

Universidad de **Cádiz**

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

**VELERO CRUCERO DE 11,95 M. DE ESLORA
TOTAL Y 190.000 € DE P.V.P.**

Rocío REVUELTA BETANZOS



**Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Octubre 2011**



AVISO IMPORTANTE:

El único responsable del contenido de este proyecto es el alumno que lo ha realizado.

La Universidad de Cádiz, La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval, los Departamentos a los que pertenecen el profesor tutor y los miembros del Tribunal de Proyectos Fin de Carrera así como el mismo profesor tutor **NO SON RESPONSABLES DEL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO.**

Los proyectos fin de carrera pueden contener errores detectados por el Tribunal de Proyectos Fin de Carrera y que estos no hayan sido implementados o corregidos en la versión aquí expuesta.

La calificación de los proyectos fin de carrera puede variar desde el aprobado (5) hasta la matrícula de honor (10), por lo que el tipo y número de errores que contienen puede ser muy diferentes de un proyecto a otro.

Este proyecto fin de carrera está redactado y elaborado con una finalidad académica y nunca se deberá hacer uso profesional del mismo, ya que puede contener errores que podrían poner en peligro vidas humanas.

Fdo. La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval
Universidad de Cádiz

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	5
3. REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS.....	6
4. ESTUDIO ESTADÍSTICO	9
4.1. Parámetros comparativos.....	10
4.2. Libro Principles of yacht design.....	11
4.3. Definición final de dimensiones.	17
5. DISEÑO DE LA CARENA.....	18
5.1. Resistencia al avance.....	18
5.2. Número de Froude y coeficiente prismático y LCB óptimos.....	23
5.3. Dimensiones principales	25
5.4. Diseño de la carena en Maxsurf.....	27
6. DISEÑO DE APÉNDICES.....	28
6.1. Fuerza de sustentación	28
6.2. Aerodinámica de la navegación a vela	32
6.3. Efectos de la fuerza aerodinámica lateral.....	34
6.4. Diseño de la orza	36
6.4.1. Dimensionamiento de la orza	37
6.4.2. Centro de Resistencia Lateral. CRL.....	41
6.4.3. Tipos de sección	42
6.4.4. Cálculo de los pernos de la orza.....	43
6.5. Diseño del timón	45
6.5.1. Dimensionamiento del timón.....	45
6.5.2. Cálculo de la mecha del timón	47
7. DISEÑO DE INTERIORES.....	49
7.1. Salón y mesa de cartas.....	49
7.2. Cocina y baño.	50
7.3. Camarotes	51
7.4. Escaleras de acceso y espacio del motor.	52
8. DISEÑO DE CUBIERTA.....	53
8.1. Elementos de la jarcia firme.....	54
8.2. Elementos de la jarcia de labor	55

8.3. Elementos de seguridad y fondeo.....	55
9. DISEÑO DEL PLANO VÉLICO.....	56
9.1. Tipo de aparejo.	57
9.2. Diseño de la superficie velica	59
9.3. Equilibrio vélico	63
9.4. Estimación del abatimiento.....	65
9.5. Diseño del aparejo.....	66
9.5.1. Aplicación de los estándares del NBS. (definición y ámbito de la normativa).....	67
9.5.2. Cargas transversales.....	71
9.5.3. Fuerzas en los obenques	76
9.5.4. Cargas en los stays	78
9.5.5. Dimensionamiento del mástil	80
9.5.5.1. Cálculo de la rigidez transversal (Ix).....	80
9.5.5.2. Cálculo de la rigidez longitudinal (Iy)	82
9.5.6. Dimensionamiento de la botavara	85
9.5.7. Dimensionamiento de las crucetas	87
9.5.8. Elección de las secciones y cables.....	89
10. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO	92
10.1. ELECCIÓN DEL MATERIAL	93
10.2. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	95
10.3. PRESIONES DE DISEÑO	97
10.3.1. Presión en los fondos de los veleros.....	99
10.3.2. Presión en los costados de los veleros.....	99
10.3.3. Presión de la cubierta de los veleros.....	100
10.3.4. Presión de las superestructuras de los veleros.....	100
10.4. ESPESORES DE LOS PANELES.....	101
10.4.1. Espesores mínimos del fondo	101
10.4.2. Espesores mínimos del costado	102
10.4.3. Espesores mínimos de la cubierta.....	103
10.4.4. Espesor mínimo de la superestructura	104
10.5. Cálculo de los refuerzos estructurales	105
10.5.1. Refuerzos longitudinales	107
10.5.2. Refuerzos transversales	110
10.5.3. Refuerzo de la quilla.....	113

11. CÁLCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN.....	114
11.1. Resistencia al avance. Hull Speed	115
11.2. Motorización	119
12. EQUIPAMIENTOS.....	122
12.1. Equipos de salvamento y seguridad.....	122
12.2. Equipo de navegación	123
12.3. Equipos contra incendios y de achique.....	124
12.4. Prevención de vertidos.....	125
13. ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD.....	127
13.1. Peso en rosca (Δ_R).....	128
13.2. Peso del laminado (PI).....	128
13.3. Peso de la maquinaria y equipamientos PMAq.....	131
13.4. Peso del aparejo Paparejo.....	131
13.5. Peso del lastre Plastre.	132
13.6. Peso de la habilitación Phab.	132
13.7. Resumen del peso en rosca.....	133
14. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD	134
14.1. Condición, peso y volumen.	134
14.2. Análisis de la estabilidad y normativa	136
15. PRESUPUESTO	144
15.1. Desglose detallado del coste de materiales.....	144
15.2. Coste del proyecto y gastos del astillero.....	149
15.3. Resumen del presupuesto y cálculo del beneficio	150
16. BIBLIOGRAFÍA.....	151
ANEXO I: Estudio estadístico	152
ANEXO II	153
ANEXO III	158
PLANOS	

1. INTRODUCCIÓN

Presento este proyecto como requisito último para la consecución del título de Ingeniero Técnico Naval en la especialidad de Estructuras Marinas por la Universidad de Cádiz.

Dicho proyecto ha sido realizado por Rocío Revuelta Betanzos y supervisado por Raquel Núñez Barranco.

El objetivo de este proyecto es diseñar un velero de crucero de 11,95 metros de eslora cuyo precio de venta al público será fijado previamente en 190000€. Diseñaremos un velero de crucero que sea atractivo para su comercialización.

2. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

La embarcación debe cumplir con unas características como cumplir toda la normativa vigente en la UE en relación a las embarcaciones de recreo, cómoda navegación de crucero así como buena habitabilidad.

El cliente tipo para este proyecto sería una persona de mediana edad con conocimientos de navegación, interesado en una embarcación de 11,95 metros de eslora con el fin de dedicarla al ocio familiar en vacaciones y chárter.

La embarcación a diseñar será un velero de crucero de categoría de diseño B, para navegar en aguas litorales hasta 60 millas de la costa, con capacidad para albergar a 6 personas cómodamente pero con capacidad de 8 personas máximo. Los barcos pertenecientes a la categoría de diseño B son embarcaciones que pueden soportar vientos con una fuerza 8 en la escala Beaufort.

La velocidad de diseño la hemos fijado en 7 nudos al ser la velocidad que suelen tener embarcaciones del mismo tamaño y uso.

Con respecto a la autonomía, al ser una embarcación destinada al uso familiar y de crucero la fijamos en una autonomía para 5 días, por lo que tiene que llevar agua para los 8 tripulantes y 5 días, y combustible para navegar durante esos 5 días a 7 nudos de velocidad.

Las principales zonas de navegación pueden ser por la costa de la luz: Cádiz - El Puerto de Santa María - Chipiona - Sanlúcar - Punta Umbría - Matalascañas.

La disposición general de la embarcación comprende los siguientes espacios:

- 3 camarotes independientes, dos a popa y uno en proa.
- 1 baño equipado con lavabo, wc y ducha; y otro con lavabo y wc.
- Cocina completamente equipada.
- Salón espacioso
- Mesa de cartas.

3. REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS

La normativa que se aplicará a la embarcación según la especificación técnica para que se cumplan los criterios exigidos por los organismos oficiales en cuanto a seguridad, estabilidad, diseño y escantillonado es la siguiente:

Normativa referente a la construcción y estabilidad recogidas en la normativa UNE-EN ISO, real decreto referente a la seguridad de las personas a bordo y la contaminación, normativas aconsejadas por las sociedades de clasificación, ordenes del ministerio de fomento para los equipos de seguridad a bordo y por último las normativas relacionadas con la propia navegación recogidas en el reglamento internacional para prevenir abordajes.

- **Norma UNE-EN ISO 8666:** Pequeñas embarcaciones. Datos principales. 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_3:** Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 3: Materiales: Acero, aleaciones de aluminio, madera, otros materiales.

- **Norma UNE-EN ISO 12215_5:** Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación del escantillón.

Se aplica para la determinación de la 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, 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. Ésta norma solo se aplica a las embarcaciones en estado intacto. Solo se debe aplicar a las embarcaciones que tengan una velocidad máxima menor o igual a 50 nudos.

- **Norma UNE-EN ISO 12215_6:** Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 6: Dispositivos estructurales y detalles de construcción.
- **Norma UNE-EN ISO 12215_9:** Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 9: Veleros. Apéndices y puntos de amarre.
- **Norma UNE-EN ISO 12216:** Pequeñas embarcaciones. Ventanas, portillos, escotillas, tapas ciegas y puertas. Requisitos de resistencia y estabilidad.
- **Norma UNE-EN ISO 12217_2:** Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de estabilidad y la flotabilidad. Parte 2: Embarcaciones de propulsión a vela de eslora superior a 6 metros.

Esta normativa 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.

Esta evaluación permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C o D) adecuada a su diseño y a su carga máxima.

Esta normativa 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 rígidoneumáticas 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.

- **Orden del ministerio de fomento FOM/1144/2003:** Equipo y material de seguridad a bordo de las embarcaciones de recreo.

Modificada por la ORDEN FOM/1076/2006, regula los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertido, que deben llevar a bordo las embarcaciones de recreo.

El equipo dependerá de la zona de navegación, categoría de diseño, eslora de la embarcación y su motorización, y se detallara en el capítulo 12 de equipamientos.

- **Lloyds Register of shipping:** Rules and regulation for the classification of yachts and small crafts.

Normativa utilizada para el escantillonado en la zona de la quilla donde nos aconseja utilizar un sobrespesor con respecto al resto del casco.

- **Reglamento de American Bureau of Shipping (ABS O.R.Y):** Normativa utilizada para dimensionar los pernos de unión de la orza con el casco y la mecha del timón obtenida de la guía Offshore Racing Yacht.

- **Convenio sobre el reglamento internacional para prevenir los abordajes de 1972,** utilizado para la regulación de las luces y marcas de navegación.

- **Real Decreto 258/1999 de 12 de febrero,** por el que se establecen condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia técnica de los trabajadores del mar.

4. ESTUDIO ESTADÍSTICO

Para obtener los datos para nuestro velero nos basaremos en el estudio estadístico que hemos realizados con barcos similares. Esto nos proporcionara una idea general de cuáles son las características generales de otros veleros del mercado que son la competencia. Tomaremos en nuestro estudio estadísticos veleros del mismo tipo que el nuestro, veleros de crucero con esloras dentro de un rango de 1 metro por encima o por debajo, es decir entre 10,95 y 12,95 metros de eslora.

El estudio lo hemos realizado con 23 veleros de diseño actual y que aún siguen en el mercado.

Los datos obtenidos del estudio estadístico los tendremos como referencia y orientación, nunca nos limitaran. Estos datos están recogidos en el Anexo I.

4.1. Parámetros comparativos

Con los "parámetros comparativos" podemos comparar embarcaciones de distintas dimensiones, comparando dimensiones y dando como resultado las características de cada barco para esa relación sin tener influencia el tamaño del barco.

MODELO	L/B	L/LwI	LwI/D	Lastre/D	Svelica/D	LwI/T
oceanis 41	2,96					
oceanis 37	2,93				0,01	
first 40cr	3,23				0,012	
first 35	2,98				0,013	
salona 37	3,13	1,13	1,48*10-3	0,34	0,013	4,97
new salona 38	3,17	1,13	1,61*10-3	0,36	0,014	5,12
new salona 41	3,25	1,09	1,59*10-3	0,33		5,72
salona 42	3,35	1,1	1,56*10-3	0,33		5,72
Albatross 40	3	1,07	1,15*10-3			5,6
Albatross 35	2,88	1,07	1,4*10-3	0,33		5,16
sun odyssey 36i	3,05	1,1	1,72*10-3		0,011	6,69
sun odyssey 409	3,09	1,12	1,47*10-3		0,01	5,24
cruiser 36	3,08	1,14	1,41*10-3	0,3	0,01	5,21
cruiser 40	3,12	1,15	1,24*10-3	0,31	0,01	5,24
cruiser 40S	3,12	1,15	1,32*10-3	0,33		4,67
vision 40	3,18			0,34	0,01	
xc 38	3,04	1,09	1,24*10-3	0,43		5,34
xc 42	3,12	1,1	1,01*10-3	0,437		5,46
xp 38	3,13	1,12	1,61*10-3	0,43		4,93
dufour 34E	3,04	1,16	1,69*10-3		0,012	4,8
dufour 40E	3,17	1,14	1,35*10-3		0,011	5,12
dufour 375GL	2,9	1,13	1,4*10-3		0,01	5,2
dufour 405GL	3,05	1,14	1,33*10-3		0,01	5,23
Media	3,08	1,118	1,42*10-3	0,33	0,011	5,3

4.2. Libro Principles of yacht design

Además del estudio estadístico con varios barcos del mercado y de los parámetros comparativos miramos en el libro de principios of yacht design unas graficas.

Estas graficas muestran las relaciones entre las dimensiones junto con la eslora en la flotación, dato con el que entramos en la grafica para poder consultarla.

Los parámetros comparativos que se muestran en estas graficas son: Eslora total/ manga máxima; Eslora de flotación/ calado; Eslora de flotación/ desplazamiento; Relación de lastre; Francobordo en proa/ eslora de flotación; Relación eslora total/ eslora de flotación; Superficie velica/ desplazamiento.

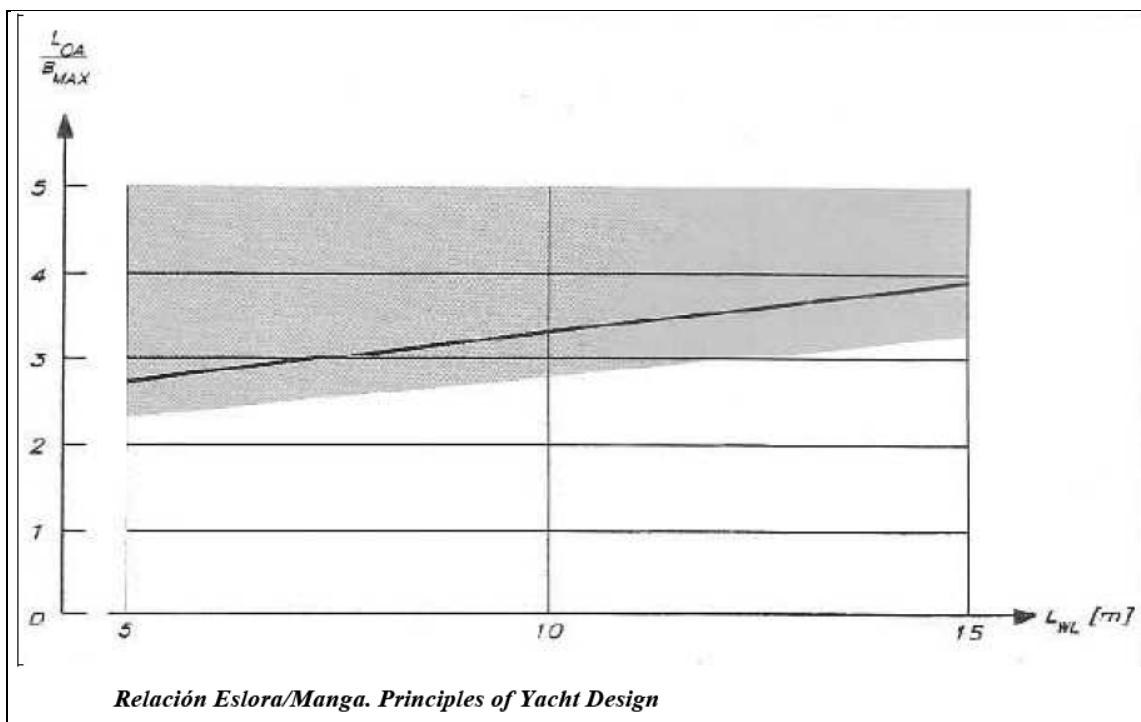
- Eslora total/ eslora de flotación:

Este parámetro nos marca los lanzamientos de la embarcación. Para embarcaciones ligeras la relación es menor, al intentar mantener una alta velocidad de casco, que tal y como vimos estaba limitada por la Lwl. Sin embargo para embarcaciones más pesadas 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 hacia arriba y abajo.

Según los parámetros comparativos que nos dan los barcos del estudio estadístico esta relación es de 1,118 por lo que tomamos 1,2 y nos daría una eslora en la flotación de 10,67m. Como podemos comprobar se encuentra en los valores medios para esta relación según la teoría.

- Eslora total/ manga máxima:

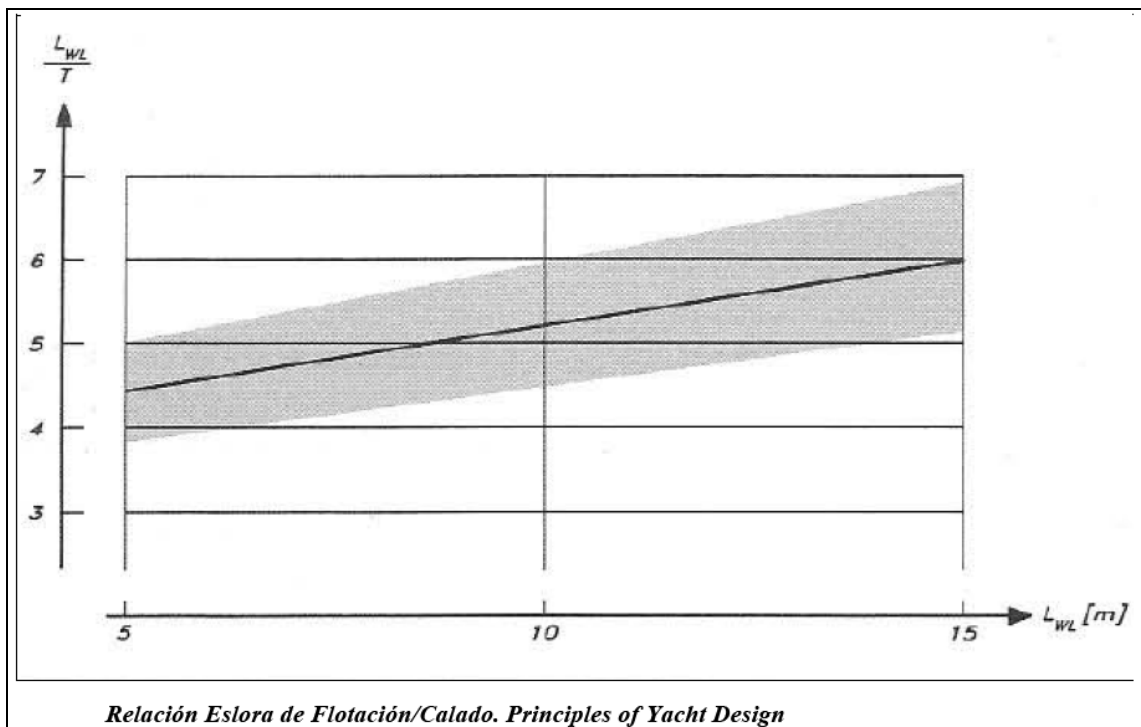
Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, vemos que al aumentar la eslora, la relación va aumentando, lo que significa que la embarcación se vuelve más estilizada. Esto está justificado por la estabilidad, ya que al aumentar la eslora y así también el desplazamiento, aumenta 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.



La relación según el valor medio de los parámetros comparativos es de 3,08 y volvemos a tomar de media 3,1 por lo que la manga nos sale 3,85 m valor que se encuentra en el rango que nos proporciona la teoría.

- Eslora de flotación/ calado:

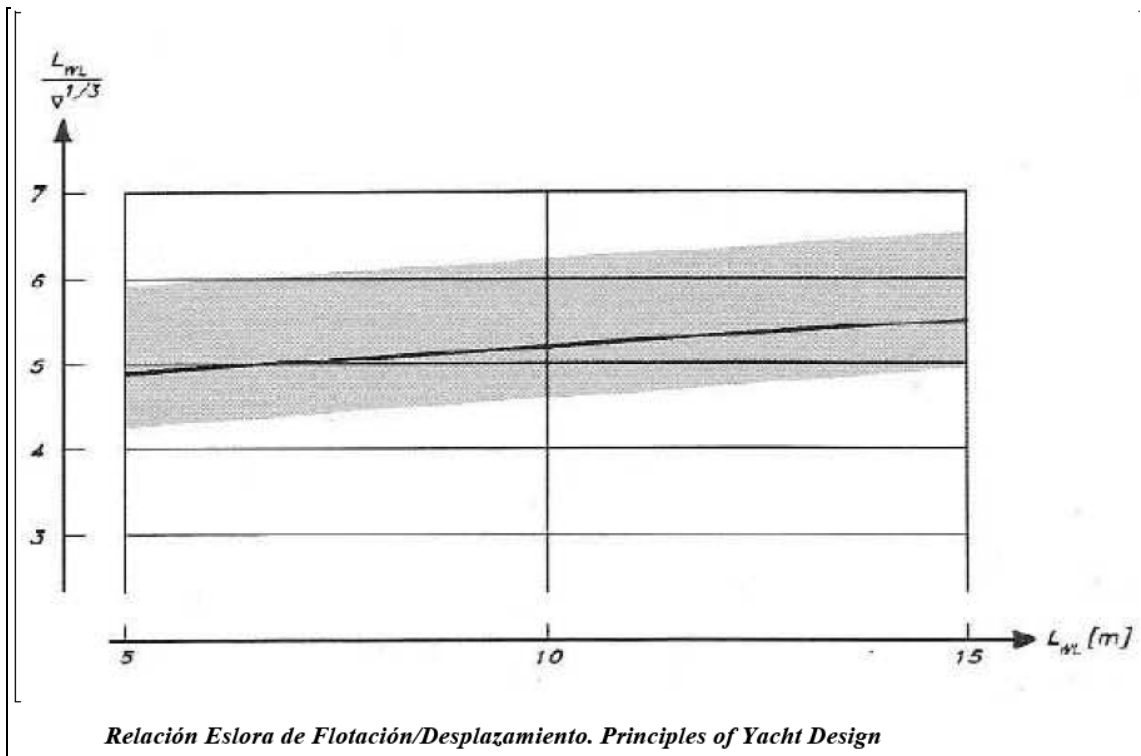
El calado relativo va disminuyendo al aumentar la eslora. En el caso de veleros se puede relacionar el calado con la manga y obtendremos una relación bastante valida: $B_{max}=1,6 \times T$. El valor del calado está relacionado con la relación de aspecto de la orza. Sin embargo cuando la embarcación 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.



La relación que nos proporciona los parámetros comparativos de las embarcaciones del estudio estadístico para este parámetro es de 5,3 por lo que obtendríamos un calado de 2 m pero al parecernos un calado demasiado pequeño para contar con la orza, hemos utilizado la relación $B_{max}= 1,6 \times T$. Esto nos daría un calado de 2,4m que es el que tomaremos para nuestro velero.

- Eslora de flotación/ desplazamiento:

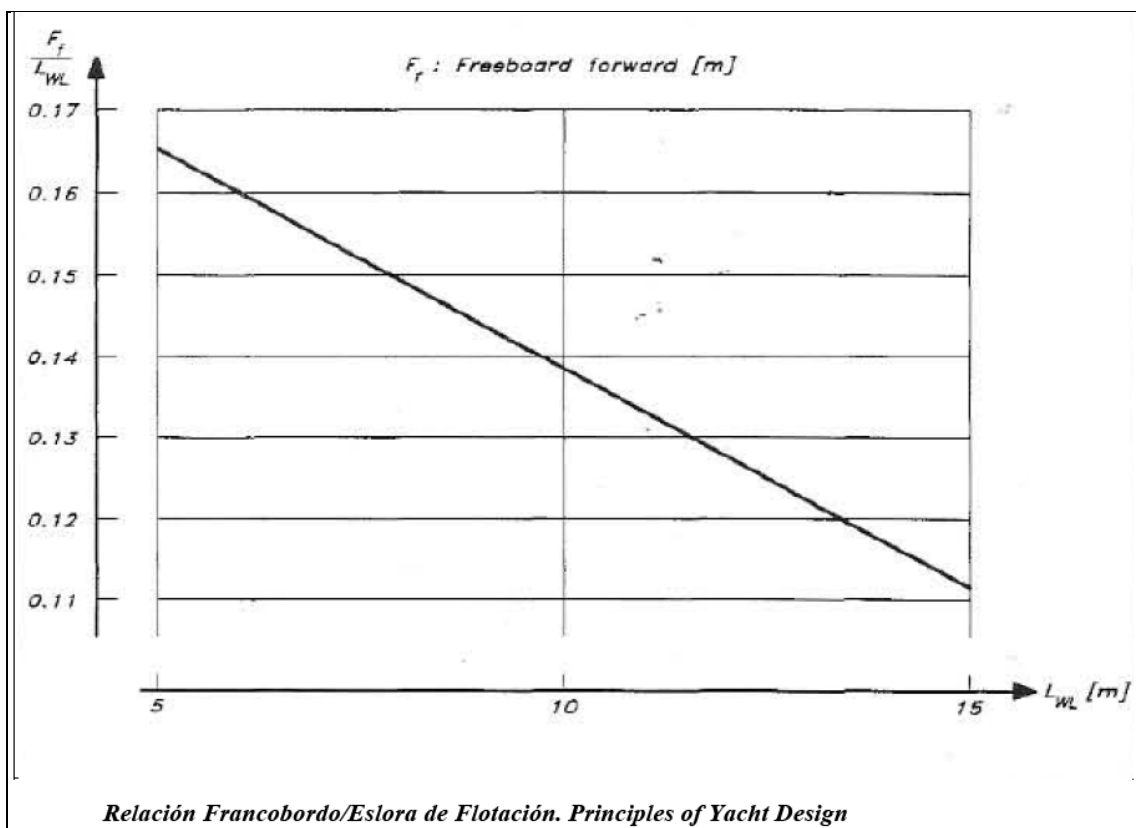
Este valor delimita el régimen de navegación, siendo necesario un valor mayor de 5,7 para conseguir navegar a mas de FN= 0,45. Para poder extrapolar podemos decir que el desplazamiento crece según la eslora elevada a 2/3. En la siguiente gráfica se puede ver que los límites son del 12% por debajo de la línea media y 20% por encima de ésta.



Según los parámetros comparativos del estudio estadístico obtenemos un desplazamiento de 7514,08 tn, y utilizando la grafica anterior obtenemos el mismo resultado por lo que este será nuestro desplazamiento.

