$$32.34 \quad 51.25 \rightarrow I_c = 32.34$$

- $N = 1$; donde $(0,001 \times 6250) / (0,01 \times 9,2)^3 = 8026,32$

$$8026,32 \geq 4304 \rightarrow N = 1$$

- Limite elástico del material; $\sigma_c = 20600 \text{ N/cm}^2$

Fuerza lateral del timón:

$$Fr = 984 \times Clr \times Lwl \times Alr \times N = 9522,86 \text{ N}$$

Momento torsor del timón:

$$Tr = Fr \times Ic = 30796,92 \text{ N.cm} = 307,96 \text{ N.m}$$

Momento flector del timón:

$$Mr = Fr \times \left(hb - h + \frac{h(Lu+2Li)}{3(Lu+Li)} \right) = 789585,72 \text{ N.cm} = 7895,85 \text{ N.m}$$

Diámetro de la mecha del timón:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \sigma_c} (0,5Mr + 0,5\sqrt{Mr^2 + 4Tr^2})} = \underline{\underline{7,31 \text{ cm}}}$$

Como es común, los cálculos raramente dan una cifra exacta y/o comercial, por ello se escogerá siempre la siguiente cifra mayor, que cumpla el cometido y en el caso de tener que fabricarla, también optaremos por escoger un diámetro estándar, fácil de encontrar en el mercado, en cualquier caso la elección será de 7,5 cm u 8 cm.

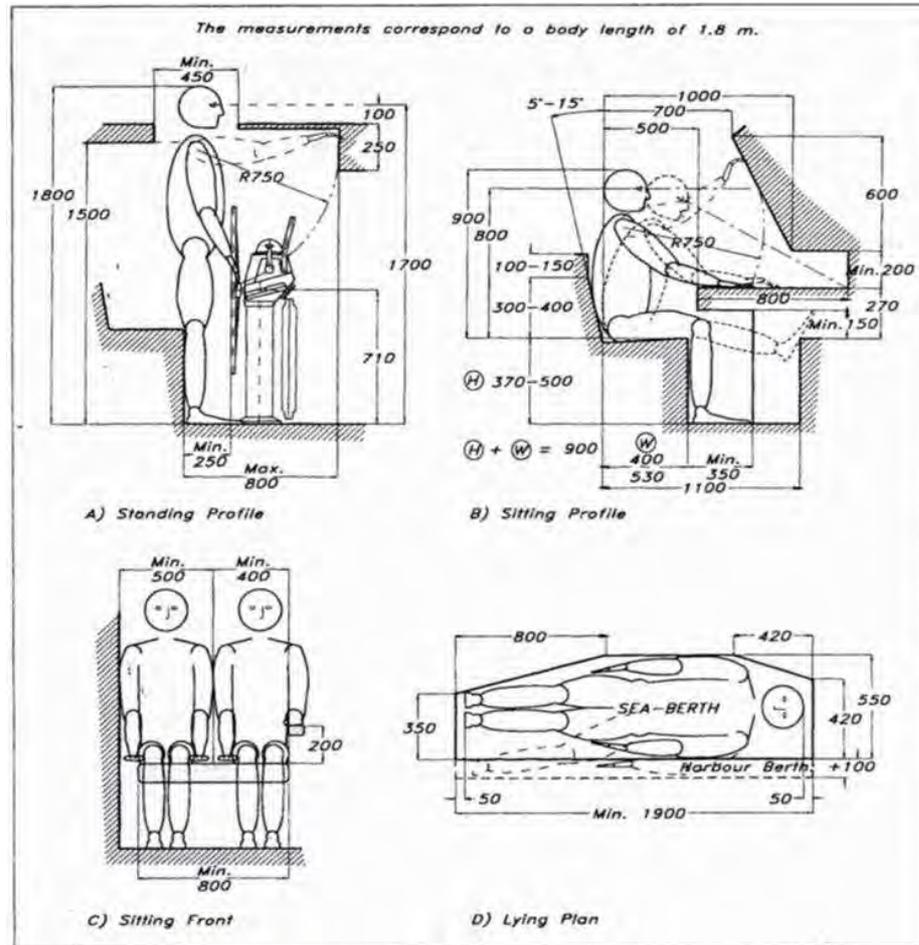
8- DISEÑO DE INTERIORES.

A la hora de realizar el diseño de interiores, el principal factor a considerar es el espacio disponible para ello y cuáles son los límites dados por la disposición de los elementos inamovibles como pueden ser el motor, el paso del mástil a través de la del velero, la bañera, el timón y su maquinaria...etc. así como márgenes necesarios para la instalación eléctrica, bombas de achique...etc.

El diseño, comprende tres módulos diferenciados: dos dormitorios con cama de matrimonio independiente uno a proa y otro a popa, y un módulo central con un salón con dos sofás-cama, una cocina, un espacio reservado para la mesa de cartas y un cuarto de baño. Todo el diseño se ha realizado con un objetivo combinatorio de funcionalidad y confort para un máximo de seis tripulantes en pernoctación.

Como ocurre en cualquier especie animal, la morfología humana obedece unos estándares, los cuales podríamos representarlos en un gráfico a través de una distribución normal, siendo esta diferente en relación al sexo, dado que la distribución de las dimensiones femeninas son más pequeñas que las masculinas, la distribución más permisiva es la masculina, por lo tanto el dimensionamiento de los interiores se realizara en función de unos estándares dados para una confortabilidad adecuada.

En la siguiente figura podemos observar cómo han de ser las dimensiones adecuadas requeridas en los diferentes espacios interiores del velero para que una persona de unas medidas estándar fijadas en una altura de 1800 mm y una anchura de hombros de 500 mm, tenga una postura lo más ergonómica y cómoda posible.

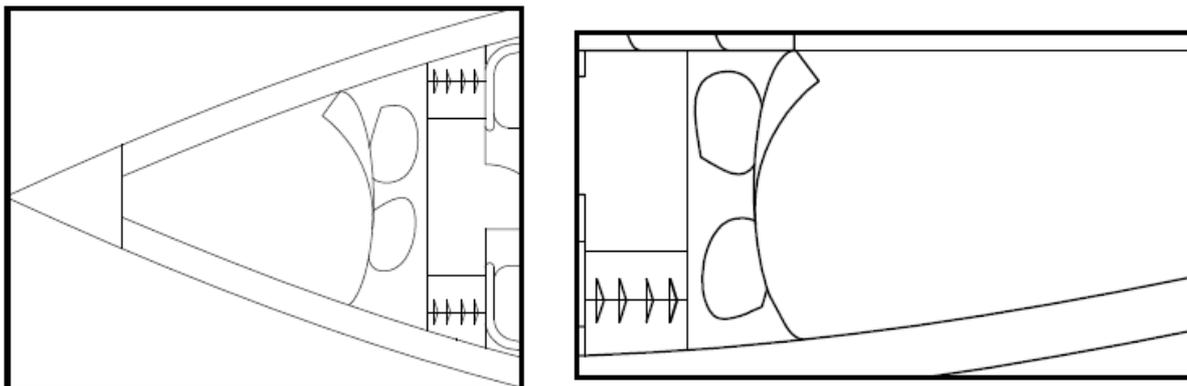


Dimensiones del cuerpo humano. Principles of Yacht Desing.

8.1- CAMAROTES DE PROA Y POPA.

Estos camarotes están situados a proa y popa, constan de una cama de matrimonio cada uno y dos armarios y estanterías para los objetos personales de los ocupantes el de proa y un armario y estanterías el de popa, están separados físicamente del resto de la embarcación para mayor intimidad. Debajo de las camas hay suficiente espacio como para albergar tanques y/o otros elementos. El camarote de proa tiene una escotilla en la parte superior para una iluminación natural durante el día y una optima ventilación. Los dos camarotes tienen las dimensiones necesarias y suficientes para una como estancia como vimos en el apartado anterior.

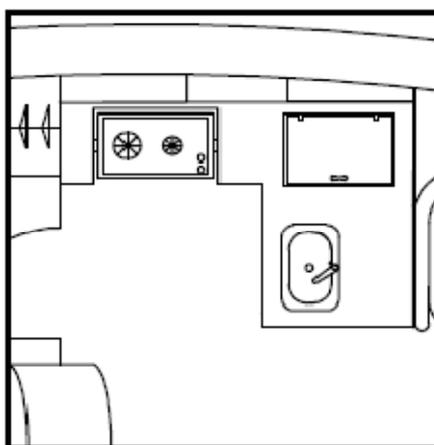
La entrada al camarote de popa está a babor según se baja por la escalera de entrada, y la del de proa al final del salón.



Camarotes de proa y popa. Diseño con Autocad.

8.2- COCINA.

La cocina se compone de un juego de hornillo con horno, basculante para contrarrestar el efecto de la escora y balance típicos en la mar, un fregadero, un frigorífico y un espacio de preparado para la comida. Todo ello en forma de “L”. Además, se dispondrá un microondas y compartimentos en la parte superior y compartimentos en la inferior, para guardar los utensilios de cocina. La cocina se encuentra a babor.



Cocina en “L”. Diseño con Autocad.

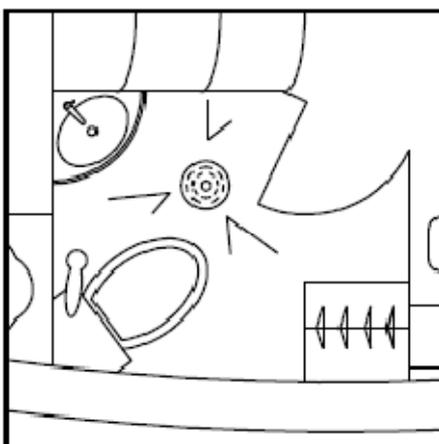
8.3- MESA DE CARTAS.

La mesa de cartas se encuentra a estribor y comprende un cómodo asiento con respaldo y una mesa con una estantería, con amplio espacio para alojar todos los elementos

necesarios para la navegación como aparatos electrónicos: como la radio, la sonda, el GPS y no electrónicos como cartas de navegación, compas, reglas...etc.

8.4- CUARTO DE BAÑO.

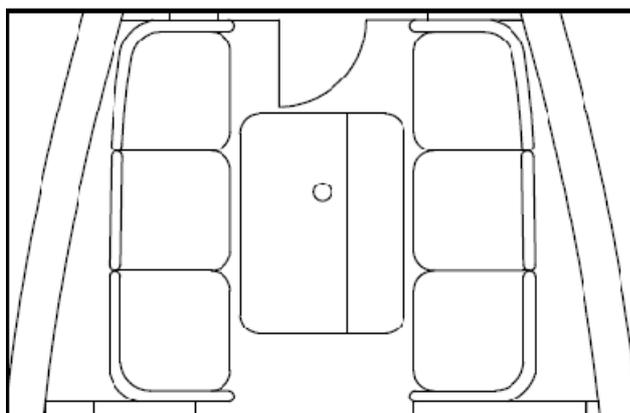
Se encuentra alojado entre la escalera y la mesa de cartas, a estribor y va equipado con un w.c. con ducha incorporada, un lavabo y un pequeño armario donde guardar los enseres necesarios para el aseo. Dispone de una ventana en cubierta para una correcta ventilación.



Cuarto de baño. Diseño con Autocad.

8.5- SALON.

Se encuentra en el modulo central entre la mesa de cartas y la cocina y el camarote de proa, consta de dos sofás cama, en cuyo interior irán alojados depósitos de manera equilibrada, y una mesa con los extremos abatibles para dar espacio para el paso, la cual es atravesada en su parte central (no abatible), por el mástil.



Salón. Diseño con Autocad.

9- DISEÑO DE LA CUBIERTA.

El diseño de la cubierta es diferente para cada tipo de embarcación, en un crucero, las prioridades son distintas que en un velero de regata. La cubierta de un velero de regata es una plataforma de trabajo que se tiene que realizar con eficacia para una tripulación definida con tareas específicas. Por otra parte en un crucero se maneja con una tripulación menor, por lo que da cabida a espacios para tomar el sol y para protecciones contra el mal tiempo, a la vez que debe dar habitabilidad interior. En el caso que nos concierne, el diseño de la cubierta desempeñará una función de crucero.

Para la construcción de la cubierta utilizaremos una estructura tipo sándwich, que consiste en dos laminas delgadas de fibras con resina, separadas por un núcleo de material de baja densidad, que suele ser policloruro de vinilo (PVC), lo que aumenta el modulo resistente de la cubierta y por lo tanto, dará rigidez a esta estructura, ya que va a ser una superficie sometida a cargas como por ejemplo el mismo peso de las personas a su paso sobre esta.

La cubierta consta de cuatro partes diferenciadas: la bañera, los pasillos, la cabina y el triangulo de proa. A continuación se van a describir los diferentes elementos que se encuentran en la cubierta y que sirven para el manejo de la embarcación.

Jarcia firme:

En primer lugar se deben fijar y describir los elementos de la jarcia firme. La misión principal de los elemento de la jarcia firme es la fijación del mástil sobre la cubierta, para ello se disponen: En la parte de proa un stay y en la de popa un backstay para la sujeción y el control longitudinal del palo, estos suelen ser hidráulicos para un menor esfuerzo y fácil uso. Para la fijación transversal se usan cadenotes anclados a la cubierta uno a cada banda, como es común el mástil dispone de crucetas, por lo tanto los cadenotes tienen que ser de doble pletina, una pletina para la fijación del obenque y otra para la fijación del obenquillo. La fijación de la base del mástil se realizara en el casco, por lo que se otorgara a la cubierta una entrada reforzada para el paso del palo a través de esta.

Jarcia de labor:

Los elementos de la jarcia de labor lo componen:

- Seis winches eléctricos colocados simétricamente respecto a crujía, tres a cada banda, que facilitaran la labor de cobrar o soltar cabos.
- Los carros de la menor, son dos y se disponen simétricamente uno en cada banda, sirven para cazar o soltar las escotas.
- El carro de la mayor se ha decidido colocarlo sobre la cabina justo encima del acceso al interior, dado que es esta la posición más a popa posible lo que nos dará un punto de fijación en la botavara más alejado del centro de esta y por la tanto una fijación en un punto más rígido y una mejor maniobrabilidad de esta.
- El piano, que sirve para amordazar y organizar los cabos se sitúa a proa del carro de la mayor encima de la cabina.

Además de estos elementos de trabajo, la cubierta también dispondrá de candeleros como medida de seguridad para que no se caiga por la borda ninguna persona, cornamusas que sirven como puntos de anclaje, una bañera amplia y confortable para el manejo de la nave, escotillas y ventanas para la iluminación y ventilación del interior, una escala de acceso a popa y una escotilla a proa que da cabida a la cadena del equipo de fondeo.

10- DISEÑO DEL PLANO VELICO.

A la hora de determinar la configuración del plano vélico es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Estabilidad de la embarcación. Este factor limitará la altura del centro de presión vélica.
- Resistencia de la embarcación. Este factor marcará la fuerza propulsora aerodinámica necesaria para navegar a una determinada velocidad.
- Zona de navegación. Cuando la zona en la que va a navegar la embarcación tiene características especiales de vientos fuertes o flojos, la superficie vélica podrá disminuir o aumentar para mantener la misma fuerza propulsora.

Por otro lado, ya que cuando se navega en rumbos menores a 100° con respecto al viento, el plano vélico se comporta como un perfil aerodinámico generando fuerza de sustentación, hemos de tener en cuenta el efecto que la relación de aspecto de las velas tiene en el coeficiente de sustentación, en la fuerza de sustentación y consecuentemente en la fuerza aerodinámica propulsora. Con lo cual, como lo que se pretende es diseñar una embarcación que tenga un buen rendimiento en ceñida es necesario dotar a las velas de una alta relación de aspecto, sabiendo que esto traerá consigo una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante provocado por 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. La capacidad de generar fuerza de sustentación de un perfil depende de su relación fuerza de sustentación/Resistencia (L/D).

Dado que el rumbo más crítico para el buen diseño del plano vélico es el de ceñida, en el cual el viento real entra por la amura del barco formando un ángulo de aproximadamente 45° con el plano de crujía y las velas forman un ángulo de aproximadamente 30° con el mismo

plano, a la hora de estudiar la superficie vélica necesaria se utiliza el concepto de superficie vélica en ceñida la cual es la suma de las superficies de la vela mayor y la de proa.

10.1- TIPO DE APAREJO.

Existen muchos tipos de configuraciones, pero las más comunes son el aparejo tipo Sloop o balandro (un solo palo) y aparejo tipo Ketch (dos palos, mayor y mesana). Cada configuración es recomendada para cada tipo de navegación de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado, maniobras y al efecto en la estabilidad.

- **Aparejo tipo Sloop:** Se trata de la configuración más común hoy en día. Existen dos versiones según si el stay de proa llega o no hasta el tope del palo.
 - ▶ **Aparejo Fraccionado:** Se denomina así a los aparejos cuyo stay de proa termina a una distancia por debajo del tope del palo. En función de la fracción del palo, se obtienen configuraciones de fraccionado de 7/8, 8/9,..etc. El objetivo de este tipo de configuración es reducir el tamaño de la vela de proa, aumentando la vela mayor y permitiendo así una mayor rapidez en los bordos, al facilitar el paso de la vela de proa de una banda a otra. Además, al aumentar la superficie de la mayor, se obtiene más superficie efectiva cuando se navega con rumbos abiertos con spinnaker y mayor conjuntamente. Ésta configuración se emplea comúnmente en embarcaciones de regata y sobre todo en embarcaciones de vela ligera
 - ▶ **Aparejo a Tope:** Se emplea fundamentalmente en embarcaciones de crucero, donde los cambios de bordos no son tan frecuentes y es más conveniente el uso de una mayor más reducida, de manera que en caso de trasluchadas imprevistas el efecto sea menor. Sin embargo, últimamente han aparecido versiones de embarcaciones de regatas con aparejo a tope, marcada dicha decisión para el mejoramiento del reglamento IMS. También se está empleando cada vez más el aparejo a tope en embarcaciones crucero-regata.

- **Aparejo tipo Ketch:** La ventaja fundamental de este tipo de aparejo es la de poder repartir la superficie vélica en tres superficies más pequeñas, reduciéndose así la complejidad del manejo y permitiendo una mayor variedad de configuraciones. Esta siendo poco utilizado últimamente, como consecuencia de la tendencia de la moda.

Para el diseño se ha optado por el aparejo tipo Sloop a tope, he aquí las ventajas e inconvenientes de este:

Ventajas:

- Simple trimado del palo que, al estar soportado por el stay de proa, obenques y stay firmes cerca de la galleta, se curva por compresión. Ello facilita en ceñida el relingado del grátil del génova
- Posibilidad de largar un spinnaker de grandes dimensiones que, en condiciones de poco viento, suministra a la embarcación una gran propulsión.

Inconvenientes:

- Un buen vestuario de velas de proa. A pesar del peor corte que adquiere el génova, se ha solventado en gran parte gracias a los enrolladores.
- Dificil manejo del trapo de proa, sobre todo con vientos fuertes. El tamaño del spinnaker dificulta su empleo en condiciones de fuerte viento y mala mar.

10.2- CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y CONFIGURACION DEL PLANO VELICO.

La distribución de las velas está influenciada por la posición del mástil a lo largo de la eslora. La posición y dimensión de este da mecánicamente el tamaño de la vela menor. Para colocar el palo, se utiliza la regla general dada por Stephen Ditmores emplazando este al 40% de la eslora de flotación. Para el caso que nos concierne se ha optado por que sea un 42%, lo que dará como resultado la configuración requerida. Además la posición y dimensión de la

botavara limita la dimensión máxima del pujamen de la mayor, ya que afecta a la bañera y a la posición del timonel.

Partiendo del estudio estadístico, se observa que la relación porcentual entre las velas, fluctúa entre el 51% - 49% y el 53%- 47%. La configuración de estas rondará la equitatividad, siendo aproximadamente del 50%-50%. Sin embargo, para poder determinar esta, en primer lugar se definirá la configuración geométrica de estas.

La superficie velica proyectada, se calcula a partir de los triángulos que forman las velas, para ello, se definirán las dimensiones principales:

- ▶ **J:** Es la base del triángulo de proa, medido horizontalmente desde la cara exterior del mástil hasta la parte media del anclaje del forestay (stay de proa).
- ▶ **I:** Es la altura del triángulo de proa, medido verticalmente por la cara exterior del mástil desde la intersección del pujamen de la vela de proa con el mástil hasta la mitad del anclaje del forestay.
- ▶ **P:** Es la altura de la vela mayor, medido verticalmente por la cara exterior del mástil desde la botavara por su cara exterior hasta el tope de la vela mayor.
- ▶ **E:** Es la base de la vela mayor, medido horizontalmente sobre la botavara desde la intersección de ésta con el mástil hasta el tope del puño de escota.

Estas dimensiones se fijan en:

$$J = 4,12 \text{ m} \quad I = 12,95 \text{ m} \quad E = 4,2 \text{ m} \quad P = 12,5 \text{ m}$$

Dicho esto, se calculara la superficie velica proyectada:

- $A_m = \text{Superficie de la mayor} = 1/2 (E \cdot P) = 26,25 \text{ m}^2$
- $A_f = \text{Superficie de la menor} = 1/2 (I \cdot J) = 26,67 \text{ m}^2$

Se observa que la relación de estas es del 49,6% de la superficie para la vela mayor y del 50,4% para la vela de proa, prácticamente como se deseaba que fuese.

La altura del centro de presión vélica (CPV), influye directamente en la estabilidad del velero puesto que a mayor altura del centro de presión vélica, mayor el brazo escorante lo que provocará una mayor escora.

Para estimar el centro de presión vélica, se utiliza la superficie vélica proyectada para hallar su centro geométrico. Con el alzado del plano vélico, se calcula el centroide de la vela mayor y el de la menor, y se dispone a hallar el centro total de la superficie vélica (CPV), a una distancia “*a*”, desde el centroide de la mayor, en la línea que une los dos centroides. Dicho centro no es constante y varía con los rumbos de navegación, el trimado de las velas y el trimado de la jarcia.

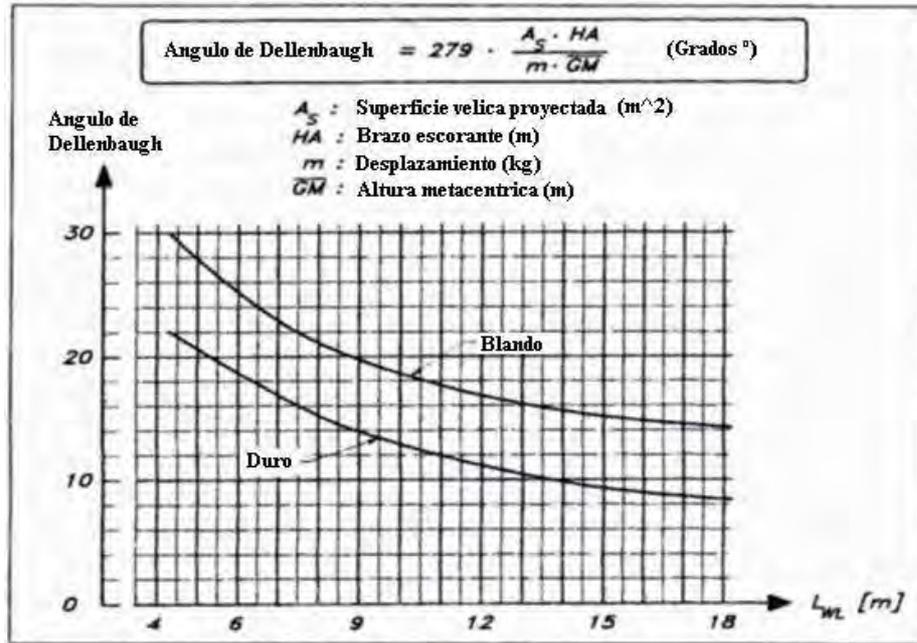
Para hallar dicha distancia “*a*”, se emplea esta fórmula:

$$a = \frac{l}{\left(\frac{A_m}{A_f}\right) + 1} = 1,48 \text{ m}$$

- Donde:
- *l* = distancia entre los centroides = 2,939 m
 - *A_m* = Superficie de la mayor = 26,25 m²
 - *A_f* = Superficie de la menor = 26,67 m²

10.2.1- ANGULO DE DELLENBAUGH.

El ángulo de Dellenbaugh nos proporciona un método sencillo para conocer si la estabilidad de la embarcación es adecuada a su superficie velica. Con este método podemos conocer la escora que tendrá la embarcación cuando navega ciñendo (hacia barlovento) con un viento de 8 m/seg. Este ángulo depende de la altura metacéntrica, el brazo escorante, el desplazamiento y la superficie velica, lo que es lo mismo, en relación a par adrizante y par escorante. También se ha de saber que este ángulo, no da ninguna información referente a la estabilidad a grandes ángulos.



Cálculo del ángulo de Dellenbaugh. Principles of Yacht Desing.

El brazo escorante es la distancia vertical entre el centro de presión velica (CPV), que acabamos de calcular y el centro de resistencia lateral o de deriva (CRL), que se halla como vimos anteriormente en el apartado 6.2.

La superficie velica proyectada total es la suma de la superficie de la vela mayor y de la vela de proa.

La altura metacéntrica se ha obtenido a través de cálculos realizados en el programa de diseño y análisis Maxsurf.

- Ha = Brazo escorante = 6,795 m.
- As = Superficie velica proyectada = 52,92 m^2 .
- Δ = desplazamiento = 6250 kg.
- GM = Altura metacéntrica = 1,563 m.

$$\text{Angulo de Dellenbaugh} = 279 * \frac{As * Ha}{\Delta * GM} = 10,27^\circ$$

Introduciendo este dato en la grafica, se puede observar un comportamiento duro, lo que significa, que la estabilidad que desarrolla la embarcación es semejante a la que se da en los cruceros, por lo conseguimos, más seguridad en el ámbito de la estabilidad en navegación.

10.3- DISEÑO DEL APAREJO.

Para el diseño de la jarcia de la embarcación aplicaremos la normativa de una sociedad de clasificación reconocida, que proporcionará los factores de seguridad adecuados y necesarios para la el diseño de los elementos. La sociedad que se escogerá para el diseño del aparejo de la embarcación con sus cálculos de ingeniería correspondientes es la Nordic Boat Standar (NBS), la razón para utilizar este estándar en lugar de ABS o Lloyd's Register es el simple hecho de que el NBS es uno de los pocos estándar que toma en cuenta el escantillonado de los aparejos.

10.3.1- DEFINICION Y AMBITO DE LA NORMATIVA N.B.S.

Esta normativa es válida tanto para aparejos a tope como fraccionados, con uno o dos pares de crucetas. Para la aplicación de la normativa, hay que cumplir ciertos requisitos.

En primer lugar el área proyectada de la vela de proa no puede ser mayor que 1,6 veces el área de la vela mayor: $\frac{(I*J)}{(E*P)} < 1,6 \rightarrow \frac{26,67}{26,25} = 1,016 < 1,6$ **CUMPLE**

En segundo lugar la superficie velica proyectada, tiene que ser mayor que el momento adrizante dividido entre 128 veces el brazo escorante. Se considera para el cálculo del momento adrizante un ángulo de 30°, por ser una cifra acertada para el diseño y también se tiene en cuenta el efecto de la tripulación sobre la embarcación.

- **Momento adrizante a 30°:**

- ▶ Δ_r = Desplazamiento en rosca = 5200 kg
- ▶ g = Aceleración de la gravedad = 9,8 m/s²
- ▶ GZ_{30° = Brazo adrizante = 0,561 m (Calculado con el programa Hidromax)

$$\boxed{RM_{30^\circ} = \Delta_r * g * GZ_{30^\circ} = 28588,56 \text{ Nm}}$$

- **Momento adrizante inducido por la tripulación:**

- ▶ n = Numero de tripulantes = 8 personas
- ▶ B = Manga de la embarcación = 3,3 m
- ▶ F_s = Francobordo a la altura del mástil = 1,045 m

$$\boxed{\delta RM = 75 * n * (3,4B - 4,9F_s) = 3659,7 \text{ Nm}}$$

Una vez calculados estas magnitudes, se procede al cálculo del momento adrizante:

$$\boxed{RM = RM_{30^\circ} * \frac{\Delta}{\Delta_r} + \delta RM = 38020,95 \text{ Nm}}$$

Como se explicaba al principio de este subcapítulo, se procede a comprobar si esta segunda exigencia cumple:

- ▶ RM = Momento adrizante = 38020,95 Nm
- ▶ H_a = Brazo escorante = 6,795 m
- ▶ A_s = Superficie velica proyectada = 52,92 m²

$$\frac{RM}{128 * H_a} < A_s \rightarrow 43,714 < 52,92 \quad \underline{\text{CUMPLE}}$$

Llegados a este punto, se afirma que se puede usar esta normativa para el diseño del aparejo de la embarcación.

Tipos de apoyo de pie del mástil y número de crucetas:

La estabilidad del mástil transversalmente depende del número de crucetas, tensión en obenques y stays interiores y la ubicación de la base del mástil, que puede estar apoyado sobre la cubierta o sobre la quilla.

La estabilidad longitudinal aunque se suele estudiar por separado, también depende de la colocación del pie del mástil, del número de crucetas y su colocación (retrasada o perpendicular) y la tensión que se aplique a los stays y obenques.

En comparación con los mástiles apoyados en cubierta de un solo par de crucetas, se puede aumentar la estabilidad global del mástil aumentando el número de pares de crucetas y / o apoyando el mástil sobre la quilla. Al mismo tiempo, tenemos los siguientes pros y contras en relación con el número de pares de crucetas y el tipo de apoyo del mástil:

Aumento del número de pares de crucetas
VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">- Palo más delgado que mejora la eficiencia de la vela mayor.- Dimensiones externas más pequeñas dan como consecuencia un palo más ligero.- Son posibles menores ángulos de escota de la vela de proa.
INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">- Palo más difícil de trimar.- Se deben tomar precauciones para cuidar la estabilidad longitudinal ya que aumenta el momento de inercia longitudinal.- Elevado coste de construcción.

Mástil apoyado en la quilla
VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">- Palo más delgado que mejora la eficiencia de la vela mayor.- Dimensiones externas más pequeñas dan como consecuencia un palo más ligero.- Son posibles menores ángulos de escota de la vela de proa.
INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">- Palo más difícil de trimar, especialmente a lo largo de la eslora- Elevadas fuerzas horizontales a la altura de la cubierta (por donde la atraviesa el mástil).- Riesgo de entrada de agua y fuga de calor.

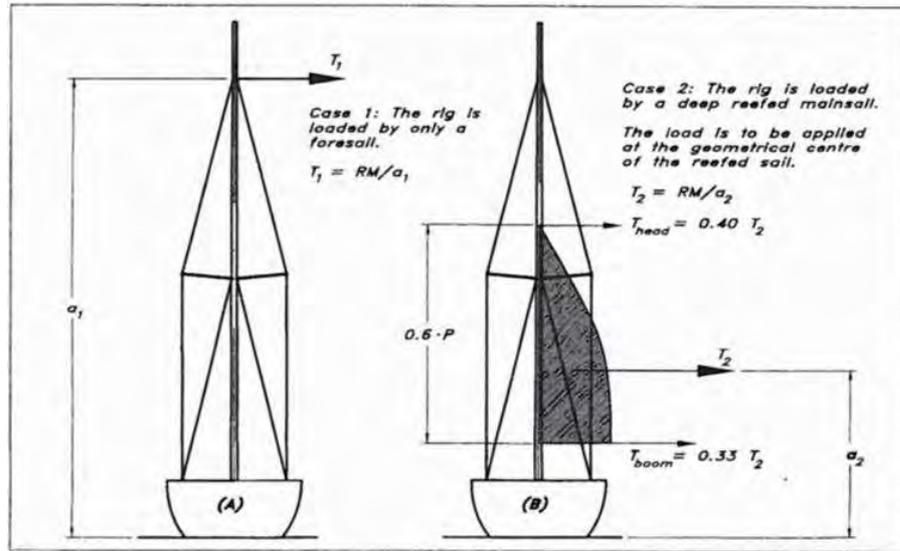
Una vez definidas las ventajas e inconvenientes del número de crucetas y de la posición del palo se determina que la embarcación que el palo estará apoyado en a quilla y se usará una disposición de dos pares de crucetas.

10.3.2- FUERZAS TRANSVERSALES EN EL APAREJO.

Las fuerzas proceden de la presión del viento sobre las velas y las fuerzas dinámicas adicionales del viento y el mar. Se consideran dos casos de carga distintos para dimensionar la estructura.

En el primero, la jarcia está cargada solamente por la acción del viento sobre la vela de proa. La fuerza transversal será independiente de la forma de la vela que se utilice y será sencillamente el momento adrizante dividido por la distancia entre la línea de agua y el lugar donde queda fijado el stay de proa al mástil.

En el segundo caso la jarcia está cargada por la vela mayor habiendo tomado rizos. La fuerza transversal en este caso también se obtiene dividiendo el momento adrizante por la distancia entre la línea de agua y el centro de presiones de la mayor (aproximadamente a 1/3 de la altura del gratil partir de la botavara). Esta fuerza se distribuye en dos fuerzas, una aplicada al tope de la vela (Thead) y otra aplicada a la botavara (Tboom). Si Thead se encuentra entre dos obenques, esta fuerza se distribuirá entre estos dos obenques proporcionalmente desde el punto de fijación de estos hasta la ubicación de esta fuerza, y las fuerzas resultantes son, T_{hu} , que actúan en los obenques altos y T_{hl} que actúan en los bajos. La fuerza de la botavara (T_{boom}), actúa en la cubierta y los obenques bajos, interesa conocer las cargas sobre estos obenques y se obtendrá como una fracción entre la fuerza de la botavara proporcional al factor entre la altura de la botavara respecto a la cubierta y la altura de la cruceta respecto a la cubierta.



Cargas transversales 1. Principles of Yacht Desing.

- **Caso 1:** Aparejo cargado solo por la vela de proa.