- Relación francobordo en proa/ eslora de flotación:

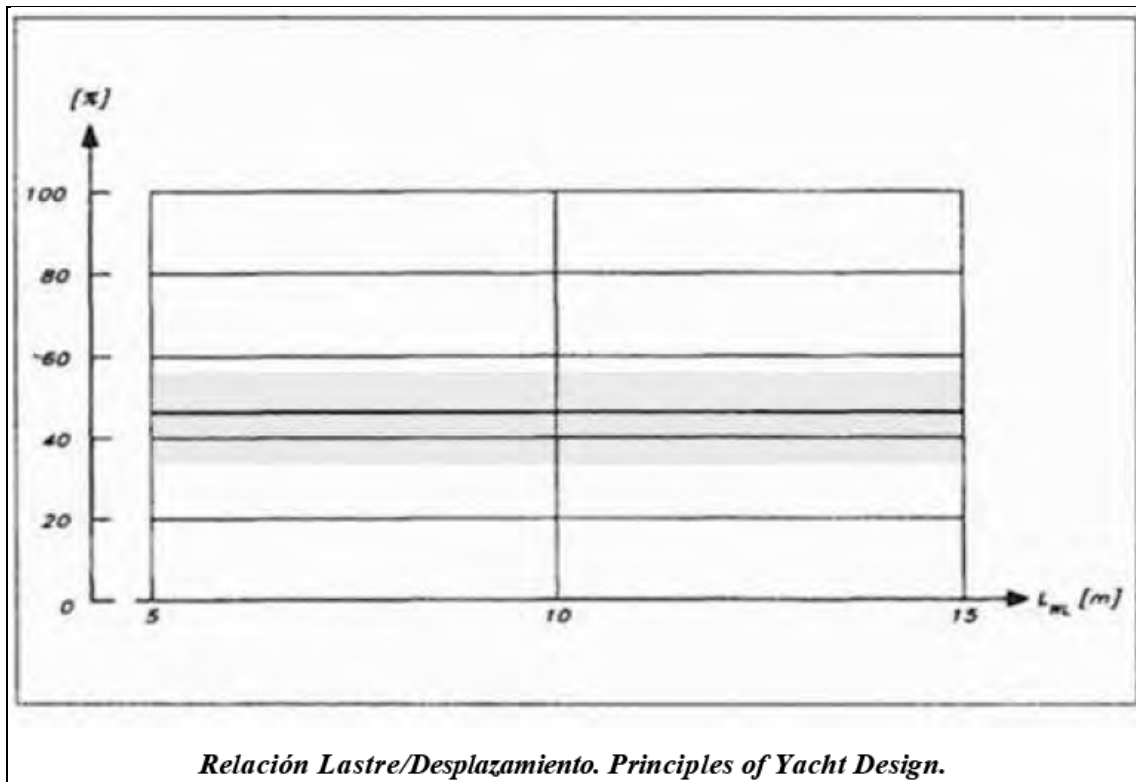
Este valor va decreciendo con la eslora, ya que una vez sobrepasado la medida mínima exigida por las alturas interiores, ya no parece necesario seguir aumentando el francobordo. Hay que tener en cuenta otros efectos de francobordo como son, el mayor abatimiento de la embarcación, el aumento de la estabilidad por formas positiva a grandes ángulos de escora, y el riesgo de elevación del c.d.g.



Para esta relación solo tenemos este gráfico como referencia por lo que al entrar con la eslora de flotación tenemos una relación de francobordo/eslora de flotación = 0,135. Con este valor sacamos que el francobordo es de 1,44m.

- Relación de lastre (peso del lastre/ desplazamiento) :

Este valor no varía con la eslora y fluctúa entre valores del 0,35 a 0,55. Embarcaciones más regateras, al poseer menor desplazamiento necesitan bajar más el c.d.g. (KG) para conseguir suficiente estabilidad, por lo que suelen tener una relación de lastre mayor, llegando al caso extremo de algunos Copa América que han llegado hasta el 0,80.



Como según los parámetros comparativos del estudio estadístico esta relación es de 0,33 y aquí nos dice que varía entre 0,35 a 0,55 tomamos el 0,35 como relación, así que el lastre para nuestra embarcación será de 2629,93 tn.

- Relación superficie velica/ desplazamiento:

Este parámetro nos marca la capacidad propulsora de la embarcación y nos determina en cierta manera la velocidad máxima. Varía entre 15 y 22 con un valor medio de 19.

Al fijarnos en los parámetros comparativos esta relación nos sale de 11 pero hemos decidido tomar el valor medio de la teoría de 19 por lo que obtenemos una superficie velica de 82,65 m².

4.3. Definición final de dimensiones.

Con todos los datos recogidos y razonando cada uno de ellos como hemos hecho en el punto anterior con algunas de las dimensiones, haremos a continuación una tabla resumen con los datos que usaremos para el diseño de nuestro velero.

Loa (m)	11,95	Lastre (kg)	2629,93
Lwl (m)	10,67	S.V.proyecta (m ²)	82,65
Bmáx (m)	3,86	Potencia motor (Hp)	40CV
Calado (m)	2,4	Combustible (l)	200
Calado casco (m)	0,71	Agua (l)	360
Desplazamiento (kg)	7914		

Estos valores pueden ser modificados durante el diseño de la carena, de los apéndices, del interior o del plano velico para adaptarlo a las necesidades o decisiones finales. Estos cambios se indicaran en el apartado en que se realicen.

5. DISEÑO DE LA CARENA

El diseño de la carena es uno de los aspectos más importantes y a la vez complicados del diseño de una embarcación de recreo como esta. Las funciones principales que ha de cubrir la carena son:

- Poseer suficiente estabilidad de formas, de manera que la embarcación pueda soportar los efectos de la fuerza aerodinámica transversal.
- Permitir el avance del barco con el consumo mínimo de energía, o lo que es lo mismo, ofrecer la menor resistencia posible al avance.
- Poseer una buena resistencia a los movimientos dinámicos derivados de la navegación, como son el balance, el cabeceo, las guiñadas, etc.

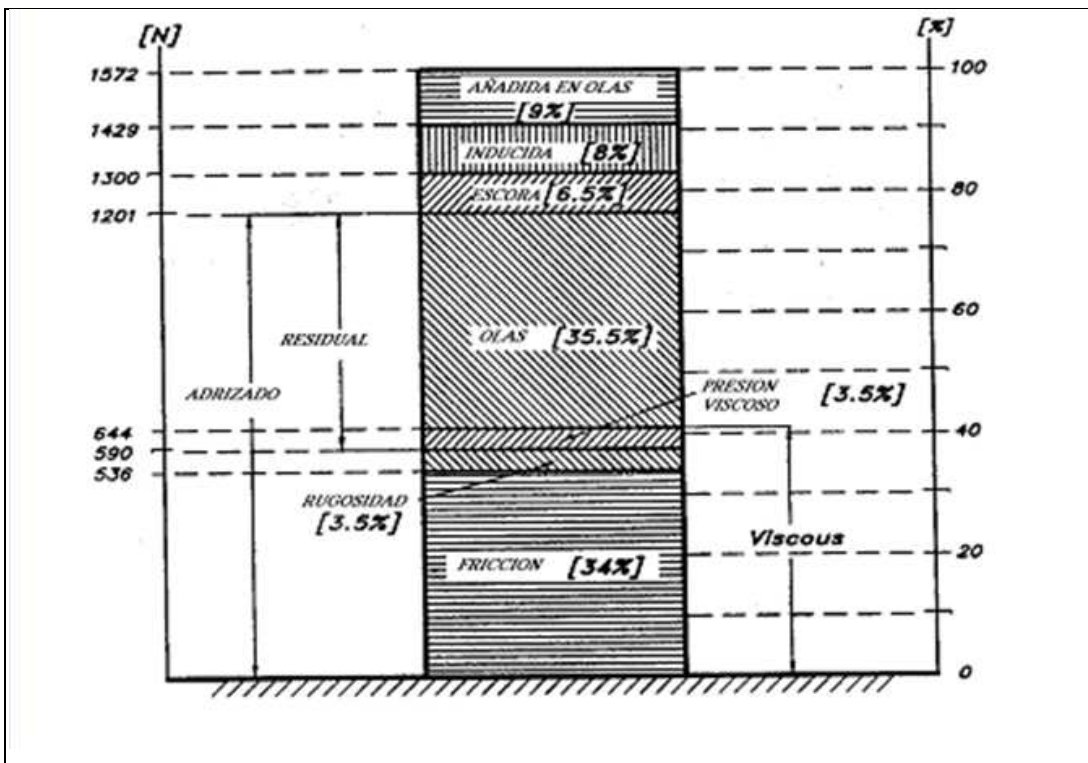
5.1. Resistencia al avance

La resistencia total que opone un barco de vela al avance se puede dividir en cinco grupos:

- Resistencia de origen viscoso. Debida al gasto de energía como consecuencia del paso de régimen laminar a régimen turbulento, esta suele dividirse en tres resistencias distintas: resistencia de fricción, resistencia por presión viscosa y resistencia debida a rugosidades de la carena.
- Resistencia debida a la escora. En una embarcación a vela la escora es algo habitual. Debido a ésta las líneas de agua se vuelven asimétricas, de manera que el casco genera una sustentación y una resistencia inducida debida a dicha sustentación.
- Resistencia inducida. Debido al abatimiento del barco, se produce una circulación de fluido por debajo del casco desde la cara de sotavento a la de barlovento. Esto se traduce en la formación de remolinos y turbulencias, con el consiguiente gasto de energía.
- Resistencia añadida en olas. Debido al gasto de energía producido por los movimientos dinámicos ocasionados por las olas, los movimientos de balanceo y cabeceo.

- Resistencia por formación de olas. Debido al reparto discontinuo de presiones a lo largo de la carena formándose zonas donde aparecerán crestas y senos de olas. La longitud de la ola generada por el casco depende del Número de Froude o , de la velocidad del barco y de la eslora de éste. El punto a partir del cual la resistencia aumenta considerablemente rápido con la velocidad se presenta cuando la eslora en la flotación coincide con la longitud de la ola generada por el casco. Este valor coincide con un $F_n = 0,45$.

Reparto de resistencia a $F_n = 0,35$



A continuación veremos con más detalle las dos componentes de resistencia que afectan en mayor medida a la resistencia total que son la resistencia de origen viscoso y la resistencia por formación de olas.

- Resistencia de origen viscoso:

- Resistencia por fricción. Depende fundamentalmente de la superficie mojada del casco, la velocidad y por último del régimen del fluido alrededor del casco.

Una menor superficie mojada reduce la resistencia por fricción, las embarcaciones modernas con orzas separadas del casco, reducen la superficie mojada en comparación con las embarcaciones clásicas de quilla corrida.

La resistencia por fricción aumenta directamente proporcional al cuadrado de la velocidad del casco.

Cuando el régimen del fluido alrededor del casco es laminar, la velocidad de éste con respecto al casco es menor, lo que significa una menor resistencia. Cuanto más hacia popa se encuentre el punto de transición de régimen laminar a turbulento, menor será la resistencia por fricción.

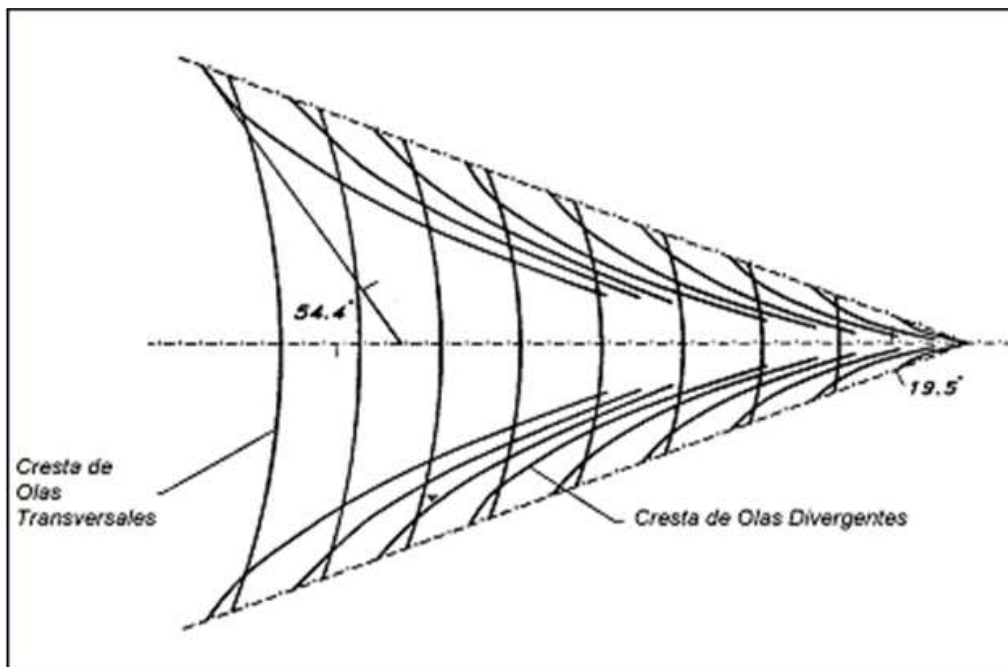
- Resistencia de presión viscosa. Esta se explica como la diferencia neta de presiones entre la proa y la popa del casco. Debido a la existencia de la capa límite alrededor del casco, se "deforma" la zona de popa, reduciéndose la presión del fluido sobre el casco en dicha parte y aumentando consecuentemente la diferencia de presiones entre proa y popa, aumentando la resistencia.

Aunque es imposible eliminar este componente de resistencia, se puede minimizar con un buen estudio de salida del flujo en la zona de popa y valores del C_p de 0,5 y el LCB a proa de la sección maestra.

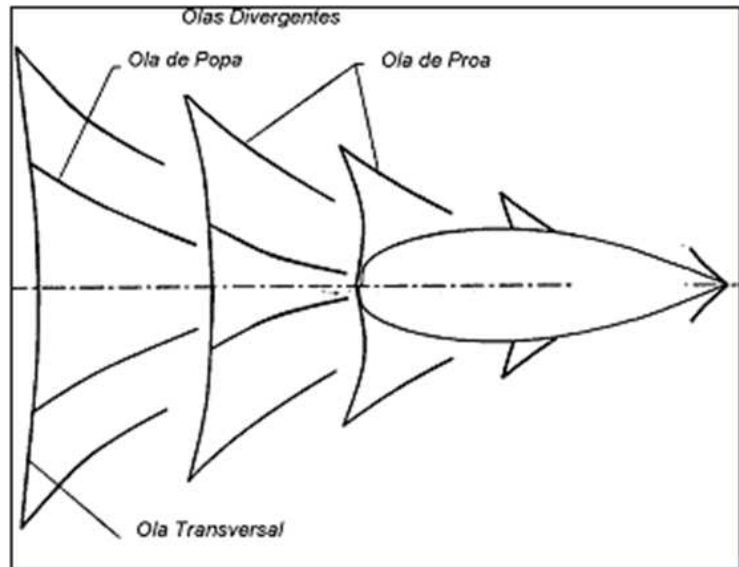
- Resistencia debida a la rugosidad de la carena. El efecto de una carena rugosa es sencillo y fácil de comprender. Cuanto más rugosa sea una superficie, a más bajas velocidades hará pasar el fluido de régimen laminar a turbulento, por lo que hay que diseñar una superficie lisa y con pocos objetos que puedan provocar situaciones de tránsito de un régimen a otro.

- Resistencia por formación de olas:

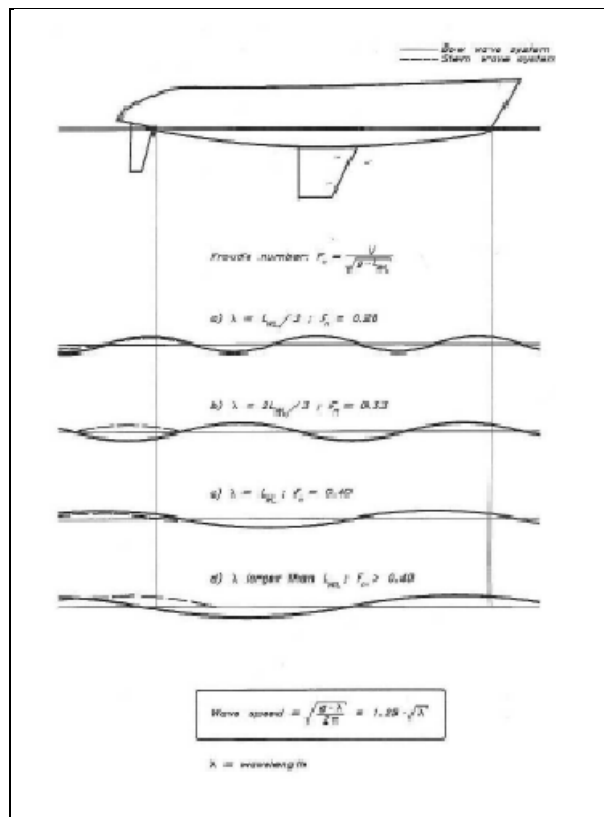
Este tipo de resistencia es la que más afecta al conjunto de la resistencia total. Cuando una embarcación se mueve sobre un fluido en reposo, se produce una variación de presiones en el fluido a lo largo de dicha embarcación. Esta variación de presiones, la cual depende fundamentalmente de la forma de la embarcación y de la velocidad de este, provoca una interferencia en el fluido que se propaga en forma de ola, cuyo sistema es idéntico para todos los barcos y es conocido como el sistema de olas Kelvin. Dicho sistema de olas tiene principalmente dos tipos de olas, las olas divergentes, que se mueven de forma lateral, y las olas transversales las cuales se mueven a ángulos rectos con respecto a la dirección de movimiento de la embarcación.



En el caso de estudio de veleros, dado que los puntos de mayor presión hidrodinámica se concentran en los extremos de proa y popa se suelen estudiar dos tipos de olas divergentes las creadas por la proa y las creadas por la popa.



En la siguiente imagen vemos que cuando el tren de olas generado por la proa coincide con el tren de olas de popa, o lo que es lo mismo la longitud de la ola coincide con la eslora en flotación, la resistencia por formación de olas aumenta de forma alarmante. Esto sucede a partir de Números de Froude de 0,40. Necesitándose un gran aumento de energía propulsora para conseguir aumentar la velocidad.



En función de la velocidad podemos hablar de tres tipos de regímenes de navegación:

1. Régimen de desplazamiento. Para F_n menores a 0,35.
2. Régimen de semidesplazamiento. Para F_n entre 0,35 y 0,45.
3. Régimen de planeo. Para F_n mayores de 0,45.

La forma de la carena a lo largo de la embarcación así como la distribución de volúmenes, afectara al tren de olas generado y consecuentemente a su resistencia por formación de olas. Es decir el Coeficiente Prismático C_p y la posición del centro de carena (LCB) afectaran a la resistencia por formación de olas, al igual que a la resistencia de presión viscosa. Esto provoca que se tenga que estudiar el efecto de las formas de embarcación en la resistencia residual, suma de las dos resistencias (formación de olas y presión origen viscoso).

5.2. Número de Froude y coeficiente prismático y LCB óptimos

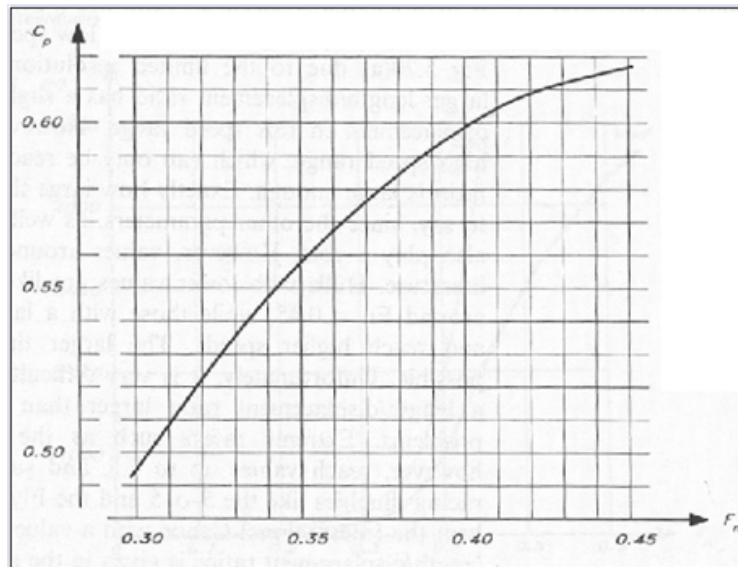
En primer lugar hay que fijar una velocidad a la que queremos que navegue nuestro barco y su eslora.

En nuestro barco la eslora de flotación es de 10,67m, dado que este tipo de embarcación, veleros de crucero, suele tener un número de Froude de 0,35, la velocidad de diseño para nuestro barco sería de 7 nudos. Entonces, el régimen de navegación de nuestro barco sería un régimen de semidesplazamiento.

A continuación estudiamos el coeficiente prismático (C_p) y la posición longitudinal del centro de carena (LCB) óptimo para nuestro velero. Esto significa que con el número de Froude obtenido anteriormente vamos a ver cual son los valores de estos dos parámetros.

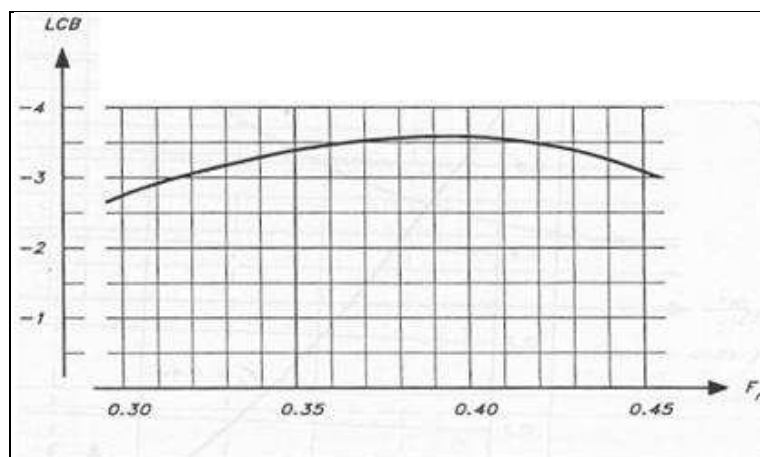
- Coeficiente prismático óptimo: Este se define como la relación entre el volumen de la carena y el volumen de un cilindro cuya base tiene igual área que la sección maestra.

Entramos en la grafica con el número de Froude de 0,35 y obtenemos un coeficiente prismático óptimo para nuestra embarcación de 0,559.



- Posición longitudinal del centro de carena óptimo: Es el punto donde se aplica el empuje creado por las fuerzas hidrostáticas al tener sumergido parte de la carena. Es de gran importancia la elección de este punto debido a que su posición a proa o a popa nos creara un asiento aproante o apopante.

Entrando en la grafica con el número de Froude de 0,35 obtenemos una posición longitudinal del centro de carena de -3,4% a popa de la sección maestra.



5.3. Dimensiones principales

- Eslora:

La eslora total viene fijada desde el comienzo del proyecto. Como esta es de 11,95m elegimos la eslora en la flotación basándonos en el estudio estadístico y los datos técnicos, la eslora de flotación que escogemos es de 10,7m.

- Pesos y desplazamiento:

Este cálculo es muy importante a la hora de diseñar la carena ya que es uno de los datos que tenemos que fijar en primer lugar cuando usemos un software de diseño.

Primero estimamos el desplazamiento en rosca de nuestra embarcación, que tomaremos 7514 kg como hemos sacado del estudio estadístico.

A continuación vamos a calcular el peso muerto que tendrá nuestro velero. Este dato se obtiene de la suma del peso de los tripulantes con sus pertrechos, el peso del combustible, el peso del agua potable y un margen de seguridad.

- Peso muerto:

Tripulantes: $8 \times 100 = 800\text{kg}$

Combustible: 200 litros

Agua dulce: 380 litros

Margen: 100kg

Total: 1480 kg

- Desplazamiento máximo:

Peso muerto + peso en rosca = $1480 + 7514 = 8994\text{ kg}$

- Desplazamiento de diseño:

Media aritmética entre el desplazamiento máximo y el desplazamiento en rosca.

$$(\text{desplazamiento en rosca} + \text{desplazamiento máximo})/2 = 8254 \text{ kg}$$

- Desplazamiento de la orza:

El material del que vamos a hacer nuestra orza es de acero cuya densidad es de 7580 kg/m^3 .

$$\Delta_{ORZA} = V_{ORZA} \times \gamma_{AS} = \frac{2629,93}{7580} \times 1025 = 343,39 \text{ kg}$$

- Desplazamiento de diseño de la carena:

Este se obtiene restándole al desplazamiento de diseño del buque el desplazamiento de la orza.

Desplazamiento de diseño - desplazamiento de la orza = 7910,61 kg

5.4. Diseño de la carena en Maxsurf

El diseño de la carena en Maxsurf es el paso en el que se unen todos los cálculos y decisiones tomadas anteriormente sobre las dimensiones y parámetros de nuestro diseño.

Una vez que hemos elegido la eslora total, la eslora en la flotación, el desplazamiento de la carena, el coeficiente prismático, la posición longitudinal del centro de carena y contando con el resto de dimensiones obtenidos del estudio estadístico empezamos a adaptar la superficie de un velero adjunta al software, hasta conseguir los valores que deseamos.

Como resumen de las dimensiones finales, mostramos en este punto la tabla de las hidrostáticas que nos proporciona Maxsurf.

Displacement	7,914 tonne
Volume	7,721 m ³
Immersed depth	0,687 m
Lwl	10,678 m
Beam wl	3,029 m
Cp	0,532
LCB from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	-3,585 %

6. DISEÑO DE APÉNDICES

Los apéndices que vamos a tratar y diseñar en este punto serán la orza y el timón. La orza es una pieza sumergida que tiene que cumplir dos funciones, por un lado la función hidrodinámica que contrarresta el abatimiento y una función adrizante. Por otro lado, el timón nos da capacidad de gobierno sobre la embarcación. A continuación veremos las fuerzas que se producen en una embarcación a vela y como actúa la orza y el timón.

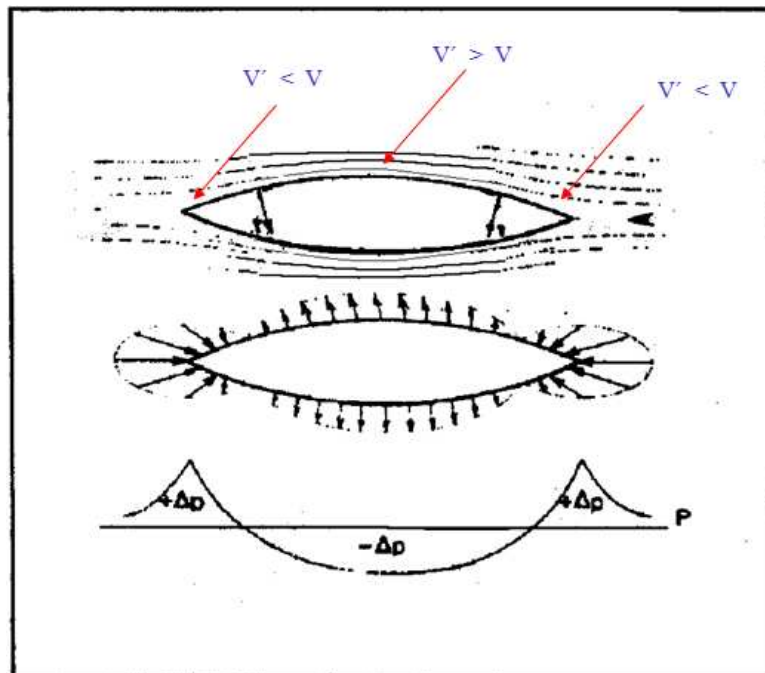
6.1. Fuerza de sustentación

Un cuerpo en movimiento dentro de un fluido puede representarse mediante el uso de líneas de corriente. Si el cuerpo es simétrico y el fluido es ideal, que no es afectado por la viscosidad, vemos que las líneas de corriente fluyen simétricamente en ambas caras del cuerpo, existiendo una línea divisoria. Teniendo en ambas caras la misma velocidad y presión.

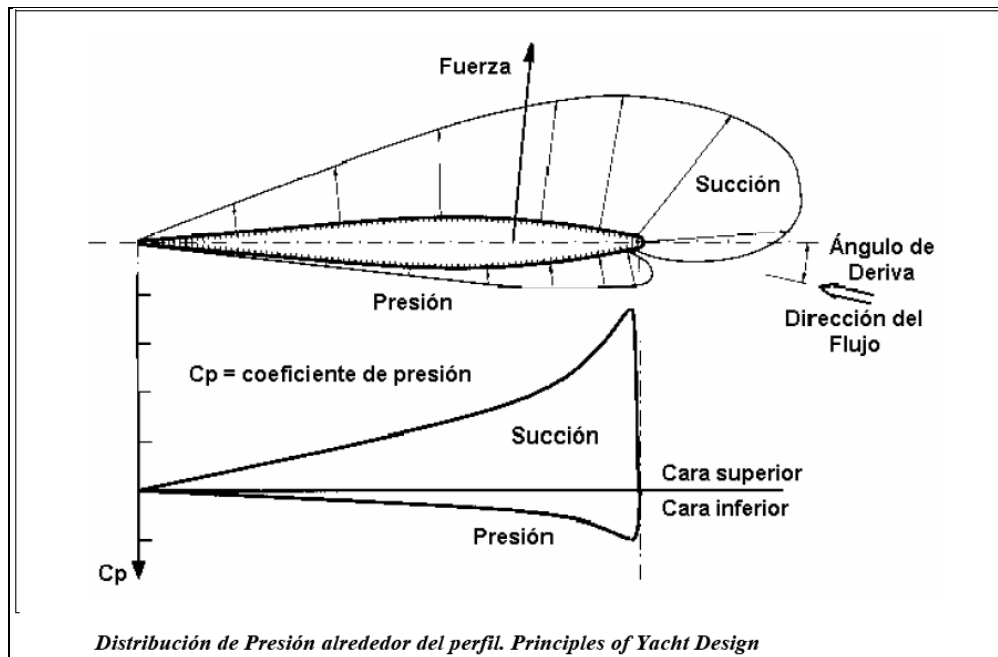
La presión total es la suma de la presión estática y la presión dinámica. Esta última se define por la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{1}{2} \times \rho \times V^2$$

El punto de aplicación de la línea de corriente divisoria sobre el cuerpo es conocido como punto de estancamiento y en él la velocidad del fluido es cero, y la presión dinámica es máxima, esto ocurre en la parte delantera. Al analizar lo que ocurre hacia popa vemos que el fluido se acelera y llega a superar la velocidad inicial, que supone una presión negativa sobre el cuerpo en movimiento. Si se tratara de un fluido ideal, la presión en la zona de popa igualaría a la de proa y no existiría resistencia al avance.