Siendo:

- ▶ $a_1 = 14,385 \text{ m}$
- ▶ $RM = 38020,95 \text{ Nm}$

$$T_1 = \frac{RM}{a_1} = 2643,096 \text{ N}$$

- **Caso 2:** Aparejo cargado por la vela mayor habiendo tomado rizos (malas condiciones meteorológicas)

Siendo:

- ▶ $a_2 = 6,0518 \text{ m}$
- ▶ $RM = 38020,95 \text{ Nm}$

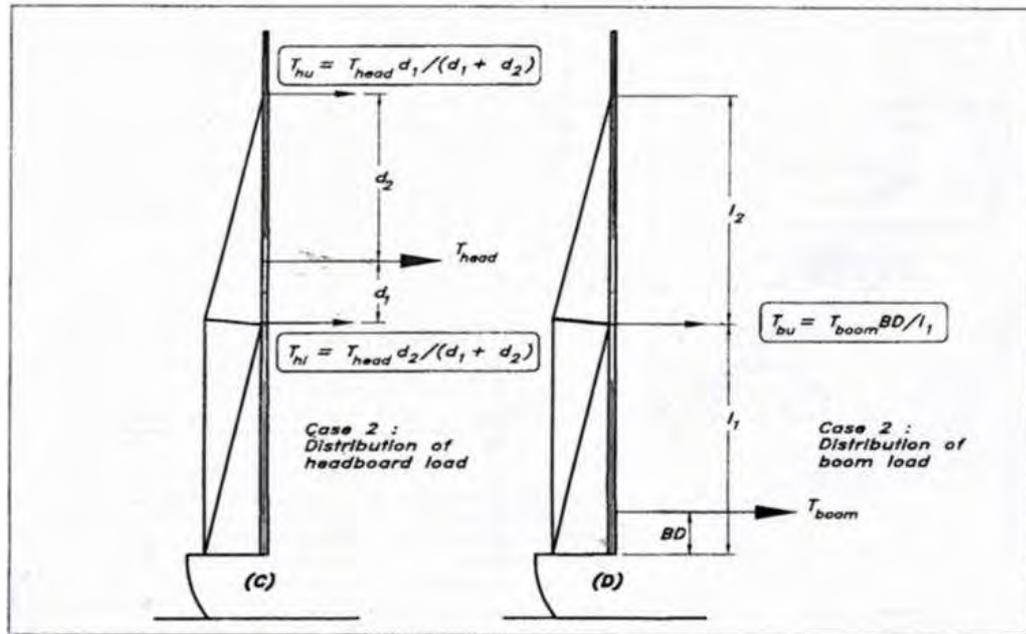
$$T_2 = \frac{RM}{a_2} = 6282,585 \text{ N}$$

Se hallan las fuerzas T_{head} y T_{boom} :

$$T_{head} = 0,4 * T_2 = 2513,034 \text{ N}$$

$$T_{boom} = 0,33 * T_2 = 2073,253 \text{ N}$$

Sabiendo que T_{head} se aplica a $0,6 * P$ desde la botavara, se procede a calcular la distribución de las cargas en la sección superior. En primer lugar se hayan d_1 y d_2



Cargas transversales 2. Principles of Yacht Desing.

A través del programa Autocad, y con los planos en proceso de ser finalizados, hemos obtenido que:

$$d1 = 0.666 \text{ m} \quad d2 = 5 \text{ m}$$

Por lo tanto se calculan T_{hu} y T_{hl} :

$$T_{hu} = \frac{T_{head} \cdot d1}{(d1+d2)} = 295,39 \text{ N}$$

$$T_{hl} = \frac{T_{head} \cdot d2}{(d1+d2)} = 2217,64 \text{ N}$$

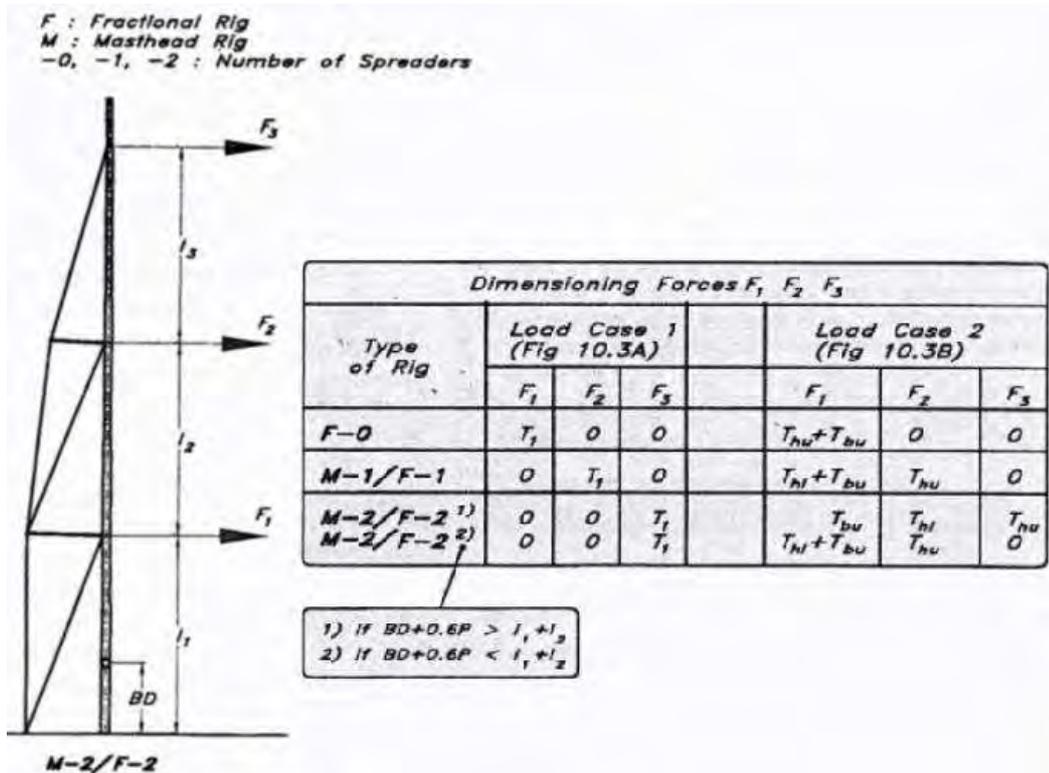
Sabiendo que $BD = 0,499 \text{ m}$, y que $L1 = 4,333 \text{ m}$. Se calcula T_{bu} :

$$T_{bu} = \frac{T_{boom} \cdot BD}{L1} = 238,761 \text{ N}$$

10.3.3- FUERZAS EN LOS OBENQUES.

Para el cálculo de la fuerza en los obenques, en primer lugar hemos de saber cuál es el tipo de configuración del aparejo y el número de crucetas y así poder realizar el dimensionamiento de las fuerzas $F1$, $F2$ y $F3$.

Como el aparejo es a tope y dispondrá de dos pares de crucetas, ya que se han calculado las fuerzas existentes, a través de la siguiente figura y con los cálculos pertinentes se obtienen dichas fuerzas.



Dimensionamiento de las fuerzas para los obenques. Principles of Yacht Desing.

A partir de los datos calculamos que:

▶ $BD = 0.499 \text{ m}$ ▶ $0,6 \cdot P = 7,5 \text{ m}$ ▶ $L1 = 4,333 \text{ m}$ ▶ $L2 = 4,333 \text{ m}$

→ $L1 + L2 = 8,666$

→ $BD + 0,6 \cdot P = 7,999$

$BD + 0,6 \cdot P < L1 + L2$

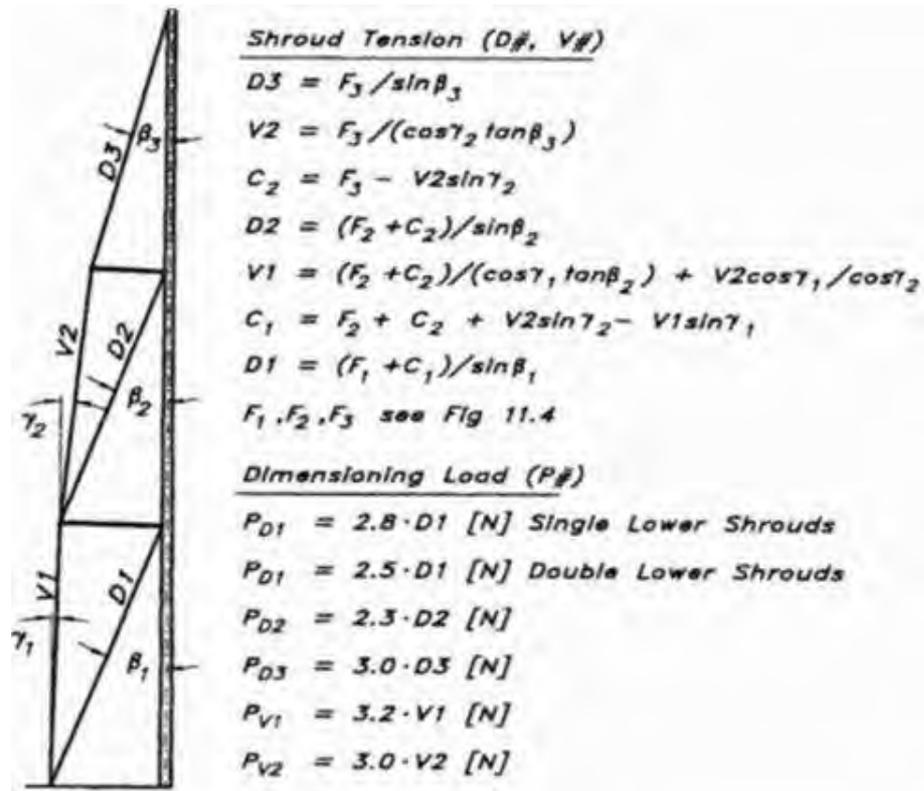
Por lo que nos encontramos en el segundo caso:

Caso de carga 1:

F1 = 0 N	F2 = 0 N	F3 = 2643,097 N
----------	----------	-----------------

Caso de carga 2:

F1 = 2456,405 N	F2 = 295,39 N	F3 = 0 N
-----------------	---------------	----------



Solicitaciones en los obenques en un aparejo M-2, F-2. Principles of Yacht Desing

Tensión en los obenques D#, V#:

Caso de carga 1	
D3	10212,143
V2	9882,605
C2	2039,778
D2	6530,741
V1	16104,531
C1	2362,034
D1	7726,760

Caso de carga 2	
D3	0,000
V2	0,000
C2	0,000
D2	945,748
V1	898,571
C1	279,708
D1	8950,459

Tablas 5 y 6

Dimensionamiento de las cargas P#:

Para el dimensionamiento de las cargas se realizaran los cálculos con la mayor de los dos casos siendo las tensiones de diseño:

Tensiones de diseño	
D1	8950,459
D2	6530,741
D3	10212,143
C1	2362,034
C2	2039,778
V1	16104,531
V2	9882,605

Tabla 7

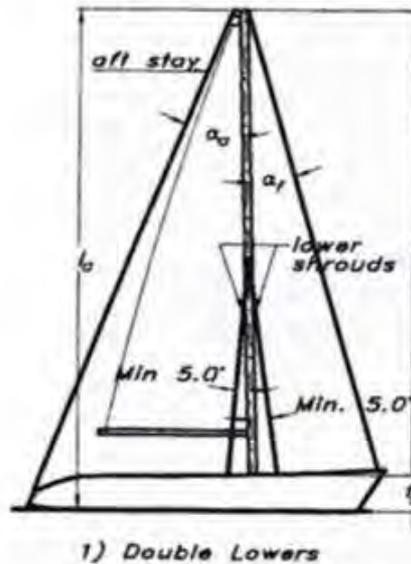
Dimensionamiento de las cargas			
PD1	2,5*D1	22376,148	N.
PD2	2,3*D2	15020,704	N.
PD3	3*D3	30636,428	N.
PV1	3,2*V1	51534,499	N.
PV2	3*V2	29647,816	N.

Tabla 8

10.3.4- FUERZAS EN LOS STAYS.

Las cargas longitudinales dependen principalmente de los dispositivos que contiene la embarcación: winches, jarcias...etc. La NBS reconoce seis tipos de aparejos diferentes, cada tipo básico, a tope o fraccionado, se divide a su vez en tres subgrupos.

El caso que nos concierne es el aparejo a tope, con una configuración de inferiores dobles. En la siguiente figura, podemos obtener como calcular dichas fuerzas.



The foremost sail carrying forestay shall have a breaking strength (P_{fo}) of at least:

$$P_{fo} = 15 \cdot RM / (I + f_s) \text{ [N]}$$

The inner forestay shall have a breaking strength (P_{fi}) of at least:

$$P_{fi} = 12 \cdot RM / (I + f_s) \text{ [N]}$$

The aft stay shall have a breaking strength (P_a) of at least:

$$P_a = P_{fo} \cdot \sin \alpha_f / \sin \alpha_a \text{ [N] Masthead rigs}$$

$$P_a = 2.8 \cdot RM / (l_a \sin \alpha_a) \text{ [N] Fractional rigs}$$

Cargas en los stays, aparejo a tope con inferiores dobles. Principles of Yacht Desing.

Los datos se han obtenidos por medición directa en los planos:

▶ $f_s = 1,385 \text{ m}$ ▶ $\alpha_a = 21,4^\circ$ ▶ $\alpha_f = 17,6^\circ$ ▶ $RM = 38020,95 \text{ Nm}$

Stay (de proa):

$$P_{fo} = 15 \cdot RM / (I + f_s) = 39784,74 \text{ N}$$

Backstay (de popa):

$$P_a = (P_{fo} \cdot \text{seno}(\alpha_a)) / \text{seno}(\alpha_f) = 32969,232 \text{ N}$$

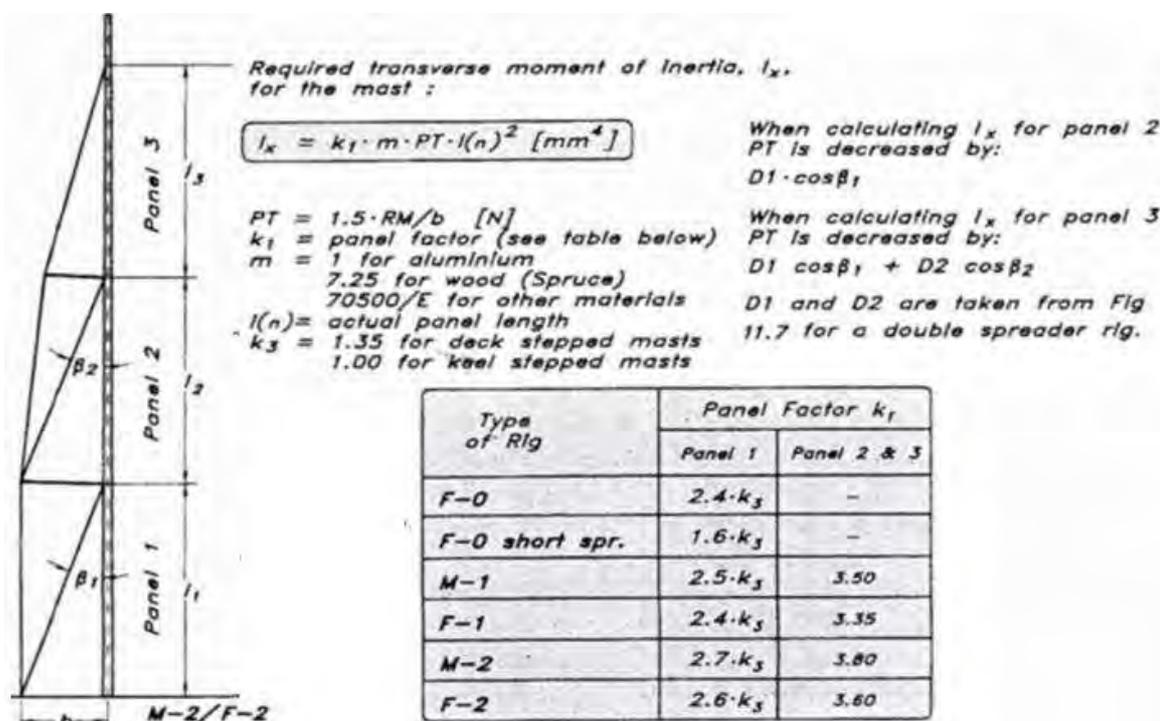
Inner forestay (stay de proa interior):

$$P_{fi} = 12 \cdot RM / (I + f_s) = 31827,792 \text{ N}$$

10.3.5- DIMENSIONAMIENTO DEL MASTIL.

10.3.5.1- DIMENSIONAMIENTO TRANSVERSAL DEL MASTIL.

Las tensiones en los obenques y en los stays inducen una compresión en el mástil, y para que este no se doble o se rompa, debe de estar correctamente dimensionado para tener la resistencia necesaria, o lo que es lo mismo, debe de tener suficiente momento transversal de inercia (I_x). Las dimensiones para cumplir los requerimientos, dependerán de las cargas y de la longitud panel en cuestión, ya que el mástil queda dividido en tres paneles como consecuencia de los dos pisos de crucetas.



Dimensionamiento transversal del mástil. Principles of Yacht Desing.

Datos para el dimensionamiento transversal del mástil			
K1 para panel 1	2,7	m para aluminio	1
K1 para panel 2 y 3	3,8	b	1,585 m
K3	1	D1	8950,459 N
Panel 1	4,333 m	D2	6530,741 N
Panel 2	4,333 m	β_1	17,8°
Panel 3	4,333 m	β_2	18,2°

Tabla 9

- **Panel 1:**

$PT = 1,5 * RM / b = 35981,972 \text{ N}$
$I_{x1} = K1 * m * PT * I(1)^2 = 1824005,31 \text{ mm}^4$

- **Panel 2:**

$PT2 = (1,5 * RM / b) - (D1 * \text{Cos}(\beta1)) = 27459,976 \text{ N}$
$I_{x2} = K1 * m * PT2 * I(2)^2 = 1959120,43 \text{ mm}^4$

- **Panel 3:**

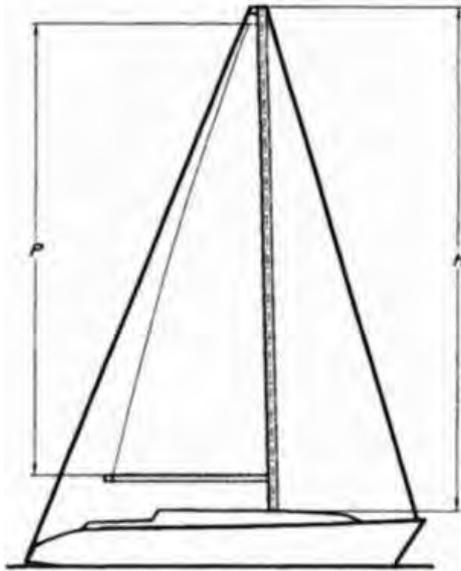
$PT3 = (1,5 * RM / b) - [(D1 * \text{Cos}(\beta1)) + (D2 * \text{Cos}(\beta2))] = 21255,955 \text{ N}$
$I_{x3} = K1 * m * PT3 * I(3)^2 = 1516497,16 \text{ mm}^4$

10.3.5.2- DIMENSIONAMIENTO LONGITUDINAL DEL MÁSTIL.

La carga de diseño PT, es la misma que para el dimensionamiento transversal, también el factor K3 referente al apoyo del pie del mástil. En la siguiente figura se dan las pautas para el dimensionamiento longitudinal del mástil.

Datos para el dimensionamiento longitudinal del mástil			
b	1,585 m	m para aluminio	1
K2	0,9	h	12,999 m
K3	1	PT	35981,972 N

Tabla 10



Required Longitudinal Moment of Inertia for the Mast (I_y):

$$I_y = k_2 \cdot k_3 \cdot m \cdot PT \cdot h^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$PT = 1.5 \cdot RM/b$ [N]
 $k_2 =$ staying factor (see table below)
 $m =$ 1 for aluminium
 7.25 for wood (spruce)
 70500/E for other materials
 $k_3 =$ 1.35 for deck stepped masts
 1.00 for keel stepped masts
 $h =$ height above deck or superstructure to the highest sail carrying forestay

Type of Staying	Staying Factor k_2				
	F-0	M-1	F-1	M-2	F-2
1) Double Lowers	-	0.85	0.80	0.90	0.85
2) Single Lowers	-	0.80	0.75	0.85	0.80
3) Runners & i.f	-	-	0.85	-	0.80
4) Runners & o.s	-	1.00	0.95	0.95	0.90
5) Swept spreaders	-	-	1.00	-	0.95
6a) Short spreaders	1.05	-	-	-	-
6b) No spreaders	2.00	-	-	-	-

Dimensionamiento longitudinal del mástil. Principles of Yacht Desing.

$$I_y = K_2 \cdot K_3 \cdot m \cdot PT \cdot h^2 = 5472015,94 \text{ mm}^4$$

Resumen del dimensionamiento del mástil		
Momento transversal de inercia (I_x)	195,912	cm ⁴
Momento longitudinal de inercia (I_y)	547,202	cm ⁴

Tabla 11

La elección del perfil del mástil, se realiza con la siguiente figura:

Mast Oval Sect.	Main Dim. (mm)	I_y (cm ⁴)	I_x (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/m	SM_y (cm ³)	SM_x (cm ³)
	122/85	165	75	2.45	2.43	23.6	17.6
	130/93	215	100	2.50	2.71	29.0	21.5
	138/95	287	139	2.85	3.35	35.0	29.3
	155/104	413	191	3.05	3.69	45.9	36.7
	170/115	569	260	3.10	4.11	58.1	45.2
	177/124	725	345	3.40	4.75	74.7	55.6

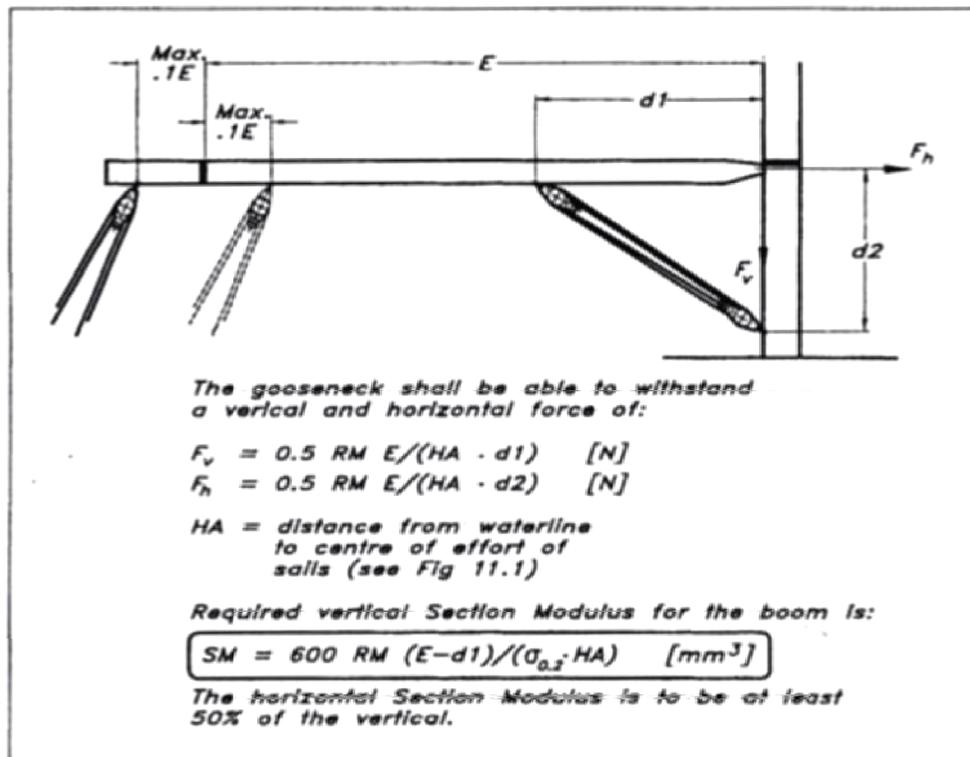
Perfil del mástil en aluminio. Principles of Yacht Desing.

Perfil del mástil en aluminio seleccionado						
x,y (mm)	I_y (cm ⁴)	I_x (cm ⁴)	Grosor (mm)	Peso (kg/ m)	SM_y (cm ³)	SM_x (cm ³)
170/115	569	260	3,10	4,11	58,1	45,2

Tabla 12

10.3.6- DIMENSIONAMIENTO DE LA BOTAVARA.

La botavara está sometida a fuerzas de flexión provenientes de la presión que el aire ejerce en la vela mayor, la cual es contrarrestada por la escota de la mayor y la contra. Esto provoca una fuerza vertical y otra horizontal en el pinzote, el cual tiene que resistir las fuerzas F_v y F_h , de la manera que se observa en la siguiente figura.



Dimensionamiento de la botavara. Principles of Yacht Desing.

Datos para el cálculo:

- ▶ $d_1 = 0,68 \text{ m}$
- ▶ $d_2 = 0,4 \text{ m}$
- ▶ $RM = 38020,95 \text{ Nm}$
- ▶ $E = 4,2 \text{ m}$
- ▶ $HA = 5,899 \text{ m}$
- ▶ $\sigma_{0,2} = 210 \text{ N/}$

Fuerza vertical:

$$F_v = 0,5 \cdot RM \cdot E / (HA \cdot d1) = 19904,66 \text{ N}$$

Fuerza horizontal:

$$F_h = 0,5 \cdot RM \cdot E / (HA \cdot d2) = 33837,93 \text{ N}$$

Modulo resistente vertical:

$$SM_y = 600 \cdot RM \cdot (E \cdot d1) / (\sigma_{0,2} \cdot HA) = 64821,516 \text{ mm}^3$$

Modulo resistente horizontal:

$$SM_x = 0,5 \cdot SM_y = 32410,758 \text{ mm}^3$$

Resumen del dimensionamiento de la botavara		
Modulo resistente vertical (SM _y)	64,82	cm ³
Modulo resistente horizontal (SM _x)	32,41	cm ³

Tabla 13

La elección de la sección de la botavara se saca del siguiente prontuario:

	Main Dim. (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/m	SM _y (cm ³)	SM _x (cm ³)
Boom	86/59	60	23	1.80	1.67	14.0	7.8
	120/62	155	42	1.80	2.16	24.8	13.7
Sect.	143/76	290	80	2.20	2.83	39.4	20.9
	162/125	615	330	2.80	4.75	76.0	53.0
	171/94	610	170	2.80	4.03	67.7	35.7
	200/117	1190	325	2.80	5.36	112	55.5
	250/140	2410	640	3.20	6.96	185	91.4

Perfil de la botavara. Principles of Yacht Desing.

Perfil de la botavara seleccionado						
x,y (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Grosor (mm)	Peso (kg/ m)	SM _y (cm ³)	SM _x (cm ³)
171/94	610	170	2,80	4,03	67,7,1	35,7

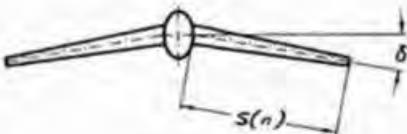
Tabla 14

10.3.7- DIMENSIONAMIENTO DE LAS CRUCETAS.

Las crucetas realizan la misión de disminuir la longitud libre del mástil. Como se puede observar en apartados anteriores, el momento de inercia requerido para soportar una cierta carga es proporcional al cuadrado de la longitud libre de este. Por lo tanto si dividimos esta longitud, las solicitaciones serán menores.

El diseño de las crucetas se debe realizar de tal manera que corte el ángulo que forma el obenque sobre esta por la bisectriz, de tal manera, que la cruceta trabaje a compresión pura.

En un aparejo con dos pares de crucetas, el obenque alto e intermedio forman ángulos desiguales, por lo que se tendrá que realizar un ajuste, de tal manera que se tome la mitad del ángulo que el obenque forma encima de la cruceta.



The Moment of Inertia of the spreader at half span is to be :

$$I = 0.8 \cdot C(n) \cdot S(n)^2 / (E \cdot \cos \delta) \text{ [mm}^4\text{]}$$

E = modulus of elasticity of spreader
 $C(n)$ = transverse component of shroud-force (see Fig 10.6 & 10.7)
 $S(n)$ = length of spreader [mm]
 δ = horizontal angle of spreader

Close to the mast the spreader shall have a Section Modulus of :

$$SM = k \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \text{ [mm}^3\text{]}$$

$k = 0.16 / \sigma_{0.2}$
 $V(n) = V1$ for lower spreaders
 $D3$ for upper spreaders
 $\sigma_{0.2}$ = yield strength of spreader [N/mm²]
 (Minimum 210 N/mm² for aluminium)

The spreader attachment shall be able to withstand a moment of:

$$M_s = 0.16 \cdot S(n) \cdot V(n) \cdot \cos \delta \text{ [Nmm]}$$

Dimensionamiento de las crucetas. Principles of Yacht Desing.

Cada par de crucetas tiene una longitud diferente y estarán sometidas a solicitaciones diferentes debido al tramo de mástil en el que se encuentran. Por ello será necesario realizar un cálculo para cada una.

Crucetas 1º piso:

- ▶ $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ ▶ $C1 = 2362,034 \text{ N}$ ▶ $\delta_1 = 10^\circ$
- ▶ $V1 = 16104,531 \text{ N}$ ▶ $S1 = 1449,95 \text{ mm}$ ▶ $\sigma_{0,2} = 210 \text{ N/mm}^2$

- **Momento de inercia:**

$$I1 = 0,8 * C1 * S1^2 / (E * \text{Cos}(\delta1)) = 57627,889 \text{ mm}^4$$

- **Constante k:**

$$k = 0,16 / \sigma_{0,2} = 0,0007619$$

- **Modulo resistente:**

$$SM1 = k * S1 * V1 * \text{Cos}(\delta1) = 17520,772 \text{ mm}^3$$

- **Momento desarrollado:**

$$Ms1 = 0,16 * S1 * V1 * \text{Cos}(\delta1) = 3679362,25 \text{ Nmm}$$

Crucetas 2º piso:

- ▶ $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ ▶ $C2 = 2039,778 \text{ N}$ ▶ $\delta2 = 10^\circ$
▶ $V2 = 10212,143 \text{ N}$ ▶ $S2 = 1180,86 \text{ mm}$ ▶ $\sigma_{0,2} = 210 \text{ N/mm}^2$

- **Momento de inercia:**

$$I2 = 0,8 * C2 * S2^2 / (E * \text{Cos}(\delta2)) = 33088,082 \text{ mm}^4$$

- **Constante k:**

$$k = 0,16 / \sigma_{0,2} = 0,0007619$$

- **Modulo resistente:**

$$SM2 = k * S2 * V2 * \text{Cos}(\delta2) = 9048,309 \text{ mm}^3$$

- **Momento desarrollado:**

$$Ms2 = 0,16 * S2 * V2 * \text{Cos}(\delta2) = 1900144,9 \text{ Nmm}$$

Resumen del dimensionamiento de las crucetas		
Crucetas 1º piso		
Momento de inercia 1 (I1)	5,762	cm ⁴
Modulo resistente 1 (SM1)	17,52	cm ³
Momento desarrollado 1 (Ms1)	367936,225	Nxcm
Crucetas 2º piso		
Momento de inercia 2 (I2)	3,301	cm ⁴
Modulo resistente 2 (SM2)	9,048	cm ³
Momento desarrollado 2 (Ms2)	190014,49	Nxcm

Tabla 15

Una vez realizado el cálculo se procede a determinar las secciones:

<i>Delta</i>	<i>Main Dim. (mm)</i>	<i>I_y (cm⁴)</i>	<i>I_x (cm⁴)</i>	<i>Wall Thkn. (mm)</i>	<i>Weight Kg/m</i>	<i>S_{My} (cm³)</i>	<i>S_{Mx} (cm³)</i>
	121/92	205	122	3.00	3.15	28.9	26.5
<i>Sect.</i>	129/100	292	175	3.50	3.74	38.9	35.0
	137/113	375	250	3.90	4.21	50.0	44.2
	146/112	508	310	4.40	5.05	61.9	55.3
	160/132	750	500	5.30	6.67	80.6	75.7

Sección de las crucetas. Principles of Yacht Desing.

Perfiles de las crucetas seleccionadas							
Piso	x,y (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Grosor (mm)	Peso (kg/m)	S _{My} (cm ³)	S _{Mx} (cm ³)
1º	121/92	205	122	3,00	3,15	28,9	26,5
2º	121/92	205	122	3,00	3,15	28,9	26,5

Tabla 16

10.3.8- ELECCION DEL CABLEADO Y RESUMEN DE LAS SECCIONES.

Cables (1x19) Acero Inoxidable AISI-316				
Cable	Solicitaciones (N)	Carga de rotura (N)	Diámetro (mm)	Peso (kg/ m)
PD1	22376,148	25700	5,5	0,139
PD2	15020,704	21600	5	0,113
PD3	30636,428	40900	7	0,225
PV1	51534,499	53500	8	0,327
PV2	29647,816	30000	6	0,165
Pfo	39784,740	40900	7	0,225
Pa	32969,232	40900	7	0,225
Pfi	31827,792	40900	7	0,225

Tabla 17

Resumen de perfiles seleccionados							
Perfil	x,y (mm)	Iy (cm ⁴)	Ix (cm ⁴)	Grosor (mm)	Peso (kg/ m)	SMy (cm ³)	SMx (cm ³)
Mástil	170/115	569	260	3,10	4,11	58,1	45,2
Botavara	171/94	610	170	2,80	4,03	67,7,1	35,7
Cruceta 1°	121/92	205	122	3,00	3,15	28,9	26,5
Cruceta 2°	121/92	205	122	3,00	3,15	28,9	26,5

Tabla 18

11- DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO.

En este capítulo se realizarán todos los cálculos pertinentes para el diseño estructural del casco y la cubierta, así como todos los elementos de refuerzo y el escantillonado. La normativa que se va a utilizar es la UNE-EN ISO 12215-5, que se aplica para la determinación de las presiones y las tensiones de diseño, y para la determinación del escantillonado, incluyendo los refuerzos de la estructura interior, de las pequeñas embarcaciones de un solo casco construidas de plástico reforzado con fibras, en el caso que nos concierne, de una eslora de casco, L_h , comprendida entre 2,5 m y 24 m, determinada de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 8666.

De acuerdo con el método de cálculo, el escantillonado de embarcación se divide en tres partes diferenciadas, el fondo del casco, que va desde la línea de flotación hasta la línea base, los costados, delimitados desde la línea de flotación hasta la cubierta y la cubierta en sí misma. En lo referente a los refuerzos, estos se dividen en transversales y longitudinales:

- Los refuerzos transversales los constituyen: en el fondo las varengas, en los costados las cuadernas y en la cubierta los baos.
- Los refuerzos longitudinales los componen: en el fondo las varengas, en el costado los longitudinales de costado y en cubierta los longitudinales de cubierta.

Para el laminado de todas las partes integrantes se usarán tejidos de fibra de vidrio de mat (csm) y roving (WR), de diferentes espesores, en combinación con resina de poliéster.

Tejidos de fibra de vidrio		
Tejido	w (gr/m ²)	t (mm)
Mat 300	300	0,5616
Mat 450	450	0,8424
Mat 600	600	1,1233
Roving 450	450	0,4473
Roving 500	500	0,4970
Roving 600	600	0,5964
Roving 800	800	0,7953

Tabla 19

11.1- CALCULO DEL ESCANTILLONADO Y AJUSTE DEL LAMINADO

En el cálculo del escantillonado del casco existen tres partes diferenciadas, el costado, el fondo y la cubierta, que comprende también la superestructura.