Cuando el cuerpo no es simétrico, o se enfrenta con un cierto ángulo de ataque al fluido, el fluido se comporta de forma distinta en una cara y en la otra. Esto se debe a un reparto desigual de las velocidades y la presión en las caras. Al ser el cuerpo asimétrico la molécula de la cara alta ha de recorrer más espacio y, si tiene que reunirse con la de la cara inferior ha de viajar a más velocidad. Esto significa que en la cara superior (sotavento) el fluido viaja a más velocidad, o aplicando menor presión sobre el cuerpo que el fluido que viaja en la cara inferior (barlovento). Esta diferencia de presión entre las caras del objeto provoca una succión o empuje perpendicular a la dirección del fluido y en sentido ascendente. Dicha fuerza se denomina Fuerza de Sustentación.



Esta teoría tiene aplicación directa en nuestro diseño, tanto en el diseño de los apéndices en el timón y la orza así como en el diseño del plano velico que veremos más adelante.

Los cuerpos sumergidos en un fluido no ideal, tal y como son los fluidos que nos encontramos en la realidad, se ven afectados por una fuerza que es la resistencia por fricción y depende de la superficie del cuerpo sumergido, su longitud, la densidad del fluido y por la resistencia de forma debido a la separación del fluido en la parte posterior del cuerpo. Si bien el empuje o sustentación creada es perpendicular al avance o dirección del fluido, el vector de la resistencia es paralelo a la dirección del fluido y su punto de aplicación es el mismo que el del empuje o sustentación. La resistencia permanece constante independientemente del ángulo de ataque.

Por otro lado aparece otra resistencia que se denomina Resistencia inducida que se debe a las corrientes descendentes que se crean y que hacen variar el ángulo de ataque del perfil dando como resultado una disminución del empuje y un aumento de la resistencia.

Expresiones de la fuerza de sustentación y resistencia total.

Fuerza de sustentación:

$$L = \frac{1}{2} \times \rho \times C_L \times S_p \times V^2$$

Resistencia total:

$$D_t = D_f + D_i$$
$$D_f = \frac{1}{2} \times \rho \times C_f \times S_m \times V^2$$
$$D_i = \frac{1}{2} \times \rho \times C_L \times S_p \times V^2$$

Donde:

ρ : Es el peso específico del fluido alrededor del cuerpo (kg/m^3)

C_L : Es el coeficiente de sustentación (adimensional)

S_p : Es la superficie proyectada del cuerpo aerodinámico (m^2)

V : Es la velocidad del fluido con respecto al cuerpo (m/s)

C_f : Es el coeficiente de fricción (adimensional)

S_m : Es la superficie mojada del cuerpo aerodinámico ($S_m = 2S_p$)

Tanto el coeficiente de sustentación C_L y la resistencia inducida C_{Di} dependen de la relación de aspecto y el ángulo de ataque.

$$C_L = \alpha \times [2\pi / (1 + (3/AR_e))]$$

$$C_{Di} = C_L^2 / (\pi AR_e)$$

Donde AR_e es la relación de aspecto efectiva la cual varía desde uno hasta dos veces la relación de aspecto geométrico, según el sistema de fluido alrededor del cuerpo se acerque más a una condición bidimensional.

Por último, definimos el ángulo de barrena. Este es el ángulo de ataque para el cual el cuerpo no es capaz de generar fuerza de sustentación debido a la separación del fluido de la cara de sotavento. Depende principalmente de la velocidad del fluido, la relación entre el grosor y la cuerda y del tipo de sección del perfil.

6.2. Aerodinámica de la navegación a vela

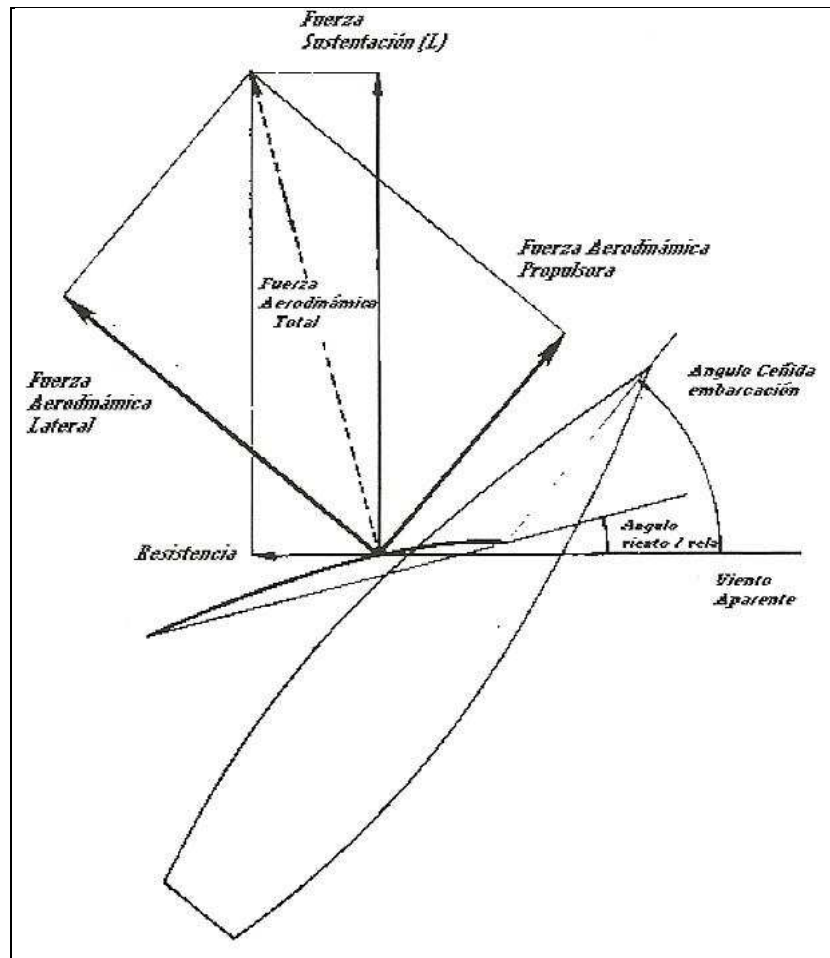
La aplicación de la vela latina al concepto de velero moderno es la utilización de las velas como un perfil aerodinámico capaz de generar fuerza de sustentación y dirigir dicha fuerza para propulsar la embarcación. Para conseguir esto es necesario por un lado que el grátil de la vela tenga suficiente tensión para mantener la forma en toda su altura, y por otro que el corte de la vela permita a ésta adquirir una forma aerodinámica.

Primero es necesario dar forma aerodinámica a la vela para que empiece a generar fuerza sustentación. Como resultante de la fuerza de sustentación (L) y la resistencia (D_+), aparecerá la fuerza aerodinámica. Dicha fuerza se aplica sobre un punto denominado C_{pv} o centro de presión velica. La posición del C_{pv} tanto longitudinal como vertical depende de la configuración del plano velico.

Si descomponemos dicha fuerza aerodinámica en el sentido longitudinal y transversal de la embarcación tenemos:

F_{ap} = fuerza aerodinámica propulsora

F_{al} = fuerza aerodinámica latera.



En función del ángulo de navegación con respecto al viento, debemos pues variar el ángulo de giro del plano velico de manera que el ángulo de ataque de éste respecto al viento sea el más efectivo. Al variar el plano velico, la dirección de la fuerza aerodinámica varía también, y consecuentemente sus componentes F_{ap} y F_{al} también lo harán: cuanto más cerrado al viento naveguemos mayor será F_{al} y menor F_{ap} , y por el contrario, cuanto más abierto al viento naveguemos mayor será la componente en el sentido del avance. 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 y la velocidad o intensidad del viento real y la dirección de este con respecto a la embarcación. Así pues, cuanto más cerrado al viento naveguemos, mayor será la velocidad del viento aparente.

6.3. Efectos de la fuerza aerodinámica lateral

La fuerza aerodinámica propulsora F_{ap} , es responsable de la velocidad de avance de la embarcación, sin embargo la fuerza aerodinámica transversal tiene otras consecuencias que marcan el diseño de la embarcación.

Los efectos que provoca la Fuerza aerodinámica lateral son:

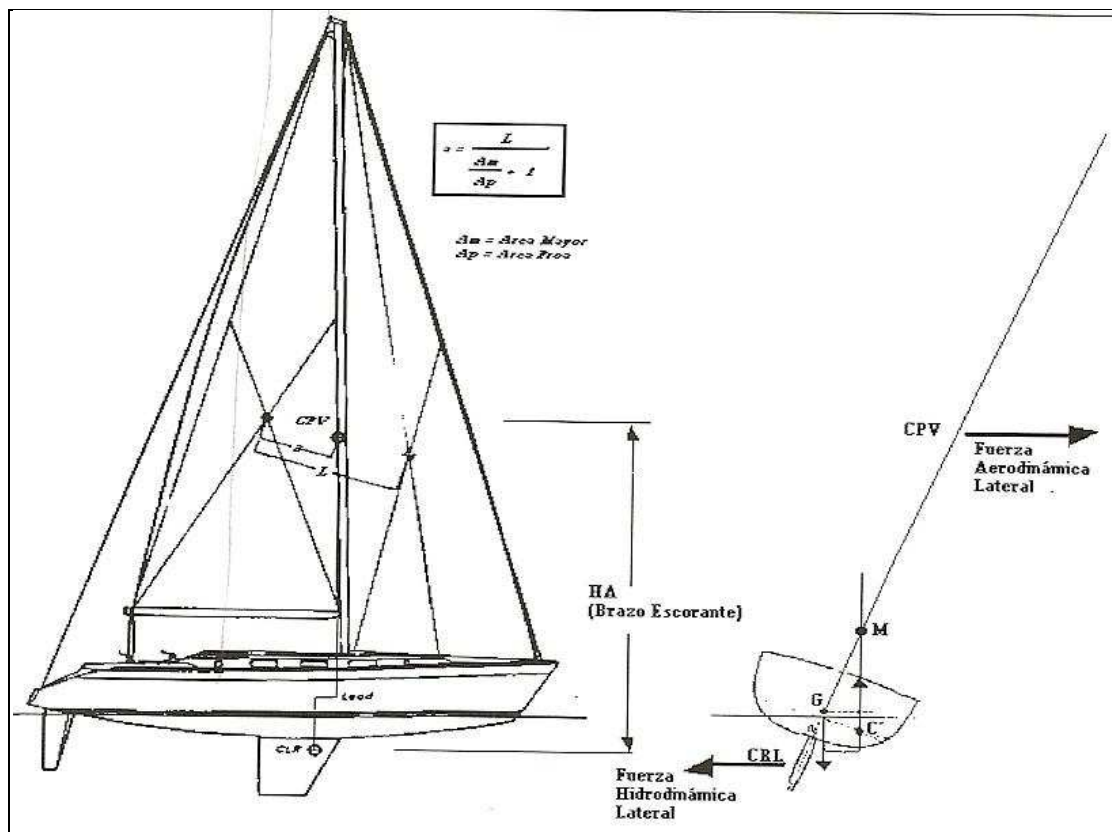
- Deriva o abatimiento.
- Par escorante.
- Estabilidad de rumbo.

- Deriva: Definimos la 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 esta se desplaza.

Cuando naveguemos en rumbos cerrados, la fuerza aerodinámica lateral provoca que la embarcación comience a desplazarse en la dirección de la Fuerza Aerodinámica. 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, hasta que esta igualada a la fuerza aerodinámica lateral y el rumbo se estabiliza, en un abatimiento determinado. La embarcación mantendrá un ángulo de abatimiento constante mientras $F_{hl} = F_{al}$. Dicho abatimiento, será menor cuanto más efectivo sea el plano anti-deriva de la embarcación, o lo que es lo mismo, cuanto más sea capaz de generar sustentación con un menor ángulo de ataque. Para conseguir esto, se emplean perfiles hidrodinámicos denominados orzas que son capaces de generar una gran sustentación con bajos ángulos de ataque, de manera que se pueda reducir el abatimiento hasta valores cercanos a 4° .

La fuerza aerodinámica lateral se aplica sobre un punto denominado Centro de Resistencia Lateral o Centro de Deriva (CLR).

- Par escorante: La fuerza aerodinámica lateral junto con la fuerza hidrodinámica lateral provoca un par escorante a la embarcación. La magnitud de dicho par depende de la distancia vertical del CPV al CLR así como la intensidad de dichas fuerzas. Para mantener a la embarcación en unos regímenes de escora aceptable para la navegación y evitar la pérdida de eficacia del plano velico debido a la escora, es necesario dotar de suficiente estabilidad inicial a la embarcación. Esto se consigue gracias a 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 KG).



- Estabilidad de rumbo: la posición longitudinal del Cpv con respecto al CLR marca la estabilidad de rumbo cuando se navega a vela. Puede ocurrir tres casos:

- Cpv a proa del CLR, la embarcación tiende a arribar, o lo que es lo mismo abrirse al viento.
- Cpv a popa del CLR, la embarcación tiende a orzar, es decir cerrarse al viento.
- Cpv en la misma vertical que el CLR, la embarcación se considera que esta en equilibrio velico.

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

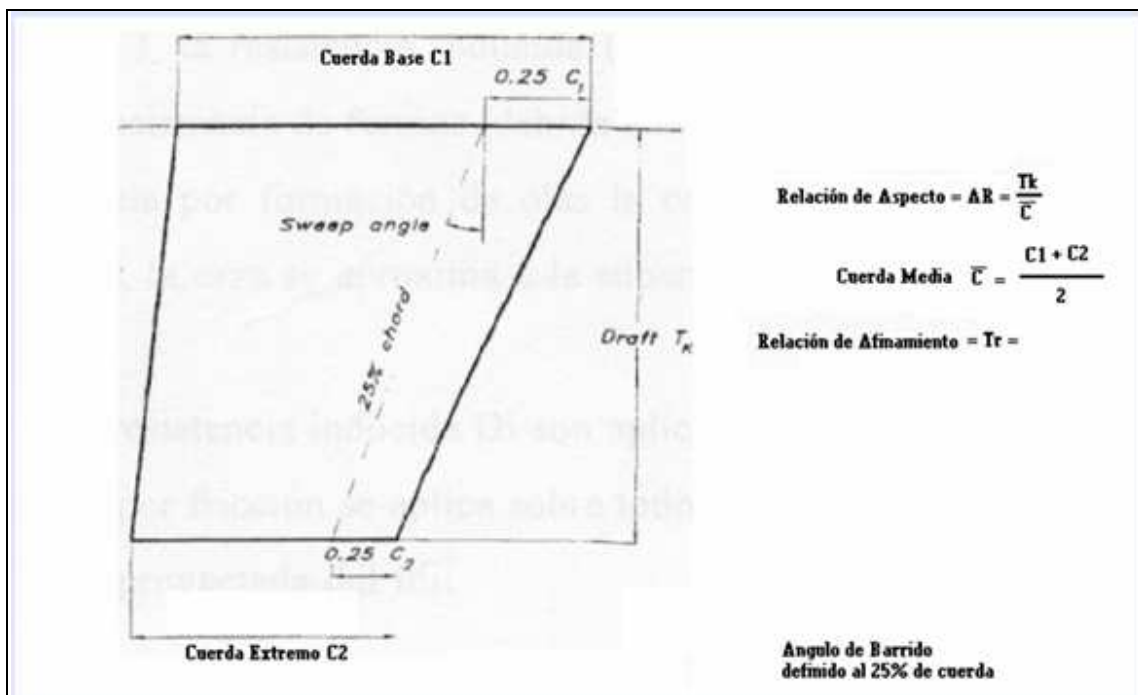
6.4. Diseño de la orza

Para diseñar la orza y conseguir que sea lo más efectiva posible, hay que conocer antes que nada las funciones principales que debe desempeñar dicho perfil, que son:

- Función Hidrodinámica: la orza ha de generar una sustentación L 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 al viento. Sin embargo tan importante como la sustentación que genere la orza es su resistencia, y ha de tratarse que sea mínima.

- Función Adrizante: debe servir de ubicación del lastre fijo, de manera que se consiga la estabilidad necesaria para soportar la superficie bélica dentro de ángulos de escora razonables.

La orza está definida por un gran número de parámetros que se relacionan entre si y que definen la forma de la misma. Estos parámetros son: la superficie proyectada de la orza (S_p), el calado de la orza (T_k), la relación de aspecto (A_R), la relación de aspecto efectiva (A_{Re}), la cuerda media (C_m), el desplazamiento de la orza, el ángulo de barrido (sweep back angle), la relación de afinamiento (Tr), así como otros parámetros que no son propios de la orza pero que si condicionan su diseño, como el ángulo de Dellenbaugh y la superficie velica proyectada.



6.4.1. Dimensionamiento de la orza

La orza está diseñada para solucionar los problemas relacionados con la navegación a vela, por lo que debe estar diseñada adaptándose a las dimensiones del plano velico, al rango de velocidades de navegación, etc.

- La Superficie Proyectada (S_p) de la orza es un parámetro que tenemos que fijar de los primeros y que está relacionado con la superficie velica directamente. Aunque aún no tenemos definido el plano velico completo, si sabes la superficie velica que tendrá nuestra embarcación por el estudio estadístico que será de $82,65m^2$.

La superficie proyectada de la orza es el área de la orza medida en su perfil y que se calcula con la cuerda media multiplicada por el calado de la orza.

Según el libro Principles of yacht design el valor de la relación entre la superficie proyectada de la orza/superficie velica depende del rendimiento de la orza, así orzas con alta relación de aspecto no necesitan tanta superficie y viceversa, en orzas con bajo calado es necesario dotar de más superficie a la orza, siempre en función de la superficie velica. Por otro lado la velocidad de diseño también marcará la superficie de orza necesaria: a más velocidad se requiere menos superficie. El valor medio para esta relación es del 3,5% en el caso de cruceros-regatas, pudiendo llegar hasta el 2,75%, en el caso de embarcaciones puramente de regatas.

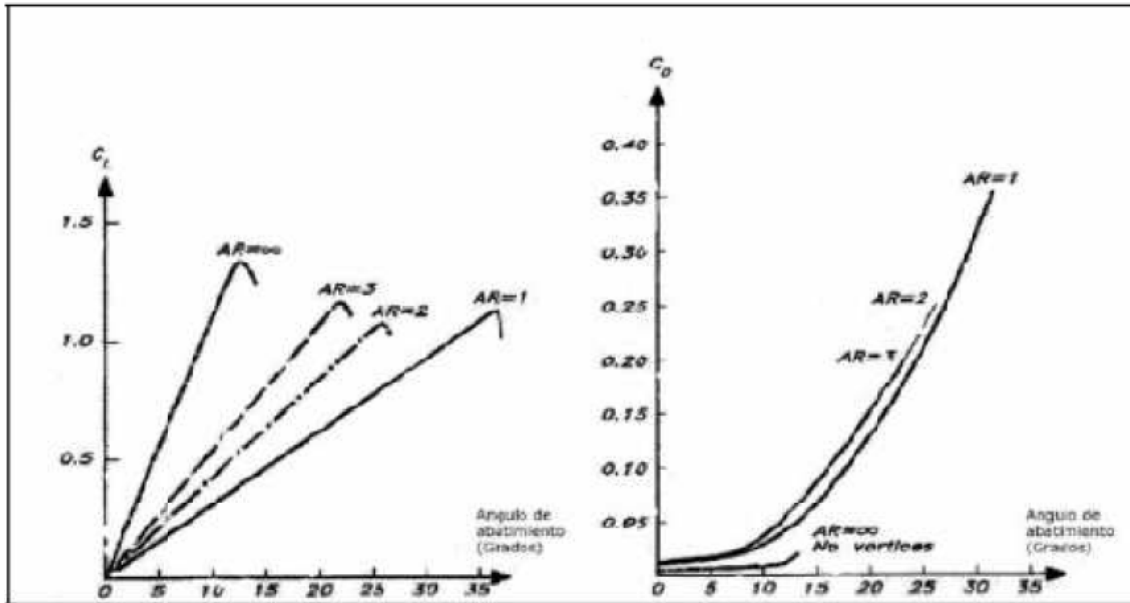
Con todo esto decidimos tomar como valor para esta relación el 3,5% ya que nuestra embarcación es un velero de crucero. Como el nuestra superficie velica es de $82,65\text{m}^2$, obtenemos una superficie proyectada de la orza de $2,89\text{m}^2$.

- El calado de la orza (T_k) es un parámetro que fijamos con el estudio estadístico fijándonos en la zona de navegación. El calado total de nuestro barco como ya dijimos será de 2,4m y sabiendo el calado del casco que calculamos en el capítulo de diseño de la carena es de 0,71m, obtenemos un calado para la orza de 1,69m.

- La cuerda media (C_m) se puede calcular conociendo la superficie proyectada que es de $2,89\text{m}^2$ y que el calado es de 1,69m, por lo que el valor de la cuerda media es $2,89\text{m}^2/1,69\text{m}=1,71\text{m}$.

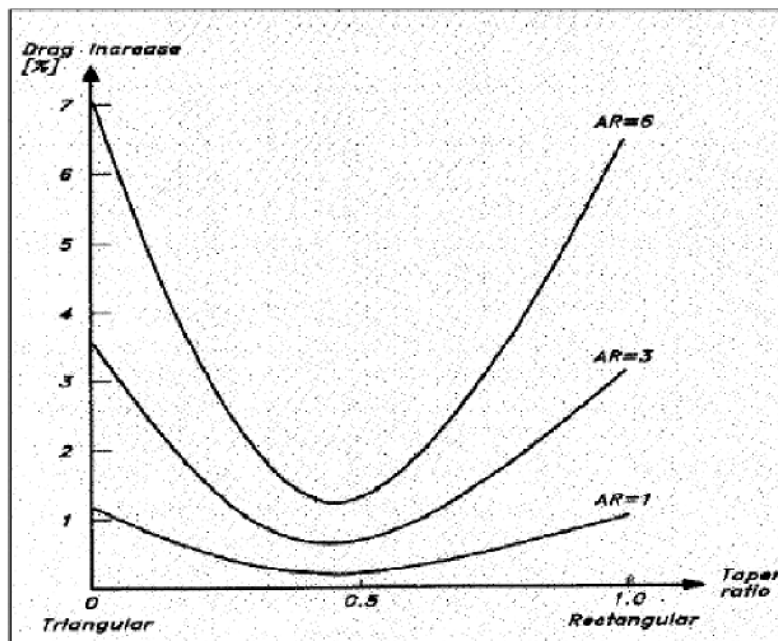
- La relación de aspecto (A_R) se define como el calado de la orza entre la cuerda media:

$A_R = T_k/C_m$; en nuestro caso es $1,69\text{m}/1,71\text{m}$, obteniendo una relación de aspecto de 0,998. Con esta podemos calcular la relación de aspecto efectiva (A_{Re}) que será útil para calcular la relación de afinamiento: $A_{Re} = 1,5 \times A_R = 1,497$.



Empuje y resistencia en función del ratio de aspecto. YTB-09

- La relación de afinamiento (taper ratio, Tr) viene definida como la cuerda extremo (C_2) entre la cuerda base (C_1), $Tr = C_2/C_1$. Basándonos en la grafica siguiente donde se relaciona el incremento de la resistencia en tanto por ciento y la relación de aspecto, y entrando con una relación de aspecto que ya hemos calculado anteriormente podemos elegir cuál es el Tr óptimo.



Incremento de resistencia por desviación del afinamiento óptimo. YTB-09

Con una relación de aspecto de 0,988 el punto donde el incremento de resistencia es más bajo es donde la relación de afinamiento es de 0,5, pero para esta relación tendríamos que subir el centro de gravedad de la orza. Para embarcaciones como la nuestra se suele tomar una relación de afinamiento de 0,85 por lo que este será el que fijemos para nuestro velero de crucero.

Ya podemos calcular la cuerda base (C_1) y la cuerda extremo (C_2):

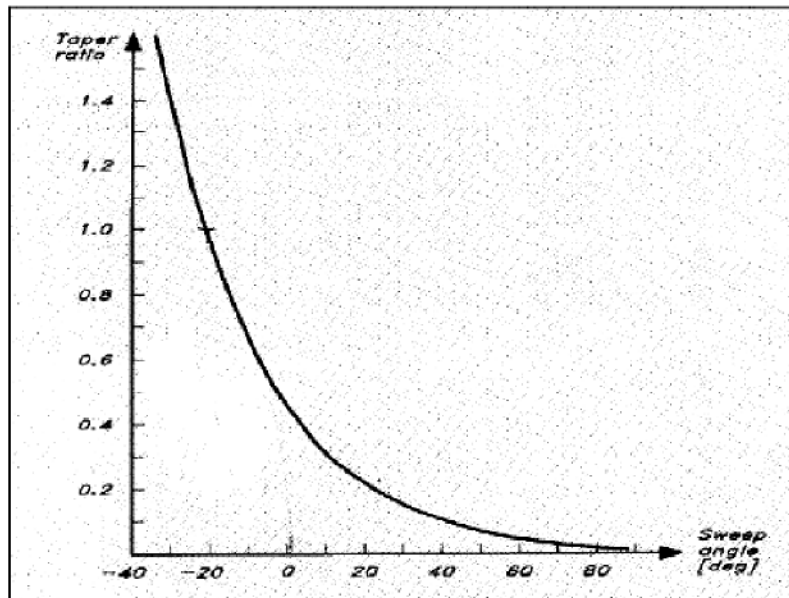
$$Sp = t_k \times C_m$$

$$C_m = c_2 + c_1 / 2 = 1,71$$

$$T_R = \frac{C_2}{C_1} = 0,85$$

Obtenemos que C_1 vale 1,847m y C_2 es 1,52m.

- El ángulo de barrido (sweep angle) viene optimizado en una grafica en la que se relaciona este ángulo con la relación de afinamiento, así que conociendo T_R podemos obtener el ángulo de barrido.



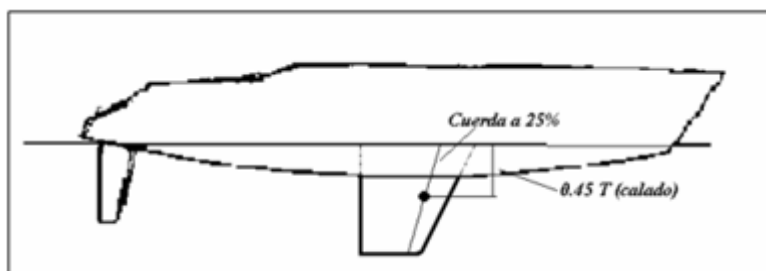
Relación de óptimo afinamiento y ángulo de barrido. YTB-09

Entrando con la relación de afinamiento de 0,85 obtenemos un ángulo de unos 20 grados hacia atrás.

El ángulo de barrido se mide como se indicaba en una imagen en la que mostrábamos todas las dimensiones de la orza, midiendo el ángulo que forma la línea que une el 25% de la cuerda base (C_1) y un 25% de la cuerda extremo (C_2) y el eje extremo.

6.4.2. Centro de Resistencia Lateral. CRL

Este es el propósito del diseño de la orza, calcular el punto de aplicación de la fuerza hidrodinámica lateral, y que ya tenemos todos los datos para poder calcularlo. Este punto CRL se calcula con la línea que une el 25% de la C_1 con el 25% de la C_2 y a una distancia vertical del 45% del calado total según el método del profesor K.Nomoto.



Como el calado total de nuestra embarcación es de 2,4m el 45% de esta sería 1,08m. Por lo que el CRL se encontrara 1,08m por debajo de la línea de flotación y en la línea que une las cuerdas a 25%.

Tabla resumen de las dimensiones de la orza:

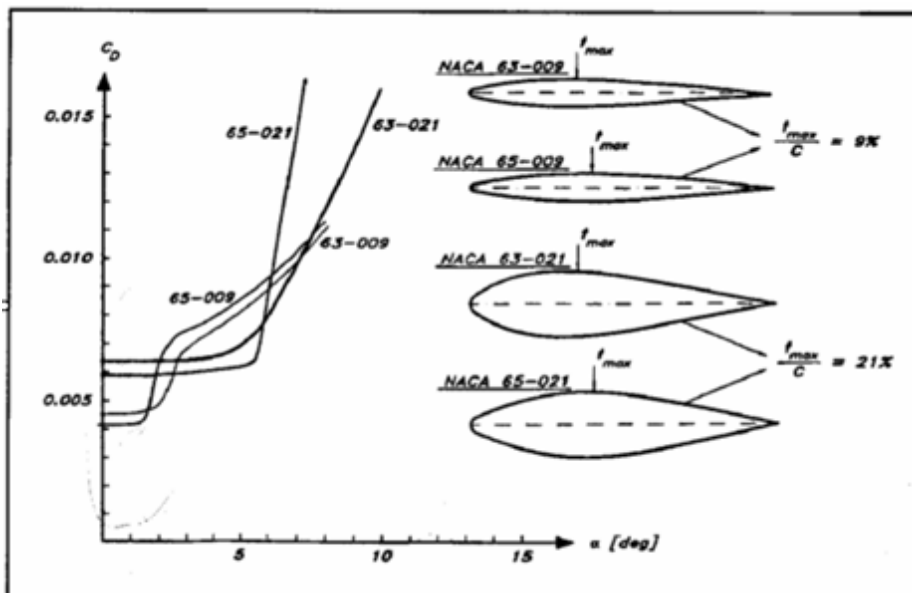
Superficie proyectada (S_p)	2,89m²
Calado de la orza (T_k)	1,69m
Cuerda base (C_1)	1,847m
Cuerda extremo (C_2)	1,57m
Cuerda media (C_m)	1,71m
Ángulo de barrido	20°
Relación de aspecto (A_R)	0,988
Relación de aspecto efectiva (A_{Re})	1,497
Relación de afinamiento (Tr)	0,85
Desplazamiento	343,39 kg

6.4.3. Tipos de sección

Otro factor que se ha de tener en cuenta para el diseño óptimo de una orza es la 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 enseguida a régimen turbulento. Pues bien, la posición del punto de transición de régimen laminar a turbulento, la posición del centro de presión (C_p) y el ángulo de ataque máximo a partir del cual se entra en pérdida dependen del tipo de sección utilizado.

Existen unas secciones denominadas Secciones NACA que fueron desarrolladas para la industria aeronáutica y son de gran utilidad en el diseño de apéndices de embarcaciones convencionales. 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 de vela son las de las series 6, que incluyen las series 63-... y las series 65-..., y las de cuatro dígitos. Las secciones o perfiles NACA utilizados para el diseño de la orza trabajan a unos ángulos de ataque de hasta 6° .



A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de los apéndices debemos considerar la orza el timón de forma separada a que van a operar en distintas condiciones. La orza ha de conseguir obtener una sustentación

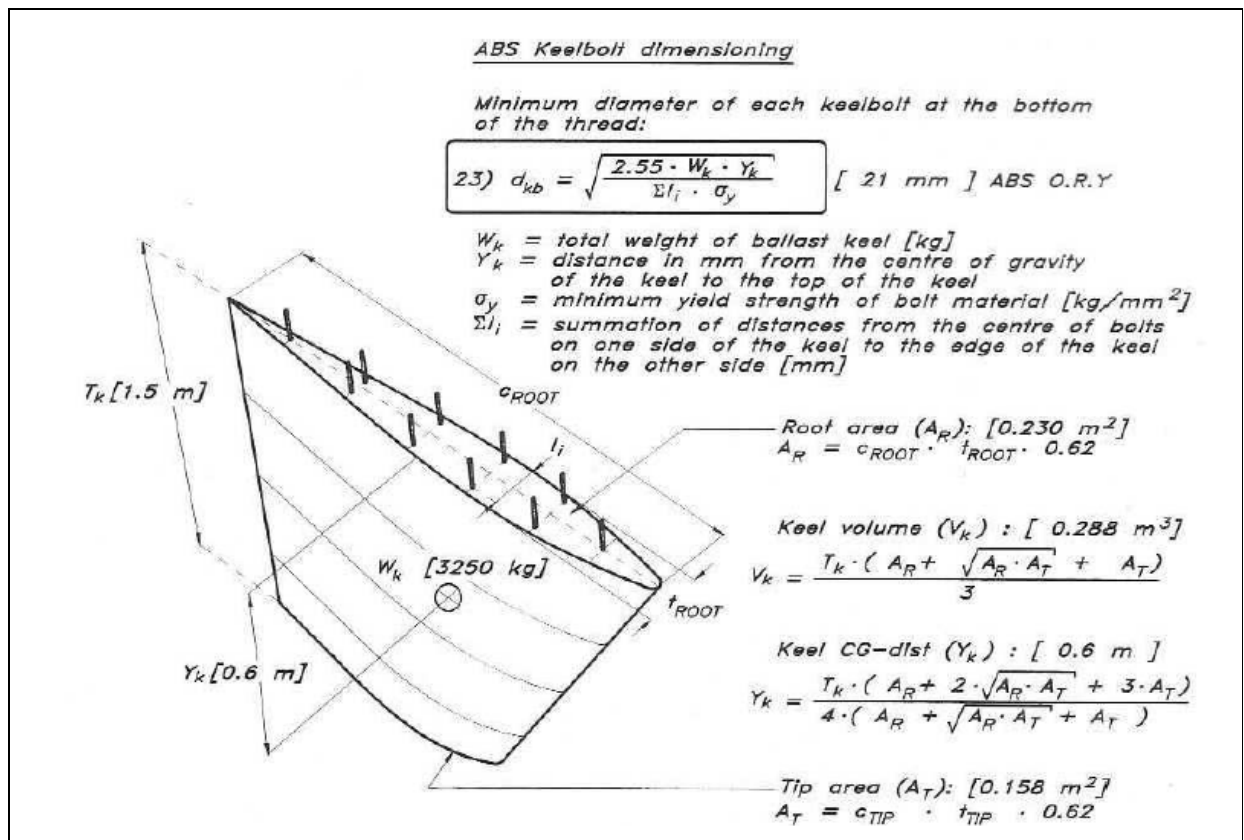
suficientemente alta trabajando a pequeños ángulos de ataque para reducir al mínimo el abatimiento del barco.

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 pueda entrar en pérdida. Tampoco debe ser demasiado gruesa ya que de ser así aumentaría la resistencia por formación de olas en navegación con escora.

Finalmente para nuestra embarcación tomamos una orza con sección serie 65-010, ya que tiene que contener el lastre que hemos calculado anteriormente.

6.4.4. Cálculo de los pernos de la orza

La orza se sujeta al casco mediante una serie de pernos cuyo diámetro mínimo requerido se va a proceder a calcular. Para ellos usaremos la reglamentación del American Bureau of Shipping (ABS) que se describe a continuación mediante esta figura.



Como se explica en el grafico, los pernos deben ir distribuidos a lo largo de la sección y también usando todo el ancho que nos permita la sección NACA elegida.

Antes de aplicar la fórmula debemos de conocer otros parámetros.

Tomamos 8 pernos de sujeción de la orza de acero inoxidable AISI-316 cuyo límite elástico es de $\sigma_y = 206\text{N/mm}^2$.

- Peso total de la orza W_k : El peso del lastre que lleva la orza es de 2629,93kg
- Distancia del centro de gravedad hasta la parte alta de la orza Y_k : Hay que calcular primero el área de las secciones superiores e inferiores de la orza mediante estas fórmulas:

$$A_R = 1,847 \times 0,181 \times 0,62 = 0,207\text{m}^2$$

$$A_T = 1,57 \times 0,181 \times 0,62 = 0,176\text{m}^2$$

$$T_k = 1,69\text{m}$$

$$Y_k = 0,822\text{m}$$

$$V_k = 0,232\text{m}^3$$

- Σl_i : sumatorio de la distancia del centro de los pernos de un lado al borde de la orza del lado opuesto. Tomando la medida de los tres pernos centrales a sus respectivos bordes opuestos y el de los pernos del borde de ataque y de salida se obtiene esta tabla:

L1	56,36 mm
L2	118,85 mm
L3	140,4318 mm
L4	125,087 mm
L5	55,348 mm
Σl_i	496,078 mm

Con estos datos podemos acceder a la fórmula que nos facilita ABS:

$$D_{kb} = \left(\frac{2,55 \times W_k \times Y_k}{\Sigma l_i \times \sigma_y} \right)^{0,5}$$

El diámetro mínimo de los pernos será de 23mm y se detalla en el plano de la orza.

6.5. Diseño del timón

El timón aunque también puede contribuir a crear suficiente fuerza lateral para contrarrestar el abatimiento, tiene su misión principal en proveer el necesario momento para maniobrar el barco en todas las condiciones, por lo cual el diseño ha de estar enfocado a conseguir el máximo sustentación posible.

Debido a que el timón opera a grandes ángulos, sobre todo navegando con oleaje, donde hay que realizar continuamente grandes correcciones de rumbo, es conveniente utilizar una sección de cuatro dígitos, las cuales dan su máximo sustentación a altos ángulos de ataque. No obstante, en los casos en los que el ángulo requerido de ataque del timón es menor, se pueden usar las secciones de NACA de las series 63. En cuanto a la relación de espesor, la mayoría de los yates usan porcentajes de 12-15%.

6.5.1. Dimensionamiento del timón

Las dimensiones que definen el timón son muy parecidas a las de la orza.

- La superficie proyectada, según las recomendaciones varía entre un 1 o 2% de la superficie velica total. Basándonos en comparaciones con distintos timones de embarcaciones similares a las de nuestro proyecto, se toma una relación entre la superficie proyectada del timón y la superficie velica de un 1,1%. Por lo que al ser nuestra superficie velica de $82,65\text{m}^2$, la superficie proyectada del timón será de $0,91\text{m}^2$.

- El calado del timón no puede ser superior al de la orza ya que el calado total del velero es marcado por el calado de la orza, y este es de 1,69m, por lo que tomaremos un calado del timón de 1,5m.

- La cuerda media del timón la calcularemos de la misma manera que lo hicimos para la orza, dividiendo la superficie proyectada que es de $0,91\text{m}^2$ entre el calado del timón de 1,5m, por lo que la cuerda media será de 0,606m.

- La relación de aspecto es fundamental para la resistencia y el empuje. La relación de aspecto es $A_R = T_k/C_m$, obtenemos una relación de aspecto de 2,475. De esta relación de aspecto obtenemos una relación de aspecto efectiva, $A_{Re} = 1,5 \times A_R = 3,7125$.

- La relación de afinamiento la situamos en 0,8 y entrando con este dato en la grafica expuesta anteriormente con la orza, obtenemos un ángulo de barrido de 11° hacia popa.

Con todos estos datos ya podemos calcular la cuerda base del timón L_u y la cuerda extremo L_i .

$$C_m = \frac{L_u + L_i}{2}$$

$$T_r = \frac{L_i}{L_u}$$

Obtenemos que la cuerda base L_u es de 0,673m y la cuerda extremo L_i es 0,538m.

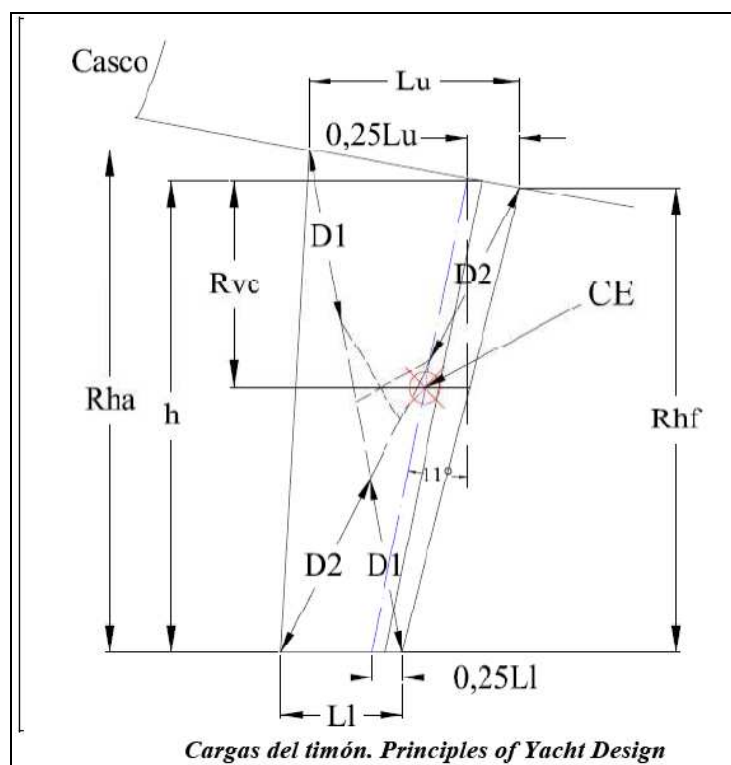
Para colocar el ángulo de barrido lo hacemos como en la orza uniendo el 25% de la cuerda base y de la cuerda extremo, en esta línea introducimos los 11°.

Utilizaremos una sección NACA 63-0010

Superficie proyectada, S_p	0,91m²
Calado, T_k	1,5m
Cuerda media, C_m	0,606m
Cuerda base, L_u	0,673m
Cuerda extremo, L_i	0,538m
Relación de aspecto, A_R	2,475
Relación de aspecto efectiva, A_{Re}	3,712
Relación de afinamiento, T_r	0,8
Ángulo de barrido	11°

6.5.2. Cálculo de la mecha del timón

Para determinar el diámetro mínimo de la mecha del timón volvemos a utilizar la reglamentación del American Bureau of Shipping (ABS), la cual se muestra en la figura. La mecha del timón para nuestro barco la vamos a construir de acero inoxidable AISI-316 por su alta resistencia a la corrosión, cuyo límite elástico es de 206 N/mm^2 .



El CE o centro de empuje se calcula con la línea que une el 25% de la cuerda base L_u y la cuerda extremo L_i , y con el centroide del área proyectada del timón, calculado con D_1 y D_2 y trazando una horizontal.

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) $T_r = F_r \cdot l_c$ [56570 Ncm; 566 Nm]

Rudder side force (F_r):

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

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

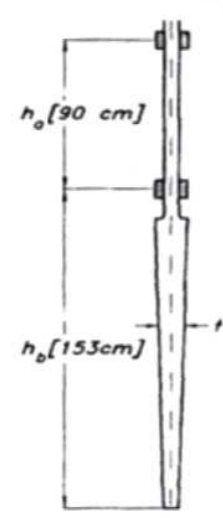
22) $d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot \sigma_c} (0.5 \cdot M_r + 0.5 \cdot \sqrt{M_r^2 + 4 T_r^2})}$

$l_c = 0.33 l - x_{lc}$ l_c is not to be taken less than $0.125 \cdot l$
 l = the horizontal length of the rudder, in cm, at 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]

$N = \frac{2.65 \cdot L_{WL}^2}{\sqrt[3]{m}}$ 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.

$C_{lr}=1,5$ si: $h/l= 2-6$; $h/l= 2,23$

$t/l \geq 0.06$

$N=1$ siempre que $\frac{0,001 \times \Delta}{(0,01 \times L_{WL})^3} > 4304$, en nuestro caso: $6514,89 > 4304$

$F_r = 984 \times C_{lr} \times L_{WL} \times A_{lr} \times N$; $F_r = 14331,517 N$

$T_r = F_r \times l_c$; $T_r = 2135,395 Nm$

$M_r = R_{vc} \times F_r$; $M_r = 10347,355 Nm$

Luego el diámetro del timón será:

$d = ((32/\pi \times \sigma_c) \times (0,5 \times M_r + 0,5 \times (M_r^2 + 4 \times T_r^2)^{0,5}))^{1/3}$; $d = 8,08 cm$

7. DISEÑO DE INTERIORES

Una de las partes más creativas del diseño de las embarcaciones de recreo son sus interiores. Cuando hemos diseñado la forma del casco no se tenía límite alguno sobre la forma, en cambio en el diseño interior el único condicionante es precisamente la forma del casco.

Los elementos que componen los interiores (camas, armarios, etc.) no están sujetos a dimensiones exactas para las embarcaciones de recreo.

Sin embargo ningún proyecto es totalmente libre debido a que tiene que atender a los requerimientos del cliente o armador (nº de camas, tamaño de la cocina, etc.). Por todo ello se realiza un gran trabajo para encajar todos los requisitos dentro de las formas que se tienen prediseñadas.

Primero empezaremos explicando la zona central con el salón y la mesa de cartas, continuaremos en esta zona explicando la cocina y el baño, pasaremos a los camarotes y el baño del camarote de proa. Por último hablaremos de la escalera de acceso y espacio del motor.

7.1. Salón y mesa de cartas.

Esta zona es la más amplia, se encuentra justo debajo de la caseta de cubierta, se extiende desde el mamparo de popa del camarote de proa y su baño hasta el mamparo de proa de la cocina y el baño.

El salón consta de dos sofás uno a babor y otro a estribor, con una mesa central plegable para permitir el paso entre esta zona y el camarote de proa, y por último de la mesa de navegación.

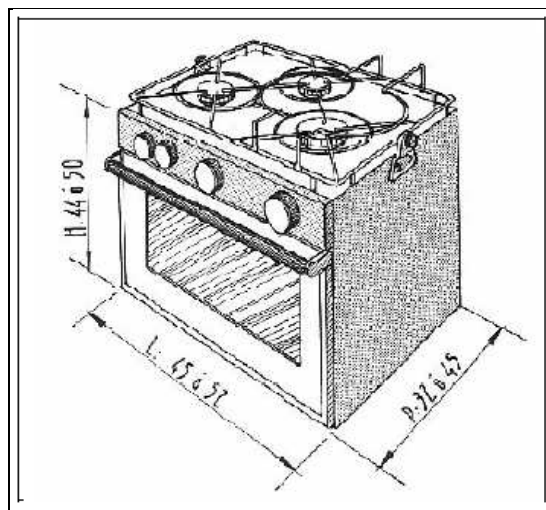
Los sofás miden 2 metros de longitud por lo cual pueden ser perfectamente utilizados como camas, como hemos puesto en la especificación técnica puede albergar 8 personas contando con la utilización de los sofás como camas. Las repisas y los huecos que quedan entre el sofá y el casco serán utilizados para almacenar objetos o equipos, también se podrán colocar muebles multifuncionales convertibles en literas o camas.

Uno de los sofás tienen forma en "U" que podría albergar a cuatro personas cómodamente, incluso a 5 personas, el otro sofá que es recto es como para dos o tres personas. La mesa se dispone en el centro de ambos sofás, como hemos dicho anteriormente es plegable, y por el extremo más de proa pasara el mástil pero esto no perjudica su uso.

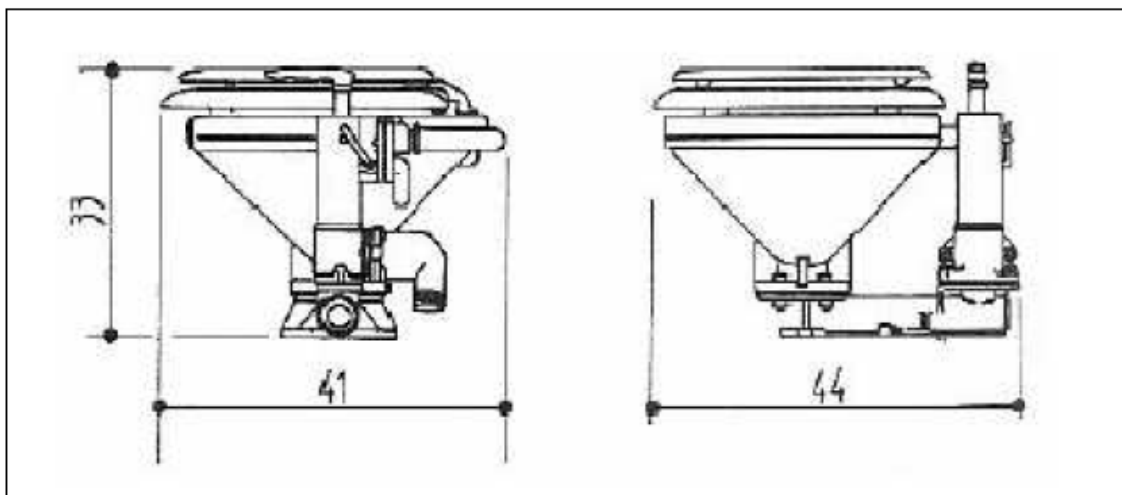
La mesa de cartas es de gran importancia en la navegación a vela, está situada en la banda de babor a proa del baño. La mesa en su interior tiene espacio para cartas náuticas y en el costado colocaremos unas estanterías en la que colocaremos la radio, el GPS, plotter y cuadro eléctrico.

7.2. Cocina y baño.

La cocina se encuentra en la banda de estribor delimitada a proa por el sofá y a popa por un camarote, en la parte de crujía esta la escalera de acceso. Tiene forma de "L" y consta de cocina con horno, el fregadero, una nevera y un espacio para preparar los alimentos. En la parte superior de estos muebles se sitúa el microondas y los espacios para albergar los utensilios y enseres. La cocina tiene las dimensiones que se muestran en esta imagen.



El baño está situado en la banda de babor, a proa se encuentra el sillón y la mesa de cartas, y a popa un camarote, en la parte de crujía esta la escalera de acceso. Está compuesto por un retrete como el que se muestra en la siguiente imagen, un lavabo y un plato de ducha independiente.



7.3. Camarotes

Vamos a disponer en nuestro velero de 3 camarotes, dos camarotes iguales en popa y uno a proa más amplio y con un baño en su interior.

- Camarotes de popa: estos dos camarotes se disponen de forma paralela a crujía, con una cama doble de 1,90 por 1,40 metros. Estos camarotes van desde el mamparo de proa hasta 2,5 metros hacia popa, ambos camarotes tienen sobre el costado un armario.

- Camarote de proa: este camarote va desde el pique de proa hasta 3,250 metros hacia popa. La cama es de 2 metros de largo por 1,50 en la parte más ancha y 90 centímetros en la más estrecha. Este camarote consta de un armario bastante amplio y un baño propio. El baño mide un metro cuadrado equipado con un retrete igual que el del baño principal, un lavabo y un plato de ducha independiente.

7.4. Escaleras de acceso y espacio del motor.

La escalera de acceso de la embarcación está construida de madera y consta de 4 escalones. Justo debajo de la escalera, para que ocupe el menor espacio posible, se sitúa el habitáculo del motor aislado convenientemente. Para poder acceder al motor se abriría la escalera hacia arriba.

El habitáculo del motor esta forrado de planchas de espuma para insonorizar todo lo posible del ruido del motor. Se dispone también de una bancada o polín en el suelo para que se transmitan los esfuerzos a la estructura y absorba las vibraciones que se producen por el funcionamiento del motor.

8. DISEÑO DE CUBIERTA

El diseño de cubierta consiste en la distribución de los espacios exteriores, es decir la división de la cubierta en distintas zonas que hagan el velero habitable además de cómodo para navegar. Para un buen diseño de la cubierta se pueden diferenciar distintas zonas: triangulo de proa, cabina, pasillos y la bañera. El diseño de la bañera también incluye la colocación de los elementos de navegación, timón, winches, etc.

- Triangulo de proa

Zona comprendida desde el vértice de proa hasta la cabina. Es una zona delicada en cuanto a seguridad ya que es donde se realizan las maniobras más peligrosas, carece de puntos de agarre y en cambio demanda al menos una escotilla para la iluminación y ventilación interior.

En esta zona se colocan los elementos de fondeo y aquí se trabajara el izado y arriado de las velas de proa.

- Cabina

Es la estructura que sobresale por encima del resto de la cubierta y es la que proporciona mayor altura a la habitabilidad interior. Favorece el acristalamiento ya que tiene poca influencia en la estructura y favorece la iluminación interior y la visibilidad.

- Pasillos

Son zonas de transito que quedan a ambos lados, tanto a babor como a estribor, de la cabina y la bañera. Deben estar despejadas y tener un ancho suficiente como para dejar paso.

- Bañera

Esta zona se encuentra en la popa del barco a un nivel inferior que los pasillos y la cabina. Es la zona donde se sitúa el puesto de gobierno de la embarcación y gran parte de la maniobra. También es el área donde están los asientos y la mayoría de los cofres de estiba. La bañera abierta en popa es mas cómoda para cruceros vacacionales ya que permiten mejor acceso al mar para bañarse y da más sensación de amplitud, en situaciones de temporal desagua de manera que nunca hay acumulación de agua. Cerrar la popa ofrece mayor seguridad. El diseño de la cubierta para nuestra embarcación corresponde con una bañera abierta en popa, además supone mayor facilidad constructiva y menor coste.

8.1. Elementos de la jarcia firme

La jarcia firme se compone de varios elementos que conectan con la cubierta: stays, cadenotes, base del mástil y backstay.

- Stay

Cable que se utiliza para sujetar el mástil desde la proa y se conecta a través de varios elementos ya sean fijos o ajustables.

- Cadenotes

Son piezas generalmente metálicas y sirven para sujetar lateralmente el palo y anclar al casco los elementos de la jarcia firme. Los cadenotes pasan a transmitir la carga directamente al casco o elementos estructurales muy simples.

- Base del mástil

El soporte del mástil en el casco o en la cubierta dependerá del tamaño de la base de drizas y del espacio que se deberá habilitar para la cajera del palo en su paso por cubierta.

- Backstay

Este se dispone sobre el palo para tener control longitudinal sobre el palo, y sus respectivos arraigos sobre la popa de cubierta o casco. En el caso de embarcaciones de crucero se suelen disponer de backstay hidráulicos por su sencillez.

8.2. Elementos de la jarcia de labor

Los elementos de control de la jarcia de labor son los siguientes: winches, carros y carriles de génova y mayor, organizadores y mordazas y el sistema de poleas.

Nuestra embarcación contara con seis winches y también con dos carros de génova colocados en la zona central de la caseta, a cada lado de la misma en cubierta y simétricos respecto al plano de cruzía.

El sistema de mordazas y organizadores están situados en la zona del piano para las escotas del aparejo.

8.3. Elementos de seguridad y fondeo.

A lo largo de toda la eslora en el borde exterior de cubierta, se sitúan numerosos candeleros de los que se colgaran unos cables que formaran los pasamanos. En la parte más a popa del pasillo se situara el pulpito de popa que es la estructura que cierra los pasamanos en esta parte del barco, y en la parte de proa se colocara el pulpito de proa.

En cuanto al fondeo en proa estará la tapa de la caja de cadenas y donde se coloca el molinete de arriado del ancla.

9. DISEÑO DEL PLANO VÉLICO

En este capítulo detallaremos el diseño de la superficie vélica y el reparto de la misma en la vela de proa y la mayor, y el tipo de aparejo con su dimensionamiento que elegimos para nuestra embarcación.

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

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

Por otro lado, ya que cuando navegamos en rumbos menores de 100° con respecto al viento, el plano velico 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, si queremos diseñar una embarcación que tenga buen rendimiento en ceñida es necesario una alta relación de aspecto de las velas, sin embargo esto traerá consigo una elevación del centro de presión vélica, y consecuentemente un aumento del efecto escorante de la fuerza aerodinámica lateral, siendo necesario dotar a la embarcación de mas estabilidad.

Las fuerzas aerodinámicas, tal y como vimos anteriormente, se descompone en una fuerza lateral y otra propulsora. La capacidad de generar energía de sustentación de un perfil depende de su relación fuerza de sustentación/resistencia (L/D). La resultante de estas fuerzas nos van a definir la fuerza propulsora que podemos obtener así como la fuerza lateral, la cual será responsable de la deriva o abatimiento y de la escora de la embarcación.

Dado que el rumbo más crítico para el buen diseño del plano vélico es 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 velica necesaria se utiliza el concepto de superficie velica en ceñida la cual es la suma de las superficies de la vela mayor y la de proa.