Para realizar esto en primer lugar se calculan las presiones de diseño de las diferentes zonas cuya ecuación se compone de los siguientes datos:

- Factor de categoría de diseño, en concreto la categoría B, $K_{DC} = 0,8$
- Factor de carga dinámica, en veleros este factor se utiliza únicamente para el cálculo de K_L , y se toma $n_{CG} = 3$.
- Factor de distribución de presión longitudinal, K_L , que tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la situación de la embarcación, y varía en función de L_{wl} siempre que sea menor del 60% de esta, en caso contrario es igual a la unidad.
- Factor de elemento estructural y tipo de embarcación, K_R , sirve para calcular el factor K_{AR} , y tiene en cuenta el tipo de embarcación y la dimensión del panel.
- Factor de reducción de presión según la superficie, K_{AR} , que tiene en cuenta la variación de las cargas de presión en función del tamaño del panel o del refuerzo. Este no será en ningún caso inferior a 0,25 ni superior a la unidad.
- Factor de distribución vertical de la presión o de reducción de la presión en el costado, K_Z , el cual interpola la presión del costado entre la presión del fondo y de la cubierta
- Factor de reducción de presión para las superestructuras y casetas, K_{SUP} , este depende de la situación, si la zona es de paso y del tipo de la embarcación.

- Factor de corrección de la presión por el efecto del “slamming” para los veleros estables y ligeros, KSLS, el cual tiene en cuenta las presiones más elevadas debidas al “slamming” que los veleros se pueden encontrar cuando navegan contra el viento.

Para el cálculo se va a utilizar un contenido en fibra de $\Psi = 0,4$. En la siguiente tabla se dan las características.

Características $\Psi = 0,4$			
σ_{ut}	133 MPa	G	2920 MPa
σ_{uc}	132 MPa	σ_{dto}	66,5 MPa
σ_{uf}	187,32 MPa	σ_{dci}	66 MPa
E	10200 MPa	--	--

Tabla 20

11.1.1- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DEL FONDO

Presión de diseño del fondo:

PBS base = 53,782 KN/ m²

PBS min = 16,566 KN/ m²

Con las zonas del fondo definidas en paneles, se procede a calcular las presiones en las diferentes zonas del fondo, así pues el fondo se divide en tres zonas siendo F1, la zona de proa, F2, la zona del centro y F3, la zona de popa.

Panel	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)	Kl	Kr	Kar	PBS (KN/m2)
F1	7,34398	0,7983	970	2500,000	1,26789	1,0000	1,2864	0,4444	16,566
F2	4,4896	0,4880	970	3404,040	1,26789	0,9069	1,2864	0,4444	16,566
F3	1,6664	0,1811	612,260	2293,950	0,937156	0,6516	1,3163	0,4980	16,566

Tabla 21

Con las presiones de fondo calculadas se procede al cálculo de los diferentes factores para el cálculo del espesor.

Zona	K5	A	K7	K8	wfmin (Kg/m2)
Fondo	1	1,5	0,03	0,15	1,8913

Tabla 22

Donde w_{fmin} es la masa mínima de fibra seca para el laminado de resina poliéster reforzada de fibra de vidrio.

Panel	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc	K2	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
F1	970	103,46	2500,000	0,10665	0,7491	0,5	93,66	7,4304
F2	970	1,87	3404,040	0,00192	1,0000	0,5	93,66	9,3330
F3	612,260	4,22	2293,950	0,00689	1,0000	0,5	93,66	5,7577

Tabla 23

De los espesores calculados, se opta por elegir el mayor, ya que a la hora de realizar el laminado se facilitara el trabajo por no tener que estar laminando diferentes espesores por zonas, sino que se lamina todo con el mismo espesor y así, se da un mayor coeficiente de seguridad. Así pues se procede a realizar la secuencia de laminado.

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,0000
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
Total	5150	9,5081

Tabla 24

El contenido de fibra en el laminado es de $\Psi = 0,4163$

Una vez realizado la secuencia de laminado, sabemos cuánto Mat y cuanto Roving hemos utilizado, sabiendo que el Mat absorbe un 34% de su peso en resina y el Roving un 50% de su peso en resina. Se realiza el cálculo del peso del laminado para saber cuál es el peso del final del laminado por metro cuadrado.

Peso del laminado del fondo	
Fibra de vidrio (gr/m ²)	
MAT	2400
TEJIDO	2750
Resina (gr/m ²)	
MAT	816
TEJIDO	1375,00
Peso laminado (gr/m ²)	
Total	7341,00

Tabla 25

11.1.2- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DE LOS COSTADOS

Presión de diseño de los costados:

PSS base = 20,945 KN/ m²

PSS min = 10,304 KN/ m²

Las zonas del costado se dividen en tres, C1, la zona de proa, C2, la zona del centro y C3, la zona de popa. Definidas estas, se procede a calcular las presiones de diseño en las diferentes zonas. Cabe destacar en este apartado que en el cálculo se usa el factor K_z , de reducción de presión en el costado.

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m ²)	Kl	Kr	Kar	h (m)
C1	7,8044	0,8483	1094,270	3213,5	2,9936	1,0000	1,172	0,3129	0,597
C2	4,488	0,4878	872,830	3404	1,9046	0,9067	1,238	0,3786	0,500
C3	2,0163	0,2192	811,92	2832	1,6480	0,6833	1,256	0,4013	0,473

Tabla 26

Paneles	Z (m)	Kz	PSS (KN/m ²)
C1	1,1943	0,5001	10,304
C2	1,0064	0,5029	10,304
C3	0,946	0,5000	10,304

Tabla 27

Con las presiones de fondo calculadas se procede al cálculo de los diferentes factores para el cálculo del espesor.

Zona	K5	A	K7	K8	wfmin (Kg/m2)
Costado	1	1,5	0	0,15	0,7111

Tabla 28

Panel	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc	K2	σ_d (N/mm2)	t (mm)
C1	1094,27	27,280	3213,500	0,02493	1,0000	0,5	93,66	8,115
C2	872,83	24,89	3404,040	0,02852	1,0000	0,5	93,66	6,473
C3	811,92	28,036	2831,760	0,03453	0,9850	0,5	93,66	5,931

Tabla 29

El laminado de los costados tiene un contenido de fibra de $\Psi = 0,4549$. A continuación se da la secuencia de laminado.

Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 600	600	1,1233
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
Total	6000	8,3351

Tabla 30

A continuación se realiza el cálculo del peso del laminado.

Peso del laminado de los costados	
Fibra de vidrio (gr/m2)	
MAT	2700
TEJIDO	3300
Resina (gr/m2)	
MAT	918
TEJIDO	1650,00
Peso laminado (gr/m2)	
Total	8568,00

Tabla 31

11.1.3- ESCANTILLONADO Y LAMINADO DE LA CUBIERTA.

En este apartado se calcula el espesor de la cubierta, pero la cubierta también comprende la superestructura y no solo eso, sino que toda esta estructura de la cubierta se realizará de tipo sándwich, por dicha razón y aunque la normativa realice los cálculos por separado, para el laminado de la cubierta se optará por escoger el espesor más grande de estos dos cálculos y posteriormente en este capítulo, se realizara el cálculo de la cubierta con laminado tipo sándwich.

Presión de diseño de la cubierta y la superestructura:

$$PDS \text{ base} = 20,945 \text{ KN/ m}^2$$

$$PDS \text{ min} = 5 \text{ KN/ m}^2$$

Como en los apartados anteriores, la cubierta también se divide en tres zonas: CU1, la zona de proa, CU2, la zona del centro y CU3, la zona de popa. Y la superestructura en cuatro zonas: Sfp, la zona del frente de proa, Scb y Sce, zonas de los castados a babor y estribor respectivamente y Cas, la zona elevada de la caseta.

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)	Kl	Kr	Kar	PDS (KN/m2)
CU1	7,804	0,8483	254,09	3213,500	0,1614	1,0000	1,424	0,9130	15,2979
CU2	4,488	0,4878	461,160	3404,040	0,5317	0,9067	1,362	0,6106	9,2770
CU3	2,016	0,2192	283,700	2831,760	0,2012	0,6833	1,415	0,8492	9,7226

Tabla 32

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)	Kl	Kr	Kar	Ksup	PSUP (KN/m2)
Sfp	7,817	0,8496	338,22	3300,000	1,1161	1,00	1,399	0,5020	1,0000	8,4125
Scb	4,082	0,4437	254,09	4168,694	1,0592	0,87	1,424	0,5192	0,6700	5,0714
Sce	4,082	0,4437	254,09	4168,694	1,0592	0,87	1,424	0,5192	0,6700	5,0714
Cas	4,082	0,4437	638,22	4168,694	2,6605	0,87	1,309	0,3620	0,5000	5,0000

Tabla 33

Panel	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc	K2	σd (N/mm2)	t (mm)
CU1	254,09	40,45	3213,5	0,15920	0,5699	0,5	93,66	1,308
CU2	712	30,02	3404,04	0,04216	0,9596	0,5	93,66	4,808
CU3	283,700	31,2	2831,76	0,10998	0,7338	0,5	93,66	1,499

Tabla 34

Panel	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc	K2	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
Sfp	338,22	187,91	3300,000	0,5556	0,5000	0,5	93,66	1,1333
Scb	254,09	0	4168,694	0,0000	1,0000	0,5	93,66	1,3221
Sce	254,09	0	4168,694	0,0000	1,0000	0,5	93,66	1,3221
Cas	638,22	379,51	4168,694	0,5946	0,5000	0,5	93,66	1,6487

Tabla 36

Se elige el mayor espesor de los calculados, y se procede a realizar la secuencia de laminación, teniendo en cuenta, que esta secuencia se realizara por duplicado, una en la cara exterior de la cubierta y otra en la cara interior de la cubierta.

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
Total	1800	2,5794

Tabla 37

Puesto que el laminado debe de hacerse en las dos caras, se procederá al cálculo del peso de estas.

Peso del laminado de la cubierta	
Fibra de vidrio (gr/m ²)	
MAT	900
TEJIDO	900
Resina (gr/m ²)	
MAT	306
TEJIDO	450,00
Peso laminado (gr/m ²):	
Total	2556,00
Total 2 caras	5112

Tabla 38

Para el núcleo del sándwich se va a utilizar espuma de policloruro de vinilo de alta densidad. En la siguiente tabla se dan las características del material.

Espuma de PVC reticulado rígido I		
Densidad	ρ_c	100 kg/m ³
Alargamiento a la rotura	%	30%
Resistencia a la cizalla	τ_u	1,117 MPa
Modulo de cizalla	G_c	30,548 MPa
Tensión de cizalla de diseño	τ_d	0,614 MPa
Resistencia en compresión	σ_{uc}	1,318 MPa
Modulo de elasticidad en compresión	E_{co}	89,979 MPa

Tabla 39

El método de trabajo la normativa requiere en primer lugar el cálculo de unos parámetros cuyos valores mínimos son requeridos en la estructura y seguidamente el ajuste de estos realizados mediante un cálculo directo en la estructura real.

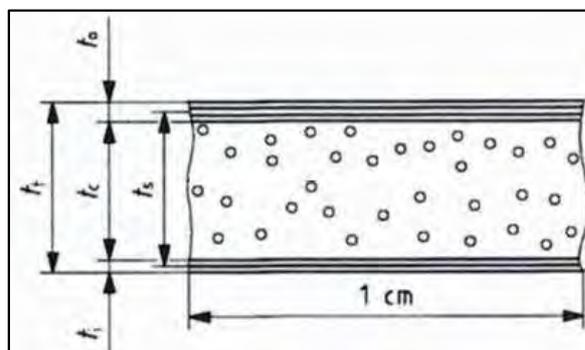
Parámetros mínimos requeridos		
I/1cm	0,008	cm ⁴ /cm
S _{Mo} /1cm	0,019	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,019	cm ³ /cm

Tabla 40

Espesores del laminado tipo sándwich		
Espesor del núcleo	t_c	10 mm
Espesor del laminado	t_i, t_o	2,5 mm
Espesor total	t_t	15 mm
Dist. entre c.d.g.	t_s	12,5 mm

Tabla 41

En la siguiente figura se puede observar como es la estructura básica de un laminado sándwich



Croquis esquemático de un sándwich. Normativa UNE-EN ISO 12215-5

A continuación se puede observar que esta estructura cumple con los requisitos mínimos anteriormente calculados (tabla 40).

Comprobación de cumplimiento de los parámetros requeridos		
I/1cm	0,1979	cm3/cm
SMo/1cm	0,2638	cm3/cm
SMi/1cm	0,2638	cm4/cm

Tabla 42

11.2- CALCULO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES.

11.2.1- REFORZADO DE LAMINACION

Debido a las cargas a las que están sometidas las zonas de la quilla, la roda y los codillos, se concentran grandes tensiones locales, por ello, se deben de reforzar dichas zonas dándole unas capas de laminación extra.

Reforzado zona de la quilla:

La extensión a reforzar en la zona de la quilla comprende la longitud de la embarcación en su fondo, con un ancho de 528 mm, es decir, 264 mm repartidos simétricamente desde crujía a cada banda.

El espesor de reforzado de esta zona asciende a 10,75 mm, lo que supone un incremento de espesor, en contraste con el espesor del área en la que se sitúa, de 1,417 mm.

Reforzado zona de la roda:

La roda es una zona de grandes concentraciones de esfuerzos producidos por la presión dinámica a la que está sometida en la navegación debido al slaming. La zona que se considera que debe de soportar dichos esfuerzos abarca 132 mm desde crujía a cada banda respectivamente.

El espesor necesario para el reforzado es de 10.01 mm, lo que supone un incremento de 0,677 mm con respecto al laminado base.

Reforzado zona de los codillos:

Los codillos son las zonas en la que se unen los costados con el espejo de popa. Estas zonas no tienen una transición suave en sus formas, por lo que es necesario comprobar si es necesario un aumento del espesor. El ancho de la plancha a reforzar es de 132 mm en cada codillo.

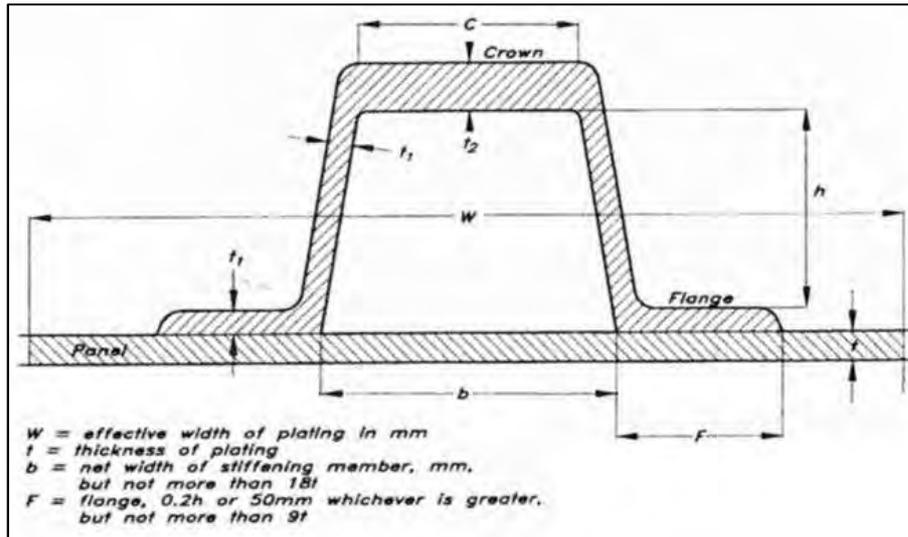
El espesor que se requiere es de 9,12 mm lo que supone una diferencia de 0,785 mm respecto al laminado base, necesario para el reforzado en estas zonas.

11.2.2- REFUERZOS ESTRUCTURALES

Estos refuerzos los componen las vagras, las varengas, los baos, las bulárcamas, los longitudinales de costado y los longitudinales de cubierta. La disposición de estos ha sido estudiada para que los elementos sean continuos y de esa manera ofrezcan un mayor reforzado y facilidad en la construcción.

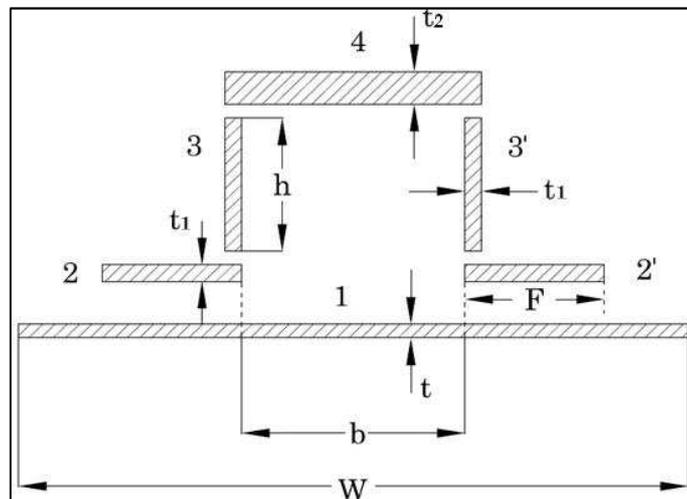
El método de cálculo que propone la normativa es, en primer lugar se calculan unos parámetros cuyos valores mínimos son requeridos en la estructura y seguidamente el ajuste de estos en los perfiles, realizados mediante un cálculo directo en la estructura real. Este proceso es el mismo para todos los refuerzos.

El perfil que se va a utilizar es el perfil de sombrero de copa, por ser el que se especifica en la normativa y por las buenas características que ofrece tanto estructuralmente como en su facilidad de construcción. En la siguiente imagen se puede observar este tipo de perfil y sus dimensiones normalizadas.



Perfil sombrero de copa. Principles of Yacht Design.

Para realizar el cálculo de este perfil se utiliza la siguiente figura que es una aproximación fiable de la descomposición de este para facilitar el cálculo.



Descomposición del perfil de sombrero de copa.

11.2.2.1- REFUERZOS DEL FONDO

Vagras:

Son refuerzos longitudinales que se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior del forro del fondo del casco, son dos y se colocan simétricamente respecto a crujía con una longitud de 7887,5 mm cada una. Los parámetros que se requiere que se cumplan son el momento de inercia y el modulo resistente.

Parámetros mínimos requeridos		
I	5,889	cm ⁴
SM	17,571	cm ³

Tabla 43

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	9,508	mm
t1	4	mm
t2	8	mm
W	230	mm
b	40	mm
h	40	mm
F	50	mm

Tabla 44

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	109,203	cm ⁴
SM	23,117	cm ³

Tabla 45

Varengas:

Son refuerzos transversales que se disponen a lo largo de la eslora perpendicularmente a las vagras, son doce y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran, además cuatro de ellas coinciden con los mamparos transversales.

Longitud de las varengas			
1°	1515 mm	8°	2890 mm
2°	1936 mm	9°	2764 mm
3°	2540 mm	10°	2592 mm
4°	2871 mm	11°	2520 mm
5°	3040 mm	12°	1580 mm
6°	3053 mm	13°	978 mm
7°	2997 mm	14°	368 mm

Tabla 46

Parámetros mínimos requeridos		
I	8,18	cm4
SM	20,709	cm3

Tabla 47

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	9,508	mm
t1	4	mm
t2	8	mm
W	230	mm
b	40	mm
h	40	mm
F	50	mm

Tabla 48

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	109,203	cm4
SM	23,117	cm3

Tabla 49

11.2.2.2- REFUERZOS DEL COSTADO

Longitudinales de costado:

Son refuerzos longitudinales que se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior del forro del costado, son dos y se colocan simétricamente respecto a crujía con una longitud de 9914 mm cada una. Los parámetros que se requiere que se cumplan son el momento de inercia y el modulo resistente.

Parámetros mínimos requeridos		
I	3,069	cm ⁴
SM	9,572	cm ³

Tabla 50

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	8,335	mm
t1	3	mm
t2	6	mm
W	206	mm
b	40	mm
h	40	mm
F	50	mm

Tabla 51

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	16,469	cm ⁴
SM	73,216	cm ³

Tabla 52

Cuadernas:

Son refuerzos transversales que se disponen a lo largo de la eslora en los costados, perpendicularmente a los longitudinales de costado. Son doce cuadernas a cada banda, son continuas a las varengas y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran, además cuatro de ellas coinciden con los mamparos transversales.

Longitud de las cuadernas			
1°	944,5 mm	7°	1470 mm
2°	1058 mm	8°	1500 mm
3°	1186 mm	9°	1514 mm
4°	1285 mm	10°	1507 mm
5°	1360 mm	11°	1476 mm
6°	1424 mm	12°	1415 mm

Tabla 53

Parámetros mínimos requeridos		
I	12,628	cm4
SM	23,611	cm3

Tabla 54

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	8,335	mm
t1	5	mm
t2	10	mm
W	206	mm
b	40	mm
h	40	mm
F	50	mm

Tabla 55

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	135,064	cm4
SM	29,308	cm3

Tabla 56

Bulárcamas:

Son cuadernas y varengas reforzadas, es decir, con un perfil más resistente que las demás para solventar la acumulación de tensiones en las zonas donde se tenga previsto que pueden aparecer, se disponen en total cuatro, coincidiendo con los mamparos. La bulárcama se puede descomponer en la varenga (central) y las cuadernas (lateral).

Central:

Parámetros mínimos requeridos		
I	95,774	cm4
SM	179,066	cm3

Tabla 57

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	9,508	mm
t1	10	mm
t2	20	mm
W	260	mm
b	70	mm
h	70	mm
F	50	mm

Tabla 58

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	1426,84	cm4
SM	195,854	cm3

Tabla 59

Laterales:

Parámetros mínimos requeridos		
I	36,308	cm4
SM	67,886	cm3

Tabla 60

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	8,335	mm
t1	6	mm
t2	12	mm
W	236	mm
b	70	mm
h	70	mm
F	50	mm

Tabla 61

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	95,681	cm4
SM	639,983	cm3

Tabla 62

Cabe destacar en este apartado que, debido a que debe de haber una transición suave en las bulárcamas, se ha optado por que los perfiles tengan la misma forma en toda su longitud y que lo que varié sean los espesores de material, evitando de esta manera picos no deseados que actúan como concentradores de tensiones.

11.2.2.3- REFUERZOS DE LA CUBIERTA

Longitudinales de cubierta:

Son refuerzos longitudinales que se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior de la cubierta, son cuatro y se colocan simétricamente respecto a crujía, dos a cada banda.

Longitud de los longitudinales	
1° Babor	7461,6 mm
2° Babor	9199,15 mm
3° Estribor	9199,15 mm
4° Estribor	7461,6 mm

Tabla 63

Los parámetros que se requiere que se cumplan son el momento de inercia y el modulo resistente.

Parámetros mínimos requeridos		
I	94,334	cm ⁴
SM	97,684	cm ³

Tabla 64

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	2,579	mm
t1	5	mm
t2	10	mm
W	131	mm
b	80	mm
h	80	mm
F	50	mm

Tabla 65

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	607,928	cm ⁴
SM	115,224	cm ³

Tabla 66

Baos:

Son refuerzos transversales que se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior de la cubierta, perpendicularmente a los longitudinales de cubierta, son doce y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran, además cuatro de ellos coinciden con los mamparos transversales.

Longitud de los baos			
1°	2556 mm	7°	3200 mm
2°	2782 mm	8°	2928 mm
3°	3062 mm	9°	2497 mm
4°	3264 mm	10°	1993 mm
5°	3370 mm	11°	1388 mm
6°	3356 mm	12°	712 mm

Tabla 67

Parámetros mínimos requeridos		
I	49,49	cm4
SM	66,619	cm3

Tabla 68

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones del perfil		
t	2,579	mm
t1	4	mm
t2	8	mm
W	131	mm
b	80	mm
h	80	mm
F	50	mm

Tabla 69

Y se comprueba que cumple que el perfil cumple con los requerimientos.

Cumplimiento de los parámetros requeridos		
I	455,348	cm4
SM	87,203	cm3

Tabla 70

11.2.3- CALCULO ESTRUCTURAL DE LOS MAMPAROS

Se dispondrán cuatro mamparos, dos estancos, que corresponden a los de los piques de proa y popa y otros dos no estancos, que son los centrales, cuya misión principal es separar espacios y contribuir a la resistencia estructural.

Los mamparos se realizaran de la misma manera y con el mismo material y método que la cubierta. La normativa define que los mamparos que no sean estancos han de construirse como si fuesen mamparos estructurales.

Mamparo del pique de proa:

Factores de cálculo del mamparo			
k1	0,017	k5	1
k2	0,495	k6	1
k3	0,2764	Eio	8300
k4	0,9	Kshc	0,4616

Tabla 71

Dimensiones del mamparo		
l	1395	mm
b	710	mm
l/b	1,9648	---
hb	473,33	mm

Tabla 72

Parámetros mínimos requeridos		
I/1cm	0,698	cm ⁴ /cm
SMo/1cm	0,093	cm ³ /cm
SMi/1cm	0,08	cm ³ /cm

Tabla 73

Se ajustan los espesores para obtener los requerimientos.

Espesores del laminado tipo sándwich		
Espesor del núcleo	tc	15 mm
Espesor del laminado	ti , to	4 mm
Espesor total	tt	23 mm
Dist. entre c.d.g.	ts	19 mm

Tabla 74

Y se comprueba que el mamparo cumple con los requerimientos.

Comprobación de cumplimiento de los parámetros requeridos		
I/1cm	0,7326	cm3/cm
S _{Mo} /1cm	0,637	cm3/cm
S _{Mi} /1cm	0,637	cm4/cm

Tabla 75

Mamparo del camarote de proa:

Factores de cálculo del mamparo			
k1	0,017	k5	1
k2	0,3827	k6	1
k3	0,01897	E _{io}	8300
k4	0,9	K _{shc}	0,37808

Tabla 76

Dimensiones del mamparo		
l	2096,8	mm
b	1748,3	mm
l/b	1,993	---
hb	1397,866	mm

Tabla 77

Parámetros mínimos requeridos		
I/1cm	0,715	cm4/cm
S _{Mo} /1cm	0,435	cm3/cm
S _{Mi} /1cm	0,374	cm3/cm

Tabla 78

Se ajustan los espesores para obtener los requerimientos.

Espesores del laminado tipo sándwich		
Espesor del núcleo	tc	19 mm
Espesor del laminado	ti , to	3 mm
Espesor total	tt	25 mm
Dist. entre c.d.g.	ts	22 mm

Tabla 79

Y se comprueba que el mamparo cumple con los requerimientos.

Comprobación de cumplimiento de los parámetros requeridos		
I/1cm	0,73	cm ³ /cm
S _{Mo} /1cm	0,584	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,584	cm ⁴ /cm

Tabla 80

Mamparo del camarote de popa:

Factores de cálculo del mamparo			
k1	0,017	k5	1
k2	0,4871	k6	1
k3	0,027	E _{io}	8300
k4	0,9	K _{shc}	0,45279

Tabla 81

Dimensiones del mamparo		
l	3154,7	mm
b	1750	mm
l/b	1,8027	---
hb	2103,133	mm

Tabla 82

Parámetros mínimos requeridos		
I/1cm	1,02	cm ⁴ /cm
S _{Mo} /1cm	0,555	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,477	cm ³ /cm

Tabla 83

Se ajustan los espesores para obtener los requerimientos.

Espesores del laminado tipo sándwich		
Espesor del núcleo	tc	19 mm
Espesor del laminado	ti , to	4 mm
Espesor total	tt	27 mm
Dist. entre c.d.g.	ts	23 mm

Tabla 84

Y se comprueba que el mamparo cumple con los requerimientos.

Comprobación de cumplimiento de los parámetros requeridos		
I/1cm	1,07	cm ³ /cm
S _{Mo} /1cm	0,7916	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,7916	cm ⁴ /cm

Tabla 85

Mamparo del pique de popa:

Factores de cálculo del mamparo			
k1	0,017	k5	1
k2	0,5	k6	1
k3	0,028	E _{io}	8300
k4	0,9	K _{shc}	0,465

Tabla 86

Dimensiones del mamparo		
l	2487	mm
b	602,8	mm
l/b	4,1257	---
hb	1658	mm

Tabla 87

Parámetros mínimos requeridos		
I/1cm	0,043	cm ⁴ /cm
S _{Mo} /1cm	0,145	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,19	cm ³ /cm

Tabla 88

Se ajustan los espesores para obtener los requerimientos.

Espesores del laminado tipo sándwich		
Espesor del núcleo	tc	10 mm
Espesor del laminado	ti , to	2 mm
Espesor total	tt	14 mm
Dist. entre c.d.g.	ts	12 mm

Tabla 89

Y se comprueba que el mamparo cumple con los requerimientos.

Comprobación de cumplimiento de los parámetros requeridos		
I/1cm	0,1453	cm ³ /cm
S _{Mo} /1cm	0,2076	cm ³ /cm
S _{Mi} /1cm	0,2076	cm ⁴ /cm

Tabla 90

12- CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y MOTORIZACION

12.1- CALCULO DE LA RESISTENCIA AL AVANCE

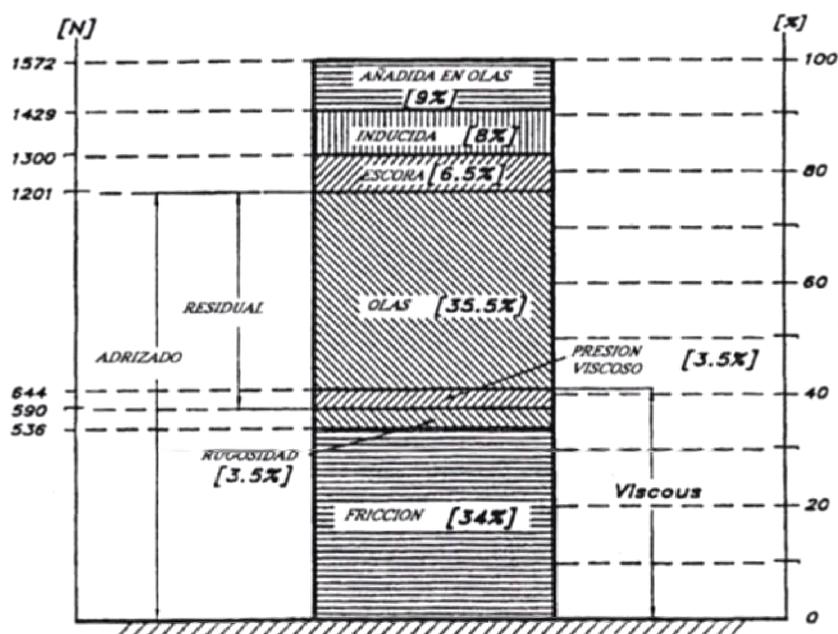
La resistencia que opone un velero al avance cuando navega se puede dividir en cinco grupos, dependiendo de la naturaleza que las origina:

- **Resistencia de origen viscoso.** Esta se desarrolla como consecuencia del gasto de energía que se produce al paso del régimen laminar al turbulento, esta resistencia a su vez se divide en tres subgrupos:
 - ▶ **Resistencia de fricción.** Esta resistencia depende fundamentalmente de la superficie mojada del casco, de la velocidad a la que se desplace la embarcación y al tipo de régimen del fluido alrededor del casco.
 - ▶ **Resistencia por presión viscosa.** Esta resistencia es el resultado de la diferencia de presiones entre la proa y la popa de la embarcación. Debido a la acción de la capa límite alrededor del casco, se deforma la zona de popa, reduciéndose de esta manera la presión del fluido sobre esta parte del casco y aumentando en consecuencia la diferencia de presiones entre proa y popa y como resultado de esto, aumentando la resistencia.
 - ▶ **Resistencia debida a rugosidades de la carena.** El casco de la embarcación puede presentar pequeñas rugosidades derivadas de la fabricación, o de la acción de organismos del medio marino. Este factor alcanza cotas de entre el 3 y el 4% de la resistencia total, si se mantiene la embarcación en buen estado.

- **Resistencia debida a la escora.** La navegación con escora es una situación continua en un velero. Como resultado de esto, las líneas de agua de la carena se vuelven asimétricas, generando una sustentación y una resistencia inducida debida a esta sustentación, en el casco.

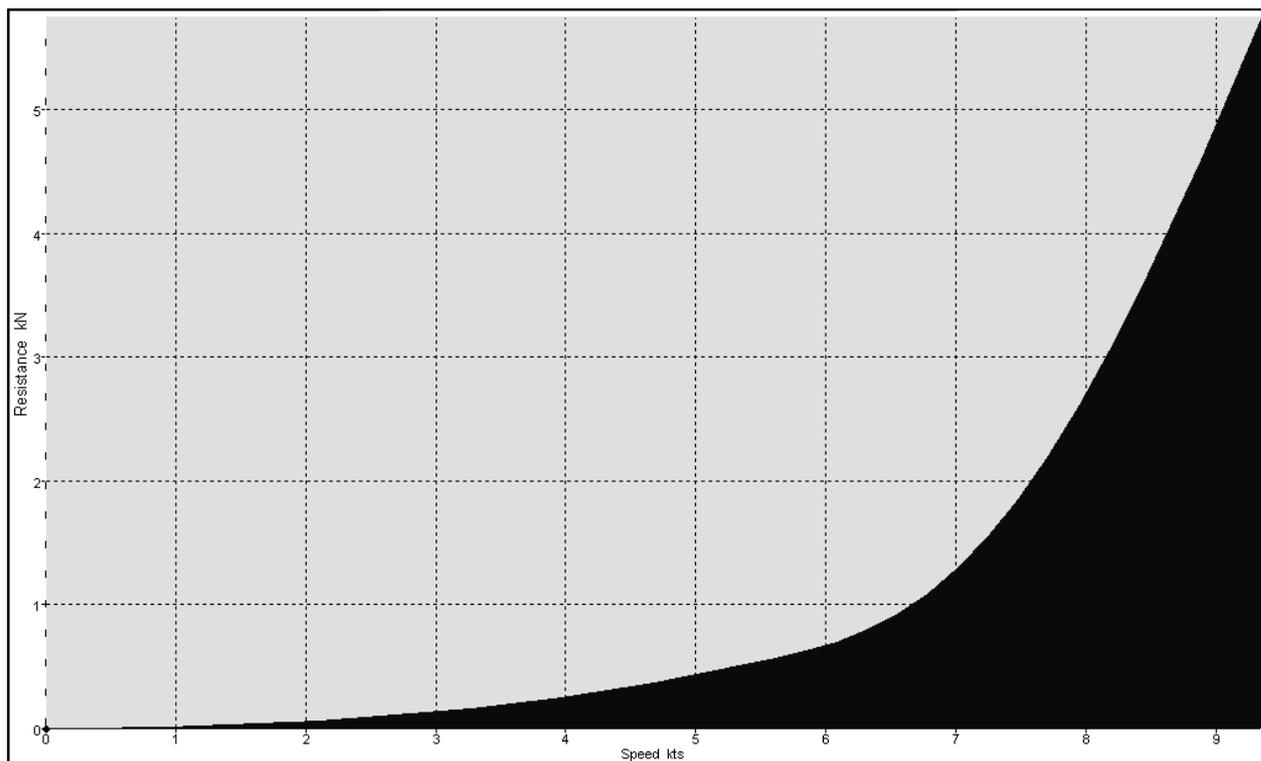
- **Resistencia inducida.** Debido al abatimiento de la embarcación, se produce una circulación de fluidos por debajo del casco desde la cara de sotavento a la de barlovento. Esto provoca la formación de remolinos y turbulencias y por consiguiente un gasto de energía traducido en una resistencia.
- **Resistencia por formación de olas.** Debido al reparto discontinuo de presiones a lo largo de embarcación, se formaran crestas y senos en diferentes partes del casco. La longitud de la ola generada depende del número de Froude, o lo que es lo mismo de la velocidad de la embarcación y de la eslora de flotación. El punto en el que la resistencia comienza a aumentar rápidamente es cuando la longitud de ola generada coincide con la eslora de flotación. Este valor coincide con un número de Froude de 0,45.
- **Resistencia añadida en olas.** Esta resistencia es producida como consecuencia del gasto de energía derivado de los movimientos de la embarcación en una mar con olas. Más concretamente del balanceo y el cabeceo, que dependen de la dirección en la que impacten las olas en el casco, en un mar en calma esta tendería al mínimo.