9.1. Tipo de aparejo.

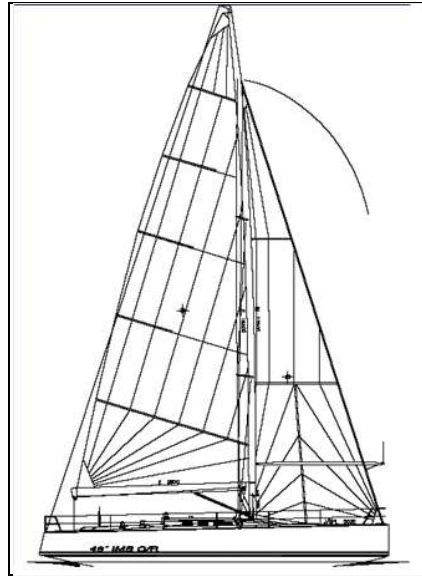
Las configuraciones del aparejo más utilizados son: aparejo tipo Sloop y aparejo tipo Ketch. Cada configuración es recomendada para cada tipo de navegación o uso de la embarcación, ya que afecta a la facilidad de manejo de la superficie vélica, a su complejidad de trimado y maniobras y al efecto en estabilidad.

Según esto vamos a describir los distintos tipos de aparejo y finalmente decidiremos cual es el que elegimos para nuestra embarcación.

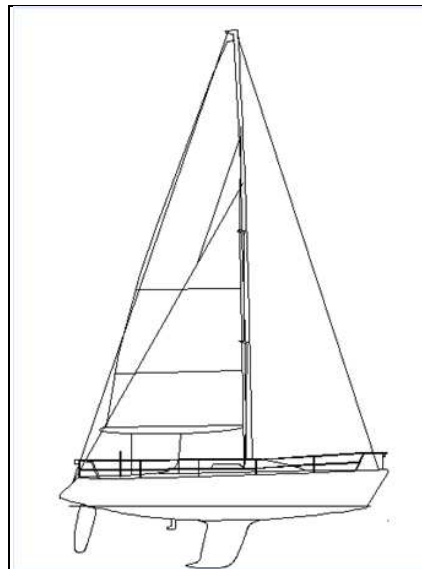
- Aparejo tipo Sloop: se trata de la configuración más común hoy en día, existen dos versiones según el stay de proa llegue o no hasta el tope del palo:

- Aparejo fraccionado: se denomina así a los aparejos cuyo stay de proa termina a una distancia por debajo del tope del palo. El objetivo de este tipo de aparejo 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 afectiva cuando se navega en rumbos abiertos con Spinnaker y mayor conjuntamente. Por otro lado las dimensiones del palo pueden reducirse en la parte superior, mejorando así el rendimiento del plano velico y reduciendo el efecto escorante del mismo. Esta configuración es comúnmente empleada en embarcaciones de regatas, y sobre todo en embarcaciones de vela ligera.

Aparejo fraccionado



- 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 reducida, de manera que en caso de trasluchadas imprevistas, el efecto sea menor.



- Aparejo tipo Ketch: la ventaja fundamental de este tipo de aparejo, es la de poder repartir la superficie velica en tres superficies más pequeñas, reduciéndose así la complejidad del manejo y permitiendo una mayor variedad de configuraciones. Este tipo de aparejo empleado comúnmente en embarcaciones de crucero y muy rara vez en regatas, está siendo poco utilizado últimamente, siguiendo seguramente la tendencia de la moda, en la cual las embarcaciones de crucero tienden a parecerse cada vez más a configuraciones regateras.



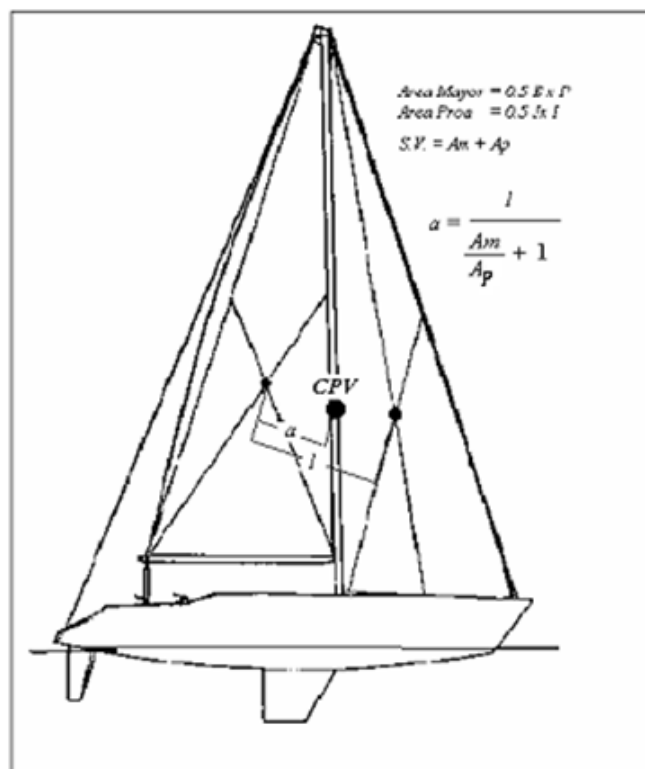
Una vez visto los tipos de aparejo decidimos que para nuestra embarcación, siendo un velero de crucero, tomaremos una configuración tipo Sloop a tope.

9.2. Diseño de la superficie velica

Con el tipo de aparejo que vamos a utilizar en nuestro diseño elegido, tipo Sloop a tope, y con la superficie velica fijada en $82,65\text{m}^2$ como vimos en el estudio estadístico y que hemos utilizado en apartados anteriores.

Empezando por la posición y dimensiones de las velas que depende de la posición del palo a lo largo de la eslora. Para colocar el mástil se utiliza la regla general sugerida por Stephen Dittmore situándolo al 40% de la eslora de flotación. Además la posición de la botavara limita la dimensión máxima del pujamen de la mayor (E), puesto que afecta directamente a la bañera y a la posición del timonel. La altura del centro de presión velica influye directamente en la estabilidad de la embarcación ya que a mayor altura del centro de presión velica, el brazo escorante aumentará provocando una mayor escora en la embarcación.

Para estimar el centro de presión vélica, dado que el rumbo al cual se debe equilibrar la embarcación es el rumbo en ceñida, se emplea la superficie vélica proyectada para determinar la posición de su centro geométrico. Tomando el alzado del plano vélico, se calcula el centroide de la vela mayor y el de la génova, por lo que el centroide total de la superficie vélica se encontrará en la línea que une los dos. Por supuesto la posición de dicho centro no es constante y varía con los rumbos de navegación, el trimado de las velas y el trimado de la jarcia. Para conocer cuál es la posición del centro de presión vélica en la línea que une los centroides de la mayor y génova, se utiliza la distancia "a" la cual se calcula mediante la fórmula que vemos en la siguiente imagen.



Donde:

"a" es la distancia entre el centroide de la mayor y el CPV.

"l" es la distancia entre los centroides de la mayor y la génova.

A_m es el área proyectada de la mayor.

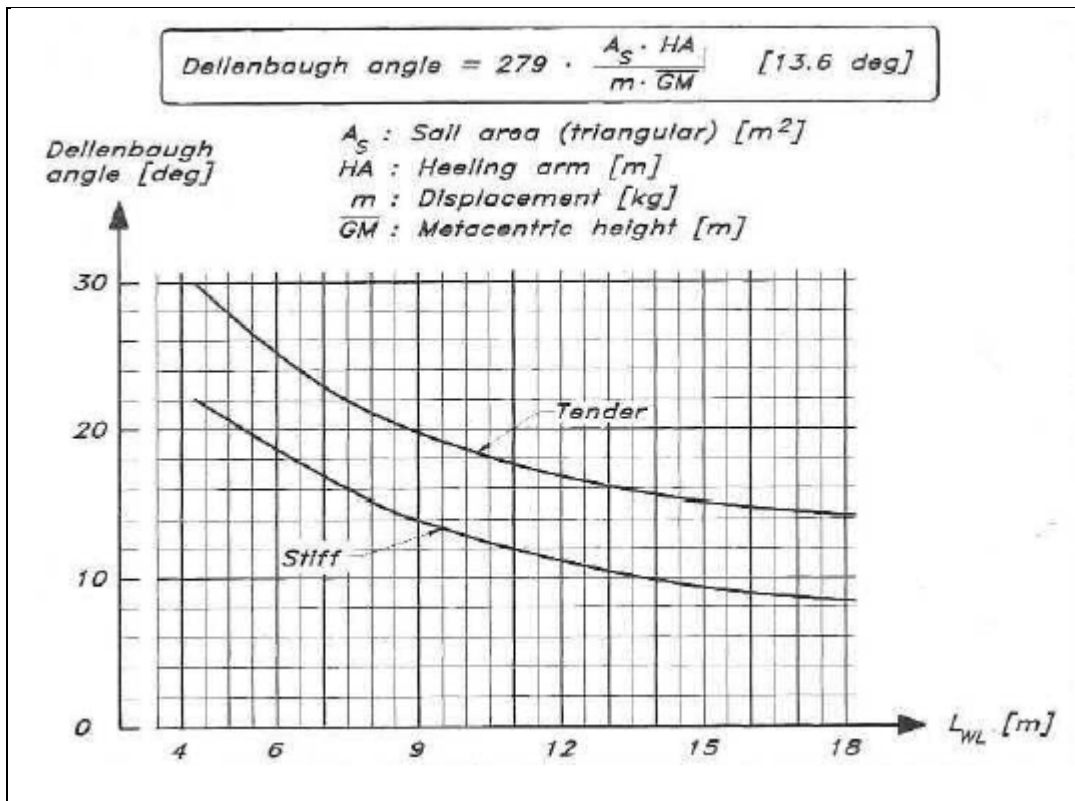
A_f es el área proyectada de la génova.

Para definir correctamente la superficie vélica se tienen que calcular una serie de dimensiones que definirán las velas mayor y génova. Dichas dimensiones son las siguientes: I, J, P y E.

- J: Es la base del triángulo de proa, medido horizontalmente desde la cara exterior del mástil hasta la parte media del anclaje del forestay.
- 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 (generalmente en cubierta) 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.

La superficie de la mayor será por tanto: $A_m = 0,5 \times P \times E$; La superficie de la vela de proa o génova será: $A_p = 0,5 \times I \times J$; La superficie vélica total en ceñida se define como: $A_s = A_m + A_p$

Para poder dimensionar I, J, P y E tenemos que conocer a qué altura queremos que se encuentre el centro de presión vélica CPV, para ello usamos la gráfica del ángulo de Dellenbaugh. Esta grafica nos sirve para calcular el brazo escorante HA máximo que puede tener nuestro barco y en relación a este situamos la altura del CPV. Para acceder a la grafica del ángulo de Dellenbaugh que se muestra a continuación es necesario conocer cuál es nuestra eslora de flotación Lwl, y el estilo de navegación.



Nuestro estilo de navegación es de crucero y nuestra eslora de flotación de 10,67m por lo que obtenemos un ángulo de Dellenbaugh que va entre 12° (stiff-duro) y 18° (tender-blando), por lo que nuestro brazo escorante variara entre 6,72m y 10,08m.

Con la expresión del ángulo de Dellenbaugh despejamos el brazo escorante HA:

$$\text{Ángulo de Dellenbaugh} = 279 \times \frac{A_s \times HA}{\Delta \times GM}$$

Despejamos el brazo escorante HA conociendo el desplazamiento, la superficie velica, el ángulo de Dellenbaugh obtenido en la grafica y GM.

Angulo de Dellenbaugh: 12°-18°

Superficie velica: 82,65m²

Desplazamiento: 7914 kg

GM: 1,633 (obtenido de las hidrostáticas)

Con estos datos obtenemos que el brazo escorante de nuestra embarcación debe estar entre 6,72 y 10,08 metros.

Se debe hacer una distribución porcentual de la superficie vélica total entre la vela mayor y la vela de proa o génova. En el estudio estadístico realizado en apartados anteriores se observa que la distribución de la superficie vélica de la mayor está comprendida entre el 45 - 50% de la superficie vélica total.

Con el estudio estadístico de referencia, mediante tanteo en un plano teniendo que el tipo de aparejo que vamos a utilizar es del tipo Sloop a tope, decidimos I,J,P y E, que quedaría así:

Dimensiones plano velico	
I	16,5m
J	4,4,m
P	15,9m
E	5,8m
Am	46,11m ²
Ap	36,3m ²
As	82,41m ²

Con estos datos y el plano dibujado obtenemos donde se encuentra nuestro centro de presión velica CPV, por lo que tenemos el brazo escorante de nuestra embarcación. Entrando con este dato, brazo escorante HA, en la grafica podemos concluir que el ángulo de Dellenbaugh para nuestra embarcación es de 15,5° por lo que tendrá un comportamiento dentro del rango.

9.3. Equilibrio vélico

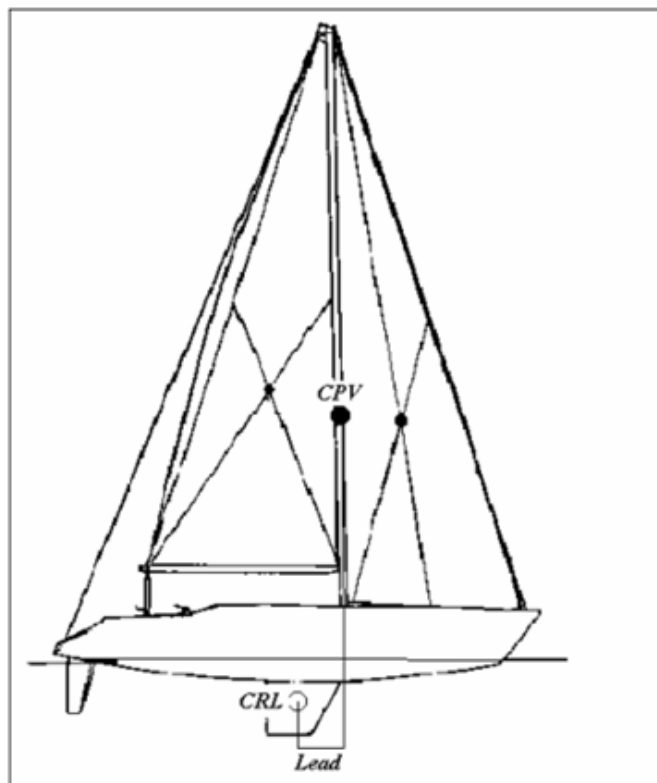
Un velero se encuentra en equilibrio cuando su centro de presión vélica se encuentra en la misma vertical que su centro de deriva o resistencia lateral. Cuando esto no ocurre la embarcación tiene una tendencia a variar su rumbo, produciéndose la necesidad de utilizar el timón para corregir el rumbo, y aumentando así la resistencia de la embarcación reduciendo su velocidad.

- Tendencia a orzar (girar hacia la dirección del viento): ocurre cuando el CPV se encuentra a popa del CRL.

- Tendencia a arribar (girar hacia sotavento abriéndose al viento): ocurre cuando el CPV se encuentra a proa del CRL.

La tendencia a orzar y a arribar dependen de dos factores fundamentalmente: la distancia longitudinal entre los dos centros de presiones y la intensidad de la fuerza lateral aerodinámica. Dado que dicha fuerza es mayor cuanto más cerrado al viento navegamos, normalmente se intenta diseñar la embarcación para que este en equilibrio velico en dichos rumbos.

Hay que tener en cuenta cuando la embarcación navega en ceñida, al escorar, el centro de carena suele desplazarse hacia popa produciéndose así un triado hacia proa. Esta tendencia es mayor cuanto más hacia popa se encuentre la manga máxima. Al producirse dicho trimado hemos de tener en cuenta el efecto del casco en la posición del CRL, ya que este se desplazara hacia proa. Por todo ello, a la hora de intentar equilibrar la posición del plano velico es necesario predecir cuál será el avance hacia proa del CRL. Normalmente, se estima la posición del CRL en situación de escora cero, ubicándolo a popa del CPV una distancia conocida como LEAD o avance, de manera que cuando la embarcación navegue en ceñida, escore y trime hacia proa, el CRL avance también hacia proa y se sitúe lo más cercano posible a la vertical del CPV.



Dependiendo del tipo de aparejo utilizado se puede definir el lead óptimo medido en porcentaje de la eslora de flotación de embarcaciones modernas como:

Aparejo a tope: 5 - 9 %

Aparejo fraccionado: 3 - 7 %

En nuestro caso, hemos elegido un aparejo a tope por lo que el lead que vamos a utilizar es de un 5% de la eslora de flotación que da como resultado un avance de 0,53 metros.

9.4. Estimación del abatimiento

Como vimos en el diseño de la orza, esta es la que crea la fuerza hidrodinámica lateral que hará que el velero no abata o que la deriva sea la menor posible. La orza debe tener también un ángulo de ataque para crear la fuerza de sustentación necesaria, pero este ángulo no se puede calcular en ese capítulo porque nos faltaban datos del plano velico y por ello incluimos ahora el cálculo del abatimiento.

Sabemos que la fuerza hidrodinámica lateral (F_{hl}) que tiene que crear el barco tiene que ser igual a la fuerza aerodinámica lateral (F_{al}). Para calcular la fuerza hidrodinámica por lo tanto tenemos que calcular antes la fuerza aerodinámica lateral que se define con la expresión:

$$\text{Fuerza aerodinámica lateral} = \frac{\Delta \times GM \times \sin(\text{ángulo Dellenbaugh})}{\text{Brazo escorante}}$$

Datos:

Δ (desplazamiento) = 7914 kg

GM_t = 1,633

Ángulo de Dellenbaugh = 15,5°

Brazo escorante = 8,69m

Fuerza aerodinámica lateral = 397,43 kg

La fuerza aerodinámica lateral es de 397,43 kg = 3897 Newton, por lo que la fuerza hidrodinámica que debe ser capaz de crear el barco es de 3897 N, de la cual un 55% lo va a ejercer la orza y el 45% restante lo crea el casco y el timón. La orza debe generar 2143,35N.

Primero calcularemos el coeficiente de empuje de la orza con la ecuación:

$$L = \frac{1}{2} \times \rho \times C_L \times S_p \times V^2$$

Conociendo:

L (empuje que debe generar la orza)= 2143,35N

ρ (densidad del fluido)= 1,025kg/m³

S_p (superficie proyectada de la orza)= 2,89m²

V (velocidad del velero)= 3,58m/seg

C_L= 0,405

Ahora despejamos α de la fórmula del coeficiente de sustentación:

$$C_L = \alpha \times 2\pi / 1 + 3/ARe$$

El ángulo α es 0,194 radianes o 11°. Este será el ángulo de abatimiento del barco, necesario para que la orza cree el empuje necesario para igualar la fuerza aerodinámica lateral.

9.5. Diseño del aparejo

Para el diseño estructural de la jarcia de un velero se pueden aplicar los principios de física y resistencia de materiales, pero estos cálculos serían muy complicados sobre todo al calcular las cargas ejercidas por el viento. Esto hace que sea más sencillo aplicar la normativa de una sociedad de clasificación, la que aplicaremos para el estudio del aparejo de la embarcación es la Nordic Boat Estándar (NBS), puesto que son de los pocos estándares que tienen en cuenta el escantillonado de los aparejos.

9.5.1. Aplicación de los estándares del NBS. (definición y ámbito de la normativa)

Estos estándares son válidos para el cálculo de un mástil normal y aparejos fraccionados con uno o dos pares de crucetas, que cumplan los siguientes requisitos:

1. El área del triangulo de proa, es decir el foque no sea mayor que 1,6 veces el área de la mayor.

$$\frac{I \times J}{E \times P} < 1,6$$

$$\frac{16,5 \times 4,4}{5,8 \times 15,9} = 0,78 < 1,6$$

2. El área vélica en ceñida total (A_s), debe ser mayor que el momento adrizante (RM) dividido por 128 veces el brazo escorante (HA). Si esto no se cumpliese se consideraría un buque a motor con una vela de capa.

Lo primero para empezar a dimensionar la jarcia es considerar el momento adrizante a 30° . Se considera que este ángulo de 30° es un buen ángulo de diseño y corresponde a la escora para una condición de viento fuerte, con las velas generando grandes cargas estáticas sobre el aparejo y transmitiendo buenas velocidades al velero a través del agua. Puesto que estas cargas son estáticas se deberán tomar ciertas precauciones para no despreciar las acciones dinámicas, las cuales no pueden dar picos importantes de tensiones y compresiones de la estructura. Estas precauciones harán que se trabaje aplicándole al momento adrizante un cierto factor de seguridad en distintas fases del cálculo.

También ha de tenerse en cuenta la acción de la tripulación, ya que la posición de la tripulación aumenta el brazo adrizante al colocarse dicha tripulación en la banda contraria a la que esta escorando el velero. El NBS ofrece una forma para calcular de forma bastante aproximada cual es el momento adrizante creado por esta tripulación:

$$\delta RM = 75 \times n \times (3,4 \times B - 4,9 \times Fs)$$

Siendo "n" el número de tripulantes, "B" la manga del velero y "Fs" el francobordo hasta la altura del mástil. Con esto se obtiene el momento adrizante inducido por la tripulación. En nuestro caso es:

$$\delta RM = 75 \times 8 \times (3,4 \times 3,86 - 4,9 \times 1,21)$$

$$\delta RM = 3464,4$$

El momento adrizante total será la suma del momento adrizante del velero con su peso en rosca más la suma del momento adrizante creado por la tripulación, este será el valor que usemos a lo largo de todo el proceso de diseño.

$$RM = RM(30^\circ) \times \frac{\Delta}{G} + \delta RM$$

Siendo $RM(30^\circ)$ el momento adrizante a 30° de escora con el buque vacío o en rosca, G el peso del barco en rosca y Δ el desplazamiento del barco a plena carga.

En nuestro caso:

Δ desplazamiento a plena carga: 7914 kg

G peso en rosca: 5557 kg

Entrando en el Hydromax calculamos el brazo adrizante para 30 grados y obtenemos un GZ_{30° de 0,807m (calculado con Hydromax para el barco sin orza con loadcase mas desfavorable es decir, que crea un GZ mayor de -0,335m). Este valor lo multiplicamos por el peso en rosca y por la aceleración de la gravedad y obtenemos:

$$RM(30^\circ) = GZ_{30^\circ} \times \text{peso en rosca} \times 9,81$$

$$RM(30^\circ) = 0,807 \times 5557 \times 9,81 = 43992,935 \text{ Nm}$$

A continuación calculamos el RM:

$$RM = 66116,926Nm$$

Por último comprobaremos que $\frac{RM}{128 \times HA}$ sea menor que la superficie velica de ceñida As.

$$\frac{RM}{128 \times HA} = 59,44 m^2$$

59,44m² es menor que 82,41m².

La estabilidad del mástil transversalmente depende del número de crucetas y de la colocación del pie del mástil, que puede estar apoyado sobre cubierta o apoyado en la quilla.

La estabilidad longitudinal depende también 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.

Se puede establecer unas ventajas e inconvenientes acerca del número de crucetas a utilizar y del tipo de apoyo del pie del mástil.

- Ventajas del aumento del número de crucetas:
 - Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la vela mayor.
 - Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
 - Ángulos de caza de escota de génova más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

- Inconvenientes del aumento del número de crucetas:
 - Palo más difícil de trimar.
 - Se deben tomar medidas para cuidar la estabilidad longitudinal ya que aumenta el momento de inercia longitudinal.
 - Estructura más cara.

- Ventajas del palo apoyado en la quilla:
 - Palo más delgado, lo que mejora la eficiencia de la velas.
 - Palo más ligero ya que disminuye el espesor de la pared.
 - Ángulos de caza de escota de génova más pequeños ya que las crucetas pueden ser más cortas.

- Inconvenientes del palo apoyado en la quilla:
 - Palo más difícil de trimar.
 - Altas fuerzas horizontales a la altura de la cubierta (por donde la atraviesa).
 - Posible entrada de agua por la cubierta.

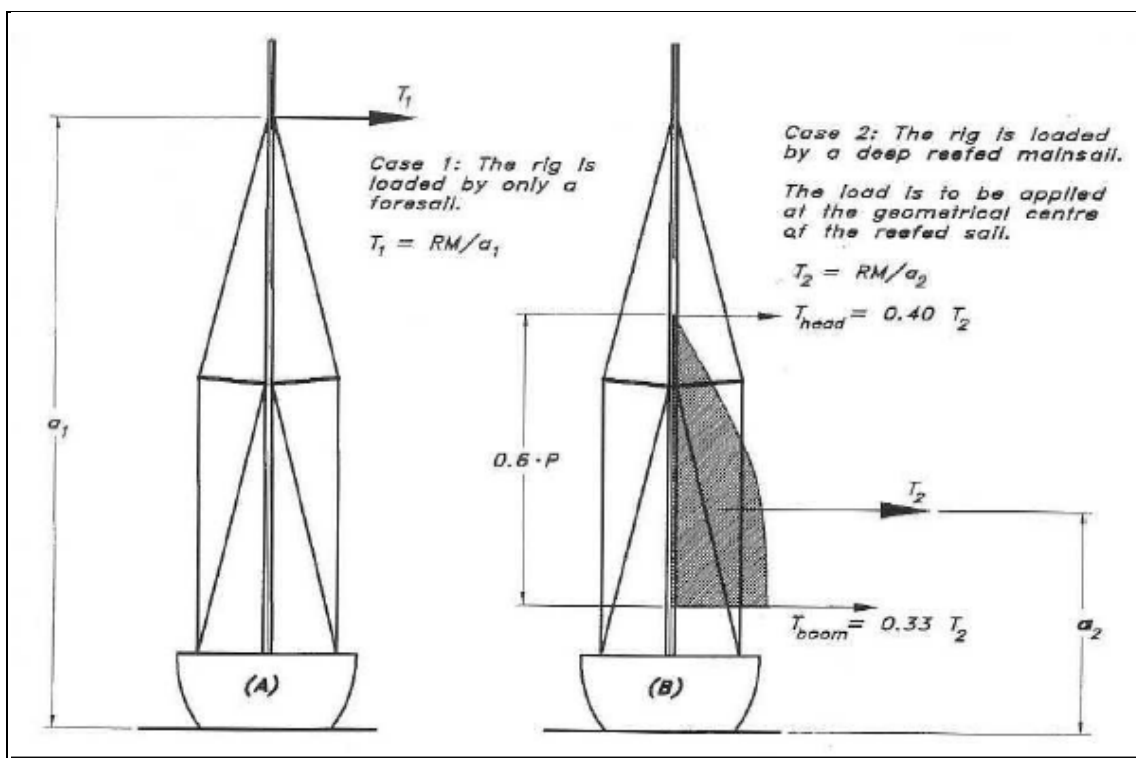
Una vez definidas estas ventajas e inconvenientes se determina que nuestra embarcación tendrá el palo apoyado en la quilla y se usara una disposición de dos pares de crucetas.

9.5.2. Cargas transversales

Las fuerzas a aplicar provienen de la presión que el viento ejerce sobre las velas, como cargas estáticas, y las fuerzas dinámicas creadas por el viento y el mar. El NBS considera dos casos distintos de cargas para dimensionar la estructura.

Primer caso: 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.

Segundo caso: La jarcia está cargada por la vela mayor habiendo tomado rizos (se suponen unas condiciones meteorológicas muy duras). 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 de la vela a partir de la botavara). Esta fuerza se descompone entonces 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 estas dos fuerzas a su vez se pueden descomponer en otras dos. La fuerza del tope de la vela (Thead) se puede distribuir entre la cruceta que le queda por debajo (Thl) y la cruceta o tope de obenques que le queda por encima (Thu).

La fuerza de la botavara, Tboom, se distribuye también entre la cubierta y los obenques inferiores. Para el caso que nos ocupa interesa conocer las cargas sobre el primer piso de crucetas 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.

En primer lugar hay que calcular T1 y T2, estos se calculan de la siguiente manera:

Caso 1:

$$T1 = \frac{RM}{a1}$$

Siendo RM el momento adrizante, que en nuestro caso vale 66116,926Nm, y a1 la altura desde la flotación al punto más alto del foque, que en nuestro caso es de 18,4m. Con estos datos obtenemos que:

$$T1 = 3593,311N$$

Caso 2:

$$T2 = \frac{RM}{a2}$$

Siendo de nuevo RM el momento adrizante con el mismo valor que en el caso anterior, y a2 la altura desde la flotación al CPV de la mayor que está a 1/3 de la altura del CPV de la vela rizada, es decir 7,615m. Como resultado obtenemos:

$$T2 = 8682,459N$$

Con T2 podemos calcular las dos fuerzas que se descomponen de ella, que son Thead y Tboom.

Thead es igual al 40% de T2, en nuestro caso:

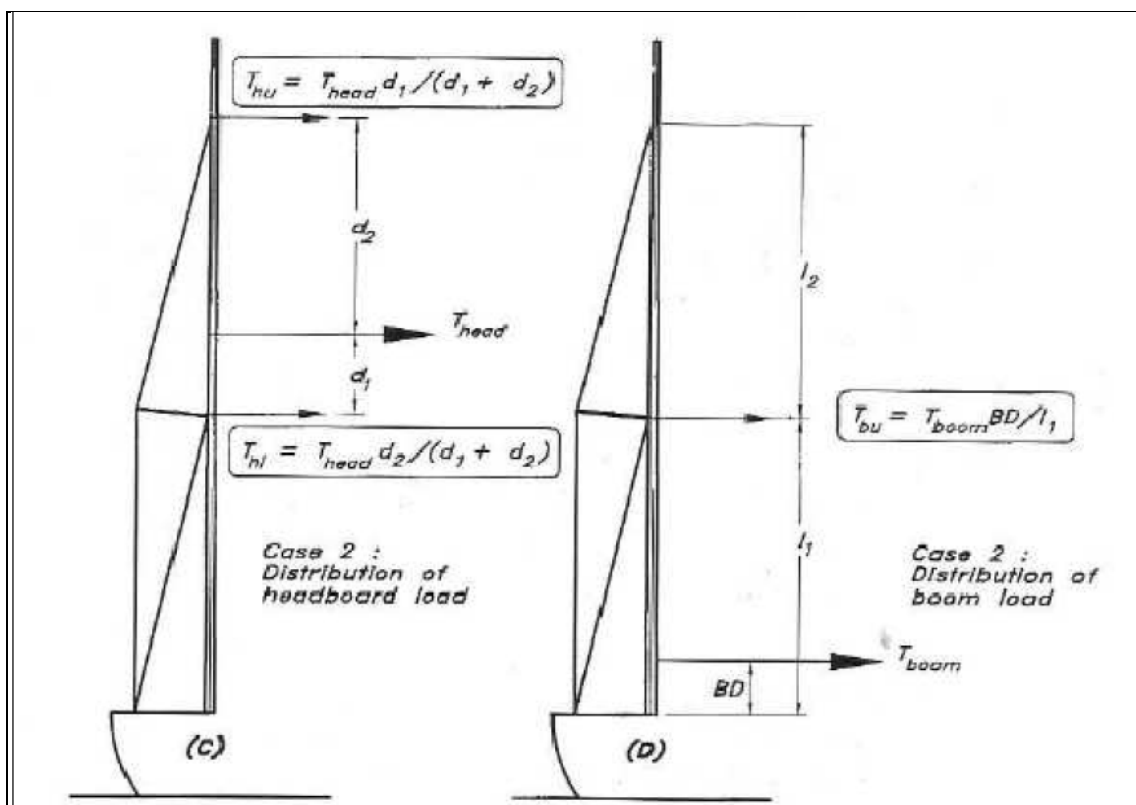
$$Th = 0,4 \times T2 = 0,4 \times 8682,459 = 3472,983 \text{ N}$$

Thead se aplica a una altura de $0,6 \times P$, es decir a una altura de 9,54 metros desde la botavara.

Tboom es igual al 33% de T2:

$$Tb = 0,33 \times T2 = 0,33 \times 8682,459 = 2865,211 \text{ N}$$

Tboom se aplica a la altura de la botavara.



Una vez determinada T_{head} y su posición, se determinan las distancias d_1 y d_2 tal y como se muestra en la figura para poder así calcular las cargas T_{hu} y T_{hl} .

$$d_1 = 6,339\text{m}$$

$$d_2 = 2,292\text{m}$$

$$T_{hu} = \frac{T_{head} \times d_1}{d_1 + d_2} = 2550,717\text{N}$$

$$T_{hl} = \frac{T_{head} \times d_2}{d_1 + d_2} = 922,266\text{N}$$

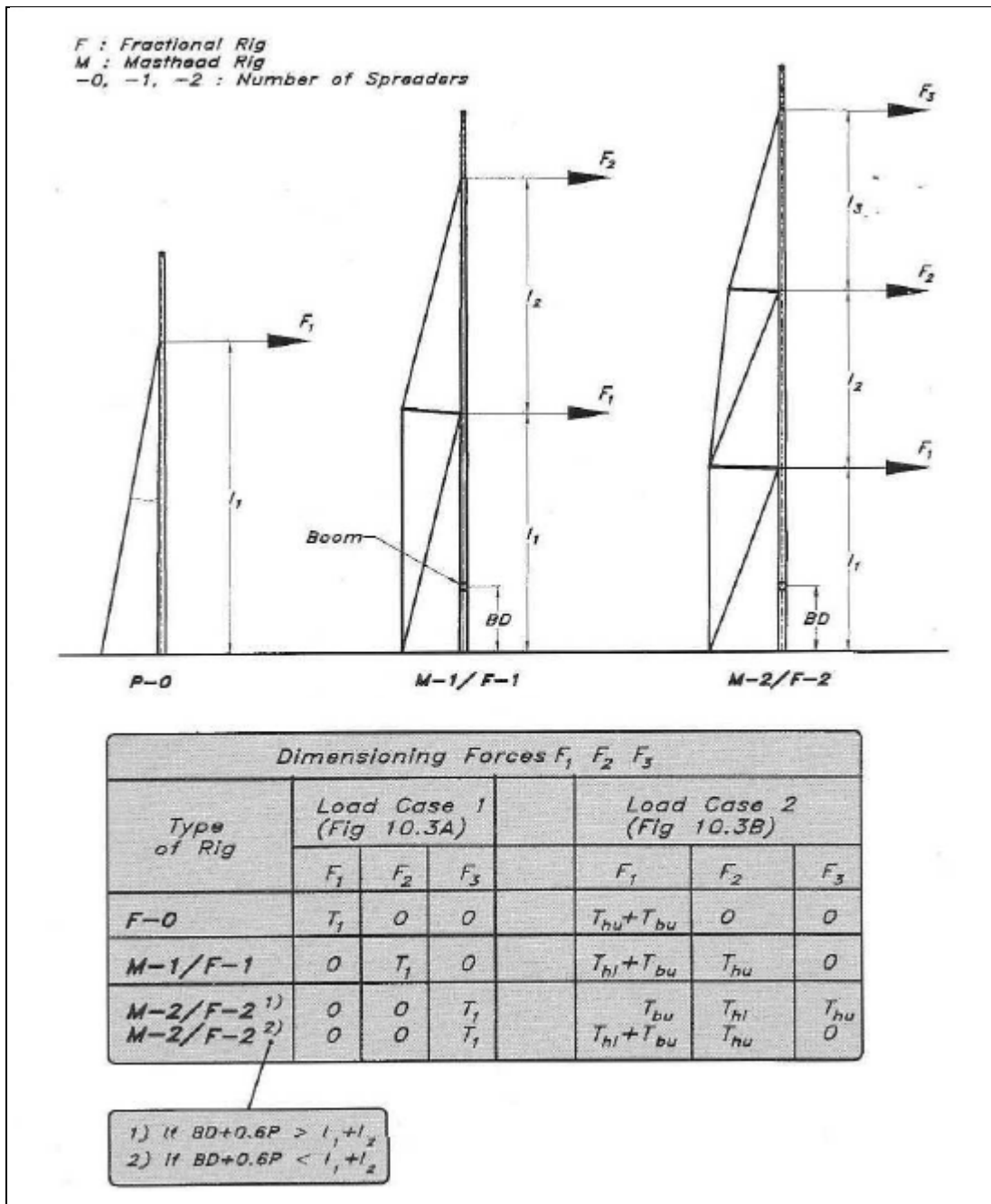
T_{boom} también se divide en otra fuerza que es T_{bu} , esta se aplica en la cruceta que tenga por encima. Para ello debemos conocer BD , que es la distancia de T_{boom} a cubierta, y L_1 que es la distancia entre la cruceta superior a T_{boom} y la cubierta.

$$BD = 1,399\text{m}$$

$$L_1 = 8,7\text{m}$$

$$T_{bu} = \frac{T_{boom} \times BD}{L_1} = 460,739\text{N}$$

Ahora ya se tienen las fuerzas transversales que actúan sobre la estructura. Según el tipo de configuración que se elija se obtiene el siguiente conjunto de fuerzas tal y como se muestra en la figura.



Se elige para nuestro barco una configuración de dos pares de crucetas, M-2. Seguidamente habrá que realizar el cálculo oportuno para conocer cuáles serán las fuerzas que actúan sobre el aparejo.

$$BD + 0,6 \times P = 10,939m$$

$$l_1 + l_2 = 17,279m$$

Por lo que, $BD + 0,6 \times P < l_1 + l_2 \Rightarrow$ caso 2

Caso 2:

$$F_1 = T_{hl} + T_{hu} = 3472,983N$$

$$F_2 = T_{hu} = 2550,717N$$

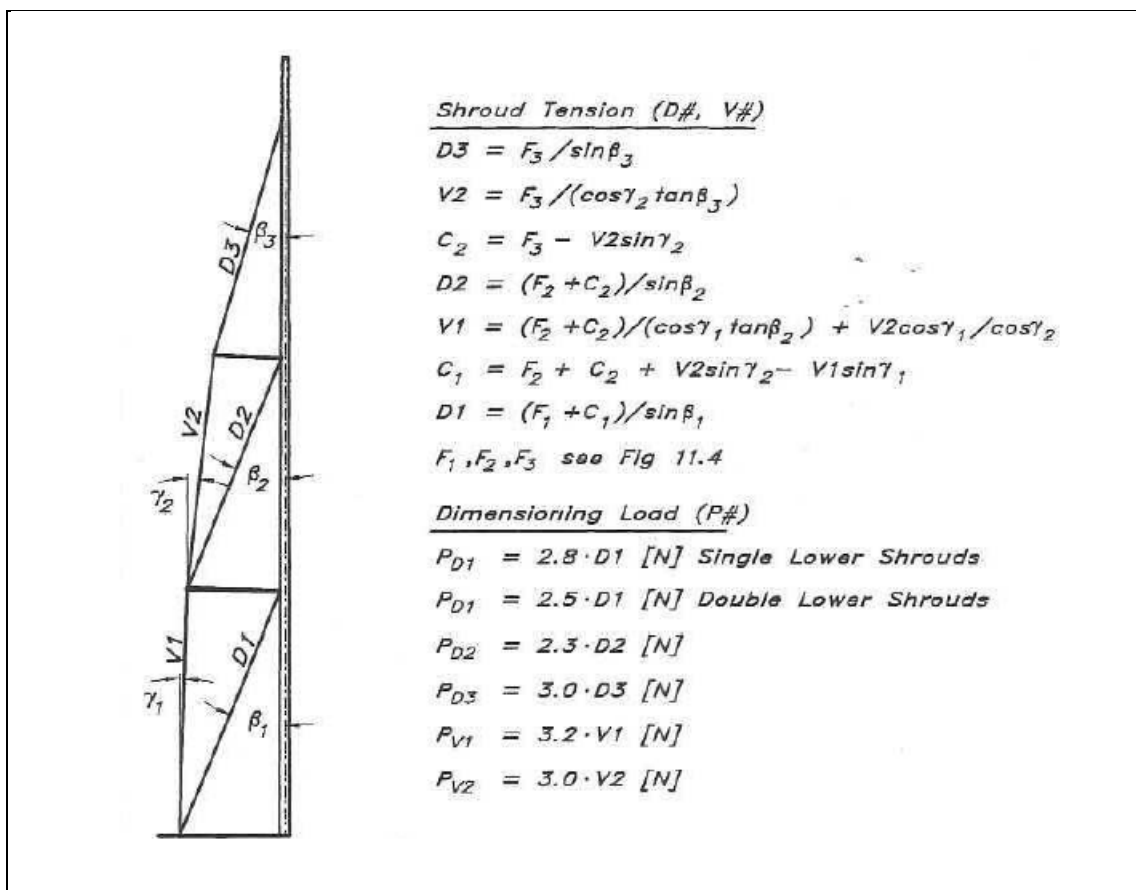
$$F_3 = 0$$

9.5.3. Fuerzas en los obenques

Cuando se calculan las fuerzas en los obenques se tienen que tener en cuenta las dos situaciones de carga separadamente, es decir, dentro del caso M-2/F-2 (2), Load Case 1 y Load Case 2. Se deben comparar los resultados y elegir aquel que sea peor para la estructura, es decir, la carga mayor.

La determinación de las tensiones en los obenques se realiza como se indica en la figura. Una vez calculadas las tensiones en los obenques, se les aplica un factor de seguridad, y se obtienen las tensiones de diseño que han de soportar. Estos factores de seguridad, están directamente relacionados con las cargas dinámicas a las que afectan la estructura debido a los pantocazos, golpes de viento y balanceos debidos al estado de la mar.

Los factores de seguridad varían según cuál sea la posición que ocupe el obenque en cuestión.



Para poder calcular la tensión en cada tramo de obenque necesitamos conocer los ángulos que forman.

$$\beta_3: 10^\circ$$

$$\beta_2: 16^\circ$$

$$\beta_1: 14^\circ$$

$$\gamma_2: 5^\circ$$

$$\gamma_1: 1^\circ$$

Una vez que conocemos los ángulos podemos pasar a calcular D3, V2, D2, V1 y D1 con lo que calcularemos, aplicando un coeficiente de seguridad, la carga para dimensionar los obenques.

Escogeremos los valores mayores de F1, F2 y F3 que hemos calculado:

F1 vale 0 en el caso 1 y 3472,983N en el caso 2.

F2 vale 0 en el caso 1 y 2550,717N en el caso 2.

F3 vale 3593,311N en el caso 1 y 0 en el caso 2.

$$D3 = F3 / \sin \beta_3 = 20693,053N$$

$$V2 = F3 / (\cos \gamma_2 \times \tan \beta_3) = 20456,522N$$

$$C2 = F3 - V2 \times \sin \gamma_2 = 236,618N$$

$$D2 = (F2 + C2) / \sin \beta_2 = 2787,059N$$

$$V1 = (F2 + C2) / (\cos \gamma_1 \times \tan \beta_2) + V2 \cos \gamma_1 / \cos \gamma_2 = 30253,608N$$

$$C1 = F2 + C2 + V2 \sin \gamma_2 - V1 \sin \gamma_1 = 4042,24N$$

$$D1 = (F1 + C1) / \sin \beta_1 = 43278,444N$$

Una vez que tenemos calculadas las tensiones en los obenques aplicamos los coeficientes de seguridad:

$$P_{D1} = 2,8 \times D1 = 121179,644N$$

$$P_{D2} = 2,3 \times D2 = 6410,235N$$

$$P_{D3} = 3 \times D3 = 62079,159N$$

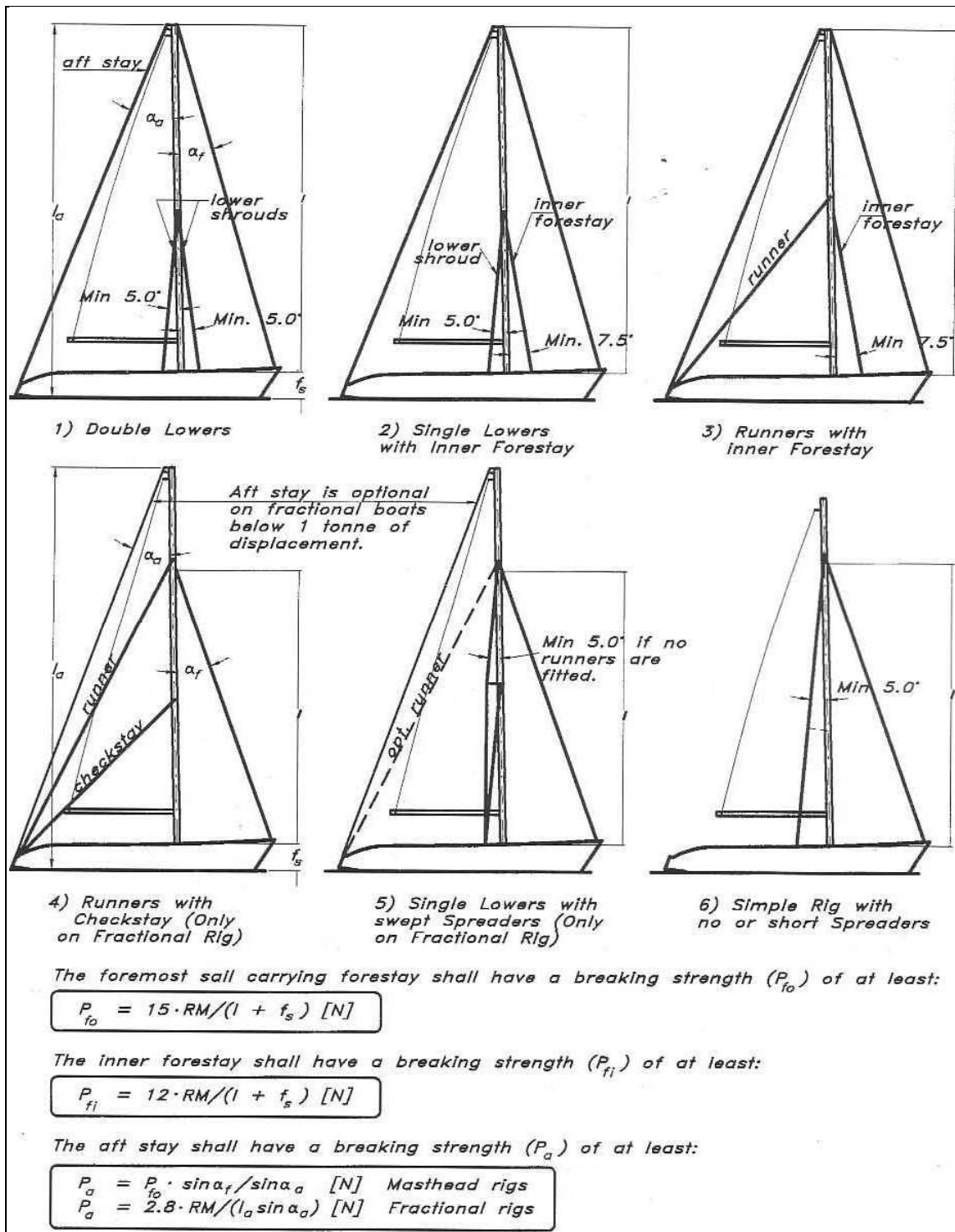
$$P_{V1} = 3,2 \times V1 = 96811,545N$$

$$P_{V2} = 3 \times V2 = 61369,566N$$

9.5.4. Cargas en los stays

Las tensiones en los stays dependerán de los elementos por los cuales son tensionados en el buque (winches, hidráulicos, etc.). El NBS reconoce seis tipos de configuraciones transversales diferentes que se detallan en la figura. En el caso de las configuraciones longitudinales la formulación que propone el NBS es muy similar para todas ellas, haciendo solo una pequeña diferencia entre los mástiles con stay de proa a tope y los fraccionados (stay de proa por debajo del 6% de la longitud del mástil a partir del tope). En la figura también quedan expresadas las ecuaciones a utilizar para calcular las cargas de rotura para los stays, en las que ya vienen incluidos los factores de seguridad, por lo que se pueden aplicar directamente a los stays.

De entre las seis configuraciones que se muestran en la figura, se elige la configuración tipo 1 "Double Lowers".



En la imagen se muestran también las formulas que usaremos para calcular las cargas de rotura del stay de proa y el backstay. Para poder usar esas formulas debemos conocer:

α_a : ángulo entre el mástil y el backstay, 22°

α_f : 15°

RM : brazo adrizante, 66116,926Nm

Ia: distancia desde la flotación al extremo más alto del mástil, 18,4m.

$$Pfo = 15 \times \frac{RM}{I + fs} = 50734,29N$$
$$Pa = Pfo \times \frac{\sin\alpha_f}{\sin\alpha_a} = 35052,774N$$

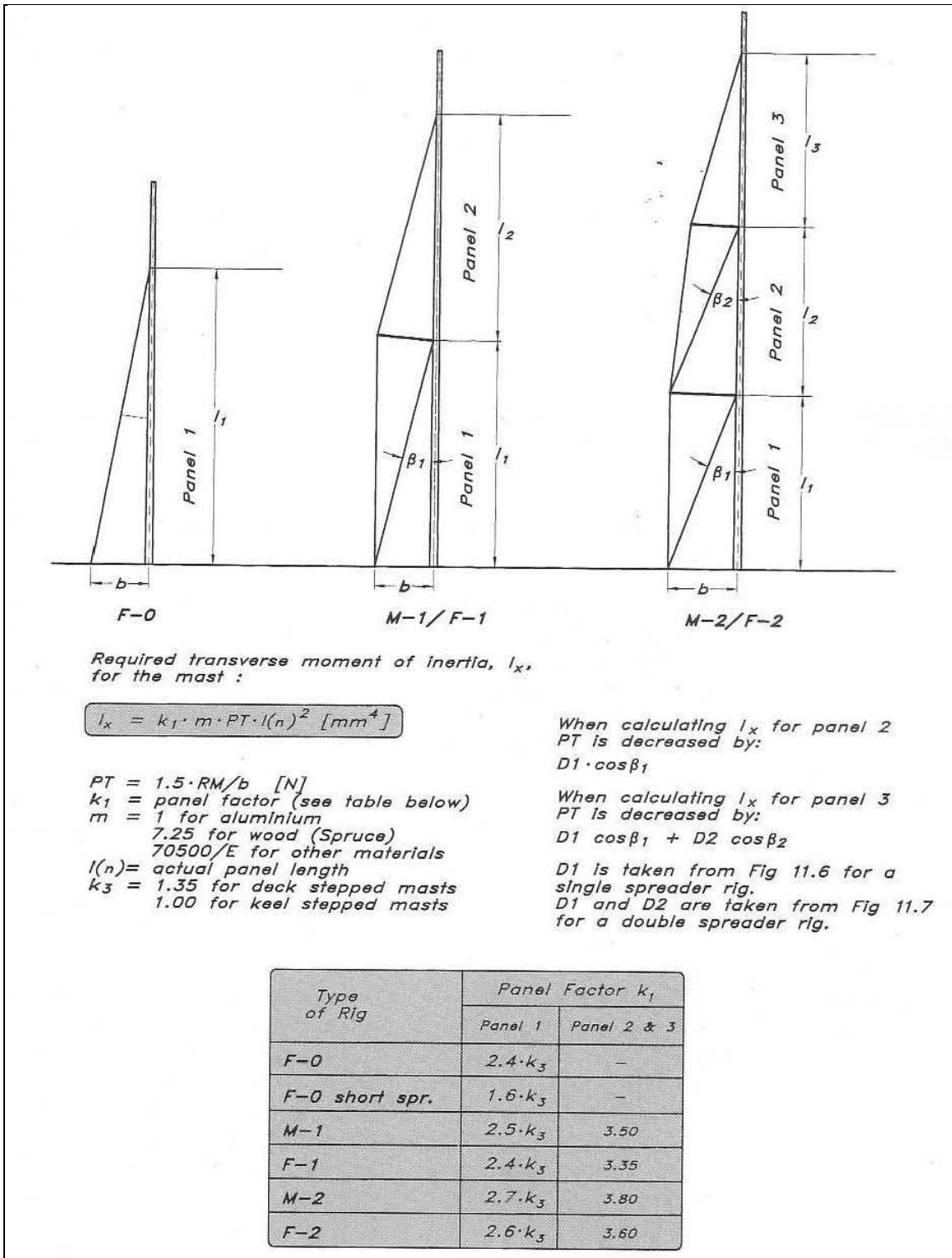
Inner forestay:

$$Pfi = 12 \times \frac{RM}{I + fs} = 39973,957N$$

9.5.5. Dimensionamiento del mástil

9.5.5.1. Cálculo de la rigidez transversal (Ix)

Conociendo las tensiones a las que van a estar sometidos todos los cables, ya se puede dimensionar el mástil. La tensión creada sobre los obenques y stays crea una compresión en el palo, el mástil debe tener suficiente resistencia y el momento de inercia necesario para no romperse ni pandear. El mástil queda dividido por los distintos pisos de crucetas en distintos paneles y el momento de inercia de la sección del mástil en cada panel dependerá de la longitud de cada uno de los paneles y de las cargas de ese panel. A continuación se muestra una imagen donde se señala cual son los tres paneles que usaremos para calcular el momento de inercia de cada sección.



$K3 = 1$ ya que el mástil se apoya en la quilla, y $m = 1$ ya que el mástil está construido de aluminio. La distancia $b = 1,468\text{m}$.

- Panel 1:

K1= 2,7

L1 (longitud de cubierta al primer piso de crucetas) = 5,754m

$$PT = 1,5 \times \frac{RM}{b} = 67558,167N$$
$$Ix = k_1 \times m \times PT \times l_1^2 = 603,922m^4$$

- Panel 2:

K1= 3,80

L2 (longitud del primer al segundo piso de crucetas) = 5,755m

$$PT = \left(1,5 \times \frac{RM}{b}\right) - (D1 \times \cos\beta_1) = 25565,277N$$
$$Ix = k_1 \times m \times PT \times l_2^2 = 321,754m^4$$

- Panel 3:

K1=3,80

L3 (longitud del segundo piso de crucetas al tope de los obenques)
= 6,339m

$$PT = \left(1,5 \times \frac{RM}{b}\right) - (D1 \times \cos\beta_1 + D2 \times \cos\beta_2) = 22886,188N$$
$$Ix = k_1 \times m \times PT \times l_2^2 = 349,461m^4$$

9.5.5.2. Cálculo de la rigidez longitudinal (Iy)

Las fórmulas que se muestran en las figuras son muy parecidas a las del cálculo de la carga crítica de una viga, formulada por Euler. No hay que olvidar que la sustentación que proporcionan los cables se traduce en una gran compresión en el mástil, y que todas las fuerzas que actúan sobre el mismo, son las cargas de compresión las que provocan la mayoría de fallos y colapsos de estructuras. Es por este motivo, por lo que se usan fórmulas

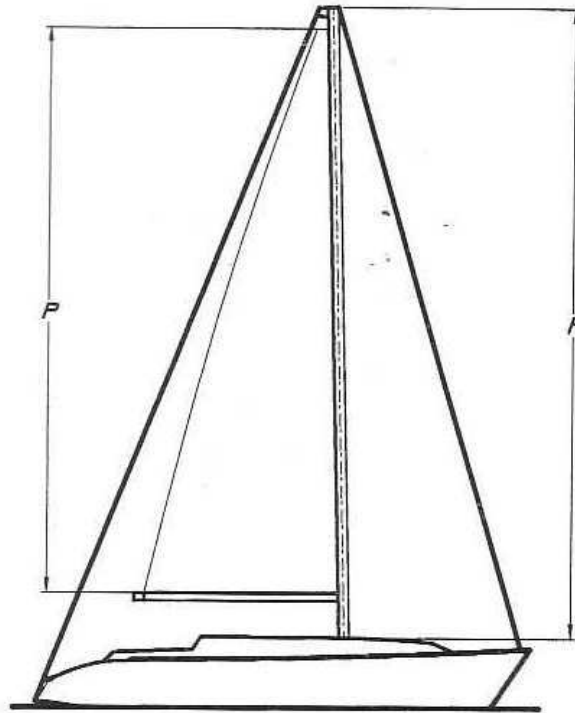
relacionadas con la carga crítica a pandeo por compresión, en vez de otras fórmulas, a la hora de dimensionar u diseñar mástiles de veleros.

$K_3 = 1$ ya que el mástil se apoya en la quilla, $K_2 = 0.9$ debido al tipo de aparejo seleccionado ($M - 2$), $m = 1$ por estar el mástil construido de aluminio, y h (longitud de la superestructura de cubierta al tope de la vela mayor)= 16,572m.