En la siguiente figura se puede observar el desglose en porcentajes de las diferentes resistencias que componen la resistencia al avance de una embarcación de 12 m. de eslora a 6,5 nudos. Estos datos se pueden extrapolar en tanto que porcentajes para nuestra embarcación cuando coincida en el número de Froude.



Resistencia al avance para $F_n = 0,35$. Principles of Yacht Design.

Para el cálculo de la resistencia al avance del caso del proyecto se ha utilizado el programa Span, que es un VPP (Velocity Prediction Program), un programa informático de predicción de velocidad en conjunto con el soporte del diseño de la carena y apéndices realizados en el programa de diseño y arquitectura naval, Maxsurf. El método utilizado son las series Delft por su fiabilidad y por ser método empleado en los diseños de embarcaciones a vela.



Gráfica de predicción Resistencia-Velocidad. VPP Span

Velocidad, nudos	Resistencia, KN	Potencia, CV
0,23	0	0
0,47	0	0
0,7	0,01	0
0,94	0,01	0,01
1,17	0,02	0,02
1,4	0,03	0,03
1,64	0,04	0,04
1,87	0,05	0,07
2,11	0,06	0,09
2,34	0,08	0,13
2,57	0,1	0,17
2,81	0,12	0,23
3,04	0,14	0,29
3,27	0,16	0,37
3,51	0,19	0,46
3,74	0,22	0,57
3,98	0,25	0,69
4,21	0,28	0,84
4,44	0,32	1,01
4,68	0,37	1,2

Velocidad, nudos	Resistencia, KN	Potencia, CV
4,91	0,42	1,43
5,15	0,47	1,68
5,38	0,52	1,95
5,61	0,57	2,24
5,85	0,63	2,57
6,08	0,7	2,98
6,32	0,8	3,52
6,55	0,92	4,22
6,78	1,09	5,17
7,02	1,3	6,38
7,25	1,55	7,89
7,48	1,86	9,73
7,72	2,21	11,94
7,95	2,61	14,53
8,19	3,06	17,51
8,42	3,54	20,85
8,65	4,05	24,55
8,89	4,59	28,57
9,12	5,16	32,92
9,36	5,75	37,64

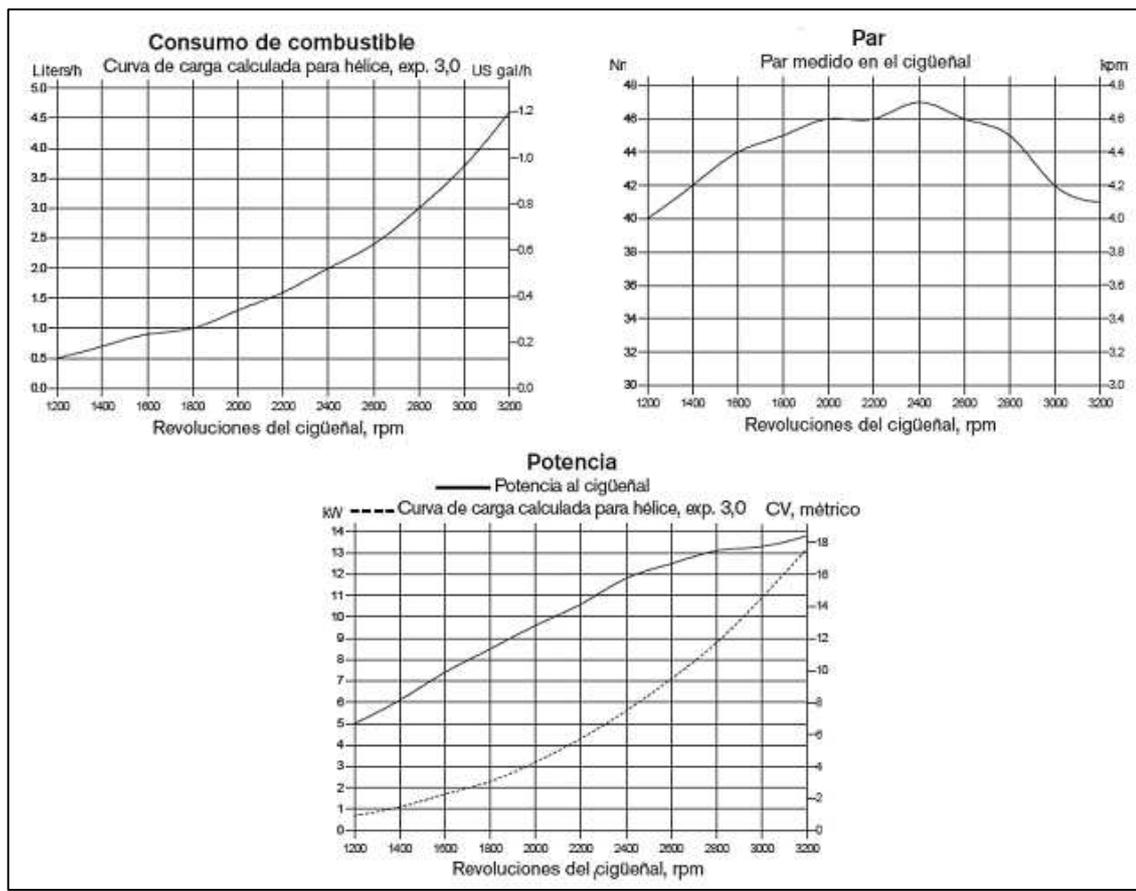
Tabla 91

12.2- MOTORIZACION

Como se puede observar en el apartado anterior, la potencia necesaria para que la embarcación avance a una velocidad de 6 a 7 nudos, oscila entre 3 y 6,5 cv, por ello se ha optado por instalar un motor de acuerdo a las necesidades de la embarcación, en concreto, un motor intraborda de 18 cv y 760 cc de la casa Volvo penta, modelo D1-20 de combustible diesel. A continuación se especifican todos los datos del motor elegido.

La nueva generación del D1 de Volvo Penta está diseñada para cumplir con la legislación ambiental más rigurosa US EPA Tier 3. Un nivel de ruido reducido y un bajo régimen de revoluciones a la velocidad de crucero brindan una marcha silenciosa y de bajas vibraciones. El alternador de 115A con sensor de carga incorporado proporciona cargas rápidas para las necesidades de corriente a bordo.

- **Ambiente.** La nueva generación del D1 cumple la legislación ambiental más rigurosa del mundo – US EPA Tier 3. Las emisiones de partículas nocivas son reducidas hasta en un 50%. El D1-20 se certifica según BSO, EU RCD y US EPA Tier 3.
- **Duración.** D1-20 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.
- **Capacidad de carga.** El 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 el motor, todas diseñadas para larga duración y un suave funcionamiento.



Curvas funcionales del motor volvo penta D1-20

Datos Técnicos del motor intraborda		
Modelo	D1-20	---
Potencia al cigüeñal	13,8 (18,8)	kW
Potencia al eje de la hélice	13,3 (18)	kW
Revoluciones	2800-3200	r.p.m.
Cilindrada	0,76	litros
Número de cilindros	3	---
Diámetro cilindros/carrera	67/72	mm
Relación de compresión	23,5:1	---
Peso en seco con inversor MS10A/MS10L	131/130	kg
Peso en seco con cola 130S	144	kg

Tabla 92

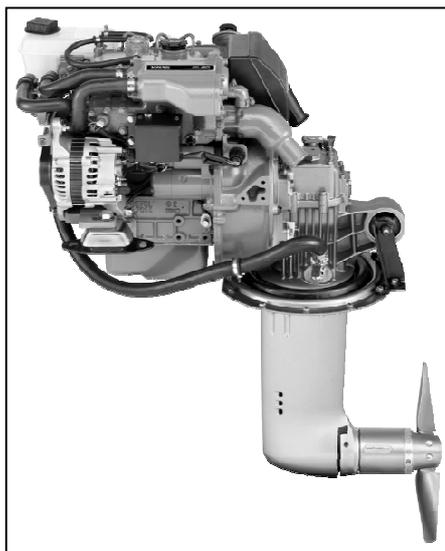


Imagen del motor volvo penta D1-20

13- ESTIMACION DE PESOS Y CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD.

Este cálculo es una aproximación de las condiciones en las que debe estar la embarcación, los datos reales no se podrán conocer hasta que no se realicen las pruebas pertinentes en una embarcación real.

Una vez realizado el cálculo del escantillonado, los planos de escantillonado y de disposición general, se procede al cálculo estimativo del peso y la posición de la embarcación.

Los pesos se descomponen en:

- ▶ Peso de la estructura (P_E), que a su vez se descompone en:
 - Peso del laminado del forro (P_{LM}).
 - Peso de los refuerzos (P_{RE}).
- ▶ Peso de la habilitación (P_{HA}).
- ▶ Peso de la maquinaria y equipos (P_{MQ}).
- ▶ Peso del lastre (P_L).
- ▶ Peso de las velas y aparejos (P_{VA}).
- ▶ Peso muerto (P_M).

El método de procedimiento de la estimación consiste en primer lugar y sobre los planos de disposición, identificar los elementos, anotar sus pesos y localizar los centros de gravedad de estos, y a continuación, medir las distancias de la situación del centro de gravedad en referencia al punto “0”.

El punto “0”, es el punto de origen, y desde él se toman las medidas de la siguiente manera para facilitar y agilizar los cálculos:

- Longitudinalmente, se toman valores positivos desde el punto más alejado situado a popa.
- Transversalmente, se toman valores positivos desde el plano de crujía a babor y negativos desde el plano de crujía a estribor.

- Verticalmente, todos los puntos situados por debajo de la línea base, que es la línea que pasa por la tangente del punto más bajo del casco, son negativos y por encima son positivos.

Cabe añadir, que al cálculo del peso en rosca, se le añade un 10% de margen por los posibles defectos de fabricación, de cálculo de los elementos u modificaciones de última hora producidos por causas ajenas a este proyecto.

Estimación de pesos y centro de gravedad de la embarcación en Rosca				
Elemento	Peso (kg)	PxLCG (kg.mm)	PxTCG (kg.mm)	PxVCG (kg.mm)
Laminado	535,418	2395459,03	0	535485,76
Refuerzos y mamparos	480,116	2220087,73	0	444512,318
Habilitación	568	2623131,2	61783,55	392316,5
Maquinaria y equipos	765,3	2594071,66	-61831,88	483741,3
Lastre	2000	10460000	0	-872000
Velas y aparejos	372,73	1722287,07	0	1749247,52

Tabla 93

Embarcación en Rosca + 10% margen			
Peso (kg)	LCG (mm)	TCG (mm)	VCG (mm)
5199,815	4529,97	-0,009	525,65

Tabla 94

Estimación de pesos y centro de gravedad de la embarcación en máxima carga				
Elemento	Peso (kg)	PxLCG (kg.mm)	PxTCG (kg.mm)	PxVCG (kg.mm)
Laminado	535,418	2395459,03	0	535485,76
Refuerzos y mamparos	480,116	2220087,73	0	444512,318
Habilitación	568	2623131,2	61783,55	392316,5
Maquinaria y equipos	765,3	2594071,66	-61831,88	483741,3
Lastre	2000	10460000	0	-872000
Velas y aparejos	372,73	1722287,07	0	1749247,52
Peso muerto	1050	1713590	0	1801550

Tabla 95

Embarcación en máxima carga			
Peso (kg)	LCG (mm)	TCG (mm)	VCG (mm)
6249,815	4602,86	-0,008	516,57

Tabla 96

14- ESTUDIO Y EVALUACION DE LA ESTABILIDAD.

Para el estudio de la estabilidad se aplica la segunda parte de la normativa UNE-EN ISO 12217, referente a embarcaciones propulsadas a vela con una eslora igual o superior a 6 metros.

Para los cálculos se utiliza el programa informático “Hidromax” con el diseño de la embarcación creado con el programa “Maxsurf”.

14.1- CONDICIONES DE CARGA A ESTUDIAR

Las condiciones de carga a estudiar son dos:

Condición mínima operativa.

La normativa define la condición de mínima carga operativa con los siguientes puntos:

- El peso que representa a la tripulación, situado en la línea de crujía, y próximo a la posición del puesto de control de: 150 Kg cuando $8\text{ m} < L_H < 16\text{ m}$
- El equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(L_H - 2,5)^2$ Kg.
- Provisiones no consumibles y equipo normalmente llevado a bordo de la embarcación.
- Agua de lastre en tanques situados simétricamente respecto a la línea de crujía y para los que figure en el manual del propietario que se llenan siempre que la embarcación esté a flote, pero no los líquidos contenidos en los tanques de lastre previstos por el constructor para usarse como lastres asimétricos variables durante la navegación; en este caso no se ha definido agua de lastre.
- Una balsa de salvamento (cuando corresponda) situada en la estiba prevista.

Una vez dadas las pautas por la normativa, se define que la condición mínima operativa es de:

$$m_{MOC} = 5424 \text{ kg}$$

Condición de máxima carga:

Se define como la condición en máxima carga, como el peso máximo de diseño que lo componen el peso en rosca y el peso muerto máximo, que en el caso asciende a:

$$m_{DLC} = 6250 \text{ kg}$$

Cabe destacar que la normativa fija que, la altura sobre el nivel del suelo del centro de gravedad de las personas que se encuentran de pie está a 1 metro. En caso de que las personas se encuentren sentadas, la altura de su centro de gravedad estará a 0.30 metros sobre el nivel del suelo.

En lo referente en las condiciones de carga a estudiar, la normativa concreta que si la relación entre $\frac{m_{DLC}}{m_{MOC}} > 1,15$, se deben de cumplir los requisitos en las dos condiciones de carga. Siendo la relación del caso que nos concierne 1,152, deben de cumplir en las dos condiciones de carga.

14.2- ANALISIS Y EVALUACION DE LA ESTABILIDAD

Como se definió al principio del proyecto, la categoría de diseño de la embarcación es la categoría “B”. La normativa define unos requisitos que se deben aplicar a las embarcaciones monocascos en referencia a su categoría de diseño. Como se puede observar en la figura siguiente, para las categorías A y B, se deben dichos requisitos.

Opción	I
Categorías	A y B
Cubiertas o protecciones	Cubierta completa
Aberturas de inundación	6.2.1
Ensayo de la altura de inundación	6.2.2
Ángulo de inundación	6.2.3
Ángulo de estabilidad nula	6.3
Índice de estabilidad	6.4

Requisitos que se deben cumplir para la estabilidad. Normativa UNE-EN ISO 12217-2

- **Embarcación con cubierta completa.**

Embarcación en la que la proyección horizontal del área total de diseño comprende cualquier combinación de:

- ▶ Cubiertas estancas y superestructuras; y/o
- ▶ Nichos de achique rápido que cumplan con la Norma ISO 11812; y/o
- ▶ Nichos estancos que cumplan con la Norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a $LH BH FM/40$;

Todos los dispositivos cerrados son estancos al agua de acuerdo con la Norma ISO 12216.

- **Aberturas de inundación.**

En condiciones de navegación, tanto las escotillas superiores de la cubierta como las laterales, estarán cerradas y son estancas, por lo tanto el único punto de entrada de agua al interior de la embarcación es el acceso de popa.

- **Ensayo de la altura de inundación.**

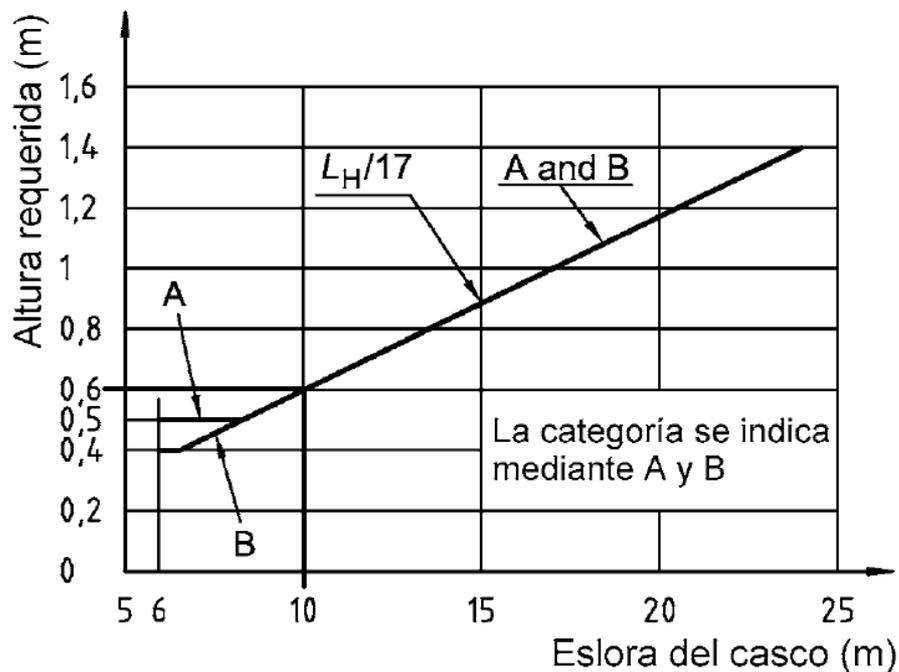
Este ensayo sirve para demostrar que la embarcación dispone de margen suficiente de franco bordo en la condición de carga de desplazamiento antes de que se embarque agua a bordo.

Este ensayo debe realizarse utilizando el personal que se describe a continuación, mediante los pesos de ensayo que representan al personal (a razón de 75 kg por persona), o por medio de cálculos (utilizando el plano de formas y el desplazamiento calculado a partir del pesaje o la medición de los franco bordos).

- ▶ Seleccionar un número de personas igual a la tripulación límite, cuyo peso medio no sea inferior a 75 kg.

- ▶ Cargar la embarcación, en aguas tranquilas, con todos los elementos que constituyen la carga máxima total y con las personas colocadas de forma que se consiga el asiento de diseño.
- ▶ Medir la altura desde la línea de flotación hasta los puntos por los que pueda comenzar a entrar el agua por cualquier abertura inundable.

Como se puede observar en la siguiente figura, para una eslora de casco de 10 metros, corresponde una altura de 0,6 metros.



Ensayo de la altura de inundación. Normativa UNE-EN ISO 12217-2

En el caso de la embarcación la altura es de 0,6 metros, por lo tanto, cumple.

- **Angulo de inundación.**

Este requisito sirve para comprobar que existe un margen suficiente del ángulo de escora antes de que puedan penetrar en la embarcación cantidades significativas de agua.

El ángulo de inundación para cualquier abertura inundable (ϕ_{DA}) aparte de las que están excluidas, debe ser mayor que el ángulo requerido de inundación ($\phi_{D(R)}$) que en el caso de las categorías A y B es de, $\phi_{D(R)} = 40^\circ$.

Como se especifico en el apartado de la altura de inundación, el único punto por el que puede entrar agua al interior de la embarcación es el acceso por popa, cuyo ángulo de inundación es de, $\phi_{DA} = 77^\circ$, por lo que cumple el requisito.

- **Ángulo de estabilidad nula y peso mínimo.**

Estos requisitos pretenden asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia.

Las embarcaciones que vayan a recibir la categoría de diseño B deben cumplir con el siguiente requisito

$$m > 1500 \text{ kg, } \phi_{V(R)} = (130 - 0,005 * m) \text{ pero siempre } \geq 95^\circ$$

Siendo “m” igual a la condición de mínima carga operativa, se calcula que:

$$\phi_{V(R)} = 102,8^\circ$$

Por lo tanto cumple con el requisito.

Alternativamente existen unos requisitos distintos para las categorías de diseño A y B. Concretamente para la categoría de diseño B, se define que el ángulo de estabilidad nula será mayor que 75° , el cual no es necesario, pero también cumple.

- **Índice de estabilidad (STIX).**

El índice de estabilidad es un método que permite obtener una evaluación conjunta de las propiedades de estabilidad de las embarcaciones a vela monocascos. El índice consiste en

un factor de eslora que se puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad.

Cada factor individual se debe calcular como se indica en la normativa, utilizando los valores para cada parámetro relativos a la condición de carga apropiada, y el valor de STIX y la categoría de diseño asociada se debe determinar al finalizar el cálculo.

Cada factor modificador se puede obtener por uno de estos tres caminos:

- ▶ El valor mínimo permitido, sin hacer más cálculos;
- ▶ Utilizando métodos aproximados;
- ▶ Mediante cálculos rigurosos.

Se debería hacer notar que el valor de cada factor está sujeto a límites tanto superiores como inferiores.

Todas las propiedades de los brazos del par de adrizamiento y de inundación se determinan para la embarcación en una adecuada condición de carga, corregidas en lo que sea necesario para las embarcaciones provistas de lastres asimétricos.

Se obtiene la categoría más ventajosa si se calculan rigurosamente estas propiedades. El ángulo de inundación se puede obtener bien siguiendo el anexo normativo B (que proporciona un método aproximado de cálculo), o bien se puede adoptar el límite inferior para un factor dado de STIX. Se permite cualquier combinación de cálculos rigurosos y aproximados, o bien utilizar los límites inferiores.

A continuación se detallan los siete factores a calcular y los límites de estos:

1. Factor de estabilidad dinámica (FDS).

Este factor representa la energía intrínseca de adrizamiento a superar antes de que ocurra un incidente de estabilidad. FDS nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

2. Factor de recuperación de la inversión (FIR).

Este factor representa la capacidad para recuperarse sin ayuda exterior después de una inversión. FIR nunca debe ser menor que 0.4 ó mayor que 1.5.

3. Factor de recuperación del hundimiento (FKR).

Este factor representa la capacidad de una embarcación para expulsar el agua de las velas y por tanto recuperarse después de haberse hundido. FKR nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.5.

4. Factor de eslora–desplazamiento (FDL).

Este factor tiene en cuenta el efecto favorable de un mayor desplazamiento para una eslora dada incrementando la resistencia al vuelco. FDL nunca debe ser menor que 0.75 ó mayor que 1.25.

5. Factor de desplazamiento – manga (FBD).

Este factor tiene en cuenta el incremento de vulnerabilidad al hundimiento con mares de costado en las embarcaciones con una apreciable obra muerta y el incremento de la manga en relación con el desplazamiento. FBD nunca debe ser menor que 0.75 ó mayor que 1.25.

6. Factor de momento debido al ciento (FWM).

En las embarcaciones en que bien ϕ_D o ϕ_{DH} sea menor de 90° , este factor representa el riesgo de inundación debido a rachas de viento que escoren una embarcación desprotegida. FWM nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.

7. Factor de inundación (FDF).

Este factor representa el riesgo de inundación en un hundimiento. FDF nunca debe ser menor que 0.5 ó mayor que 1.25.

14.3- CALCULOS DE LA ESTABILIDAD

Para los cálculos de la estabilidad se va a utilizar el programa informático Hidromax, que además de realizar los cálculos, también evaluara según los criterios que se han adoptado.

14.3.1- CALCULOS PARA LA CONDICION DE MAXIMA CARGA

14.3.1.1- CALCULOS DE ESTABILIDAD A GRANDES ANGULOS

Loadcase – Condición de máxima carga

Damage Case - Intact

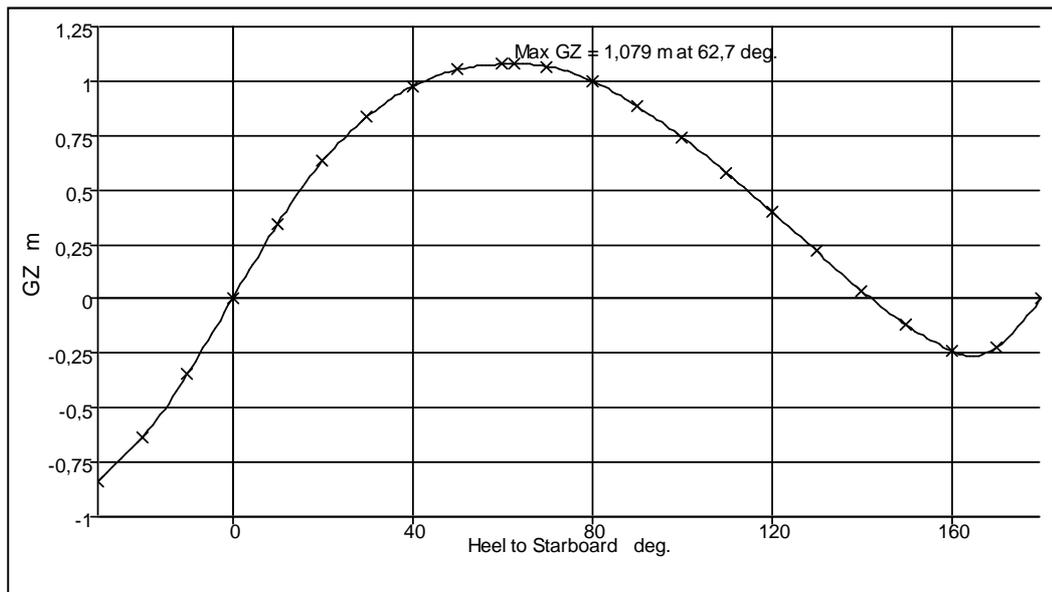
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analys method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m
Rosca	1	5,200	4,530	0,000	0,525
Personas X4	1	0,300	4,000	0,000	0,600
Personas X4	1	0,300	2,500	0,000	0,600
Pertrechos X8	1	0,160	4,400	0,000	0,300
Agua 100%	1	0,200	5,009	0,000	0,395
Combustible 100%	1	0,090	7,351	0,000	0,262
	Total Weight=	6,250	LCG=4,602	TCG=0,000	VCG=0,516

Tabla 97



Curva de estabilidad a grandes ángulos de la condición de máxima carga. Hidromax

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0
Displacement tonne	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
Draft at FP m	0,464	0,473	0,468	0,465	0,468	0,472	0,464
Draft at AP m	0,197	0,357	0,441	0,465	0,441	0,357	0,197
WL Length m	9,592	9,589	9,407	9,203	9,407	9,589	9,592
Immersed Depth m	1,637	1,850	1,969	2,000	1,969	1,850	1,637
WL Beam m	2,497	2,762	3,010	3,073	3,010	2,762	2,497
Wetted Area m ²	24,917	26,154	27,159	27,424	27,158	26,155	24,918
Waterpl. Area m ²	16,277	17,707	19,092	19,534	19,092	17,708	16,277
Prismatic Coeff.	0,460	0,463	0,469	0,477	0,469	0,463	0,460
Block Coeff.	0,156	0,124	0,109	0,108	0,109	0,124	0,156
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,582	4,580	4,581	4,581	4,581	4,579	4,582
VCB from DWL m	-0,268	-0,249	-0,225	-0,214	-0,225	-0,249	-0,268
GZ m	-0,835	-0,632	-0,345	0,000	0,345	0,632	0,835
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,604	4,527	4,433	4,394	4,433	4,527	4,604
TCF to zero pt. m	-0,532	-0,342	-0,147	0,000	0,147	0,342	0,532
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,0	10,0	20,0	30,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,7	-0,7	-0,2	0,0	-0,2	-0,7	-1,7

Heel to Starboard degrees	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
Displacement tonne	6,250	6,250	6,250	6,251	6,250	6,250	6,250
Draft at FP m	0,427	0,350	0,213	-0,068	-0,971	N/A	-2,815
Draft at AP m	-0,058	-0,426	-0,988	-2,033	-5,062	N/A	-6,625
WL Length m	9,408	9,144	8,932	8,833	8,815	9,081	9,512
Immersed Depth m	1,342	0,988	0,794	0,828	0,861	0,928	1,018
WL Beam m	2,301	2,118	2,723	3,011	1,510	1,470	1,466
Wetted Area m ²	24,161	23,683	22,231	20,085	19,426	19,584	19,782
Waterpl. Area m ²	15,225	14,026	13,050	12,370	11,500	11,281	11,313
Prismatic Coeff.	0,462	0,478	0,511	0,566	0,604	0,599	0,586
Block Coeff.	0,210	0,319	0,432	0,419	0,532	0,492	0,430
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,588	4,600	4,615	4,633	4,650	4,661	4,667
VCB from DWL m	-0,273	-0,278	-0,289	-0,307	-0,322	-0,332	-0,337
GZ m	0,976	1,052	1,077	1,068	1,001	0,886	0,743
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,658	4,729	4,779	4,829	4,897	4,953	4,992
TCF to zero pt. m	0,656	0,639	0,582	0,498	0,476	0,383	0,282
Max deck inclination deg	40,1	50,1	60,1	70,1	80,0	90,0	100,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,0	-4,8	-7,4	-12,1	-24,0	N/A	-22,5

Heel to Starboard degrees	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250
Draft at FP m	-1,913	-1,632	-1,503	-1,432	-1,393	-1,373	-1,367	-1,368
Draft at AP m	-3,582	-2,518	-1,956	-1,603	-1,364	-1,205	-1,130	-1,129
WL Length m	9,921	9,922	9,918	9,915	9,911	9,898	9,850	9,734
Immersed Depth m	1,073	1,092	1,070	1,005	0,895	0,733	0,511	0,472
WL Beam m	1,496	1,555	1,638	1,745	1,903	2,193	2,922	3,357
Wetted Area m ²	20,049	20,372	20,793	21,425	22,458	24,356	28,479	29,717
Waterpl. Area m ²	11,591	12,037	12,656	13,565	15,003	17,523	22,542	23,756
Prismatic Coeff.	0,579	0,600	0,627	0,660	0,703	0,759	0,829	0,827
Block Coeff.	0,383	0,362	0,351	0,350	0,361	0,383	0,415	0,396
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,662	4,649	4,627	4,602	4,578	4,557	4,546	4,546
VCB from DWL m	-0,337	-0,331	-0,320	-0,300	-0,270	-0,228	-0,171	-0,132
GZ m	0,579	0,402	0,218	0,039	-0,122	-0,237	-0,223	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,011	4,981	4,901	4,801	4,686	4,536	4,288	4,239
TCF to zero pt. m	0,179	0,073	-0,025	-0,101	-0,140	-0,115	0,060	0,000
Max deck inclination deg	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	169,9	178,5
Trim angle (+ve by stern) deg	-10,3	-5,5	-2,8	-1,1	0,2	1,0	1,5	1,5

Tabla 98

14.3.1.2- REQUISITOS DE LA NORMATIVA UNE-EN ISO 12217-2

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 3,757 m)		33,6
Deck Edge (immersion pos = 3,757 m)		36,4
escotilla superior	Downflooding point	1,419
escotilla inferior	Downflooding point	1,037

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	68,0	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	95,0	deg	98,75	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0	See ISO 12217-2		
	AS, sail area ISO 8666	72,000	m ²		
	height of centroid of AS	9,180	m		
	LH, Hydromax calculated	10,000	m		
	BH, Hydromax calculated	3,382	m		
	LWL, Hydromax calculated	9,203	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,073	m		
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,616	m		
	STIX value shall be greater than	23,0	See ISO 12217-2	48,2	Pass

	(>)				
	Intermediate values				
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	6,250	
	height of waterline in current loading condition		m	0,000	
	phiD, actual downflooding angle		deg	180,0	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	142,3	
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 142,3 deg.		m.deg	98,8073	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,886	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	0,000	
	FR		See ISO 12217-2	4,187	
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	9,469	
	FL, length factor		See ISO 12217-2	0,970	
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	1,950	
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(1,976)	See ISO 12217-2	1,500	
	FIR, inversion recovery factor	(1,175)	See ISO 12217-2	1,175	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,224)	See ISO 12217-2	1,224	
	FDL, displacement-length factor	(1,008)	See ISO 12217-2	1,008	
	FBD, beam-displacement factor	(1,066)	See ISO 12217-2	1,066	
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000	
	PDF, downflooding factor	(2,000)	See ISO 12217-2	1,250	
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
	angle of max. GZ	62,7	deg		
	lower heel angle	0,0	deg		
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg		
	higher heel angle	30,0	deg		
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg		
	shall be greater than (>)	3,1510	m.deg	14,0982	Pass

Tabla 99

14.3.1.3- CALCULOS DE EQUILIBRIO

Draft Amidsh. m	0,464
Displacement tonne	6,250
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,464
Draft at AP m	0,464
Draft at LCF m	0,464
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	9,204
WL Beam m	3,072
Wetted Area m ²	27,426
Waterpl. Area m ²	19,540
Prismatic Coeff.	0,477
Block Coeff.	0,108
Midship Area Coeff.	0,234
Waterpl. Area Coeff.	0,691
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,582
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,395
KB m	0,251
KG fluid m	0,000
BMt m	1,779
BML m	14,609
GMt corrected m	2,030
GML corrected m	14,859
KMt m	2,030
KML m	14,859
Immersion (TPc) tonne/cm	0,200
MTc tonne.m	0,101
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,221
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0

Tabla 100

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,002 m)		0,08
Deck Edge (freeboard pos = 0,002 m)		0,156
escotilla superior	Downflooding point	1,377
escotilla inferior	Downflooding point	0,995

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,600	m	0,995	Pass

Tabla 101

14.3.2- CALCULOS PARA LA CONDICION DE MINIMA CARGA OPERATIVA

14.3.2.1- CALCULOS DE ESTABILIDAD A GRANDES ANGULOS

Loadcase – Condición de mínima carga operativa

Damage Case - Intact

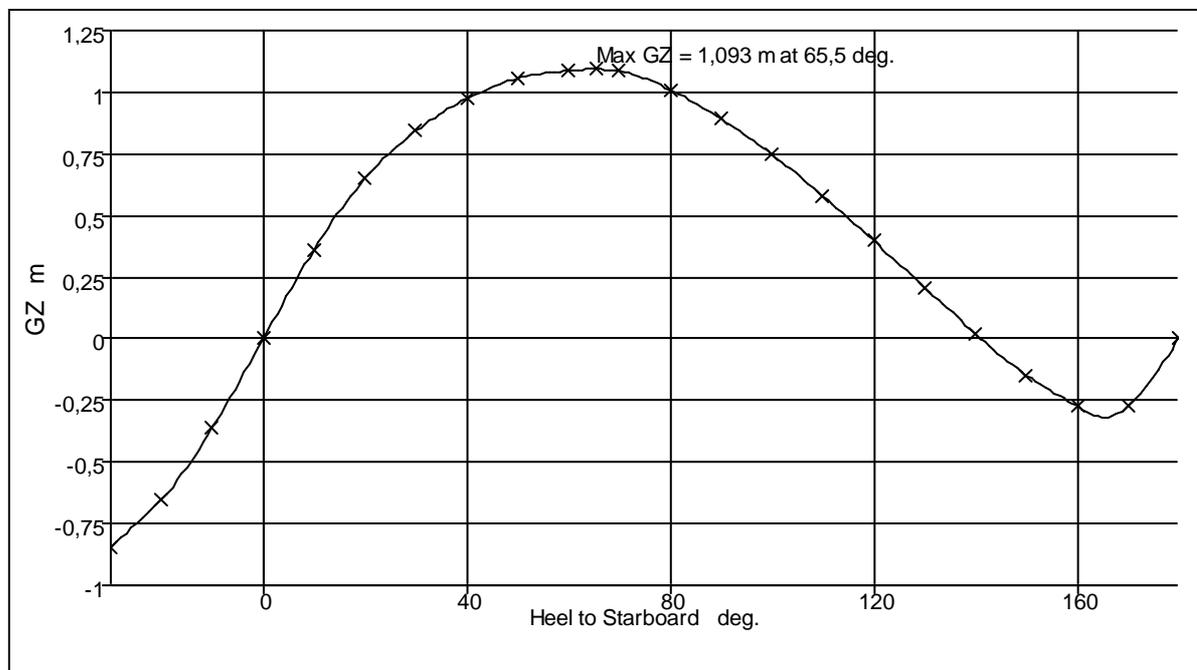
Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m
Rosca	1	5,200	4,530	0,000	0,525
Personas X 2	1	0,150	4,000	0,000	0,600
Pertrechos X2	1	0,040	4,400	0,000	0,300
Agua 10%	1	0,020	5,009	0,000	0,395
Combustible 10%	1	0,009	7,351	0,000	0,262
Aguas grises 10%	1	0,005	5,295	0,000	0,455
Total Weight=		5,424	LCG=4,500	TCG=0,000	VCG=0,661

Tabla 102



Curva de estabilidad a grandes ángulos de la condición de mínima carga operativa. Hidromax

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0
Displacement tonne	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424
Draft at FP m	0,418	0,430	0,425	0,422	0,425	0,430	0,418
Draft at AP m	0,125	0,300	0,395	0,422	0,395	0,300	0,125
WL Length m	9,213	9,233	9,055	9,005	9,054	9,232	9,213
Immersed Depth m	1,585	1,802	1,926	1,958	1,926	1,802	1,585
WL Beam m	2,377	2,647	2,947	3,033	2,947	2,647	2,377
Wetted Area m ²	23,282	24,584	25,852	26,314	25,851	24,585	23,283
Waterpl. Area m ²	15,080	16,559	18,194	18,787	18,194	16,560	15,080
Prismatic Coeff.	0,457	0,459	0,464	0,465	0,464	0,459	0,457
Block Coeff.	0,152	0,120	0,103	0,099	0,103	0,120	0,152
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,608	4,606	4,606	4,607	4,606	4,605	4,608
VCB from DWL m	-0,253	-0,237	-0,213	-0,201	-0,213	-0,237	-0,253
GZ m	-0,842	-0,649	-0,362	0,000	0,362	0,649	0,842
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,651	4,588	4,487	4,438	4,487	4,587	4,651
TCF to zero pt. m	-0,550	-0,366	-0,160	0,000	0,160	0,366	0,550
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,0	10,0	20,0	30,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,8	-0,8	-0,2	0,0	-0,2	-0,8	-1,8

Heel to Starboard degrees	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
Displacement tonne	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424
Draft at FP m	0,375	0,289	0,131	-0,193	-1,229	N/A	-3,064
Draft at AP m	-0,147	-0,546	-1,155	-2,294	-5,617	N/A	-7,205
WL Length m	9,013	8,737	8,516	8,387	8,444	8,840	9,316
Immersed Depth m	1,286	0,929	0,724	0,767	0,787	0,851	0,941
WL Beam m	2,263	2,241	2,638	3,174	1,503	1,460	1,451
Wetted Area m ²	22,504	21,699	20,015	17,922	17,830	17,995	18,201
Waterpl. Area m ²	14,301	13,387	12,440	11,692	11,055	10,827	10,823
Prismatic Coeff.	0,459	0,477	0,514	0,580	0,602	0,589	0,575
Block Coeff.	0,202	0,302	0,431	0,420	0,530	0,482	0,416
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,615	4,628	4,646	4,665	4,684	4,697	4,703
VCB from DWL m	-0,256	-0,257	-0,265	-0,281	-0,294	-0,303	-0,309
GZ m	0,974	1,056	1,087	1,085	1,009	0,892	0,746
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,684	4,750	4,799	4,840	4,892	4,942	4,977
TCF to zero pt. m	0,683	0,665	0,604	0,527	0,490	0,388	0,276
Max deck inclination deg	40,1	50,1	60,1	70,1	80,0	90,0	100,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,2	-5,2	-8,0	-12,9	-25,5	N/A	-24,2

Heel to Starboard degrees	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	5,424	5,423	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424	5,424
Draft at FP m	-2,035	-1,715	-1,568	-1,487	-1,441	-1,416	-1,405	-1,405
Draft at AP m	-3,872	-2,707	-2,092	-1,705	-1,442	-1,262	-1,166	-1,161
WL Length m	9,751	9,890	9,891	9,892	9,890	9,879	9,834	9,715
Immersed Depth m	0,998	1,019	1,002	0,942	0,838	0,684	0,475	0,434
WL Beam m	1,473	1,518	1,581	1,663	1,796	2,054	2,716	3,363
Wetted Area m ²	18,479	18,831	19,259	19,870	20,860	22,682	26,818	28,987
Waterpl. Area m ²	11,041	11,437	11,966	12,762	14,078	16,452	21,471	23,747
Prismatic Coeff.	0,568	0,584	0,613	0,649	0,696	0,755	0,834	0,817
Block Coeff.	0,369	0,346	0,338	0,342	0,356	0,381	0,417	0,373
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,699	4,684	4,661	4,634	4,607	4,584	4,570	4,570
VCB from DWL m	-0,310	-0,307	-0,297	-0,279	-0,251	-0,212	-0,158	-0,116
GZ m	0,579	0,397	0,209	0,022	-0,148	-0,274	-0,274	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,999	4,987	4,920	4,830	4,722	4,580	4,328	4,252
TCF to zero pt. m	0,164	0,055	-0,048	-0,129	-0,178	-0,167	-0,002	0,000
Max deck inclination deg	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	169,9	178,5
Trim angle (+ve by stern) deg	-11,3	-6,2	-3,3	-1,4	0,0	1,0	1,5	1,5

Tabla 103

14.3.2.2- REQUISITOS DE LA NORMATIVA UNE-EN ISO 12217-2

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 3,757 m)		33,6
Deck Edge (immersion pos = 3,757 m)		36,4
escotilla superior	Downflooding point	1,419
escotilla inferior	Downflooding point	1,037

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	77,0	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	95,0	deg	102,8	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0	See ISO 12217-2		
	AS, sail area ISO 8666	72,000	m ²		
	height of centroid of AS		m		
	LH, Hydromax calculated	10,000	m		
	BH, Hydromax calculated	3,382	m		
	LWL, Hydromax calculated	9,005	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,033	m		

	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,658	m		
	STIX value shall be greater than (>)	23,0	See ISO 12217-2	45,9	Pass
	Intermediate values				
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	5,424	
	height of waterline in current loading condition		m	-0,042	
	phiD, actual downflooding angle		deg	180,0	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	141,2	
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 142,3 deg.		m.deg	99,4697	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,892	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	0,000	
	FR		See ISO 12217-2	3,644	
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	9,337	
	FL, length factor		See ISO 12217-2	0,968	
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	2,044	
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(1,990)	See ISO 12217-2	1,500	
	FIR, inversion recovery factor	(1,161)	See ISO 12217-2	1,161	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,179)	See ISO 12217-2	1,179	
	FDL, displacement-length factor	(0,987)	See ISO 12217-2	0,987	
	FBD, beam-displacement factor	(1,059)	See ISO 12217-2	1,059	
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000	
	PDF, downflooding factor	(2,000)	See ISO 12217-2	1,250	
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax				Pass
	from the greater of				
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
	angle of max. GZ	65,5	deg		
	lower heel angle	0,0	deg		
	required GZ area at lower heel angle	4,8700	m.deg		
	higher heel angle	30,0	deg		
	required GZ area at higher heel angle	3,1510	m.deg		
	shall be greater than (>)	3,1510	m.deg	14,5030	Pass

Tabla 104

14.3.2.3- CALCULOS DE EQUILIBRIO

Draft Amidsh. m	0,422
Displacement tonne	5,424
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,422
Draft at AP m	0,422
Draft at LCF m	0,422
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	9,005
WL Beam m	3,033
Wetted Area m ²	26,314
Waterpl. Area m ²	18,787
Prismatic Coeff.	0,465
Block Coeff.	0,099
Midship Area Coeff.	0,220
Waterpl. Area Coeff.	0,688
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,607
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,438
KB m	0,221
KG fluid m	0,000
BMt m	1,924
BML m	15,331
GMt corrected m	2,146
GML corrected m	15,552
KMt m	2,146
KML m	15,552
Immersion (TPc) tonne/cm	0,193
MTc tonne.m	0,092
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,203
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0

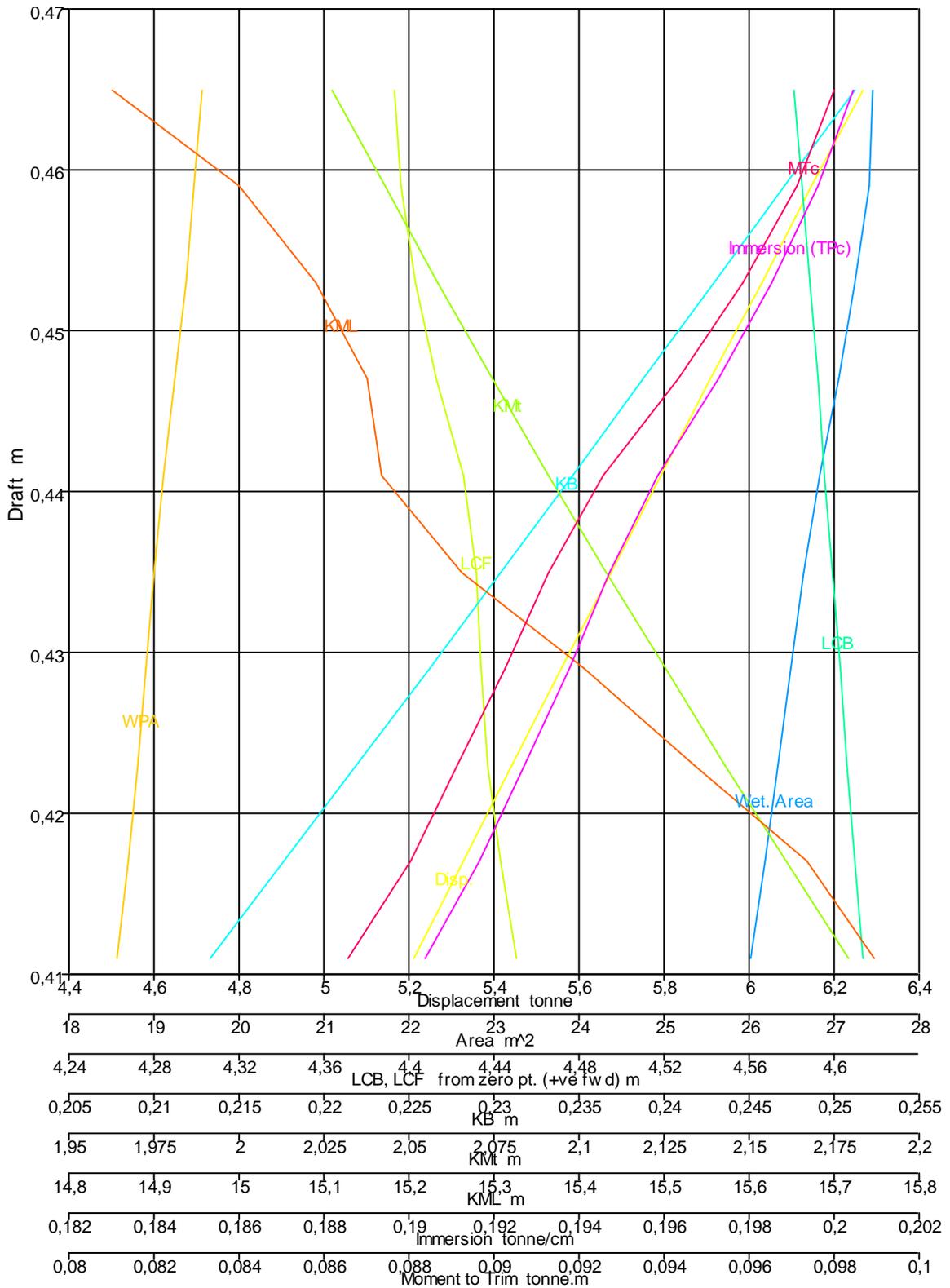
Tabla 105

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,002 m)		0,122
Deck Edge (freeboard pos = 0,002 m)		0,198
escotilla superior	Downflooding point	1,377
escotilla inferior	Downflooding point	0,995

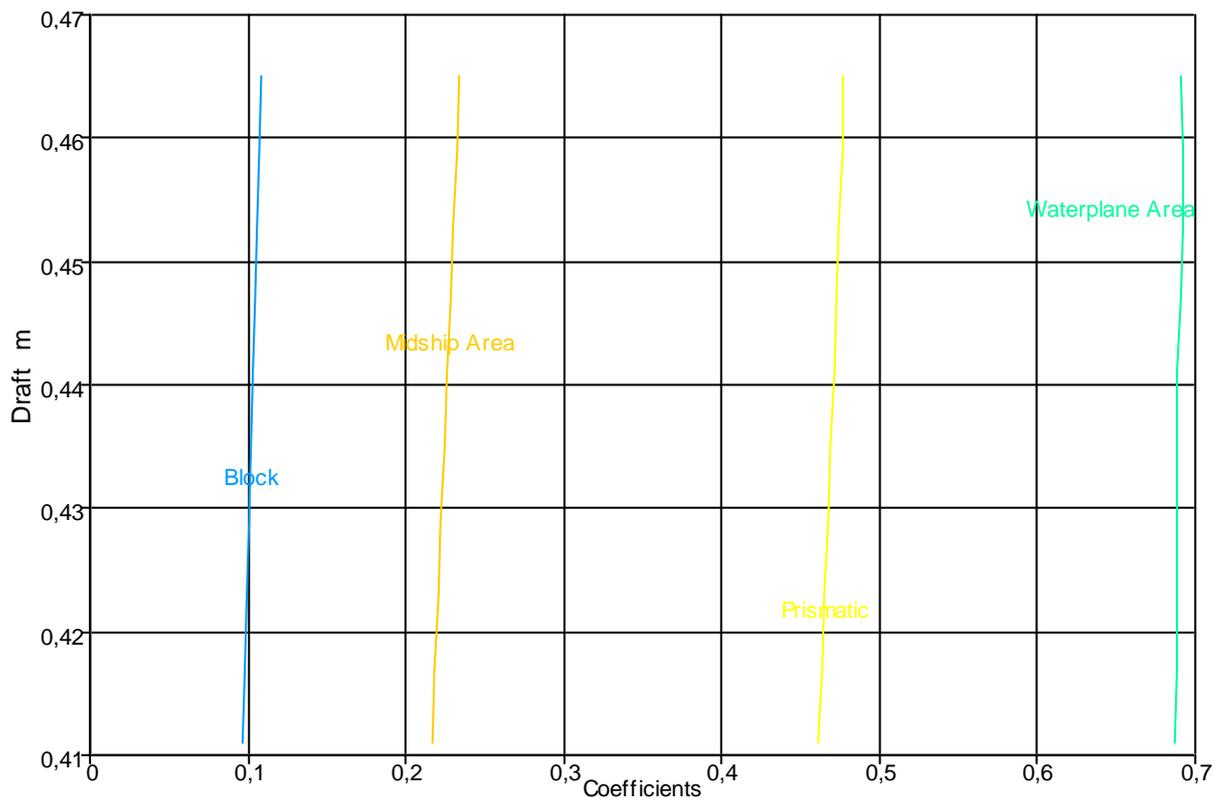
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	The min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,600	m	1,037	Pass

Tabla 106

14.4- CURVAS HIDROSTATICAS



Curvas hidrostáticas. Hydromax



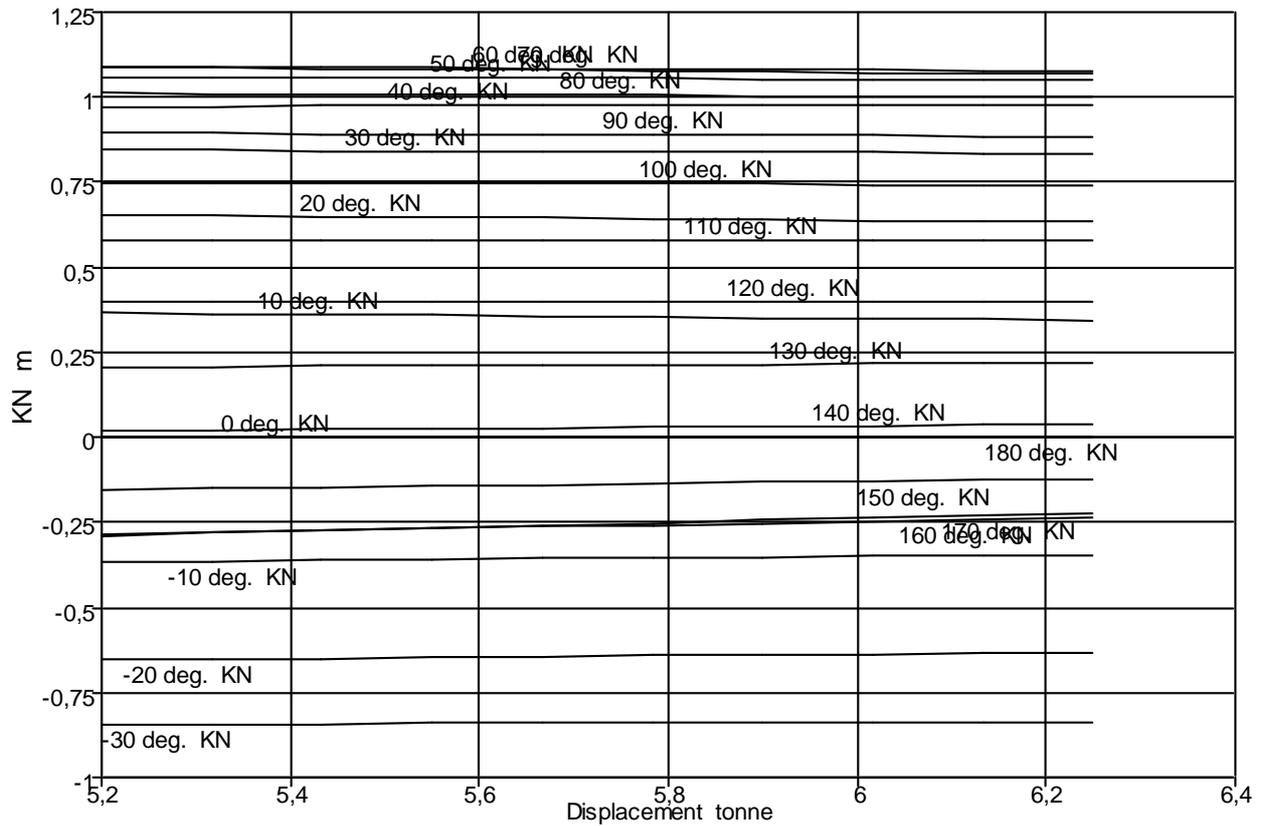
Curvas hidrostáticas. Hydromax

Hydrostatics										
Draft Amidsh. m	0,465	0,459	0,453	0,447	0,441	0,435	0,429	0,423	0,417	0,411
Displacement tonne	6,268	6,148	6,028	5,910	5,792	5,675	5,558	5,442	5,327	5,212
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,465	0,459	0,453	0,447	0,441	0,435	0,429	0,423	0,417	0,411
Draft at AP m	0,465	0,459	0,453	0,447	0,441	0,435	0,429	0,423	0,417	0,411
Draft at LCF m	0,465	0,459	0,453	0,447	0,441	0,435	0,429	0,423	0,417	0,411
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	9,212	9,172	9,145	9,119	9,092	9,065	9,037	9,010	8,982	8,954
WL Beam m	3,073	3,068	3,062	3,057	3,051	3,046	3,040	3,034	3,027	3,021
Wetted Area m ²	27,452	27,417	27,247	27,061	26,823	26,640	26,492	26,339	26,183	26,013
Waterpl. Area m ²	19,558	19,476	19,369	19,246	19,106	18,997	18,904	18,803	18,698	18,573
Prismatic Coeff.	0,477	0,476	0,474	0,473	0,471	0,469	0,467	0,465	0,463	0,461
Block Coeff.	0,108	0,107	0,106	0,104	0,103	0,102	0,100	0,099	0,098	0,097
Midship Area Coeff.	0,234	0,232	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216
Waterpl. Area Coeff.	0,691	0,692	0,692	0,690	0,689	0,688	0,688	0,688	0,688	0,687
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,581	4,585	4,589	4,592	4,596	4,599	4,603	4,606	4,610	4,613
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,393	4,396	4,403	4,413	4,426	4,432	4,434	4,437	4,443	4,451
KB m	0,251	0,247	0,243	0,239	0,235	0,230	0,226	0,222	0,218	0,213
KG m	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465	0,465
BMt m	1,776	1,796	1,815	1,836	1,856	1,877	1,899	1,921	1,943	1,966
BML m	14,600	14,754	14,849	14,911	14,933	15,033	15,180	15,313	15,451	15,533
GMt m	1,563	1,578	1,594	1,610	1,626	1,643	1,661	1,678	1,696	1,715
GML m	14,387	14,536	14,627	14,686	14,703	14,798	14,942	15,071	15,204	15,282

KMt m	2,028	2,043	2,058	2,074	2,091	2,108	2,125	2,143	2,161	2,179
KML m	14,851	15,001	15,091	15,150	15,168	15,263	15,407	15,535	15,668	15,746
Immersion (TPc) tonne/cm	0,200	0,200	0,199	0,197	0,196	0,195	0,194	0,193	0,192	0,190
MTc tonne.m	0,098	0,097	0,096	0,094	0,093	0,091	0,090	0,089	0,088	0,087
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,171	0,169	0,168	0,166	0,164	0,163	0,161	0,159	0,158	0,156
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 107

14.5- CALCULO DE LAS CURVAS DE BRAZOS KN



Curvas de brazos KN. Hydromax

Displacement tonne	KN 30,0 deg. Port.	KN 20,0 deg. Port.	KN 10,0 deg. Port.	KN 0,0 deg.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.
5,200	-0,844	-0,654	-0,367	0,000	0,367	0,654	0,844
5,317	-0,843	-0,652	-0,364	0,000	0,364	0,652	0,843
5,433	-0,842	-0,649	-0,362	0,000	0,362	0,649	0,842
5,550	-0,841	-0,647	-0,359	0,000	0,359	0,647	0,841
5,667	-0,840	-0,644	-0,357	0,000	0,357	0,644	0,840
5,783	-0,839	-0,642	-0,354	0,000	0,354	0,642	0,839
5,900	-0,838	-0,639	-0,352	0,000	0,352	0,640	0,838
6,017	-0,837	-0,637	-0,349	0,000	0,349	0,637	0,837
6,133	-0,836	-0,635	-0,347	0,000	0,347	0,635	0,836
6,250	-0,835	-0,633	-0,345	0,000	0,345	0,633	0,835

Displacement tonne	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.	KN 70,0 deg. Starb.	KN 80,0 deg. Starb.	KN 90,0 deg. Starb.	KN 100,0 deg. Starb.
5,200	0,972	1,056	1,090	1,090	1,012	0,894	0,748
5,317	0,973	1,056	1,089	1,087	1,011	0,893	0,747
5,433	0,974	1,056	1,087	1,085	1,009	0,892	0,746
5,550	0,974	1,055	1,086	1,082	1,008	0,891	0,746
5,667	0,975	1,055	1,084	1,080	1,007	0,890	0,745
5,783	0,975	1,054	1,083	1,077	1,006	0,889	0,744
5,900	0,976	1,054	1,082	1,075	1,004	0,888	0,744
6,017	0,976	1,053	1,080	1,072	1,003	0,887	0,743
6,133	0,976	1,053	1,079	1,070	1,002	0,886	0,743
6,250	0,976	1,052	1,077	1,068	1,001	0,885	0,742

Displacement tonne	KN 110,0 deg. Starb.	KN 120,0 deg. Starb.	KN 130,0 deg. Starb.	KN 140,0 deg. Starb.	KN 150,0 deg. Starb.	KN 160,0 deg. Starb.	KN 170,0 deg. Starb.	KN 180,0 deg. Starb.
5,200	0,579	0,397	0,206	0,018	-0,155	-0,285	-0,289	0,000
5,317	0,579	0,397	0,208	0,020	-0,151	-0,279	-0,281	0,000
5,433	0,579	0,398	0,209	0,023	-0,147	-0,274	-0,273	0,000
5,550	0,579	0,398	0,210	0,025	-0,144	-0,268	-0,266	0,000
5,667	0,579	0,398	0,212	0,027	-0,140	-0,263	-0,258	0,000
5,783	0,579	0,399	0,213	0,030	-0,136	-0,258	-0,251	0,000
5,900	0,578	0,399	0,214	0,032	-0,133	-0,252	-0,244	0,000
6,017	0,578	0,400	0,215	0,034	-0,129	-0,247	-0,237	0,000
6,133	0,578	0,401	0,217	0,037	-0,126	-0,242	-0,230	0,000
6,250	0,578	0,401	0,218	0,039	-0,122	-0,237	-0,223	0,000

Tabla 108

15- REGULACION DE LOS EQUIPAMIENTOS.

Esta regulación se lleva a cabo con la ORDEN FOM/1144/2003, de 28 de abril, por la que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos por aguas sucias, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

Como se especifico anteriormente la categoría de diseño es la “B”, la cual comprende viajes en alta mar, en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas, donde se pueden encontrar vientos de hasta fuerza 8 en la escala de Beaufort y olas de altura significativa de hasta 4 metros, lo que es lo mismo que, zona 2 de navegación.

15.1- EQUIPOS DE SALVAMENTO Y SEGURIDAD.

El equipo de salvamento y seguridad lo componen:

- ▶ Una balsa salvavidas con capacidad para 8 personas homologada por la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM), equipada con un paquete de emergencia tipo B, perteneciente a la zona 2 de navegación.
- ▶ Chalecos salvavidas homologados por la DGMM, en total 8, uno para cada persona en la situación de máxima capacidad de tripulación.
- ▶ 1 Aro de salvamento con luz y rabiza tipo homologado por la DGMM.
- ▶ Un equipo pirotécnico de socorro homologado, el cual consta de: 6 cohetes con luz roja y paracaídas, 6 bengalas de mano y 2 señales fumígenas flotantes.

15.2- EQUIPO DE NAVEGACION.

▶ Luces y marcas de navegación, que deberán ajustarse al Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, 1972, y sus modificaciones posteriores.

Este equipo va compuesto de:

- Luz de tope (navegación): Luz blanca 225°.
- Luz de costado: Luz verde 112.5°.
- Luz de alcance: Luz blanca 135°.
- Luz todo horizonte: Luz blanca 360°.

▶ El equipo de fondeo se compone de:

- Ancla de 16 kg con una tolerancia del 10%.
- Cadena de 50 metros de longitud de acero galvanizado de 8 mm de diámetro.
- Molinete eléctrico de la marca Lofrans de 500 W y 550 kg de carga máxima.

▶ Material náutico:

- 1 Compás
- 1 Corredera
- 1 Compás de punta
- 1 Transportador
- 1 Regla de 40 cm
- 1 Prismáticos
- 1 Cartas y libros náuticos
- 1 Bocina de niebla
- 1 Barómetro
- 1 Campana o similar
- 1 Pabellón nacional
- 1 Código de banderas
- 2 Linterna estanca
- 1 Espejo de señales
- 1 Reflector de radar
- Código de señales

- ▶ Material de armamento diverso:
 - 1 Caña de timón de emergencia.
 - 2 Estachas de amarre, de longitud y resistencia adecuadas a la eslora de la embarcación.
 - 1 Bichero.
 - 1 Botiquín tipo C.

15.3- EQUIPOS CONTRAINCENDIO Y DE ACHIQUE.

- ▶ El quipo contraincendios lo compone:
 - 2 Extintores del tipo 21 B.
 - 2 Baldes de 7 litros de capacidad mínima.

- ▶ El quipo achique lo compone:
 - 1 Bomba accionada por el motor principal u otra fuente de energía.
 - 2 Baldes de 7 litros de capacidad mínima (los mismos que los del quipo contraincendios).
 - 1 Bomba de accionamiento manual.

15.4- PREVENCIÓN DE VERTIDOS.

- ▶ Vertidos de aguas sucias y contaminantes:

Las embarcaciones estarán construidas y/o dotadas de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceite o combustibles, en el agua.

- ▶ Sistema de retención de instalaciones sanitarias:
 - Toda embarcación de recreo dotada de aseos deberá estar provista, sin perjuicios de los requisitos exigidos para las embarcaciones con el marcado CE, de depósitos de retención o instalaciones que puedan contener depósitos, destinados a retener las aguas sucias generadas durante la permanencia de la embarcación en zonas para las cuales existan limitaciones del vertido en este

tipo de aguas, y con capacidad suficiente para el número de personas a bordo. Los aseos con sistema de tanque de almacenamiento transportable son aceptables si cumplen con lo dispuesto en ISO 8099.

- Los depósitos fijos:
 - Estarán conectados con las descargas de los aseos instalados en la embarcación, con conexiones lo más cortas y directas que sea posible, y serán instalados en lugares accesibles. En las embarcaciones con más de un aseo, ya matriculadas, que tengan dificultades, por motivos de espacio, para la conexión de todos los aseos, al menos uno de los aseos estará conectado con los depósitos fijos o instalaciones.
 - Dispondrán de medios de ventilación adecuados.
 - Dispondrán de medios para indicar que el contenido en aguas sucias almacenado supere los $\frac{3}{4}$ del depósito o instalación.
 - Su capacidad será suficiente para retener las aguas sucias generadas por el máximo número de personas autorizadas para la embarcación, durante al menos dos días a razón de 4 litros por persona y día.

16- PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONOMICO.

Para la realización del presupuesto se ha de puntualizar que la previsión de construcción es de 10 unidades y por lo tanto, bajara el coste de producción por unidad, en la adquisición de materiales, y habrá una amortización del diseño del proyecto y el molde.

16.1- DESGLOSE DETALLADO DEL PRESUPUESTO DE MATERIALES.

ESTRUCTURA				
ELEMENTO	CANTIDAD	Kg	€/Kg	PVP IVA incl
Mat	---	327	4,53	1481,31
Tejido	---	385	5,96	2294,6
Resina poliéster	---	304	4,29	1304,16
Gel coat	---	80	1,75	140
Planchas PVC 10 mm	25 m ²		25€/m ²	625
Bolsa de vacío	1		1400€/u	1400
Plomo lastre	---	2000	0,65	1300
pino contrachapado	78 m ²		12,35€/m ²	963,3
total				9508,37

Tabla 109

MOLDE Y MODELO				
ELEMENTO	CANTIDAD	m ²	€/m ²	PVP IVA incl
Modelo de casco	---	44,873	1450	65065,85
Modelo cubierta	---	24,734	1450	35864,3
Total para 10 embarcaciones				100930,15
Total por embarcación				10093,015

Tabla 110

HABILITACION			
CAMAROTE DE PROA			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Colchón + almohada	1	150	150
Armario	2	40	80
Sábanas y mantas(D)	1	30	30
Escotilla	1	32	32
total			292

Tabla 111

CAMAROTE DE POPA			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Colchón + almohada	1	130	130
Armario	1	40	40
Sábanas y mantas	1	30	30
total			200

Tabla 112

SALON Y MESA DE CARTAS			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Sofá	2	360	720
Mesa abatible	1	160	160
Sábanas y mantas (I)	2	20	40
Ventanas salón	2	35	70
Escotilla salón	1	32	32
Embellecedor mástil	1	120	120
Mesa de cartas	1	140	140
Sillón mesa de cartas	1	45	45
Panel mesa de cartas	1	35	35
ventana mesa de cartas	1	32	32
total			1394

Tabla 113

COCINA			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Armario	2	40	80
Estantería	1	30	30
Horno + 2 fogones	1	219	219
Conexión gas	1	45,5	45,5
Nevera	1	263,25	263,25
Fregadero + grifo	1	59,65	59,65
Encimera	1	64,95	64,95
Ventana cocina	1	32	32
total			794,35

Tabla 114

ASEO			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Suelo plataforma	1	102,35	102,35
Lavabo+grifo+armario	1	78,5	78,5
WC con bomba	1	198,97	198,97
Deposito aguas grises 50L	1	194,95	194,95
Armario	1	30	30
Tuberías	1	20	20
total			624,77

Tabla 115

MAQUINARIA E INSTALACIONES			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Motor volvo penta D1-20	1	6363,042	6363,042
Batería de arranque	1	853,6	853,6
Batería servicio	1	125,28	125,28
Acoplador de baterías	1	24	24
Bomba de presión	1	84,71	84,71
Bomba de achique	1	81,6	81,6
Calentador 24 L	1	348,18	348,18
Molinete	1	683,15	683,15
Winch lewmar 46 st crom	4	917,7	3670,8
Winch lewmar 58 st crom	2	1666,35	3332,7
Tanque agua 100 L	2	102,25	204,5
Tanque combustible 100L	1	112,24	112,24
Timón	1	890,21	890,21
Mecha de timón	1	437,35	437,35
total			17217,112

Tabla 116

VELAS APAREJOS Y QUIPO DE CUBIERTA			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Mástil c/2 pares crucetas	1	5660	5660
Botavara	1	525	525
Vela mayor	1	1390	1390
Vela menor	1	1412	1412
Tangón	1	430	430
Spinnaker	1	2700	2700
Carro escota mayor	1	661,24	661,24
Carro escota menor	2	385,84	771,68
Stays (pr y pp)	2	101,25	202,5
Obenques	2	81,37	162,74
Enrollador de génova	1	1665	1665
Toma de rizos de la mayor	1	95,63	95,63
Contra de la botavara	1	127,5	127,5
Tensor del backstay	1	515	515
Kit de poleas	1	212,98	212,98
Candeleros proa	2	78	156
Candeleros popa	2	78	156
Pedestal	1	299,95	299,95
Rueda de timón	1	115,69	115,69
total			16843,27

Tabla 117

EQUIPO DE SALVAMENTO PARA ZONA 2			
ELEMENTO	CANTIDAD	€/Unidad	PVP IVA incl
Balsa salvavidas 8/p	1	2165	2165
Equipo pirotécnico zona 2	1	243	243
Extintor 2kg	2	44,68	89,36
Reflector radar	1	12,03	12,03
Luces de emergencia	2	9,51	19,02
Aro de salvavidas	1	37,46	37,46
Chaleco salvavidas	8	25,24	201,92
Bocina	2	5,54	11,08
Botiquín zona 2	1	155,9	155,9
Balde contra incendios	2	24,32	48,64
total			2983,41

Tabla 118

Las casas oficiales y empresas dedicadas al comercio en este sector, ofrecen ventajas en relación al número de productos adquiridos, estas ventajas oscilan entre el 25% y el 35%, llegando incluso al 50% si los pedidos son muy cuantiosos.