La carga PT es la misma que para el caso del cálculo de la rigidez transversal.

$$PT = 15 \times \frac{RM}{b} = 67558,167N$$

$$I_y = k_2 \times k_3 \times m \times PT \times h^2 = 1669,822m^4$$



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

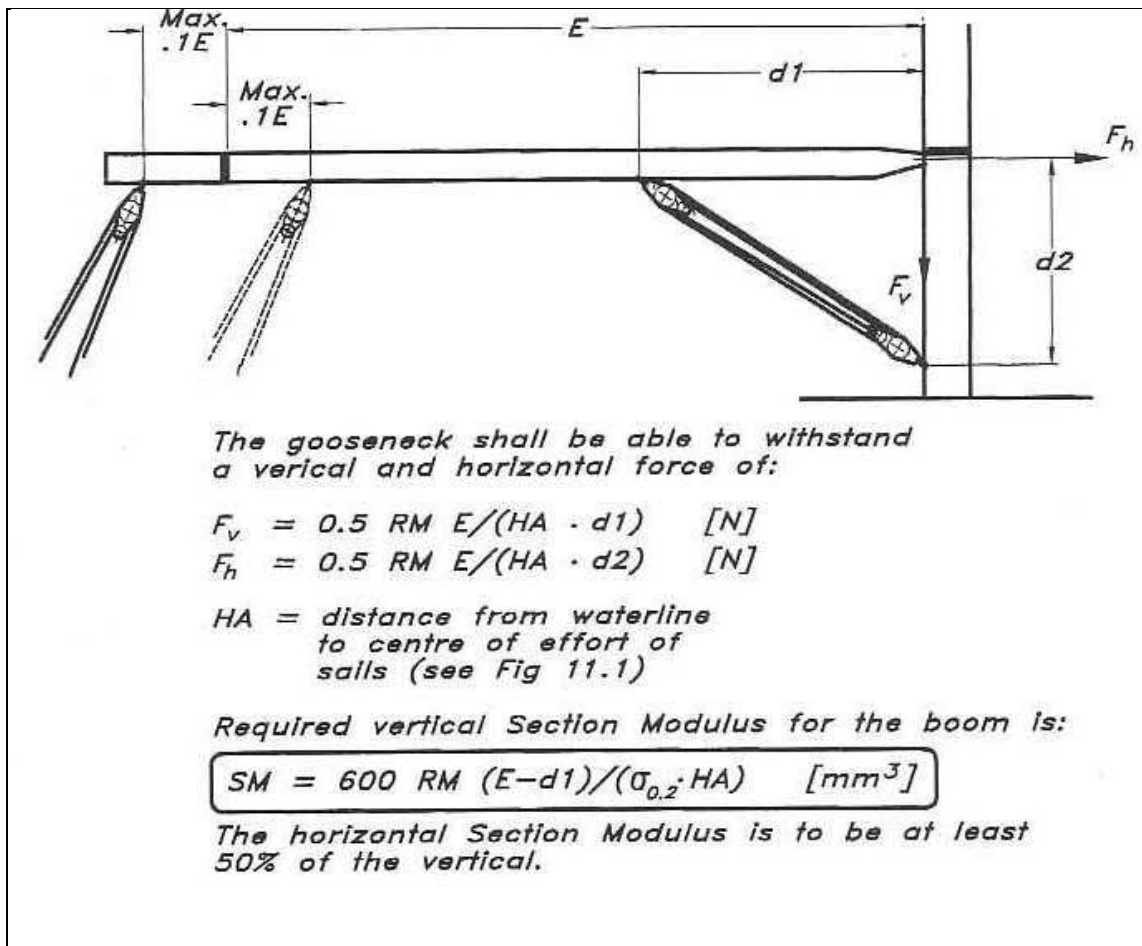
$$I_y = k_2 \cdot k_3 \cdot m \cdot PT \cdot h^2 \text{ [mm}^4\text{]}$$

- $PT = 1.5 \cdot RM/b$ [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 & c.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	-	-	-	-

9.5.6. Dimensionamiento de la botavara

La botavara está sujeta a fuerzas de flexión que provienen de la presión del viento sobre la mayor. Estas fuerzas son contrarrestadas por la escota de la mayor (cabo que permite variar la posición de la botavara para variar el ángulo de ataque de la mayor) y la contra (elemento que puede ser, una pieza mecánica o un cabo desmultiplicado con poleas, que evita que la botavara se levante por efecto de la tensión en las velas). Todo esto provoca una fuerza horizontal y otra vertical en el pinzote (mecanismo por el que se une la botavara al mástil). Las fuerzas que debe soportar el pinzote a modo simplificado aparecen en la siguiente figura.



La zona del mástil donde el pinzote se une a éste es especialmente crítica, ya que en esta zona se concentran varias fuerzas. Por un lado, el pinzote va en el primer panel, aquel en el que el mástil sufre una mayor compresión. Y por otro lado, la sección del mástil debe ser capaz de soportar tanto la compresión como las fuerzas que le transmite la botavara.

Las fuerzas de flexión que debe soportar la botavara actúan tanto horizontal como verticalmente, pero cabe destacar que las más importantes van a ser verticales. Por este motivo las secciones de las botavaras tienen diferentes momentos de inercia en las dos direcciones principales de la sección. El NBS propone el siguiente cálculo para obtener el módulo resistente vertical de la sección de la botavara.

$$SM_v = \frac{600 \times RM \times (E - d_1)}{\sigma_{0,2} \times HA} = 76,083 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Donde HA es la distancia entre la línea de agua al centro de presiones de las velas (CPV). El módulo resistente horizontal no debe ser inferior al 40 o 50% del vertical. En el lado de la seguridad se puede optar por usar el 50% como valor de referencia.

Todo lo expuesto con anterioridad en este apartado sólo es válido cuando el punto de anclaje de la escota de la mayor en la botavara se encuentra a menos de un 10% del final de la botavara.

$$HA = 8,69\text{m}$$

$$d_1 = 1,4\text{m}$$

$$d_2 = 1,1\text{m}$$

$$\sigma_{0,2} = 210\text{MPa}$$

$$F_v = \frac{0,5 \times RM \times E}{HA \times d_1} = 13314,686\text{N}$$

$$F_h = \frac{0,5 \times RM \times E}{HA \times d_2} = 16945,964\text{N}$$

$$SM_y = 76,083 \text{ mm}^3$$

$$SM_x = 0,5 \times SM_y = 38,043\text{mm}^3$$

9.5.7. Dimensionamiento de las crucetas

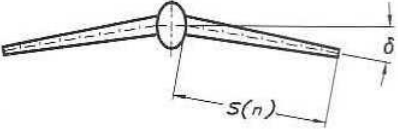
Las crucetas tienen la finalidad de disminuir la longitud "libre" del mástil. Como se ha visto en apartados anteriores, el momento de inercia que requiere el mástil para soportar una determinada carga, es proporcional a la longitud "libre" de éste. Por consiguiente, si se divide la longitud del mástil, se necesitará una sección con menor momento de inercia.

Para que las crucetas trabajen adecuadamente, debe procurarse que trabajen a compresión pura, evitando así que se desplacen hacia arriba o hacia abajo. La compresión en las crucetas vendrá dada por los ángulos que formen con los obenques. Por este motivo las crucetas hay que colocarlas con un cierto ángulo de inclinación procurando que coincidan con las bisectrices de los ángulos que forman los obenques.

Se puede comprobar en la figura que se debe diferenciar entre dos partes de la cruceta: el centro de la cruceta y la sección en contacto con el mástil. También ocurre en el caso del cálculo del dimensionamiento de las crucetas que las fórmulas para tal cálculo tienen una similitud con la fórmula propuesta por Euler para el pandeo.

Para favorecer el comportamiento del mástil longitudinalmente se suelen retrasar (ángulo horizontal, δ) las crucetas unos pocos grados (entre 10 y 15°). De esta manera las crucetas y los obenques también trabajan para soportar la estructura longitudinalmente. En el caso que nos ocupa, y comprobando con otros barcos de características similares, no es necesario retrasar tanto las crucetas, por lo que se determina que dicho retraso será de 2°.

En la siguiente figura tenemos las formulas propuestas por NBS para el cálculo del momento de inercia y el modulo de la sección que debe tener 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:

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

- Cruceta 1:

$$I = \frac{0,8 \times C1 \times S1^2}{E \times \cos\delta} = 99,88cm^4$$

$$SM = k \times S1 \times V1 \times \cos\delta = 33,864cm^3$$

$$Ms = 0,16 \times S1 \times V1 \times \cos\delta = 7111313,941Nmm$$

Siendo:

S1, la longitud de la cruceta= 1470mm

C1, la componente transversal de la fuerza en esa cruceta= 4042,24N

E, modulo elástico del material de la cruceta: Ealuminio= 70000 N/mm²

K, 0,16 entre la tensión de rotura del aluminio que es 210N/mm²

V1, el mismo V1 calculado en paginas anteriores, 30253,608N

δ, ángulo hacia atrás, 2°

- Cruceta 2:

$$I = \frac{0,8 \times C2 \times S2^2}{E \times \cos\delta} = 25,30cm^4$$

$$SM = k \times S2 \times V2 \times \cos\delta = 15,0624cm^3$$

$$Ms = 0,16 \times S2 \times V2 \times \cos\delta = 3163105,031Nmm$$

Siendo:

S2, la longitud de la cruceta= 967mm

C2, la componente transversal de la fuerza en esa cruceta= 236,618N

E, modulo elástico del material de la cruceta: Ealuminio= 70000 N/mm²

K, 0,16 entre la tensión de rotura del aluminio que es 210N/mm²

9.5.8. Elección de las secciones y cables

Los cables para los stays y obenques son un punto importante en el diseño de un aparejo que funcione correctamente. En la actualidad la elección se encuentra entre cables (1x19) o varillas de acero inoxidable. Los puntos a tener en cuenta para comparar la varilla con el cable son la carga de rotura, la fatiga, la resistencia a la corrosión y el precio.

La carga de rotura de cada obenque y stay está definida en apartados anteriores. Los cables y varillas tienen un diámetro proporcional a la carga máxima que pueden soportar. Normalmente una varilla es un 20% más fuerte que un cable del mismo diámetro.

En cuanto a la fatiga, si los puntos de anclaje de los stays y obenques están hechos de tal modo que puedan ir variando los ángulos, el cable es bastante más sensible a la fatiga ya que cada uno de los cables que componen el cable total, puede rozar con los otros. La varilla por el contrario, es más sensible a daños superficiales que pueden conllevar grietas. El cable tiene la ventaja de que los cables por los que está formado se van rompiendo poco a poco y esto puede avisar de que hace falta un cambio de cables, siempre y cuando se vaya realizando una revisión visual periódica. En la varilla, la rotura por fatiga llega sin avisar, y el comienzo de las grietas puede ser muy difícil de detectar visualmente.

La resistencia a la corrosión va a ser prácticamente la misma para los dos casos, ya que tanto cables como varillas están hechos de la misma aleación o similares.

El precio es el elemento determinante, generalmente, a la hora de equipar cable o varilla. El precio de la varilla suele ser un 50, e incluso puede llegar al 100%, más caro que el cable de la misma resistencia mecánica. Este factor es determinante, en el caso que nos ocupa, debido a la limitación presupuestaria fijada inicialmente.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se determina que se equipará a la embarcación con cables de acero inoxidable AISI-316 de 1x19 para los obenques y stays.

<i>1x19 Wire</i>		
<i>Diam (mm)</i>	<i>Br.str (N)</i>	<i>Weight (kg/m)</i>
3	7700	0.040
4	13800	0.073
5	21600	0.113
5.5	25700	0.139
6	30000	0.165
7	40900	0.225
8	53500	0.327
10	69100	0.475
11	83500	0.648
12	120200	0.820
14	160100	1.000

A continuación se detalla en la tabla las características de los cables elegidos.

En realidad el obenque se instala en la embarcación como un único cable, por lo que se toma el valor del diámetro máximo de entre D3, V2 y V1, es decir, 6,05 mm.

Basándonos en la figura, se determinan las dimensiones de las secciones del mástil, botavara y crucetas.

Typical properties for aluminium extrusions

Mast	Main Dim. (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/m	SMy (cm ³)	SMx (cm ³)
Oval Sect.	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
	189/132	956	458	3.70	5.73	89.3	69.4
	206/139	1310	613	4.10	6.44	115	88.2
	224/150	1775	830	4.50	7.32	143	111
	237/162	2360	1120	4.85	8.76	176	138
274/185	3650	1650	4.90	10.32	232	178	
Delta Sect.	121/92	205	122	3.00	3.15	28.9	26.5
	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
Furl. Sect.	190/94	580	200	3.00	4.69	55.4	42.5
	213/104	850	290	3.15	5.45	73.2	55.7
	235/116	1240	435	3.40	6.55	97.6	75.0
	232/126	1590	605	5.00	8.71	128	96
	260/136	2400	900	5.75	10.36	176	132
290/150	3520	1300	6.00	12.63	224	173	
Boom Sect.	86/59	60	23	1.80	1.67	14.0	7.8
	120/62	155	42	1.80	2.16	24.8	13.7
	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	
Spinn Pole Sect.	48/48	7.65	7.65	2.00	0.75		
	60/60	15.4	15.4	2.00	1.00		
Pole Sect.	72/72	29.9	29.9	2.20	1.38		
	84/84	48.8	48.8	2.20	1.53		
	96/96	72.3	72.3	2.20	1.76		
	99/99	123	123	3.60	2.65		
	111/111	197	197	4.10	3.38		

	Dimensiones (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Peso (kg/m)	SMy (cm ³)	SMx (cm ³)
Mástil	224/150	1775	830	7,32	143	111
Botavara	200/117	1190	325	5,36	112	55,5
Cruceta 1	129/100	292	175	3,50	38,9	35,0
Cruceta 2	121/92	205	122	3,00	28,9	26,6

10. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO

Los requisitos del escantillonado se basan principalmente en la obtención de una adecuada resistencia local.

Para el cálculo del escantillonado de la embarcación se ha utilizado la normativa UNE-EN ISO 12215-5 cuyo objetivo es conseguir una resistencia estructural global que asegure la integridad de la embarcación tanto en su estanqueidad al agua como a la intemperie, mediante el estudio de las presiones y tensiones de diseño de las planchas que conforman la embarcación así como de los refuerzos interiores.

Los refuerzos se pueden clasificar en transversales y longitudinales.

- Los refuerzos transversales son las cuadernas de costado y varengas de fondo.
- Los refuerzos longitudinales son las vagras de fondo, vagras o longitudinales de costado, bulárcamas de centro y bulárcamas de costado. Los refuerzos de la cubierta son los baos, estructura transversal, y las vagras de cubierta, estructura longitudinal.

Las planchas que componen la embarcación se pueden dividir en planchas del fondo, planchas de costado y planchas de cubierta. La zona del fondo queda delimitada desde la línea de flotación hasta la línea base, por lo que la zona del costado quedará delimitada desde la línea de flotación hasta la cubierta.

El estudio del escantillonado que se desarrolla en los apartados posteriores de este capítulo se ha realizado siguiendo el siguiente orden: elección de los materiales de construcción, análisis del método constructivo y el diseño estructural y cálculo del escantillonado. Se ha partido del diseño de los refuerzos interiores, es decir, se ha determinado la posición que ocuparan dichos refuerzos dentro del barco y con esto hecho, se pueden delimitar las planchas que compondrán la embarcación para realizar el estudio de cada una de ellas, usando los criterios de la normativa que vamos a aplicar ya citada, y poder así obtener el espesor requerido para cada zona utilizando las presiones de diseño calculadas.

Una vez obtenidas las presiones para cada plancha, se deberá seleccionar la presión máxima en cada zona y calcular el espesor necesario usando las ecuaciones y criterios de la normativa.

10.1. ELECCIÓN DEL MATERIAL

Las embarcaciones deportivas pueden construirse de muchos materiales distintos, aunque en la actualidad la mayoría de estas embarcaciones se construyen en materiales compuestos, también hay que destacar la madera, el aluminio y el acero, este en menor medida, reservado para grandes yates.

Para nuestro barco elegimos materiales compuestos, ya que abaratan y aligeran el proceso constructivo, y a la embarcación le proporciona la rigidez necesaria, de escasa corrosión y sobre todo de ligereza en el peso.

Materiales compuestos:

Los materiales compuestos están formados por dos materiales claramente diferenciados como son por un lado la matriz y por otro el refuerzo. La matriz que se utilizara será una resina termoestable, es decir que no varía sus propiedades con los cambios de temperatura. Las resinas más usadas comúnmente en la industria naval son la resina de poliéster, vinilester y epoxi. En nuestro caso utilizaremos como matriz una resina poliéster debido a su coste moderado, facilidad de uso, facilidad de aplicación y buen comportamiento en el medio marino.

Dentro de las resinas de poliéster existen tres tipos principales:

- Ortoftálica: La más barata y usada en la construcción de embarcaciones pequeñas
- Isoftálica: Más cara, utilizada en embarcaciones de mayor rendimiento. Mejores propiedades mecánicas, propiedades superiores de resistencia al desgaste, al agua y a agentes químicos.
- Bisfenol Poliéster: Precio mucho mayor. Resistencia química al agua mucho mayor.

Elegiremos para nuestro barco una resina poliéster isoftálica.

Para acelerar el proceso de endurecimiento, o curado, de las resinas en un plazo que resulte lo suficientemente corto para que su uso sea rentable, es necesario añadirle dos productos conocidos como:

- Catalizador: Cuyo objetivo es producir radicales libres que provoquen la iniciación de la reacción de polimerización.
- Activador o acelerador: Refuerza la acción del catalizador y permite polimerizar a temperaturas menos elevadas. El activador se añade a la resina previamente.

Como refuerzo usaremos fibra de vidrio, aunque existen otras que dotan de mejores propiedades al conjunto como es la fibra de carbono pero que vamos a descartar debido a su elevado coste.

La fibra de vidrio ofrece ventajas como su bajo coste, buena resistencia por unidad de peso y rigidez limitada. La fibra de vidrio es vidrio en forma de filamentos, y estos filamentos pueden estar hechos con diversos tipos de vidrios designados con la letras A, E, S y R, de los cuales los más utilizados son los de tipo E y S.

- Fibra tipo E: Compuesta principalmente por óxido de silicio, óxidos de calcio, aluminio y boro. Es más económica. Sus propiedades mecánicas son las siguientes: $\delta = 2,6 \text{ g/m}^3$, $E = 72 \text{ Gpa}$, $\sigma_{wxy} = (3,4 - 3,5) \text{ Gpa}$ y Deformación a rotura = (3,3 - 4,8) %.

- Fibra tipo S: Mejores propiedades pero más cara. Similar en composición a la fibra tipo E pero con menos impurezas y sin óxido de boro. Sus propiedades mecánicas son las siguientes: $\delta = (2,5 - 2,53) \text{ g/m}^3$, $E = (86 - 87) \text{ Gpa}$, $\sigma_{wxy} = (4,4 - 4,6) \text{ Gpa}$ y Deformación a rotura = (4,2 - 5,4) %.

La fibra de vidrio elegida para este proyecto es la fibra tipo E.

10.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

Antes de proceder a la descripción de la técnica, se debe saber que en los procesos de laminado y curado del molde se desprenden compuestos orgánicos volátiles (VOC's) y diversas sustancias tóxicas. El principal componente emitido es el estireno (monómero), el cual se ha clasificado como contaminante peligroso del aire. La Unión Europea ha endurecido de forma drástica los niveles de emisión de monómeros al medio ambiente y en atmósfera industrial, pasando de establecer unos límites de emisión de estireno en años anteriores de: 50 - 25 ppm, hasta llegar a un valor actual de emisión de estireno de 20 ppm, equivalente a 86 mg/m³.

El problema de las emisiones de estireno se ve claramente agravado por la reducción anteriormente mencionada, por lo que es necesario buscar una alternativa a los métodos de laminación de molde abierto. Es por ello por lo que surge la idea de implantar la técnica de laminación o moldeo por infusión, la cual permite construir piezas de grandes dimensiones con bajo coste, se adapta perfectamente a la construcción en serie y se produce una reducción sustancial de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al ambiente, en torno a un 45% menos de emisiones de compuestos volátiles que en la laminación con molde abierto.

La utilización de esta técnica de laminación es rentable ya que a pesar de que supone un aumento del coste en su aplicación en comparación con la técnica de molde abierto de aproximadamente un 30%, dicha técnica de moldeo por infusión consigue reducir el peso del laminado, ya que el excedente de resina absorbida por la capas de tejido y MAT es mucho menor que en el método de molde abierto, consigue unos mejores acabados y la mano de obra cualificada necesaria es mucho menor que en la técnica de molde abierto ya que dicha técnica es mucho más mecánica que en la de molde abierto en la cual la mano de obra juega un papel fundamental para su buena aplicación y acabados.

Por lo que concluimos que utilizaremos para laminar el barco la técnica de moldeo por infusión, la cual se desarrolla en varias etapas:

- Se disponen las fibras de refuerzo secas sobre el molde; si la pieza lo requiere, se puede pintar el molde con gelcoat previamente.
- Todo el conjunto es compactado mediante presión de vacío por medio de una bolsa, para extraer el aire atrapado entre capas de laminado.

- Una vez compactado el laminado seco, se permite el paso de resina catalizada a través de mangueras estratégicamente distribuidas sobre todo el molde. La distribución de la resina sobre el laminado es ayudada por medio de las estructuras textiles que actúan como una gran membrana porosa.
- Una vez lleno de resina todo el conjunto, se mantiene bajo presión hasta que se efectúe la polimerización de la resina. Dicha polimerización se realiza a la temperatura ambiente, aunque pueden reducirse los tiempos de curado mediante la aportación de calor externo.

Moldes:

Una de las razones por las cuales el método de infusión tiene amplia aceptación entre los constructores radica en que utiliza resinas que curan a temperatura ambiente. Los moldes deben cumplir con una serie de características para garantizar el éxito del proceso:

- Que el molde sea estanco; si el molde está constituido por partes, se colocarán juntas entre las diferentes partes para permitir que funcione como un conjunto estanco.
- Que disponga de suficiente espacio para el reborde del sistema de sellado. La anchura mínima recomendable es de 100 mm.
- Que sea suficientemente rígido para que no sufra deformaciones.

Si se utilizan resinas que requieren de procesos de postcurado, que los materiales que los constituyen posean resistencia térmica suficiente.

Sistemas de vacío y distribución de la resina:

El vacío necesario para el proceso puede obtenerse mediante bombas de vacío, ya sean éstas de paletas flexibles o de anillo líquido, así como mediante generadores de vacío (eyectores). Debido a que los niveles de vacío necesarios no son elevados (entre -0,5 y -0,8 bar), el uso de eyectores se presenta como la solución más adecuada.

Es importante disponer de una trampa de resina por delante del sistema generador de vacío; la resina se distribuye en exceso sobre el laminado, para

asegurarse que impregna todas las fibras, por lo que es normal que parte del exceso tienda a introducirse en el sistema de vacío.

La introducción de resina sobre e laminado se realiza mediante mangueras traslúcidas de pequeño diámetro. Dichas mangueras poseen un extremo en el interior de la bolsa de vacío, sobre el laminado. Las mangueras de alimentación deben ser de material resistente a los agentes químicos que contenga la resina, y ser capaces de resistir el nivel de vacío que se aplicará (no se pueden estrangular). Una vez utilizadas no se vuelven a recuperar.

10.3. PRESIONES DE DISEÑO

Antes de proceder al laminado del casco, se tienen que calcular las presiones de diseño de las planchas del fondo, costado, cubierta y superestructura. Para el cálculo de presiones vamos a usar las fórmulas dadas por la normativa UNE-EN-ISO 12215-5:2008.

Para poder calcular las presiones, se calculan previamente unos factores de ajuste de presión que se detallan a continuación:

- Factor de categoría de diseño, KDC , el cual para la categoría de diseño tipo B le corresponde un valor de 0.8.
- Factor de carga dinámica nCG . Éste factor es la aceleración negativa que soporta la embarcación, bien cuando choca contra una ola con la que se encuentra cuando navega a gran velocidad, o bien cuando cae desde la cresta de una ola hasta su cima. nCG se expresa en gs, donde 1g es la aceleración de la gravedad. En veleros este factor se utiliza únicamente para el cálculo de KL , y para este fin se toma un valor de $nCG = 3$.
- Factor longitudinal de distribución de presión, KL , el cual tiene en cuenta la variación de las cargas de presión debidas a la situación de la embarcación. Hemos decidido darle un valor de 1, constante para cualquier panel o refuerzo sea cual sea su situación ya que este es el valor máximo que puede alcanzar.
- Factor de reducción de presión según la superficie, KAR , que tiene en cuenta la variación de las cargas de presión según el tamaño del panel o del refuerzo.

- Factor de reducción de presión en el costado, K_Z , el cual interpola la presión del costado entre la presión (de los fondos) en la flotación y la presión de la cubierta en su borde superior.

$$K_Z = Z - h/Z$$

- Factor de reducción de presión para las superestructuras y casetas, K_{SUP} .

- Frente de proa: $K_{sup}=1$ (todas las zonas)
- Costado: $K_{sup}=0,67$ (zona de paso); $K_{sup}=0,5$ (zona de no paso)
- En la cara posterior: $K_{sup}=0,5$ (todas las zonas)
- Parte superior ≤ 800 mm por encima de cubierta: $K_{sup}=0,5$
- Parte superior > 800 mm por encima de cubierta y pisos superiores: $K_{sup}=0,35$

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

Una vez calculados todos estos factores se está en condiciones de calcular las presiones de diseño en las distintas zonas de la embarcación.

10.3.1. Presión en los fondos de los veleros.

En primer lugar hay que decir que por fondo se define toda la parte del casco del velero que se encuentre por debajo de la flotación a excepción de los apéndices.

$$P_{BS}Base = (2 \times mLDC^{0,33} + 18) \times K_{SLS} = 56,681 \text{ KN/m}^2$$

$$P_{BS}Min. = 0,35 \times mLDC^{0,33} + 1,4 \times Lwl \times K_{DC} = 18,719 \text{ KN/m}^2$$

Panel	l (mm)	b (mm)	A _D	K _R	K _{AR}	P _{BS}
F1	2000	770	1,54	1,269	0,4285	19,43
F2	2000	313,039	0,626	1,406	0,622	28,204

$$P_{BS} = P_{BS}Base \times K_{AR} \times K_{DC} \times K_L$$

$$K_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$$

$$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$$

$$K_{AR} = (K_R \times 0,1 \times mLDC^{0,15}) / A_D^{0,3}$$

Los paneles que hemos definido como F1 y F2 hacen referencia a los dos paneles extremos que hemos decidido estudiar por la variación de la medida más corta del panel, la dimensión b.

10.3.2. Presión en los costados de los veleros

Se entiende por costado del casco a aquella zona comprendida entre la cubierta y el fondo, siempre por encima de la flotación.

$$P_{SS} = [(P_{DS}Base + K_Z) + (P_{BS}Base - P_{DS}Base)] \times K_{AR} \times K_{DC} \times K_L$$

$$P_{SS}Min. = 1,4Lwl \times K_{DC} = 11,95 \text{ KN/m}^2$$

Panel	l (mm)	b (mm)	A _D	K _R	K _{AR}	P _{DS}
C1	2000	813,423	1,6268	1,256	0,4172	19,084
C2	2000	433,6334	0,867	1,369	0,549	25,114

$$K_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$$

$$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$$

$$K_{AR} = (K_R \times 0,1 \times mLDC^{0,15}) / A_D^{0,3}$$

10.3.3. Presión de la cubierta de los veleros

La presión de diseño en las cubiertas expuestas a la intemperie de los veleros P_{DS} es el mayor valor de

$$P_{DS} = P_{DS}Base \times K_{DC} \times K_{AR} \times K_L$$

$$P_{DS}Min. = 5KN/m^2$$

donde $P_{DS}Base = 0,5mLDC^{0,33} + 12 = 21,67KN/m^2$

Panel	l (mm)	b (mm)	A_D	K_R	K_{AR}	P_{DS}
Cb1	2000	770	1,54	1,269	0,4285	7,428
Cb2	2000	313,6021	0,627	1,406	0,6216	10,776

$$K_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$$

$$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$$

$$K_{AR} = (K_R \times 0,1 \times mLDC^{0,15})/A_D^{0,3}$$

10.3.4. Presión de las superestructuras de los veleros

La presión de diseño de las superestructuras y casetas expuestas a la intemperie de los veleros P_{SUPS} es proporcional a la presión sobre la cubierta, pero no se tiene que tomar inferior a $P_{DS}Min$ en las zonas por donde se pueda caminar.

$$P_{SUPS} = P_{DS}Base \times K_{AR} \times K_{DC} \times K_{SUP}$$

Panel	l	b	A_D	K_R	K_{AR}	P_{SUPS}
Sup1	1161,6826	770	0,894	1,269	0,504	4,368
Sup2	1161,6826	308,0969	0,3579	1,407	0,736	6,379
Sup3	2000	770	1,54	1,269	0,428	3,709
Sup4	2000	222,0697	0,444	1,433	0,7027	6,091
Sup5	952,9316	770	0,7337	1,269	0,487	8,442
Sup6	952,9316	156,691	0,149	1,453	0,988	11,475

$$K_R = 1,5 - 3 \times 10^{-4} \times b$$

$$A_D = (l \times b) \times 10^{-6}$$

$$K_{AR} = (K_R \times 0,1 \times mLDC^{0,15})/A_D^{0,3}$$

10.4. ESPESORES DE LOS PANELES

Una vez calculadas las presiones sobre cada panel vamos a calcular los espesores que debe tener cada uno de estos paneles.