Para el cálculo del presupuesto, y con el afán de que sea competitivo, se ha optado por escoger de media el mínimo descuento, 25%.

Resumen de coste de materiales	
Neto a profesional -25%	37.777,44 €
Total IVA	6.044,39 €
Total coste de materiales	43.812,83 €

Tabla 119

16.2- TIEMPO DE FABRICACION Y COSTE DE MANO DE OBRA.

A la estimación del tiempo de fabricación se le ha añadido un margen del 5% por los imprevistos que puedan ocurrir.

Tiempo de construcción de una embarcación	
Trabajo	horas
Limpieza y aplicación de desmoldeante	42
Pintado y laminado	585
Desmoldeo	40
Montaje de motor y accesorios	335
Carpintería	430
Montaje eléctrico y fontanería	40
Montaje maquinaria e instalaciones	480
Acabados	100
5 % margen por imprevistos	103
Total horas fabricación	2155

Tabla 120

Para la construcción de la embarcación se ha optado por escoger una cuadrilla de 7 personas.

Cuadrilla de trabajo		
Rango	personas	€/hora
Oficial 1º	1	25
Oficial 2º	2	18
Peón	4	12

Tabla 121

Tabla resumen tiempo de fabricación-mano de obra	
horas/Hombres/día	56
Total € / día	872
Total días de fabricación	38,5
total €/ mano de obra	33.572 €

Tabla 122

16.3- COSTE DEL PROYECTO Y GASTOS DEL ASTILLERO.

Diseño del proyecto	
Coste del diseño (para 10 productos)	18.000 €
total por embarcación	1.800 €

Tabla 123

Gastos del astillero	
Concepto	€/mes
Alquiler nave 500 m ²	1500
Teléfono	100-150
Agua y luz	200-250
Administración y gestoría	500
total	2.350 €

Tabla 124

16.4- RESUMEN DEL PRESUPUESTO Y CALCULO DEL BENEFICIO.

Tabla resumen precio-coste, venta ,beneficio	
Coste/unidad	82.993,50 €
PVP / unidad	95.000,00 €
PVP IVA incl / unidad	110.200,00 €
IVA / unidad	15.200,00 €
Deducción IVA	6.708,39 €
Total IVA a pagar a Hacienda / unidad	8.491,61 €
Total beneficio / unidad	18.714,89 €

Tabla 125

Predicción del volumen del negocio	
Unidades/año	5
beneficios/año	93.574 €
beneficios/mes	7.797,87 €

Tabla 126

El beneficio por unidad asciende al 22,55% del coste de la fabricación de la embarcación.

ANEXO A

- CALCULO DEL ESCANTILLONADO CON LA NORMA UNE-EN ISO 12215-5.

- $C_b = 0.447$

- Categoría B de diseño

- $m_{LDC} > 5 \cdot Lwl^3$

mldc	6250	Kg.
Gzmax=60	1,077	m.
Lwl	9,2	m.

Kdc	0,8
ncg	3
Ksls	1

CALCULO DE LAS PRESIONES DE DISEÑO

PRESIONES DE DISEÑO EN EL FONDO

PBSbase 53,782 KN/m2

PBS min 16,566 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)
F1	7,34398	0,7983	712,149	2500,000	1,267890496
F2	4,4896	0,4880	712,149	3404,040	1,267890496
F3	1,666396	0,1811	612,260	2293,950	0,937155769

Paneles	Kl	Kr	Kar	PBS (KN/m2)
F1	1,0000	1,2864	0,4444	19,123
F2	0,9069	1,2864	0,4444	17,341
F3	0,6516	1,3163	0,4980	16,566

PRESIONES DE DISEÑO EN LOS COSTADOS

PDSbase 20,9456 KN/m2 **PSS min** 10,304 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)
C1	7,80436	0,8483	1094,270	3213,5	2,9936
C2	4,488	0,4878	872,830	3404	1,9046
C3	2,01629	0,2192	811,92	2832	1,6480

Paneles	Kl	Kr	Kar	h (m)
C1	1,0000	1,172	0,3129	0,597
C2	0,9067	1,238	0,3786	0,500
C3	0,6833	1,256	0,4013	0,473

Paneles	Z (m)	Kz	PSS (KN/m2)
C1	1,19432	0,5001	10,304
C2	1,00638	0,5029	10,304
C3	0,94598	0,5000	10,304

PRESIONES DE DISEÑO EN LA CUBIERTA

PDSbase 20,9456 KN/m2 **PDS min** 5 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	b (mm)	l (mm)	Ad (m2)
CU1	7,80436	0,8483	254,09	3213,500	0,1614
CU2	4,488	0,4878	461,160	3404,040	0,5317
CU3	2,01629	0,2192	283,700	2831,760	0,2012

Paneles	Kl	Kr	Kar	PDS (KN/m2)
CU1	1,0000	1,424	0,9130	15,2979
CU2	0,9067	1,362	0,6106	9,2770
CU3	0,6833	1,415	0,8492	9,7226

PRESIONES DE DISEÑO EN LA SUPERESTRUCTURA

PDSbase 20,9456 KN/m2 **PDS min** 5 KN/m2

Paneles	x (m)	x/Lwl	Kl	b (mm)	l (mm)
Sfp	7,81672	0,8496	1,0000	338,22	3300,000
Scb	4,08237	0,4437	0,8700	254,09	4168,694
Scce	4,08237	0,4437	0,8700	254,09	4168,694
Cas	4,08237	0,4437	0,8700	638,216	4168,694

Paneles	Ad (m2)	Kr	Kar	Ksup	PSUP (KN/m2)
Sfp	1,1161	1,399	0,5020	1,0000	8,4125
Scb	1,0592	1,424	0,5192	0,6700	5,0714
Scce	1,0592	1,424	0,5192	0,6700	5,0714
Cas	2,6605	1,309	0,3620	0,5000	5,0000

PRESIONES DE DISEÑO EN LOS MAMPAROS

Mamparos Estancos	h (m)	hb (m)	PWB (KN/m2)
Mamparo de Colisión, Proa	1,414925	0,9433	11,936
Mamparo de Popa	1,05779	0,7052	11,936

La normativa concreta que todo mamparo que no sea un mamparo estanco, ha de proyectarse y calcularse como un mamparo estructural.

Mamparos Estructurales	h (m)	hb (m)	PTB (KN/m ²)
Mamparo Aparejo	1,7892	1,1928	11,928
Mamparo de Motor	1,79045	1,1936	11,936

CALCULO DE LOS ESPESORES DEL CASCO Y LAMINADOS

- w_{fmin}=Masa mínima de fibra seca para el laminado de FRP

- V= 7.1582

	K5	A	K7	K8	w _{fmin} (Kg/m ²)
Fondo	1	1,5	0,03	0,15	1,8913
Costado	1	1,5	0	0,15	0,7111

Tipos de Tejidos de varios Gramajes:			
Tejido	w (gr/m ²)	Ψ (Bolsa de Vacío)	t (mm)
MAT 300	300	0,36	0,5616
MAT 450	450	0,36	0,8424
MAT 600	600	0,36	1,1233
TEJIDO 450	450	0,58	0,4473
TEJIDO 500	500	0,58	0,4970
TEJIDO 600	600	0,58	0,5964
TEJIDO 800	800	0,58	0,7953

Características para la masa de fibra		
	Ψ =	0,4
σ _{ut} :	133,00	N/mm ²
σ _{uc} :	132,00	N/mm ²
σ _{uf} :	187,32	N/mm ²
E:	10200	N/mm ²
G:	2920	N/mm ²
σ _{dto} :	66,50	N/mm ²
σ _{dci} :	66,00	N/mm ²

CALCULO DEL ESPESOR Y LAMINADO DEL FONDO

	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	K _c
Panel F1	970,000	103,4600	2500,000	0,10666	0,7448
Panel F2	970,000	1,87	3404,040	0,00193	1,0000
Panel F3	612,260	4,22	2293,950	0,00689	1,0000

	P (KN/m ²)	l/b	K ₂
Panel F1	19,123	2,5773	0,5
Panel F2	17,341	3,5093	0,5
Panel F3	16,566	3,7467	0,5

	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
Panel F1	93,66	7,2997
Panel F2	93,66	9,3330
Panel F3	93,66	5,7577

ESPESOR DE DISEÑO
t = 9,33 mm

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,4473
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,0000
csm 450	450	0,8424
wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
Total	5150	9,5081

gr/m ²	
MAT	2400
TEJIDO	2750
Resina (gr/m ²)	
MAT	816
TEJIDO	1375,00
peso laminado (gr/m ²)	
MAT+Resina	3216
TEJIDO+Resina	4125,00
Total	7341,00

CALCULO DEL ESPESOR Y LAMINADO DE LOS COSTADOS

	b (mm)	c (mm)	l (mm)	c/b	Kc
Panel C1	1094,27	27,280	3213,500	0,02493	1,0000
Panel C2	872,83	24,89	3404,040	0,02852	1,0000
Panel C3	811,92	28,036	2831,760	0,03453	0,9850

	P (KN/m ²)	l/b	K2
Panel C1	10,304	2,9367	0,5
Panel C2	10,304	3,9000	0,5
Panel C3	10,304	3,4877	0,5

	σ_d (N/mm ²)	t (mm)
Panel C1	93,66	8,1159
Panel C2	93,66	6,4735
Panel C3	93,66	5,9315

ESPESOR DE DISEÑO
t = 8,11 mm

Capa	gr/m ²	t (mm)
csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473
csm 600	600	1,1233
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 450	450	0,8424
wr 800	800	0,7953
csm 600	600	1,1233
wr 450	450	0,4473
csm 300	300	0,5616
Total	6000	8,3351

gr/m ²	
MAT	2700
TEJIDO	3300
Resina (gr/m ²)	
MAT	918
TEJIDO	1650,00
peso laminado (gr/m ²)	
MAT+Resina	3618
TEJIDO+Resina	4950,00
Total	8568,00

CALCULO DEL ESPESOR Y LAMINADO DE LAS ZONAS A REFORZAR

- Lh = 10 m

- B = 3,3 m

- m_{LDC} 6250 kg

- Vmax = 9,099 nudos

f1:	0,83307	C1(C):	0
c(C):	1,25	C1(K):	0
c(K):	1,50	C1(S):	0
c(S):	1,50	C2(C):	0,06
to(C):	3	C2(K):	0,06
to(K):	3	C2(S):	0
to(S):	3		

Ancho Plancha Codillo (C):	132	mm
Ancho Plancha Quilla (K):	264	mm
Ancho Plancha Roda (S):	132	mm

tmin(codillo)	9,1200	mm
tmin(quilla)	10,7500	mm
tmin(roda)	10,0100	mm

Laminado de los codillos			Laminado de la quilla			Laminado de la roda		
Capa	gr/m2	t (mm)	Capa	gr/m2	t (mm)	Capa	gr/m2	t (mm)
csm 300	300	0,5616	csm 300	300	0,5616	csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473	wr 450	450	0,4473	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473	wr 600	600	0,5964	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473	wr 600	600	0,5964	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 600	600	1,1233	csm 600	600	1,1233
wr 450	450	0,4473	wr 800	800	0,7953	wr 600	600	0,5964
csm 450	450	0,8424	csm 600	600	1,1233	csm 600	600	1,1233
wr 450	450	0,4473	wr 600	600	0,5964	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473	wr 600	600	0,5964	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424	csm 450	450	0,8424
wr 450	450	0,4473	wr 450	450	0,5964	wr 450	450	0,4473
csm 450	450	0,8424	csm 300	300	0,5616	csm 300	300	0,5616
wr 450	450	0,4473	Total	7700	10,9642	Total	6900	10,0198
csm 300	300	0,5616						
Total	6450	9,3090						

CALCULO DE LA CUBIERTA TIPO SANDWICH

Para $\Psi = 0.4$

σ_{ut} :	133,00	N/mm2	G:	2920	N/mm2
σ_{uc} :	132,00	N/mm2	σ_{dto} :	66,50	N/mm2
σ_{uf} :	187,32	N/mm2	σ_{dci} :	66,00	N/mm2
E:	10200	N/mm2			

Núcleo de PVC reticulado rígido I				
ρ_c :	100	Kg/m3		
	30% Alargamiento a la rotura			
τ_u :	1,1174	N/mm2	0,001117407	Kpa
G_c :	30,5482	N/mm2	0,030548239	Kpa
σ_{uc} :	1,3186	N/mm2	0,001318645	Kpa
Eco:	89,9792	N/mm2	0,089979228	Kpa
τ_d :	0,6145736	N/mm2	0,000614574	Kpa

Estos parámetros han de ser cumplidos		
SMo/1cm:	0,054	cm3/cm
SMi/1cm:	0,055	cm3/cm
I/1cm:	0,040	cm4/cm

Datos		
k3:	0,028	
k1:	0,017	
Eio:	10200	N/mm2
KSHC:	0,5	
k4:	0,7	
k5:	1	
k6:	1	
wos:	0,5992	Kg/m2
wis:	0,41944	Kg/m2
(do+dc)0,5:	2,38730	mm
τ_d :	0,61457	N/mm2
τ_u :	1,11741	N/mm2

ESPESOR MINIMO
t = 2,3873 mm

Características del sándwich		
tc:	15	mm
ti = to:	2,5	mm
tt:	20	mm
ts:	17,5	mm
yo:	10	mm
yi:	10	mm
I:	0,38542	cm4/cm
SMo:	0,38542	cm3/cm
SMi:	0,38542	cm3/cm

CALCULO DE LOS REFUERZOS

VAGRAS

Datos		
P:	19,123	KN/m2
s:	981,76	mm
lu:	833	mm
σ_d :	53,50	N/mm2
cu:	0	mm
cu/lu:	0,00000	
KCS:	1,00000	
ETC:	8300	N/mm2
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	20,2832	cm3
I:	6,7985	cm4
Aw:	2,3695	cm2

t:	9,5081	mm	W = be:	230,00	mm
h:	40	mm	t1:	5	mm
F:	50	mm	t2:	10	mm
Bw:	40	mm			

Elemento	Ai (mm2)	yi (mm)	Ai*yi (mm3)	(yi - yg) ² (mm2)	Ai*(yi - yg) ² (mm4)	Ip (mm4)
1	2186,8541	4,7540	10396,3714	66,0174	144370,3312	16474,8895
2	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
2'	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
3	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
3'	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
4	500	59,5081	29754,0307	2174,2566	1087128,275	4167
TOTAL	3586,8541		57602,0185		1372381,055	52866,5561

yg:	16,0592	mm
ymáx:	48,4489	mm
Asección:	1400	mm ²
Iln:	1425247,6	mm ⁴

Parametros reales		
SM(real):	29,4176	cm ³
I (real):	142,5248	cm ⁴

VARENGAS

Datos		
P:	19,123	KN/m ²
s:	833	mm
lu:	981,76	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	0	mm
cu/lu:	0,00000	
KCS:	1,00000	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	23,9054	cm ³
I:	9,4436	cm ⁴
Aw:	2,3695	cm ²

t:	9,5081	mm	W = be:	230,00	mm
h:	40	mm	t1:	5	mm
F:	50	mm	t2:	10	mm
Bw:	40	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	Ai*(yi - yg) ² (mm ⁴)	Ip (mm ⁴)
1	2186,8541	4,7540	10396,3714	66,0174	144370,3312	16474,8895
2	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
2'	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
3	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
3'	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
4	500	59,5081	29754,0307	2174,2566	1087128,275	4167
TOTAL	3586,8541		57602,0185		1372381,055	52866,5561

yg:	16,0592	mm
ymáx:	48,4489	mm
Aseccion:	1400	mm ²
Iln:	1425247,61	mm ⁴

Parametros reales		
SM(real):	29,4176	cm ³
I (real):	142,5248	cm ⁴

LONGITUDINALES DE COSTADO

Datos		
P:	10,304	KN/m ²
s:	939,72	mm
lu:	833	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	46,7	mm
cu/lu:	0,05606	
KCS:	0,91499	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	9,5720	cm ³
I:	3,0690	cm ⁴
Aw:	1,2221	cm ²

t:	8,3351	mm	W = be:	206,00	mm
h:	40	mm	t1:	3	mm
F:	50	mm	t2:	6	mm
Bw:	40	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	Ai*(yi - yg) ² (mm ⁴)	Ip (mm ⁴)
1	1717,0366	4,1676	7155,8612	75,8915	130308,4834	9940,8381
2	150	9,8351	1475,2694	9,2660	1389,897723	112,5
2'	150	9,8351	1475,2694	9,2660	1389,897723	112,5
3	120	31,3351	3760,2155	340,6236	40874,8368	16000
3'	120	31,3351	3760,2155	340,6236	40874,8368	16000
4	276	54,3351	14996,4957	1718,5993	474333,3988	828
TOTAL	2533,0366		32623,3267		689171,3512	42993,84

yg:	12,8791	mm
ymáx:	44,4560	mm
Aseccion:	816	mm ²
Iln:	732165,19	mm ⁴

Parametros reales		
SM(real):	16,4694	cm ³
I (real):	73,2165	cm ⁴

CUADERNAS

Datos		
P:	10,304	KN/m ²
s:	833	mm
lu:	1340	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	46,7	mm
cu/lu:	0,03485	
KCS:	0,98395	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	23,6115	cm ³
I:	12,6284	cm ⁴
Aw:	1,7427	cm ²

t:	8,3351	mm	W = be:	206,00	mm
h:	40	mm	t1:	5	mm
F:	50	mm	t2:	10	mm
Bw:	40	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	Ai*(yi - yg) ² (mm ⁴)	Ip (mm ⁴)
1	1717,0366	4,1676	7155,8612	75,8915	130308,4834	9940,8381
2	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
2'	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
3	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
3'	200	31,3351	6267,0259	340,6236	68124,728	16000
4	500	58,3351	29167,5647	2066,2472	1033123,603	4167
TOTAL	3117,0366		53775,0422		1304314,535	46332,5047

yg:	17,2520	mm
ymáx:	46,0832	mm
Aseccion:	1400	mm ²
Iln:	1350647,04	mm ⁴

Parametros reales		
SM(real):	29,3089	cm ³
I (real):	135,0647	cm ⁴

BULARCAMAS

Las bulárcamas son cuadernas y varengas continuas, reforzadas. Estas se dividen en bulárcamas centrales que son las varengas y laterales que las constituyen las cuadernas. Se colocaran en total cuatro a lo largo de la eslora.

BULARCAMAS CENTRALES

Datos		
P:	19,123	KN/m ²
s:	3404	mm
lu:	1340	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	46,7	mm
cu/lu:	0,03485	
KCS:	0,98395	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	179,0652	cm3
I:	95,7714	cm4
Aw:	13,2160	cm2

t:	9,5081	mm	W = be:	260,00	mm
h:	70	mm	t1:	10	mm
F:	50	mm	t2:	20	mm
Bw:	70	mm			

Elemento	Ai (mm2)	yi (mm)	Ai*yi (mm3)	(yi - yg) ² (mm2)	Ai*(yi - yg) ² (mm4)	Ip (mm4)
1	2472,0959	4,7540	11752,4199	66,0174	163201,2439	18623,7881
2	500	9,8351	4917,5647	9,2660	4632,992411	112,5
2'	500	9,8351	4917,5647	9,2660	4632,992411	112,5
3	700	31,3351	21934,5905	340,6236	238436,548	16000
3'	700	31,3351	21934,5905	340,6236	238436,548	16000
4	1800	99,5081	179114,5103	7504,5705	13508226,84	60000
TOTAL	6672,0959		244571,2406		14157567,17	110848,7881

yg:	36,6558	mm
ymáx:	72,8522	mm
Aseccion:	4200	mm2
Iln:	14268415,96	mm4

Parametros reales		
SM(real):	195,8542	cm3
I (real):	1426,8416	cm4

BULARCAMAS LATERALES

Datos		
P:	10,304	KN/m2
s:	2395	mm
lu:	1340	mm
σd:	53,50	N/mm2
cu:	46,7	mm
cu/lu:	0,03485	
KCS:	0,98395	
ETC:	8300	N/mm2
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	67,8866	cm3
I:	36,3085	cm4
Aw:	5,0104	cm2

t:	8,3351	mm	W = be:	236,00	mm
h:	70	mm	t1:	6	mm
F:	50	mm	t2:	12	mm
Bw:	70	mm			

Elemento	Ai (mm2)	yi (mm)	Ai*yi (mm3)	(yi - yg) ² (mm2)	Ai*(yi - yg) ² (mm4)	Ip (mm4)
1	1967,0905	4,1676	8197,9769	75,8915	149285,447	11388,5329
2	300	9,8351	2950,5388	9,2660	2779,795447	112,5
2'	300	9,8351	2950,5388	9,2660	2779,795447	112,5
3	420	31,3351	13160,7543	340,6236	143061,9288	16000
3'	420	31,3351	13160,7543	340,6236	143061,9288	16000
4	984	90,3351	88889,7672	5999,4307	5903439,803	11808
TOTAL	4391,0905		129310,3304		6344408,698	55421,5329

yg:	29,4483	mm
ymáx:	66,8868	mm
Aseccion:	2424	mm2
Iln:	6399830,23	mm4

Parametros reales		
SM(real):	95,6815	cm3
I (real):	639,9830	cm4

LONGITUDINALES DE CUBIERTA

Datos		
P:	15,298	KN/m2
s:	712	mm
lu:	2400	mm
σd:	53,50	N/mm2
cu:	0	mm
cu/lu:	0,00000	
KCS:	1,00000	
ETC:	8300	N/mm2
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	97,6844	cm3
I:	94,3345	cm4
Aw:	3,9608	cm2

t:	2,5790	mm	W = be:	131,00	mm
h:	80	mm	t1:	5	mm
F:	50	mm	t2:	10	mm
Bw:	80	mm			

Elemento	Ai (mm ²)	yi (mm)	Ai*yi (mm ³)	(yi - yg) ² (mm ²)	Ai*(yi - yg) ² (mm ⁴)	Ip (mm ⁴)
1	337,8490	1,2895	435,6563	134,3197	45379,77411	187,2596
2	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
2'	250	9,8351	2458,7823	9,2660	2316,496206	112,5
3	400	31,3351	12534,0517	340,6236	136249,456	16000
3'	400	31,3351	12534,0517	340,6236	136249,456	16000
4	900	92,5790	83321,1000	6352,0681	5716861,299	7500
TOTAL	2537,8490		113742,4244		6039372,977	39912,2596

yg:	44,8184	mm
ymáx:	52,7606	mm
Aseccion:	2200	mm ²
Iln:	6079285,24	mm ⁴

Parametros reales		
SM(real):	115,2240	cm3
I (real):	607,9285	cm4

BAOS

Datos		
P:	15,298	KN/m ²
s:	833	mm
lu:	2006	mm
σd:	53,50	N/mm ²
cu:	160	mm
cu/lu:	0,07976	
KCS:	0,83440	
ETC:	8300	N/mm ²
KSA:	5	

Requisitos		
SM:	66,6196	cm3
I:	49,1194	cm4
Aw:	3,8731	cm2

t:	2,5790	mm	W = be:	131,00	mm
h:	80	mm	t1:	4	mm
F:	50	mm	t2:	8	mm
Bw:	80	mm			

Elemento	Ai (mm2)	yi (mm)	Ai*yi (mm3)	(yi - yg) ² (mm2)	Ai*(yi - yg) ² (mm4)	Ip (mm4)
1	337,8490	1,2895	435,6563	134,3197	45379,77411	187,2596
2	200	9,8351	1967,0259	9,2660	1853,196964	112,5
2'	200	9,8351	1967,0259	9,2660	1853,196964	112,5
3	320	31,3351	10027,2414	340,6236	108999,5648	16000
3'	320	31,3351	10027,2414	340,6236	108999,5648	16000
4	704	90,5790	63767,6160	6037,2687	4250237,136	3755
TOTAL	2081,8490		88191,8068		4517322,434	36166,9263

yg:	42,3622	mm
ymáx:	52,2168	mm
Aseccion:	1744	mm2
Iln:	4553489,36	mm4

Parametros reales		
SM(real):	87,2036	cm3
I (real):	455,3489	cm4

CALCULO DE LOS MAMPAROS

La presión de diseño de los mamparos es: $PTB = 19.123 \text{ KN/ m}^2$

Características para:			$\Psi = 0,35$	
σ_{ut} :	107,00	N/mm ²	0,107	Kpa
σ_{uc} :	124,50	N/mm ²	0,1245	Kpa
σ_{uf} :	168,495	N/mm ²	0,168	Kpa
E:	8300	N/mm ²	8,30	Kpa
G:	2835	N/mm ²	2,835	Kpa
σ_{dto} :	53,50	N/mm ²	0,054	Kpa
σ_{dci} :	62,25	N/mm ²	0,062	Kpa

Núcleo de PVC reticulado rígido I				
ρ_c :	100	Kg/m ³		
30%	Alargamiento a la rotura			
τ_u :	1,1174	N/mm ²	0,001117407	Kpa
G_c :	30,5482	N/mm ²	0,030548239	Kpa
σ_{uc} :	1,3186	N/mm ²	0,001318645	Kpa
Eco:	89,9792	N/mm ²	0,089979228	Kpa
τ_d :	0,6145736	N/mm ²	0,000614574	Kpa

MAMPARO DEL PIQUE DE PROA

Datos					
k2:	0,495500		l:	1395	mm
k3:	0,276480		b:	710	mm
k1:	0,017		l/b:	1,9648	---
Eio:	8300	N/mm ²	hb:	473,33	mm
KSHC:	0,46169		(do+dc)0,5:	6,36659	mm
k4:	0,9		τ_d :	1,11741	N/mm ²
k5:	1		τ_u :	2,03165	N/mm ²
k6:	1				

wos:	0,7704	Kg/m ²	770,4	gr/m ²
wis:	0,53928	Kg/m ²	539,28	gr/m ²

Requisitos		
SMo/1cm:	0,093	cm3/cm
SMi/1cm:	0,080	cm3/cm
I/1cm:	0,698	cm4/cm

Características del sándwich		
tc:	15	mm
ti = to:	4	mm
tt:	23	mm
ts:	19	mm
yo:	11,5	mm
yi:	11,5	mm
I:	0,73267	cm4/cm
SMo:	0,63710	cm3/cm
SMi:	0,63710	cm3/cm

MAMPARO DEL CAMAROTE DE PROA

Datos					
k2:	0,382760		l:	2096,8	mm
k3:	0,018970		b:	1748,3	mm
k1:	0,017		l/b:	1,1993	
Eio:	8300	N/mm2	hb:	1397,866667	mm
KSHC:	0,37808		(do+dc)0,5:	12,83804	mm
k4:	0,9		τd :	1,11741	N/mm2
k5:	1		τu :	2,03165	N/mm2
k6:	1				

wos:	0,7704	Kg/m2	770,4	gr/m2
wis:	0,53928	Kg/m2	539,28	gr/m2

Requisitos		
SMo/1cm:	0,435	cm3/cm
SMi/1cm:	0,374	cm3/cm
I/1cm:	0,715	cm4/cm

Características del sándwich		
tc:	19	mm
ti = to:	3	mm
tt:	25	mm
ts:	22	mm
yo:	12,5	mm
yi:	12,5	mm
I:	0,73050	cm4/cm
S _{Mo} :	0,58440	cm3/cm
S _{Mi} :	0,58440	cm3/cm

MAMPARO DEL CAMAROTE DE POPA

Datos					
k2:	0,487162		l:	3154,7	mm
k3:	0,027000		b:	1750	mm
k1:	0,017		l/b:	1,8027	
E _{io} :	8300	N/mm2	hb:	2103,133333	mm
KSHC:	0,45279		(do+dc)0,5:	27,74274	mm
k4:	0,9		τ _d :	1,11741	N/mm2
k5:	1		τ _u :	2,03165	N/mm2
k6:	1				

wos:	0,7704	Kg/m2	770,4	gr/m2
wis:	0,53928	Kg/m2	539,28	gr/m2

Requisitos		
S _{Mo} /1cm:	0,555	cm3/cm
S _{Mi} /1cm:	0,477	cm3/cm
I/1cm:	1,020	cm4/cm

Características del sándwich		
tc:	19	mm
ti = to:	4	mm
tt:	27	mm
ts:	23	mm
yo:	13,5	mm
yi:	13,5	mm
I:	1,06867	cm4/cm
S _{Mo} :	0,79160	cm3/cm
S _{Mi} :	0,79160	cm3/cm

MAMPARO DEL PIQUE DE POPA

Datos					
k2:	0,500000		l:	2487	mm
k3:	0,028000		b:	602,8	mm
k1:	0,017		l/b:	4,1257	
Eio:	8300	N/mm2	hb:	1658	mm
KSHC:	0,46500		(do+dc)0,5:	5,44406	mm
k4:	0,9		τd :	1,11741	N/mm2
k5:	1		τu :	2,03165	N/mm2
k6:	1				

wos:	0,7704	Kg/m2	770,4	gr/m2
wis:	0,53928	Kg/m2	539,28	gr/m2

Requisitos		
SMo/1cm:	0,134	cm3/cm
SMi/1cm:	0,157	cm3/cm
I/1cm:	0,043	cm4/cm

Características del sándwich		
tc:	10	mm
ti = to:	2	mm
tt:	14	mm
ts:	12	mm
yo:	7	mm
yi:	7	mm
I:	0,14533	cm4/cm
SMo:	0,20762	cm3/cm
SMi:	0,20762	cm3/cm

ANEXO B

- CALCULO DE PESOS Y ESTIMACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD

POSICION Y C.D.G. DE LOS REFUERZOS

Refuerzo	ancho	alto	largo	t2	t1	peso	LCG	TCG	VCG
vagra 1	40	40	7887,5	8	4	12,55059	4923	485	185,4
vagra 2	40	40	7887,5	8	4	12,55059	4923	-485	185,4
varenga 1	40	40	1515	8	4	2,410668	464,2	0	497,5
varenga refor 2	70	70	1936	20	10	11,2559	1002	0	393,3
varenga 3	40	40	2540	8	4	4,041648	1766,65	0	245,35
varenga 4	40	40	2871	8	4	4,568335	2531,3	0	147,15
varenga refor 5	70	70	3040	20	10	17,67456	3296	0	95,3
varenga 6	40	40	3053	8	4	4,857934	4147	0	36,3
varenga 7	40	40	2997.5	8	4	4,769622	4552,5	0	24,5
varenga 8	40	40	2890	8	4	4,598568	4998	0	20
varenga9	40	40	2764,2	8	4	4,398395	5403	0	22
varenga 10	40	40	2592	8	4	4,12439	5805	0	31,3
varenga refor 11	70	70	2520	20	10	14,65128	6670	0	87,4
varenga 12	40	40	1580	8	4	2,514096	7533,33	0	139
varenga 13	40	40	978	8	4	1,556194	8366,6	0	238,5
varenga refor 14	70	70	368	20	10	2,139552	9200	0	391,17
long de cost 1	40	40	9914	6	3	11,83137	4957	1484	599,5
long de cost 2	40	40	9914	6	3	11,83137	4957	-1484	599,5
cuadernas 1	40	40	944,5	10	5	3,034679	464,2	0	949,75
bulárcamas 2	70	70	1058	12	6	6,41021	1002	0	887,3
cuadernas 3	40	40	1186	10	5	3,810618	1766,65	0	818,35
cuadernas 4	40	40	1285	10	5	4,128705	2531,3	0	769,65
bulárcamas 5	70	70	1360	12	6	8,239968	3296	0	740,3
cuadernas 6	40	40	1424	10	5	4,575312	4147	0	728,3
cuadernas 7	40	40	1470	10	5	4,72311	4998	0	735
cuadernas 8	40	40	1500	10	5	4,8195	5805	0	761,3
bulárcamas 9	70	70	1514	12	6	9,173023	6670	0	809,4
cuadernas 10	40	40	1507	10	5	4,841991	7533,33	0	872,5
cuaderna s11	40	40	1476	10	5	4,742388	8366,6	0	956,5
bulárcamas 12	70	70	1415	12	6	8,573202	9200	0	1063,7
long cub 1	80	80	7461,6	10	5	23,97412	3852,4	994,3	1473,5
long cub 2	80	80	9199,15	10	5	29,55687	4646,4	356,1	1473,5
long cub 3	80	80	9199,15	10	5	29,55687	4646,4	-356,1	1473,5
long cub 4	80	80	7461,6	10	5	23,97412	3852,4	-994,3	1473,5

DISEÑO DE UN VELERO CRUCERO-REGATA DE 10 METROS DE ESLORA CON 95.000€ P.V.P.

Refuerzo	ancho	alto	largo	t2	t1	peso	LCG	TCG	VCG
bao 1	80	80	2556	8	4	6,569942	484,2	0	1382
bao 2	80	80	2782	8	4	7,150853	1022	0	1376,3
bao 3	80	80	3062	8	4	7,870565	1786,65	0	1371,4
bao 4	80	80	3264	8	4	8,389786	2551,3	0	1372,2
bao 5	80	80	3370	8	4	8,662248	3316	0	1380,3
bao 6	80	80	3356	8	4	8,626262	4167	0	1400,3
bao 7	80	80	3200	8	4	8,22528	5018	0	1430
bao 8	80	80	2928	8	4	7,526131	5825	0	1471,3
bao 9	80	80	2497	8	4	6,418289	6690	0	1526,4
bao 10	80	80	1993	8	4	5,122807	7553,33	0	1586
bao 11	80	80	1388	8	4	3,567715	8386,6	0	1654,5
bao 12	80	80	712	8	4	1,830125	9220	0	1731,2
mamparo 1						9,646	1002	0	697,5
mamparo 2						29,602	3296	0	874
mamparo 3						55,96	6670	0	875
mamparo 4						7,657	9200	0	301,4

Refuerzo	P x LCG	P x TCG	P x VCG
vagra 1	61786,55	6087,04	2326,88
vagra 2	61786,55	-6087,04	2326,88
varenga 1	1119,03	0,00	1199,31
varenga refor 2	11278,42	0,00	4426,95
varenga 3	7140,18	0,00	991,62
varenga 4	11563,83	0,00	672,23
varenga refor 5	58255,35	0,00	1684,39
varenga 6	20145,85	0,00	176,34
varenga 7	21713,70	0,00	116,86
varenga 8	22983,64	0,00	91,97
varenga 9	23764,53	0,00	96,76
varenga 10	23942,09	0,00	129,09
varenga refor 11	97724,04	0,00	1280,52
varenga 12	18939,51	0,00	349,46
varenga 13	13020,05	0,00	371,15
varenga refor 14	19683,88	0,00	836,93

Refuerzo	P x LCG	P x TCG	P x VCG
long de cost 1	58648,09	17554,20	7092,90
long de cost 2	58648,09	-17554,20	7092,90
cuadernas 1	1408,70	0,00	2882,19
bulárcamas 2	6423,03	0,00	5687,78
cuadernas 3	6732,03	0,00	3118,42
cuadernas 4	10450,99	0,00	3177,66
bulárcamas 5	27158,93	0,00	6100,05
cuadernas 6	18973,82	0,00	3332,20
cuadernas 7	23606,10	0,00	3471,49
cuadernas 8	27977,20	0,00	3669,09
bulárcamas 9	61184,06	0,00	7424,64
cuadernas 10	36476,32	0,00	4224,64
cuaderna s11	39677,66	0,00	4536,09
bulárcamas 12	78873,46	0,00	9119,06
long cub 1	92357,90	23837,47	35325,87
long cub 2	137333,04	10525,20	43552,05
long cub 3	137333,04	-10525,20	43552,05
long cub 4	92357,90	-23837,47	35325,87
bao 1	484,2	0	1382
bao 2	1022	0	1376,3
bao 3	1786,65	0	1371,35
bao 4	2551,3	0	1372,15
bao 5	3316	0	1380,3
bao 6	4167	0	1400,3
bao 7	5018	0	1430
bao 8	5825	0	1471,3
bao 9	6690	0	1526,4
bao 10	7553,33	0	1586
bao 11	8386,6	0	1654,5
bao 12	9220	0	1731,17
mamparo 1	1002	0	697,5
mamparo 2	3296	0	874
mamparo 3	6670	0	875
mamparo 4	9200	0	301,4

PESO Y CDG DEL FORRO

Forro	espesor	area	P x m ²	peso	LCG	TCG	VCG
fondo	9,508	17,1215	7,34	125,672	4326,1	0	185,4
cubierta	2,579x2+10 pvc	24,734	6,112	175,908	4450	0	1690
costados	8,335	20,3269	8,56	173,998	4813	0	1137
codillos	9,12	2,268	7,04	15,9667	369,6	0	535
roda	10,01	0,1785	7,727	1,37927	9919	0	1158
quilla	10,75	5,126	8,29	42,4945	4988	0	163

Forro	P x LCG	P x TCG	P x VCG
fondo	543669	0	23300
cubierta	782792	0	297285
costados	837454	0	197836
codillos	5901,3	0	8542,2
roda	13681	0	1596,5
quilla	211963	0	6926,6

PESO Y CDG DE LA HABILITACION

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
cama camarote proa+soporte	45	7800	0	372	351000	0	16740
armario proa babor	15	6900	796	844,5	103500	11940	12667,5
armario proa estribor	15	6900	-796	844,5	103500	-11940	12667,5
sofá babor	25	5700	788,4	680	142500	19710	17000
sofá estribor	25	5700	-788,4	680	142500	-19710	17000
mesa central abatible	25	5629,5	0	560	140737,5	0	14000
panel mesa de cartas	10	4277,5	-1309	1150	42775	-13089	11500
mesa de cartas	25	4442,6	-1122	890	111065	-28050,5	22250
sillón mesa de carta	15	4096	-920,5	415	61440	-13807,5	6225

DISEÑO DE UN VELERO CRUCERO-REGATA DE 10 METROS DE ESLORA CON 95.000€ P.V.P.

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
encimera	20	3938,7	1056	935,5	78774	21120	18710
fogones + horno	20	3879,7	1121,3	645	77594	22426	12900
fregadero	4	4286,3	712	880	17145,2	2848	3520
nevera	20	4395	1177,2	570	87900	23544	11400
estanterías cocina	5	3994,7	1430,4	1238	19973,5	7151,75	6190
cajonera fregadero	15	4550	758,5	517	68250	11377,5	7755
cajonera cocina+bombona	15	3477,8	1143,2	392,5	52167	17148	5887,5
WC quimico	16	3047,6	-1192	460	48761,6	-19072	7360
armario baño	15	3677,8	-1274	790	55167	-19110	11850
lavabo con ducha	7	2658,4	-484	856	18608,8	-3388	5992
plataforma cuarto de baño	6	3177,6	-926,2	190	19065,6	-5557,2	1140
puerta estancia baño	10	3652,2	-466	750	36522	-4660	7500
cama camarote popa+soporte	45	1952,5	972,5	373,6	87862,5	43762,5	16812
armario camarote popa	15	3099,2	1276	795	46488	19140	11925
escalera de acceso+ puerta	35	2978,6	0	540	104251	0	18900
suelo velero	65	5085,9	0	195	330583,5	0	12675
suelo de la cubierta	55	5000	0	1850	275000	0	101750

PESO Y CDG DE LAS MAQUINAS Y EQUIPOS

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
motor volvo penta D1-20	144	2384	0	506	343296	0	72864
timón	16	828	0	-285	13248	0	-4560
mecha del timón	20	835	0	230	16700	0	4600
rueda y pedestal timón	12	1220	0	1495	14640	0	17940
batería de arranque	32	2361	-413	386	75552	-13216	12352
batería servicio	265	2500	-187	363	662500	-49555	96195
bomba de presión	10,8	4399,7	626,4	356	47516,76	6765,12	3844,8
bomba de achique	3	4684	0	91	14052	0	273
calentador	12	2660	-485,5	420	31920	-5826	5040
ancla	12	9700	0	1820	116400	0	21840
cadena ancla 50 m X 8 mm	66,5	9466,6	0	1675	629528,9	0	111387,5
caja de cadena	15	9466,6	0	1675	141999	0	25125
electrónica variada	30	4257,3	0	990	127719	0	29700
equipo de salvamento	90	1750	0	620	157500	0	55800
equipo de navegación	30	4500	0	620	135000	0	18600
molinete	7	9500	0	1820	66500	0	12740

PESO Y CDG DE LAS VELAS Y APAREJOS

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
jarcia, crucetas, anclajes	25	5719	0	8349	142975	0	208725
botavara	16	3620	0	2264	57920	0	36224
vela mayor	17,05	4320	0	6514	73656	0	111063,7
vela menor	17,33	7260,1	0	6214	125817,53	0	107688,62
tangón	15	7945	0	3934	119175	0	59010
spinnaker	33,15	9300	0	11464	308295	0	380031,6
carro mayor	12		0	1450	0	0	17400
carro menor x2 simétrico	12	6380	0	1634	76560	0	19608
stays, obenques y cabuyería	30	2830	0	5464	84900	0	163920
asientos bañera	30	1675	0	1001	50250	0	30015
candeleros proa x2	6	9396	0	2119	56376	0	12714
candeleros popa x2	6	520	0	1574	3120	0	9444
Winch 1 lewmar 46 st crom	9,7	1500	1004,5	1124	14550	9743,65	10902,8
Winch 2 lewmar 46 st crom	9,7	2294,5	1095,1	1124	22256,65	10622,47	10902,8
Winch 3 lewmar 58 st crom	20,8	2796,4	590	1850	58165,12	12272	38480
Winch 4 lewmar 58 st crom	20,8	2796,4	-590	1850	58165,12	-12272	38480
Winch 5 lewmar 46 st crom	9,7	2294,5	-1095	1124	22256,65	-10622,47	10902,8
Winch 6 lewmar 46 st crom	9,7	1500	-1005	1124	14550	-9743,65	10902,8
escotilla camarote proa	6	7049,2	0	1856	42295,2	0	11136
escotilla central	6	6343,3	0	1831	38059,8	0	10986
mástil	60,8	5805	0	7413	352944	0	450710,4

PESO Y CDG DEL LASTRE

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
Orza	2000	4972	0	-436	12000000	0	-872000

PESO Y CDG DEL PESO MUERTO

Elemento	peso	LCG	TCG	VCG	P x LCG	P x TCG	P x VCG
tanque combustible	90	7351	0	262	661590	0	23580
tanque agua 1	100	5009	778,8	395	500900	77880	39500
tanque agua 2	100	5009	-778,8	395	500900	-77880	39500
tanque aguas grises	50	5295	0	290	264750	0	455
persona 1	75	4600	0	300	345000	0	22500
persona 2	75	4600	0	300	345000	0	22500
persona 3	75	4600	0	300	345000	0	22500
persona 4	75	4600	0	300	345000	0	22500
persona 5	75	2500	0	300	187500	0	22500
persona 6	75	2500	0	300	187500	0	22500
persona 7	75	2500	0	300	187500	0	22500
persona 8	75	2500	0	300	187500	0	22500
pertrechos persona 1	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 2	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 3	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 4	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 5	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 6	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 7	20	4400	0	300	88000	0	6000
pertrechos persona 8	20	4400	0	300	88000	0	6000

PESO Y CDG DEL ROSCA

Estimación de pesos y centro de gravedad de la embarcación en Rosca				
Elemento	Peso (kg)	P x LCG (kg.mm)	P x TCG (kg.mm)	P x VCG (kg.mm)
Laminado del casco y cubierta	535,418	2395459,03	0	535485,76
Refuerzos y mamparos	480,116	2220087,73	0	444512,318
Habilitacion	568	2623131,2	61783,55	392316,5
Maquinaria y equipos	765,3	2594071,66	-61831,88	483741,3
Lastre	2000	10460000	0	-872000
Velas y aparejos	372,73	1722287,07	0	1749247,52

Embarcación en Rosca + 10% margen			
Peso (kg)	LCG (mm)	TCG (mm)	VCG (mm)
5199,815	4529,97	-0,009	525,65

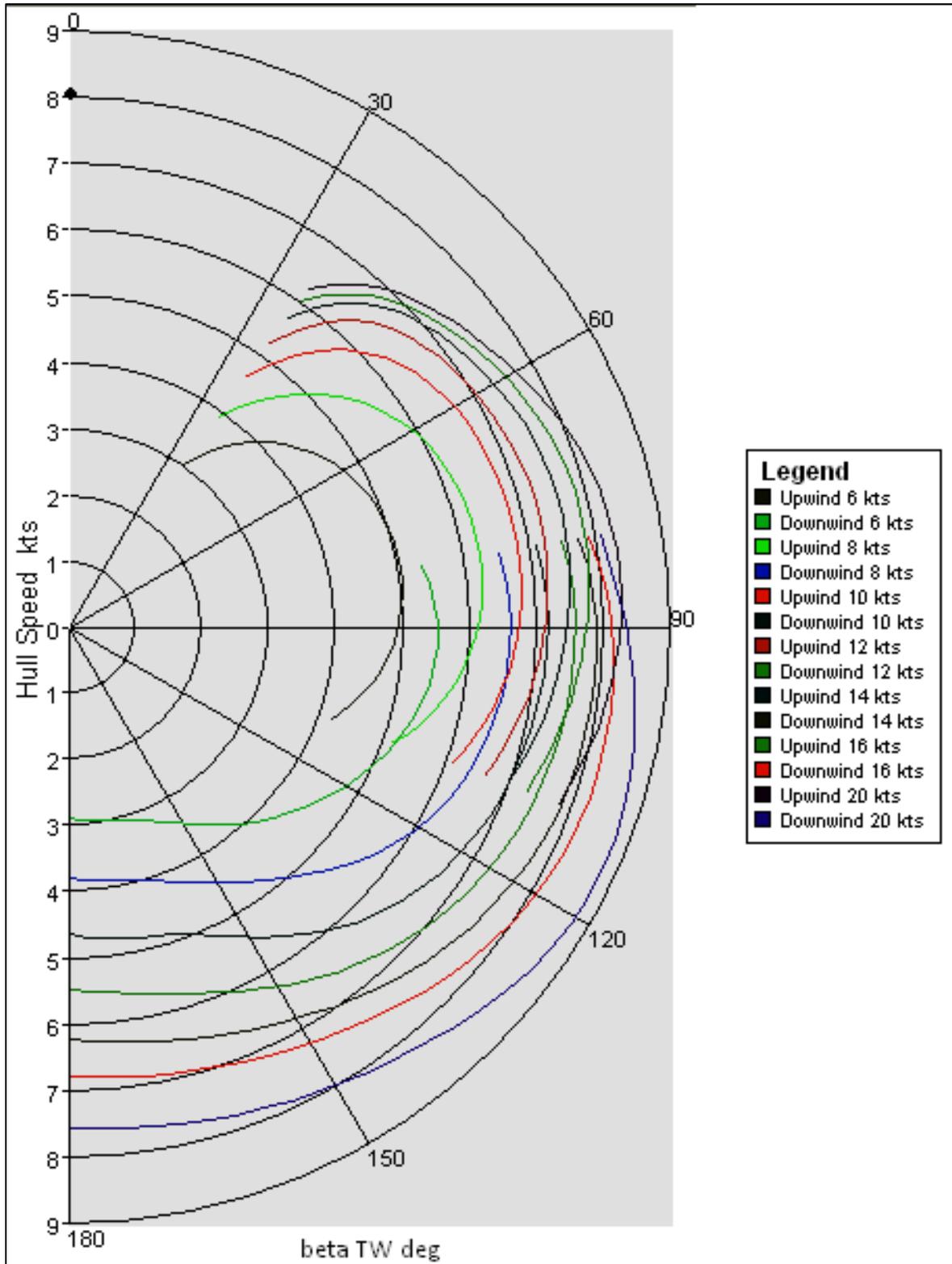
PESO Y CDG DE LA EMBARCACION A MAXIMA CARGA

Estimación de pesos y centro de gravedad de la embarcación en máxima carga				
Elemento	Peso (kg)	P x LCG (kg.mm)	P x TCG (kg.mm)	P x VCG (kg.mm)
Laminado del casco y cubierta	535,418	2395459,03	0	535485,76
Refuerzos y mamparos	480,116	2220087,73	0	444512,318
Habilitacion	568	2623131,2	61783,55	392316,5
Maquinaria y equipos	765,3	2594071,66	-61831,88	483741,3
Lastre	2000	10460000	0	-872000
Velas y aparejos	372,73	1722287,07	0	1749247,52
Peso muerto	1050	1801550	0	1801550

Embarcación en máxima carga			
Peso (kg)	LCG (mm)	TCG (mm)	VCG (mm)
6249,8	4602,86	-0,008	516,57

ANEXO C

- PREDICCIÓN DE LA VELOCIDAD, CURVA POLAR



VELOCIDAD DEL VIENTO 6 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
6 knts deg	6 knts knts	6 knts deg	6 knts knts
35,00	3,01	80,00	5,33
37,33	3,28	83,13	5,41
39,67	3,51	86,25	5,47
42,00	3,73	89,38	5,50
44,34	3,91	92,50	5,50
46,68	4,08	95,63	5,49
49,02	4,23	98,76	5,45
51,37	4,36	101,88	5,39
53,71	4,48	105,01	5,31
56,05	4,58	108,13	5,22
58,40	4,67	111,26	5,11
60,74	4,75	114,38	5,00
63,09	4,82	117,51	4,87
65,44	4,88	120,63	4,74
67,78	4,93	123,76	4,61
70,13	4,97	126,88	4,47
72,47	5,00	130,00	4,32
74,82	5,02	133,13	4,18
77,17	5,03	136,25	4,03
79,51	5,03	139,37	3,88
81,86	5,02	142,49	3,74
84,21	5,00	145,62	3,59
86,55	4,98	148,74	3,46
88,90	4,94	151,87	3,33
91,24	4,89	154,99	3,22
93,59	4,83	158,12	3,12
95,94	4,76	161,24	3,05
98,28	4,67	164,37	3,00
100,63	4,58	167,49	2,96
102,97	4,48	170,62	2,94
105,31	4,37	173,75	2,91
107,66	4,26	176,87	2,89
110,00	4,13	180,00	2,85

VELOCIDAD DEL VIENTO 8 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
8 knts deg	8 knts knts	8 knts deg	8 knts knts
35,00	3,89	80,00	6,52
37,33	4,19	83,13	6,56
39,66	4,46	86,25	6,59
41,99	4,71	89,38	6,60
44,33	4,94	92,51	6,59
46,67	5,14	95,63	6,57
49,01	5,33	98,76	6,55
51,35	5,49	101,89	6,51
53,70	5,63	105,01	6,46
56,04	5,76	108,14	6,40
58,38	5,87	111,27	6,32
60,73	5,96	114,39	6,23
63,08	6,03	117,52	6,12
65,42	6,09	120,64	6,00
67,77	6,14	123,76	5,85
70,12	6,18	126,89	5,68
72,46	6,20	130,01	5,51
74,81	6,22	133,13	5,33
77,16	6,23	136,25	5,14
79,51	6,23	139,37	4,96
81,86	6,22	142,50	4,79
84,20	6,20	145,62	4,63
86,55	6,17	148,74	4,48
88,90	6,12	151,87	4,34
91,25	6,07	154,99	4,22
93,59	6,00	158,11	4,11
95,94	5,92	161,24	4,03
98,28	5,82	164,37	3,96
100,63	5,71	167,49	3,90
102,97	5,59	170,62	3,86
105,32	5,45	173,75	3,83
107,66	5,29	176,87	3,79
110,00	5,12	180,00	3,76

VELOCIDAD DEL VIENTO 10 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
10 knts deg	10 knts knts	10 knts deg	10 knts knts
35,00	4,63	80,00	7,08
37,32	5,01	83,13	7,13
39,64	5,34	86,25	7,15
41,97	5,62	89,38	7,15
44,31	5,85	92,51	7,14
46,65	6,05	95,63	7,12
48,99	6,21	98,76	7,10
51,33	6,34	101,89	7,07
53,68	6,45	105,01	7,03
56,02	6,54	108,14	6,99
58,37	6,61	111,26	6,95
60,72	6,67	114,39	6,89
63,06	6,72	117,52	6,83
65,41	6,75	120,64	6,75
67,76	6,77	123,77	6,66
70,11	6,79	126,89	6,55
72,45	6,80	130,02	6,43
74,80	6,80	133,14	6,30
77,15	6,81	136,26	6,15
79,50	6,80	139,38	5,99
81,84	6,80	142,51	5,81
84,19	6,78	145,63	5,63
86,54	6,76	148,75	5,45
88,88	6,73	151,87	5,27
91,23	6,69	154,99	5,12
93,58	6,65	158,12	4,98
95,93	6,59	161,24	4,88
98,27	6,53	164,37	4,81
100,62	6,45	167,49	4,77
102,96	6,37	170,62	4,74
105,31	6,27	173,75	4,71
107,66	6,17	176,88	4,67
110,00	6,05	180,00	4,61

VELOCIDAD DEL VIENTO 12 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
12 knts deg	12 knts knts	12 knts deg	12 knts knts
35,00	5,23	80,00	7,47
37,31	5,65	83,13	7,52
39,63	5,98	86,25	7,54
41,96	6,24	89,38	7,56
44,30	6,45	92,50	7,56
46,64	6,60	95,63	7,55
48,99	6,71	98,76	7,53
51,33	6,80	101,88	7,51
53,68	6,87	105,01	7,48
56,03	6,94	108,13	7,45
58,38	7,00	111,26	7,40
60,72	7,05	114,38	7,36
63,07	7,10	117,51	7,30
65,41	7,14	120,64	7,23
67,76	7,17	123,76	7,16
70,11	7,20	126,89	7,08
72,45	7,22	130,01	6,99
74,80	7,23	133,13	6,89
77,15	7,23	136,26	6,78
79,49	7,22	139,38	6,67
81,84	7,20	142,51	6,54
84,19	7,18	145,63	6,42
86,54	7,16	148,75	6,29
88,88	7,12	151,88	6,16
91,23	7,08	155,00	6,03
93,58	7,04	158,12	5,92
95,92	6,99	161,25	5,81
98,27	6,94	164,37	5,72
100,62	6,88	167,50	5,64
102,96	6,82	170,62	5,58
105,31	6,75	173,75	5,52
107,65	6,67	176,87	5,48
110,00	6,59	180,00	5,44

VELOCIDAD DEL VIENTO 14 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
14 knts deg	14 knts knts	14 knts deg	14 knts knts
35,00	5,71	80,00	7,73
37,32	6,05	83,13	7,80
39,65	6,33	86,25	7,84
41,98	6,56	89,38	7,87
44,32	6,74	92,50	7,89
46,66	6,88	95,63	7,89
49,01	6,99	98,75	7,89
51,35	7,08	101,88	7,87
53,70	7,16	105,00	7,86
56,05	7,23	108,13	7,83
58,39	7,29	111,26	7,80
60,74	7,35	114,38	7,76
63,08	7,41	117,51	7,71
65,43	7,45	120,63	7,65
67,77	7,49	123,76	7,58
70,12	7,52	126,88	7,50
72,46	7,54	130,01	7,41
74,81	7,55	133,13	7,32
77,16	7,56	136,25	7,22
79,50	7,55	139,38	7,12
81,85	7,54	142,50	7,02
84,20	7,51	145,63	6,92
86,54	7,49	148,75	6,83
88,89	7,45	151,87	6,74
91,24	7,41	155,00	6,65
93,58	7,37	158,12	6,57
95,93	7,32	161,25	6,50
98,27	7,27	164,37	6,43
100,62	7,22	167,50	6,37
102,96	7,16	170,62	6,32
105,31	7,09	173,75	6,28
107,65	7,02	176,87	6,24
110,00	6,95	180,00	6,21

VELOCIDAD DEL VIENTO 16 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
16 knts deg	16 knts knts	16 knts deg	16 knts knts
35,00	6,00	80,00	7,88
37,33	6,29	83,12	7,97
39,66	6,53	86,25	8,04
42,00	6,73	89,37	8,09
44,34	6,89	92,50	8,13
46,68	7,03	95,63	8,16
49,02	7,14	98,75	8,18
51,37	7,24	101,88	8,19
53,71	7,32	105,00	8,19
56,06	7,41	108,13	8,18
58,40	7,48	111,25	8,16
60,75	7,56	114,38	8,13
63,09	7,63	117,50	8,08
65,44	7,68	120,63	8,03
67,78	7,74	123,75	7,96
70,13	7,78	126,88	7,88
72,47	7,81	130,00	7,80
74,82	7,83	133,13	7,70
77,16	7,83	136,25	7,61
79,51	7,83	139,38	7,52
81,86	7,82	142,50	7,42
84,20	7,80	145,62	7,34
86,55	7,78	148,75	7,25
88,89	7,74	151,87	7,17
91,24	7,71	155,00	7,10
93,58	7,66	158,12	7,04
95,93	7,62	161,25	6,98
98,28	7,57	164,37	6,92
100,62	7,52	167,50	6,88
102,96	7,46	170,62	6,84
105,31	7,39	173,75	6,80
107,65	7,33	176,87	6,77
110,00	7,26	180,00	6,74

VELOCIDAD DEL VIENTO 20 NUDOS

upwind	upwind	downwind	downwind
20 knts deg	20 knts knts	20 knts deg	20 knts knts
35,00	6,23	80,00	8,06
37,33	6,49	83,12	8,14
39,67	6,71	86,25	8,22
42,01	6,89	89,37	8,30
44,35	7,04	92,50	8,39
46,69	7,17	95,62	8,47
49,03	7,27	98,75	8,55
51,38	7,37	101,87	8,62
53,72	7,46	105,00	8,68
56,06	7,55	108,12	8,72
58,41	7,65	111,25	8,75
60,75	7,74	114,37	8,76
63,10	7,83	117,50	8,75
65,44	7,92	120,63	8,72
67,78	8,00	123,75	8,67
70,13	8,07	126,88	8,60
72,47	8,14	130,00	8,51
74,82	8,19	133,12	8,42
77,16	8,22	136,25	8,32
79,51	8,25	139,37	8,23
81,86	8,27	142,50	8,14
84,20	8,27	145,62	8,06
86,55	8,26	148,75	7,98
88,89	8,25	151,87	7,92
91,24	8,22	155,00	7,86
93,58	8,18	158,12	7,80
95,93	8,14	161,25	7,75
98,28	8,09	164,37	7,70
100,62	8,03	167,50	7,66
102,96	7,97	170,62	7,62
105,31	7,91	173,75	7,58
107,65	7,85	176,87	7,55
110,00	7,79	180,00	7,53

BIBLIOGRAFIA

Apuntes:

- Apuntes de la asignatura “Embarcaciones deportivas”,
D. Antonio de Querol Sahagún.
- Apuntes de la asignatura “Materiales compuestos”
D. Gaspar Penagos.
- Apuntes de la asignatura “Resistencia de Materiales”
D. Gaspar Penagos.
- Apuntes de la asignatura “Calculo de estructuras marinas”
D. Antonio Barrios G.
- Apuntes de la asignatura “Teoría del buque I y II”
D. Aurelio Guzmán Cabañas y D. Pedro Gallardo Mateo
- Apuntes de la asignatura “Habilitación naval”
D. Vicente Martínez Caridad
- Apuntes de la asignatura “Administración de empresas”
D. Victoriano Conde Moro

Libros, revistas y catálogos:

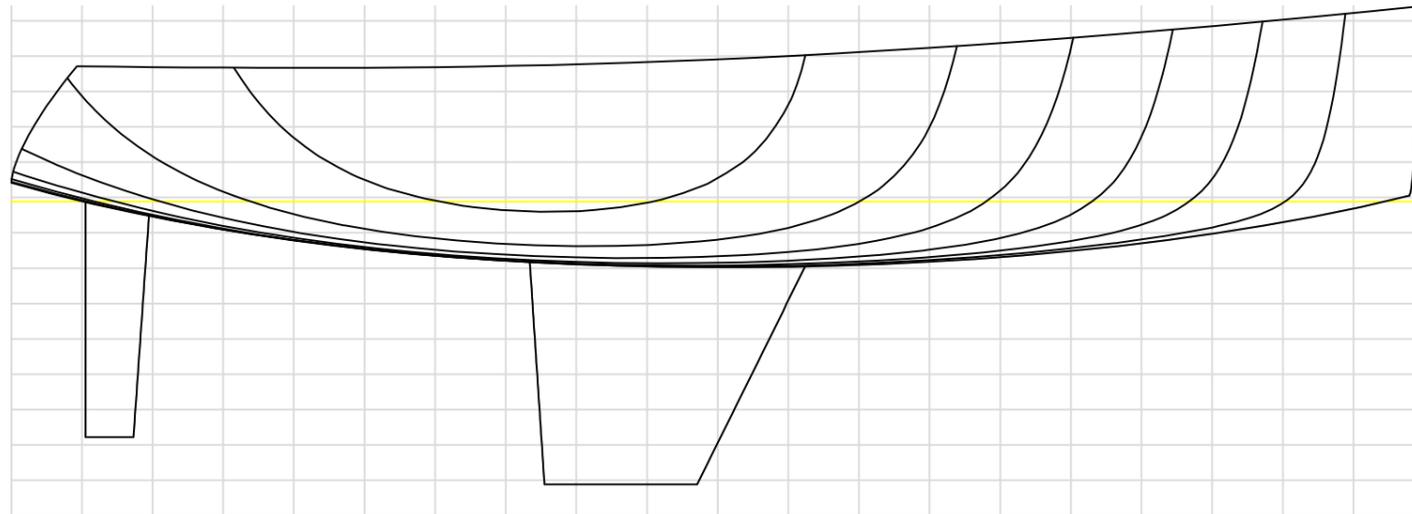
- “Principles of Yacht Design”, Larss Larsson y Rolf e Eliasson.
- “Design of sailing yachts”, Pierre Gutelle
- “Resistencia de materiales”, W.A.Nash
- · Revistas “Barcos a Vela & Yachting” ·
- Catalogo 2010 Lalizas.
- Catalogo Baitra
- Catalogo Livemar

Páginas web:

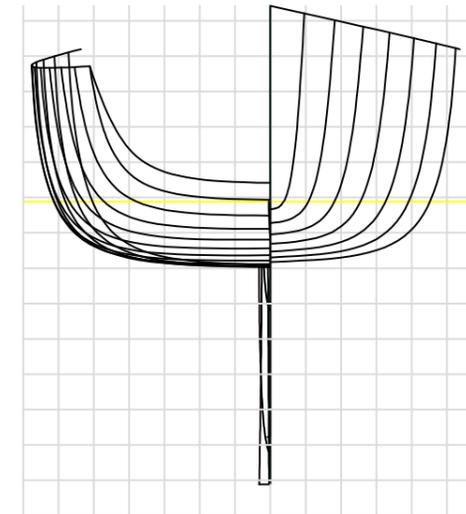
- www.beneteau.com
- www.bavaria-spain.com
- www.jeanneau.com
- www.elan-marine.com
- www.grandsoleil.net
- www.dufour-yachts.com
- www.amazon.com
- www.lanautica.com
- www.raymarine.com
- www.volvopenta.com
- www.lewmar.com
- www.cosasdebarcos.com
- www.nautiexpo.es
- www.pertrechosnauticos.com
- www.fondear.com
- www.wmjmarine.com
- www.fjblasco.es
- www.baitra.com
- www.imnasa.com
- www.plastimo.com
- www.livemar.com
- www.marinescene.com
- www.nautilus21.com
- www.frenchmarine.com
- www.latabernadelpuerto.com/foros
- www.nauticayembarcaciones.com

PLANOS

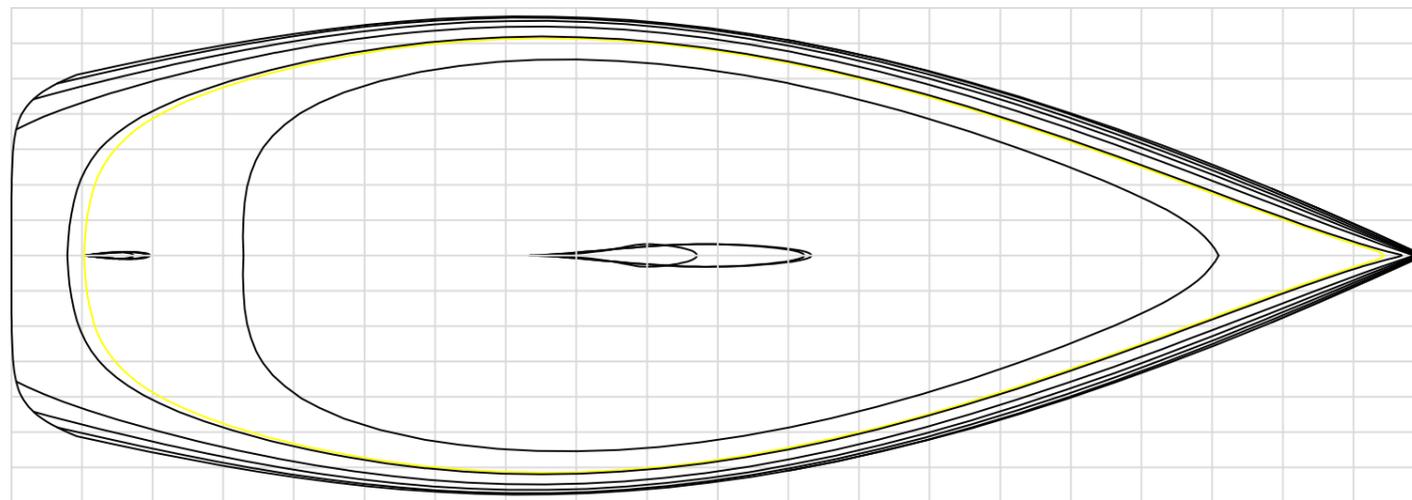
1. Plano de formas.
2. Planos de disposición general.
3. Plano de escantillonado.
4. Plano vélico.
5. Plano de disposición general de la cubierta.



LA 13
LA 12
LA 11
LA 10
LA 9
LA 8
LA 7
LA 6
LA 5
LA 4
LA 3
LA 2
LA 1
LA 0



C-1 C 0 C 1 C 2 C 3 C 4 C 5 C 6 C 7 C 8 C 9 C 10 C 11 C 12 C 13 C 14 C 15 C 16 C 17 C 18 C 19

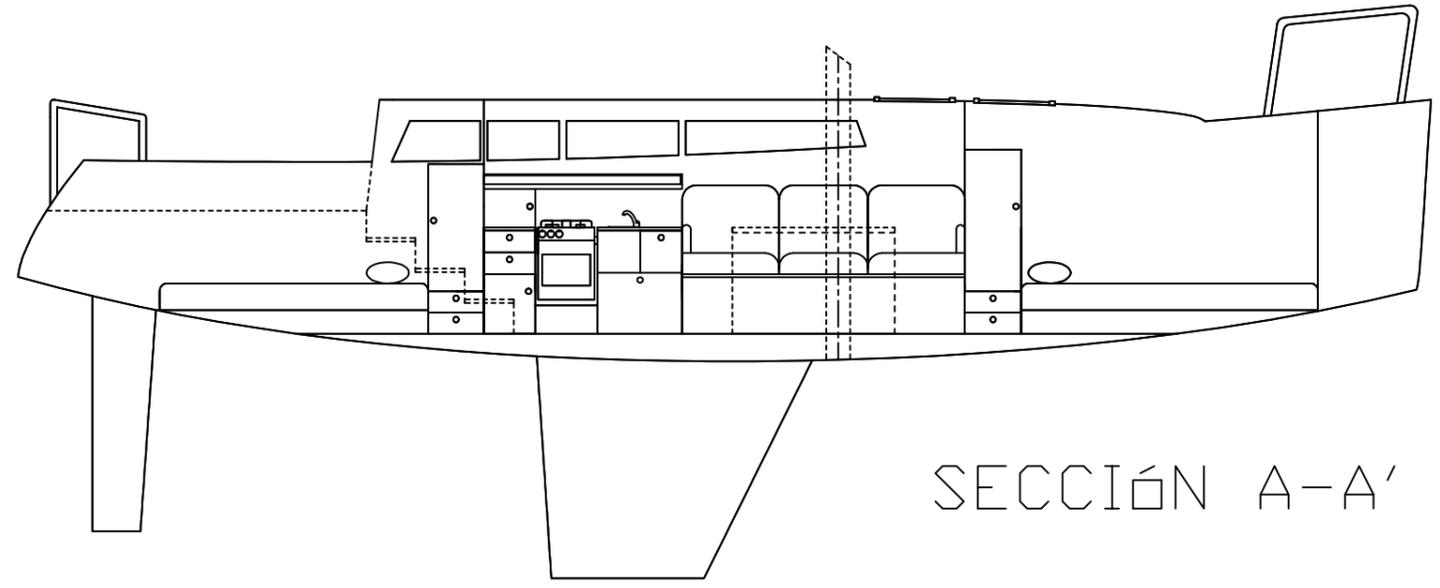
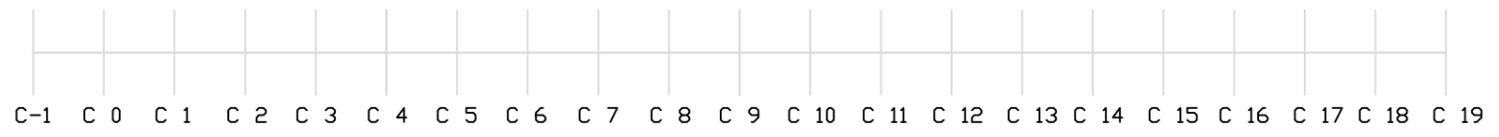
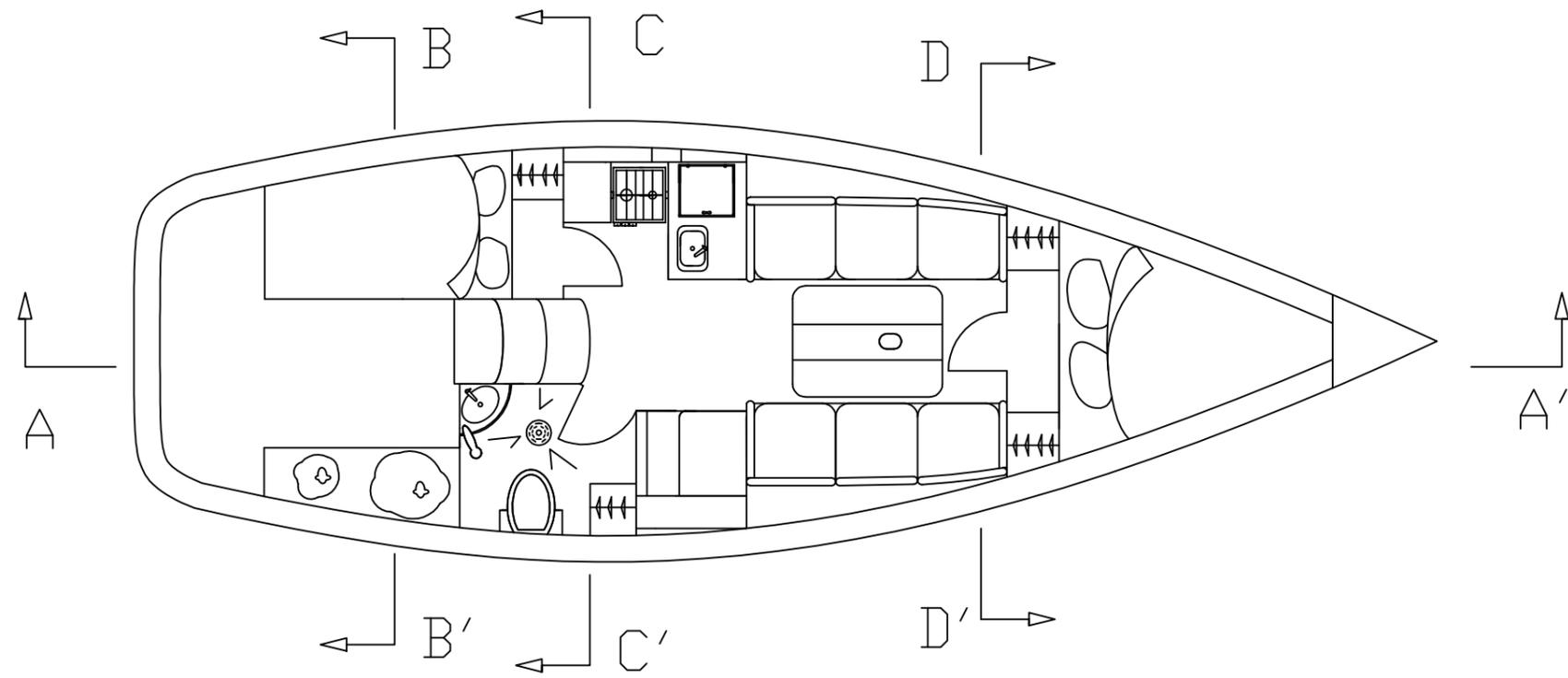


b 7
b 6
b 5
b 4
b 3
b 2
b 1
b 0
b 1
b 2
b 3
b 4
b 5
b 6
b 7

Datos del velero		
Dimension	Valor	Unidad
Eslora total (Loa)	10	metros
Eslora de flotacion (lwl)	9,2	metros
Manga maxima (B)	3,3	metros
Manga en flotacion (Bwl)	3,07	metros
Calado maximo (T)	2	metros
Calado del casco (Tc)	0,465	metros
Desplazamiento Rosca	5200	kg
Desplazamiento maximo	6250	kg
Lastre	2000	kg
Superficie velica ceñida	52,93	m ²
Coefficiente Prismatico	0,55	---
Coefficiente de Bloque	0,447	---
Numero de Froude	0,38	---
Combustible	100	litros
Agua	200	litros
Categoria	B	---

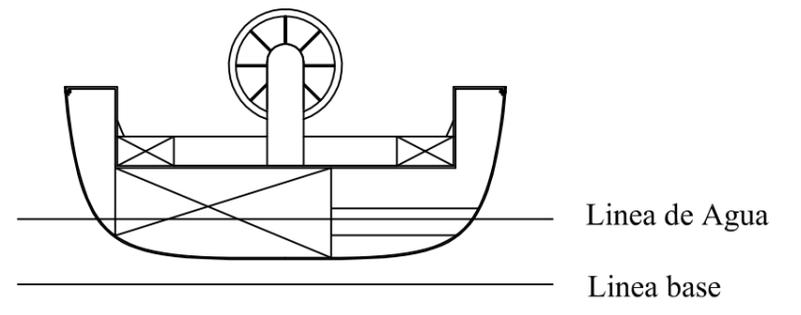
Espaciado entre cuadernas	500	mm
Espaciado entre lineas de agua	250	mm
Espaciado entre longitudinales	250	mm

Autor: Adrián Elena Vázquez		Proyecto de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora	
Escala: 1/50	Plano n°: 1	Fecha: 04/04/2010	
Nombre del plano: Plano de formas		Escuela Unversitaria de Ingerieria Técnica Naval	

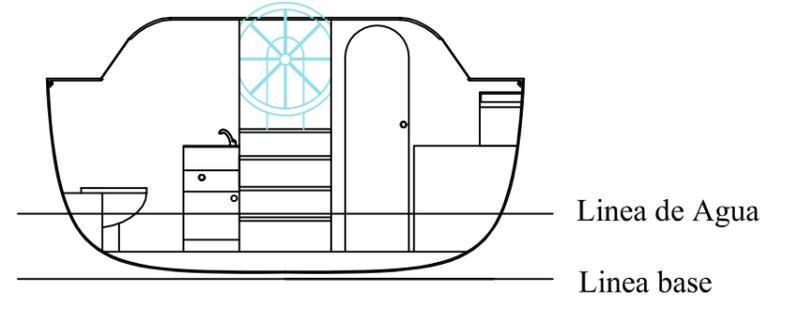


SECCIÓN A-A'

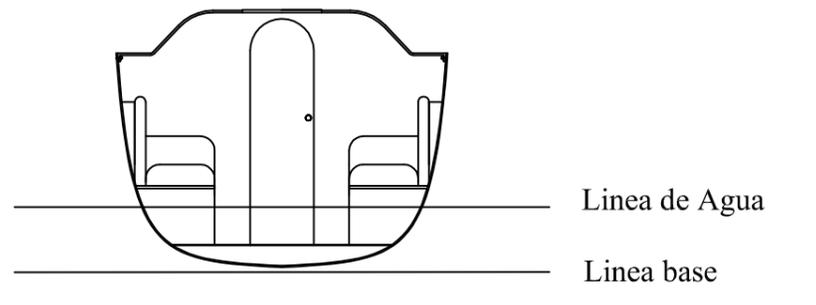
SECCIÓN B-B'



SECCIÓN C-C'

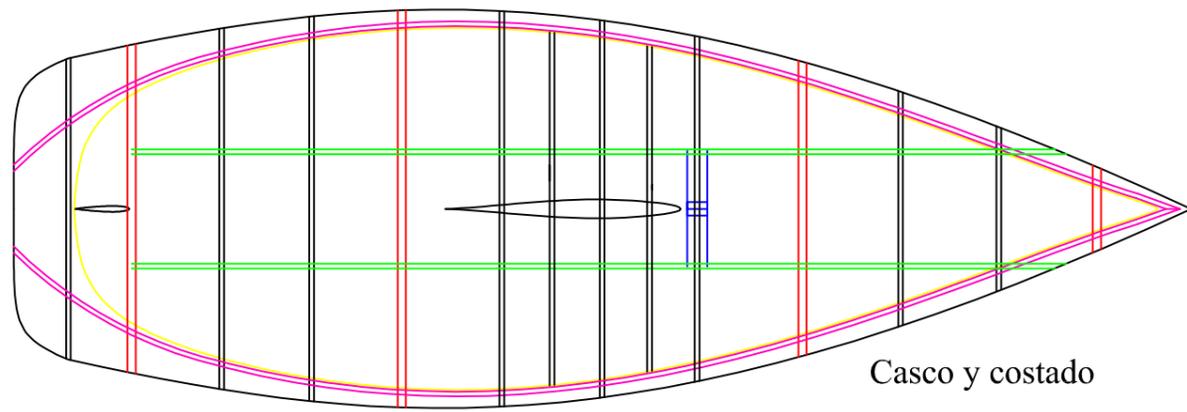


SECCIÓN D-D'

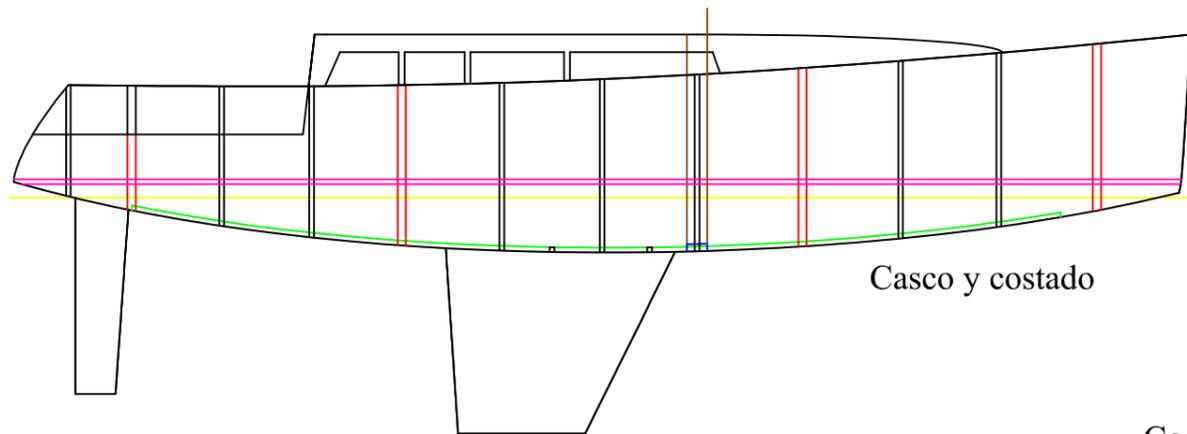
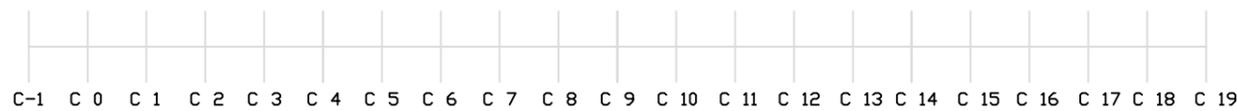


Autor: Adrián Elena Vázquez		Proyecto de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora	
Escala: 1/50	Plano n°: 2	Fecha: 04/04/2010	
Nombre del plano: Plano de disposicion general		Escuela Unversitaria de Ingerieria Técnica Naval	

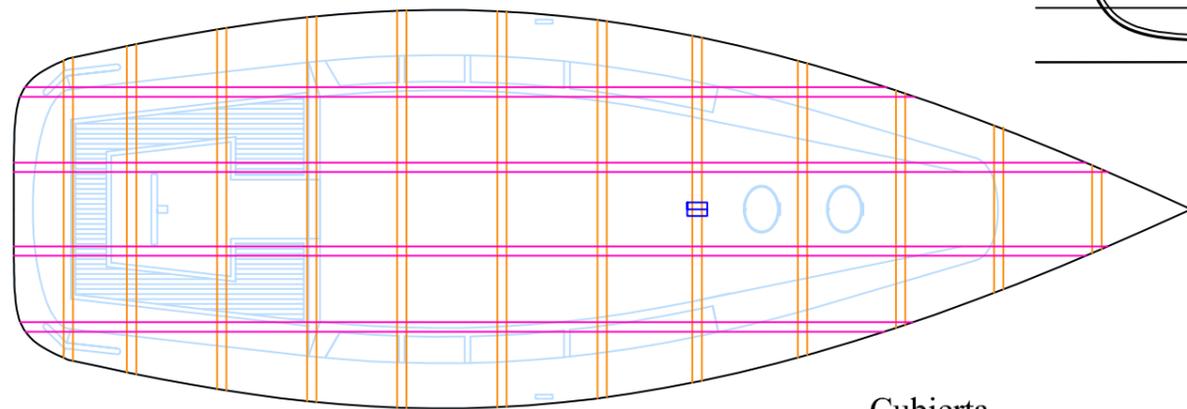
Plano de realizado con la Normativa UNE-EN ISO 12215-2



Casco y costado



Casco y costado



Cubierta



Dimensiones de los refuerzos							
Refuerzo	t (mm)	h (mm)	F (mm)	Bw (mm)	W (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)
Vagra	9,5	40	50	40	230	5	10
Varenga	9,5	40	50	40	230	5	10
Long. Costado	8,3	40	50	40	206	3	6
Cuaderna	8,3	40	50	40	206	5	10
Bularcama central	9,5	70	50	70	260	10	20
Bularcama lateral	8,3	70	50	70	236	6	12
Long. Cubierta	2,6	80	50	80	131	4	8
Bao	2,6	80	50	80	131	5	10

Espesores del forro		
Plancha	t (mm)	Area (m2)
Fondo	9,5	17,12
Costado	8,3	24,73
Cubierta	2,6+10+2,6	20,32
Quilla	9,1	2,26
Roda	10	0,178
Codillos	10,7	5,12

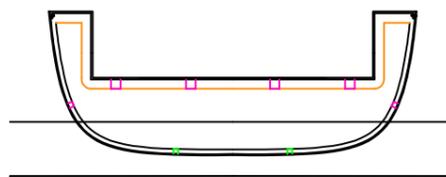
Características mecánicas laminado PRP, $\Psi = 0,4$		
Resistencia de rotura por tracción (out)	133,00	N/mm ²
Resistencia de rotura por compresión (ouc)	132,00	N/mm ²
Resistencia de rotura por flexión (ouf)	187,32	N/mm ²
Modulo elastico (E)	10200	N/mm ²
Modulo de cizalla (G)	2920	N/mm ²

Características mecánicas laminado PRP, $\Psi = 0,35$		
Resistencia de rotura por tracción (out)	107,00	N/mm ²
Resistencia de rotura por compresión (ouc)	124,50	N/mm ²
Resistencia de rotura por flexión (ouf)	168,495	N/mm ²
Modulo elastico (E)	8300	N/mm ²
Modulo de cizalla (G)	2835	N/mm ²

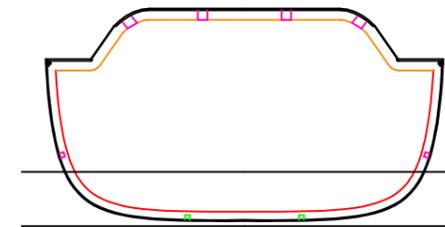
Características mecánicas del Nucleo de PVC		
Densidad (pc)	100,00	Kg/m ³
A largamiento a la rotura (%)	30,00	%
Resistencia a la cizalla (ru)	1,12	N/mm ²
Modulo de cizalla (Gc)	30,55	N/mm ²
Resistencia de rotura por compresión (ouc)	1,32	N/mm ²
Modulo de elasticidad en compresión (Eco)	89,98	N/mm ²

Datos del velero		
Dimension	Valor	Unidad
Eslora total (Loa)	10	metros
Eslora de flotacion (lwl)	9,2	metros
Manga maxima (B)	3,3	metros
Manga en flotacion (Bwl)	3,07	metros
Calado maximo (T)	2	metros
Calado del casco (Tc)	0,465	metros
Desplazamiento Rosca	5200	kg
Desplazamiento maximo	6250	kg
Lastre	2000	kg
Superficie velica ceñida	52,93	m ²
Coficiente Prismatico	0,55	---
Coficiente de Bloque	0,447	---
Numero de Froude	0,38	---
Combustible	100	litros
Agua	200	litros
Categoria	B	---

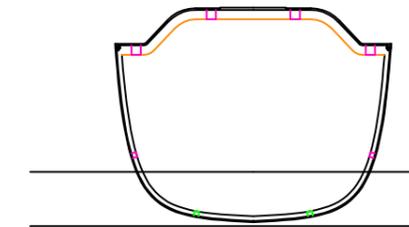
Corte cuaderna 3



Corte cuaderna 6



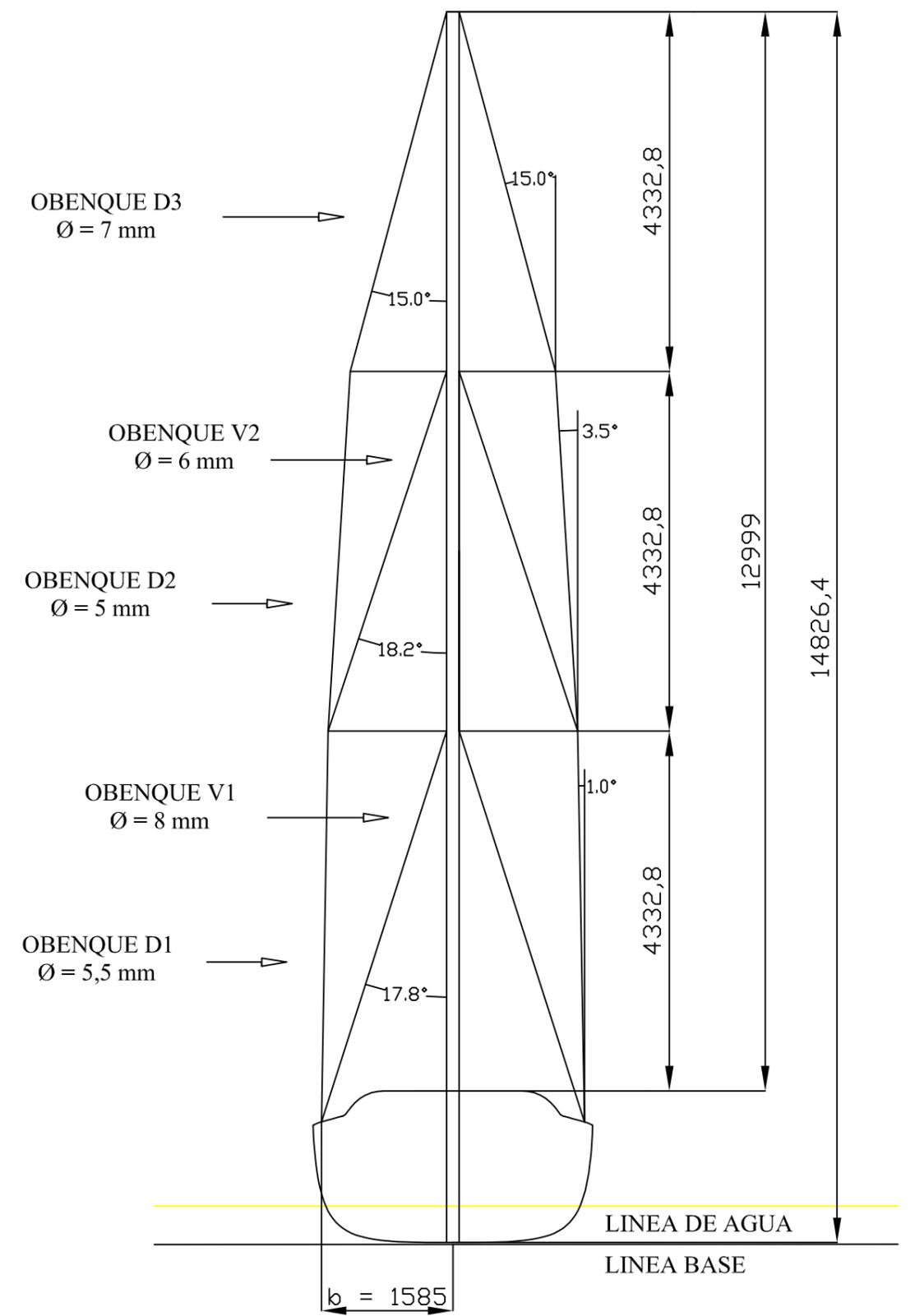
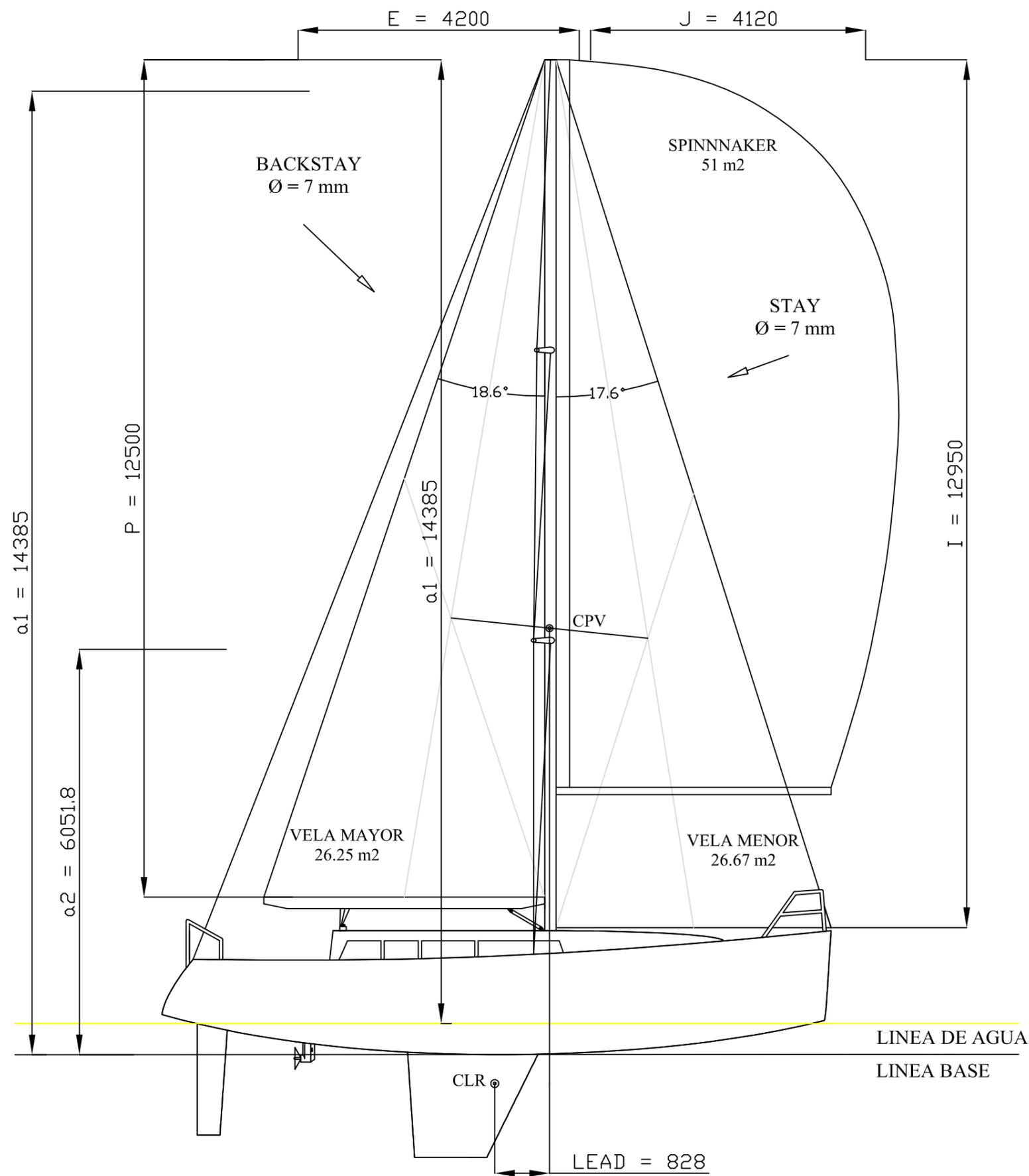
Corte cuaderna 12



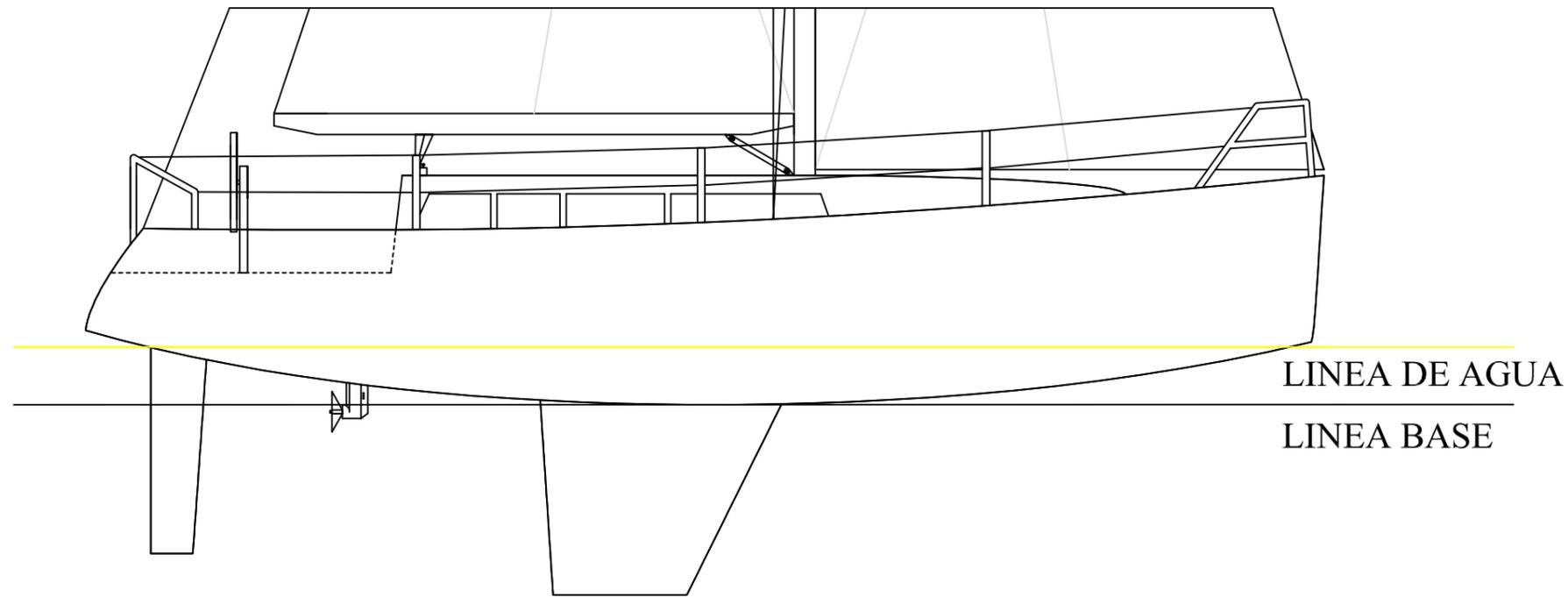
Línea de Agua

Línea base

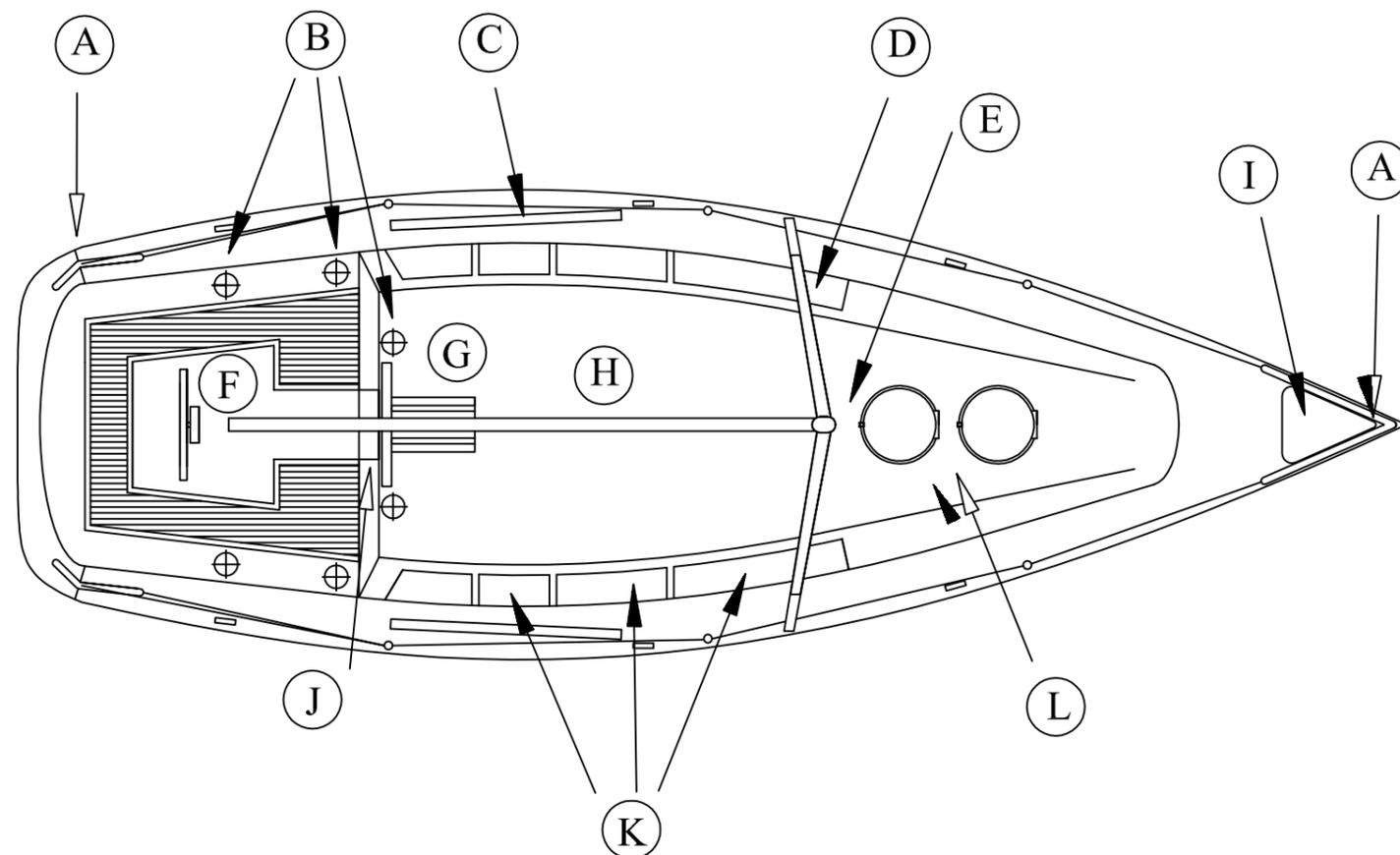
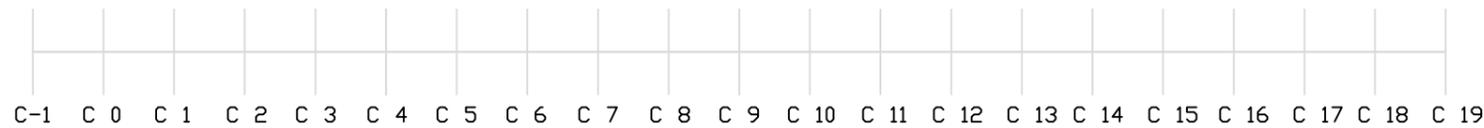
Autor: Adrián Elena Vázquez		Proyecto de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora	
Escala: 1/60	Plano n°: 3	Fecha: 05/04/2010	
Nombre del plano: Plano de escantillado		Escuela Unversitaria de Ingerieria Técnica Naval	



Autor: Adrián Elena Vázquez		Proyecto de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora	
Escala: 1/70	Plano n°: 4	Fecha: 06/04/2010	
Nombre del plano: Plano velico		Escuela Unversitaria de Ingerieria Técnica Naval	



Datos del velero		
Dimension	Valor	Unidad
Eslora total (Loa)	10	metros
Eslora de flotacion (lwl)	9,2	metros
Manga maxima (B)	3,3	metros
Manga en flotacion (Bwl)	3,07	metros
Calado maximo (T)	2	metros
Calado del casco (Tc)	0,465	metros
Desplazamiento Rosca	5200	kg
Desplazamiento maximo	6250	kg
Lastre	2000	kg
Superficie velica ceñida	52,93	m ²
Coficiente Prismatico	0,55	---
Coficiente de Bloque	0,447	---
Numero de Froude	0,38	---
Combustible	100	litros
Agua	200	litros
Categoria	B	---



Equipo de cubierta	
A	Candeleros
B	Winches
C	Carro de escota de la menor
D	Crucetas
E	Mastil
F	Bañera
G	Carro de escota de la mayor
H	Botavara
I	Escotilla de lacaja de cadenas
J	Escotilla de acceso
K	Ventanas
L	Escotillas superiores

Autor: Adrián Elena Vázquez		Proyecto de un velero crucero-regata de 10 metros de eslora	
Escala: 1/50	Plano n°: 5	Fecha: 04/04/2010	
Nombre del plano: Plano de disposicion general de la cubierta		Escuela Unversitaria de Ingerieria Técnica Naval	