Para poder calcular los espesores basándonos en la normativa UNE-EN-ISO 12215-5:2008 tenemos que conocer algunos parámetros que precisaremos a continuación:

- Tipo de tejido: combinación roving-mat.
- Uso de bolsas de vacío en la laminación.

$\psi=0,40$	
t/w	1,6406 kg/m ²
σ_{ut}	133 N/mm ²
σ_{uc}	132 N/mm ²
σ_{uf}	187 N/mm ²
τ_u	70 N/mm ²
E	10200 N/mm ²
G	2920 N/mm ²

10.4.1. Espesores mínimos del fondo

A continuación se muestra una tabla con los cálculos de los espesores del fondo y los parámetros usados para ello.

Paneles	l (mm)	b (mm)	c (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	t (mm)
F1	2000	770	26,258	0,034	1	2,597	0,5	7,848
F2	2000	313,039	27,81	0,08	1	6,389	0,5	3,844

A la hora de laminar el fondo, lo haremos uniformemente con los mismos espesores en todas las zonas por lo que se elige el espesor máximo de 7,848mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos un espesor de 8mm.

Con las formulas siguientes obtenemos la relación t/w para nuestra masa del contenido en fibra que hemos escogido (ψ) y con esto el peso en seco, W.

$$\frac{t}{w} = \frac{1}{3,072} \times \left(\frac{2,56}{\psi} - 1,36 \right)$$

Conociendo que la relación t/w para calcular el peso de la fibra en seco es de 1,6406, podemos concluir que el peso de la resina en seco w es de 4,876 kg/m².

Laminado del fondo	
MAT 300	0,3 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
MAT 600	0,6 kg/m ²
ROVING 800	0,8 kg/m ²
MAT 450	0,45 kg/m ²
ROVING 800	0,8 kg/m ²
MAT 300	0,3 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
MAT 300	0,3 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
PESO TOTAL	4,9 kg/m ²

El peso total de fibra seca W necesario calculado para el fondo era de 4,876 kg/m², finalmente lo laminado va a pesar como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, 4,9 kg/m².

10.4.2. Espesores mínimos del costado

A continuación se muestra una tabla con los cálculos de los espesores del costado y los parámetros usados para ello.

Paneles	l (mm)	b (mm)	c (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	t (mm)
C1	2000	813,423	8,43	0,01	1	2,45	0,5	8,217
C2	2000	433,6334	43,58	0,1	1	4,61	0,5	5,025

A la hora de laminar los costados, lo haremos uniformemente con los mismos espesores en todas las zonas por lo que se elige el espesor máximo de 8,217mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos un espesor de 8,5mm.

Conociendo que la relación t/w para calcular el peso de la fibra en seco es de 1,6406, podemos concluir que el peso de la resina en seco w es de 5,181 kg/m^2 .

Laminado del costado	
MAT 300	0,3 kg/m^2
ROVING 450	0,45 kg/m^2
MAT 600	0,6 kg/m^2
ROVING 800	0,8 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 800	0,8 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 600	0,6 kg/m^2
MAT 300	0,3 kg/m^2
ROVING 450	0,45 kg/m^2
PESO TOTAL	5,2 kg/m^2

El peso total de fibra seca W necesario calculado para el costado era de 5,181 kg/m^2 , finalmente lo laminado va a pesar como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, 5,2 kg/m^2 .

10.4.3. Espesores mínimos de la cubierta

A continuación se muestra una tabla con los cálculos de los espesores de la cubierta y los parámetros usados para ello.

Paneles	l (mm)	b (mm)	c (mm)	c/b	Kc	l/b	K2	t (mm)
Cb1	2000	770	28,7	0,037	1	2,59	0,5	4,853
Cb2	2000	313,6021	81,48	0,259	0,5	6,377	0,5	1,19

A la hora de laminar la cubierta, lo haremos uniformemente con los mismos espesores en todas las zonas por lo que se elige el espesor máximo de 4,853mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos un espesor de 5mm.

Conociendo que la relación t/w para calcular el peso de la fibra en seco es de 1,6406, podemos concluir que el peso de la resina en seco w es de 3,047 kg/m^2 .

Laminado de la cubierta	
MAT 300	0,3 kg/m^2
ROVING 500	0,5 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 600	0,6 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 500	0,5 kg/m^2
MAT 300	0,3 kg/m^2
PESO TOTAL	3,1 kg/m^2

El peso total de fibra seca W necesario calculado para la cubierta era de 3,047 kg/m^2 , finalmente lo laminado va a pesar como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, 3,1 kg/m^2 .

10.4.4. Espesor mínimo de la superestructura

A continuación se muestra una tabla con los cálculos de los espesores de la superestructura y los parámetros usados para ello.

Panel	l (mm)	b (mm)	c (mm)	c/b	Kc	l/b	$K2$	t (mm)
Sup1	1161,6826	770	38	0,049	1	1,50	0,454	3,546
Sup2	1161,6826	308,0969	10,857	0,035	1	3,77	0,5	1,8
Sup3	2000	770	0	0	1	2,597	0,5	3,43
Sup4	2000	222,0697	35,97	0,162	1	9,001	0,5	1,267
Sup5	952,9316	770	0	0	1	1,23	0,383	4,53
Sup6	952,9316	156,691	4,48	0,028	1	6,08	0,5	1,227

A la hora de laminar la superestructura, lo haremos uniformemente con los mismos espesores en todas las zonas por lo que se elige el espesor máximo de 4,53mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos un espesor de 5mm.

Conociendo que la relación t/w para calcular el peso de la fibra en seco es de 1,6406, podemos concluir que el peso de la resina en seco w es de 3,047 kg/m^2 .

Laminado de la superestructura	
MAT 300	0,3 kg/m^2
ROVING 500	0,5 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 600	0,6 kg/m^2
MAT 450	0,45 kg/m^2
ROVING 500	0,5 kg/m^2
MAT 300	0,3 kg/m^2
PESO TOTAL	3,1 kg/m^2

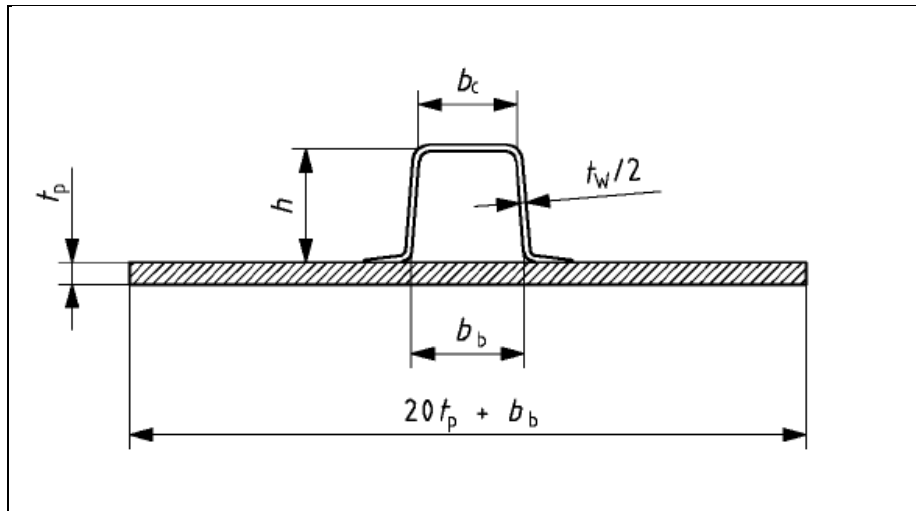
El peso total de fibra seca W necesario calculado para la superestructura era de 3,047 kg/m^2 , finalmente lo laminado va a pesar como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, 3,1 kg/m^2 .

10.5. Cálculo de los refuerzos estructurales

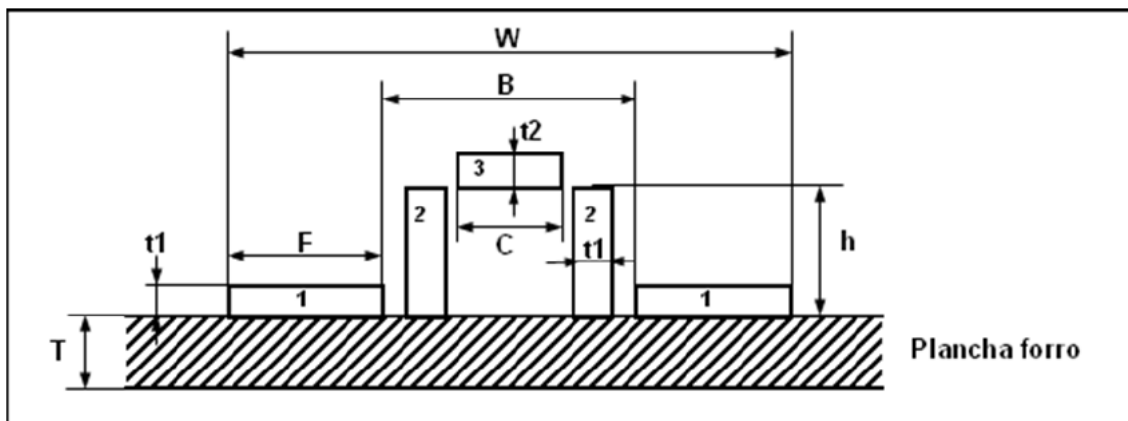
Estos refuerzos los componen las vagras, las varengas, los baos, las bulárcamas, los longitudinales de costado y los longitudinales de cubierta. La disposición de estos ha sido estudiada para que los elementos sean continuos y de esa manera ofrezcan un mayor reforzado y facilidad en la construcción.

El método de cálculo que propone la normativa es, en primer lugar se calculan uno 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.



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.



Para calcular los refuerzos, cuadernas, baos, varengas, vagras y anillos de bulárcama en primer lugar tenemos que calcular los momentos de inercia y módulos resistentes requeridos de cada uno de los refuerzos.

El contenido de fibra en masa que se va a utilizar para los refuerzos es de $\Psi = 0.30$, cuyas características se definen a continuación:

$\psi=0,30$	
t/w	2,34 kg/m ²
Σut	85 N/mm ²
Σuc	117 N/mm ²
Σuf	152 N/mm ²
τu	62 N/mm ²
E	6400 N/mm ²
G	2750 N/mm ²

10.5.1. Refuerzos longitudinales

- Fondos:

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

$$SM = \frac{83,33 \times Kcs \times P \times s \times lu^2}{\sigma_d} \times 10^{-9}$$

$$I = \frac{26 \times Kcs^{1,5} \times P \times s \times lu^3}{K_{1S} \times E_{tc}} \times 10^{-11}$$

De entre las vagras del fondo que se disponen en el barco escogemos la que requiere mayor modulo resistente para dimensionar todas las vagras del fondo con la que mayor dimensiones va a tener.

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
Vagra	2000	0	0	1	5	99,15	306,74

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones (mm)	
t	4,914
T	10
h	125
W	325
F	44,226
C	105
B	125

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

SM (real)	111,7 cm ³
I (real)	1169 cm ⁴

- Costados:

Los longitudinales de costado son refuerzos que se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior del forro del costado. Los parámetros que se requiere que se cumplan son el momento de inercia y el modulo resistente.

De entre los longitudinales del costado que se disponen en el barco escogemos la que mayor modulo resistente requiere para dimensionar todas las vagras del fondo con la que mayores dimensiones va a tener.

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
costado	2000	63,8	0,032	1	5	85,36	264,076

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones (mm)	
t	4,914
T	5
h	125
W	225
F	44,226
C	105
B	125

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

SM (real)	98,3 cm ³
I (real)	798 cm ⁴

- Cubierta:

Los refuerzos longitudinales se disponen a lo largo de la eslora por la cara interior de la cubierta.

De entre los refuerzos longitudinales de cubierta y superestructura (esloras) que se disponen en el barco escogemos la que mayor modulo resistente requiere para dimensionar todas las vagras del fondo con la que mayores dimensiones va a tener.

Refuerzo	lu	Cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
Esloras	2000	15,372	0,007	1	5	23,151	71,622

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones (mm)	
t	2,808
T	10
h	75
W	275
F	25,272
C	65
B	75

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

SM (real)	25,6 cm ³
I (real)	187 cm ⁴

10.5.2. Refuerzos transversales

Los refuerzos transversales que se van a disponer en este velero son de tres tipos: por un lado varengas, por otro las cuadernas y, por último, baos. Para cada uno de ellos se calculara cual es el que mayor modulo resistente o mayor momento de inercia requiere y así se dimensionaran los demás.

- Varengas:

Son refuerzos transversales que se disponen a lo largo de la eslora perpendicularmente a las vagras, y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran.

Refuerzo	lu	Cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
Varenga	770	55,45	0,072	0,86	5	40,97	45,25

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones (mm)	
t	4,212
T	5
h	100
W	200
F	37,908
C	85
B	100

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

SM (real)	56,2 cm ³
I (real)	391 cm ⁴

- Cuadernas:

Son refuerzos transversales que se disponen a lo largo de la eslora en los costados, perpendicularmente a los longitudinales de costado. Son continuas a las varengas y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran.

Refuerzo	lu	Cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
Cuaderna	813,423	23,172	0,028	1	5	47,34	59,56

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

Dimensiones (mm)	
t	4,212
T	10
H	100
W	300
F	37,908
C	85
B	100

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

SM (real)	63,7 cm ³
I (real)	567 cm ⁴

- 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, y tienen una longitud variable dependiendo de la zona en la que se encuentran.

Refuerzo	lu	Cu	cu/lu	Kcs	K _{AS}	SM(requerido)	I (requerido)
Bao	770	35,37	0,046	0,95	5	18,413	21,376

Se ajustan las dimensiones del refuerzo de sombrero de copa.

<u>Dimensiones (mm)</u>	
t	2,808
T	15
H	60
W	360
F	25,272
C	50
B	60

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

SM (real)	18,9 cm ³
I (real)	126 cm ⁴

10.5.3. Refuerzo de la quilla

La zona del casco de la quilla debe ir reforzada de forma que absorba el esfuerzo en esa zona debido al gran peso concentrado por la orza y las fuerzas presiones hidrodinámicas e hidrostáticas. Para ello se decide usar la normativa ofrecida por Lloyd's Register of Shipping para el escantillonado de embarcaciones de recreo.

Para ello accedemos a la tabla ofrecida por la sociedad de clasificación:

Eslora, L, m 1	Espacio básico del refuerzo, mm. 2	Pesos del casco, g/m ²		Pesos de la aleta y la popa, g/m ² 5	Quilla *	
		Fondo 3	Costado 4		Manga, mm. 6	Peso, g/m ² 7
6	380	3050	2150	4200	380	6000
8	390	3500	2500	4550	430	6400
10	400	3900	2850	4900	480	6800
12	410	4300	3200	5250	535	7200
14	420	4650	3550	5600	585	7600
16	430	5050	3850	5950	635	8000
18	440	5400	4150	6300	685	8400
20	450	5750	4450	6650	735	8800
22	460	6100	4750	7000	785	9200
24	470	6450	5050	7350	840	9600
26	480	6800	5350	7700	890	10000
28	490	7150	5650	8050	940	10400
30	500	7500	5950	8400	990	10800

Accediendo con una eslora de 11,95 metros concluimos que para la zona de quilla se desprende una manga de quilla de 532,77mm y un peso mínimo del escantillonado en esta zona de 7,17kg/m². Para este peso del escantillonado tenemos un espesor mínimo de 11,763 por lo que escogeremos un espesor de 12mm y el peso será de 7,314kg/m².

Laminado de la quilla	
MAT 300	0,3 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
MAT 600	0,6 kg/m ²
ROVING 800	0,8 kg/m ²
MAT 450	0,45 kg/m ²
ROVING 800	0,8 kg/m ²
MAT 450	0,45 kg/m ²
ROVING 800	0,8 kg/m ²
MAT 450	0,45 kg/m ²
ROVING 600	0,6 kg/m ²
MAT 450	0,45 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
MAT 300	0,3 kg/m ²
ROVING 450	0,45 kg/m ²
PESO TOTAL	7,35 kg/m ²

11. CÁLCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACIÓN

El estudio de la resistencia de la embarcación se realizará mediante las llamadas Series de Delft.

En los años 70 en la Delft University of technology (Holanda) se llevaron a cabo diferentes ensayos en canal con varios modelos a escala de embarcaciones de vela (conocidas como *Series de Delft*) estos modelos se diferenciaban por la variación sistemática de 5 parámetros del casco; Lwl/Bwl , Bwl/T , Cp , LCB y $Lwl/\nabla^{1/3}$.

Los resultados de los mencionados ensayos permitieron elaborar una fórmula estadística simple, función de los cinco parámetros adimensionales referidos y del número de Froude, Fn , que permite estimar la variación de la resistencia residual de un casco.

En realidad existen dos fórmulas o polinomios:

- El primero se aplica para $Fn < 0.45$ (rango de formas de desplazamiento).
- El segundo en el rango $0.475 < Fn < 0.75$ (rango de semiplano), requiriéndose una interpolación de ambas fórmulas para valores intermedios de Fn .

En la siguiente tabla se especifican los rangos máximos y mínimos de aplicación de los polinomios de las series de Delft.

<i>Característica</i>	Mínimo	Máximo
<i>Lwl/Bwl</i>	2.76	5.00
<i>Bwl/Tc</i>	2.46	19.32
<i>Lwl/Dc^{1/3}</i>	4.34	8.50
<i>LCB</i>	0.0	-6.0
<i>Cp</i>	0.52	0.60
<i>Fn</i>	0.00	0.75

La forma polinómica de las expresiones de las series de Delft permite estudiar de manera sencilla el comportamiento de la resistencia residual ante modificaciones de un parámetro de formas o calcular su valor óptimo para una condición de trabajo específica.

Datos del casco	
Lwl	10,67 m
Bwl	3,059 m
Tc	0,71 m
Vol	7,721 m ³
Cp	0,53
LCB	-3,5 %
Fn	0,35

Rangos	
Lwl/Bwl	3,48
Bwl/Tc	4,31
$Lwl/\nabla^{1/3}$	5,39
LCB	-3,5
Cp	0,53
Fn	0,35

Luego cumple con los rangos de aplicación de los polinomios de las series de Delft.

11.1. Resistencia al avance. Hull Speed

La resistencia al avance es uno de los apartados más complejos de calcular en un buque ya que intervienen muchos factores distintos. En la actualidad se cuentan con herramientas que nos facilitan el cálculo de dicha resistencia gracias a métodos numéricos basados en formulas empíricas (VPP) o programas de dinámica de fluidos asistidos por ordenador (CFD).

Es importante conocer la resistencia al avance de los veleros para poder optimizar nuestra carena y que avance con el mínimo consumo de energía. Además también se utiliza para conocer cuál es la potencia que necesitamos instalar en nuestro barco.

Para todo esto usaremos el programa de predicción de la velocidad o VPP que viene como complemento en el software de arquitectura naval Maxsurf conocido como Hull Speed.

Como se explico en el capítulo del diseño de la carena, la resistencia total de un barco está compuesta a su vez por otras resistencias. A continuación se van a exponer los resultados de cada una de las resistencias calculadas con el Hull Speed.

El método que empleamos son las series Delft I, II y III

- Resistencia de origen viscoso:

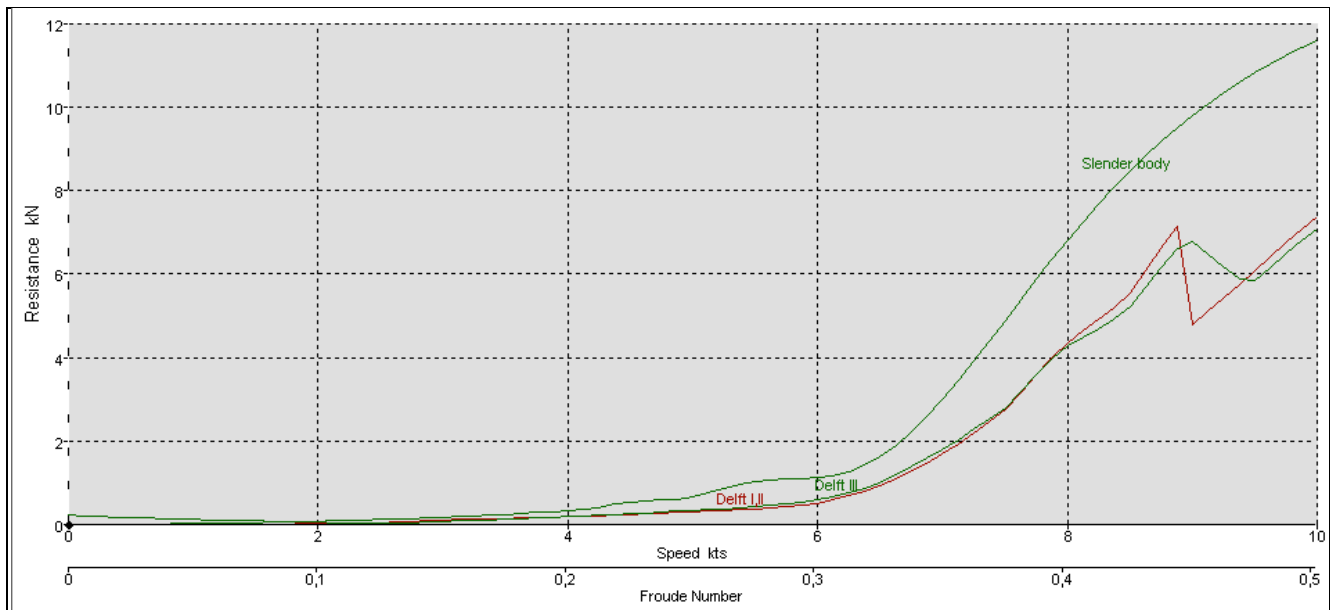
Como sabemos esta supone aproximadamente un 40% de la resistencia total del barco. A su vez se descomponía en otras tres que son: la resistencia por fricción, la resistencia por rugosidad de la carena y la resistencia viscosa.

- Resistencia por formación de olas:

Supone un 35,5% de la resistencia total del barco. Esta crece cuando va aumentando la velocidad debido a que la ola que genera va creciendo hasta tener una longitud de ola igual a la eslora lo que hace llegar al pico de resistencia por formación de olas.

- Resistencia total:

Es la formada por la suma de las dos resistencias principales, es decir la de origen viscoso y la de formación de olas. En el siguiente grafico se muestra el resultado del estudio de la resistencia para velocidades que van creciendo desde 0 a 10 nudos.



Como se observa en la grafica el pico de la resistencia se da para un número de Froude algo superior a 0,4 debido a que es a ese número donde se produce el pico de resistencia por formación de olas.

Para la velocidad de diseño fijada de 7 nudos, es decir un Froude de 0,35, la carena ofrece una resistencia de 1,68 KN.

En la siguiente página se exponen una tabla con los resultados detallados de la resistencia y potencia para el rango de velocidad estudiado de 0 a 10 nudos.

Speed (kts)	Delft I,II Resist. (kN)	Delft I,II Power (hp)	Delft III Resist. (kN)	Delft III Power (hp)	Slender body Resist. (kN)	Slender body Power (hp)
0	--	--	0,22	0	--	--
0,25	--	--	0,19	0,07	0	0
0,5	--	--	0,17	0,12	0,01	0
0,75	--	--	0,15	0,15	0,01	0,01
1	--	--	0,12	0,17	0,02	0,03
1,25	0	0,01	0,1	0,18	0,03	0,06
1,5	0,01	0,02	0,09	0,18	0,05	0,1
1,75	0,01	0,03	0,07	0,17	0,06	0,15
2	0,02	0,06	0,05	0,15	0,08	0,22
2,25	0,03	0,1	0,04	0,12	0,1	0,31
2,5	0,04	0,15	0,03	0,09	0,12	0,42
2,75	0,08	0,3	0,05	0,19	0,14	0,55
3	0,12	0,48	0,07	0,3	0,17	0,71
3,25	0,13	0,56	0,1	0,45	0,2	0,9
3,5	0,14	0,67	0,13	0,62	0,24	1,17
3,75	0,16	0,84	0,16	0,82	0,28	1,47
4	0,19	1,03	0,19	1,04	0,33	1,8
4,25	0,22	1,26	0,22	1,31	0,41	2,4
4,5	0,25	1,52	0,26	1,62	0,55	3,39
4,75	0,27	1,77	0,3	1,95	0,58	3,83
5	0,3	2,05	0,34	2,32	0,67	4,65
5,25	0,34	2,44	0,38	2,72	0,87	6,29
5,5	0,38	2,87	0,42	3,18	1,03	7,8
5,75	0,44	3,45	0,5	3,93	1,09	8,61
6	0,51	4,23	0,59	4,86	1,12	9,27
6,25	0,7	6,05	0,77	6,68	1,27	10,94
6,5	0,92	8,24	0,99	8,9	1,63	14,6
6,75	1,29	12,02	1,4	13	2,22	20,66
7	1,68	16,26	1,81	17,47	3	29,01
7,25	2,19	21,95	2,28	22,8	3,92	39,2
7,5	2,76	28,53	2,8	28,97	4,89	50,65
7,75	3,59	38,38	3,57	38,21	5,87	62,78
8	4,37	48,24	4,29	47,31	6,81	75,14
8,25	4,91	55,89	4,7	53,49	7,68	87,39
8,5	5,55	65,06	5,21	61,11	8,47	99,29
8,75	6,62	79,9	6,16	74,31	9,17	110,71
9	4,78	59,41	6,8	84,41	9,79	121,61
9,25	5,43	69,29	6,19	79,02	10,34	131,97
9,5	6,08	79,67	5,84	76,59	10,82	141,83
9,75	6,74	90,64	6,48	87,21	11,24	151,24
10	7,37	101,65	7,09	97,87	11,61	160,24

11.2. Motorización

Utilizando los resultados obtenidos en el apartado anterior de la resistencia al avance, podemos elegir un motor para la propulsión de nuestro velero.

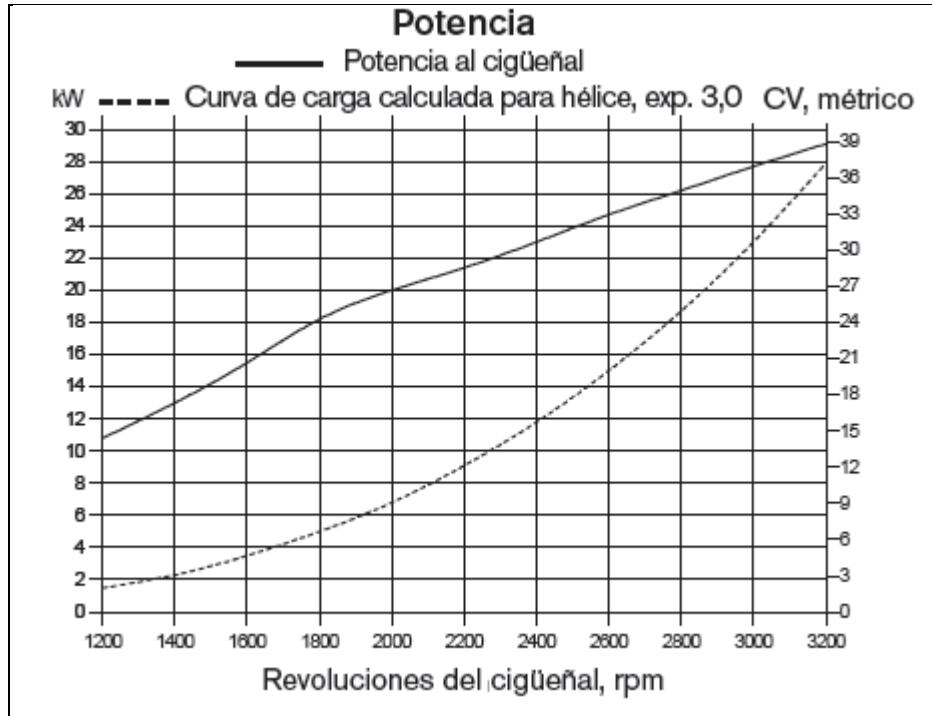
Se decide instalar el motor Volvo Penta D2-40 como el que se muestra en la imagen con las características que describimos en la siguiente tabla.



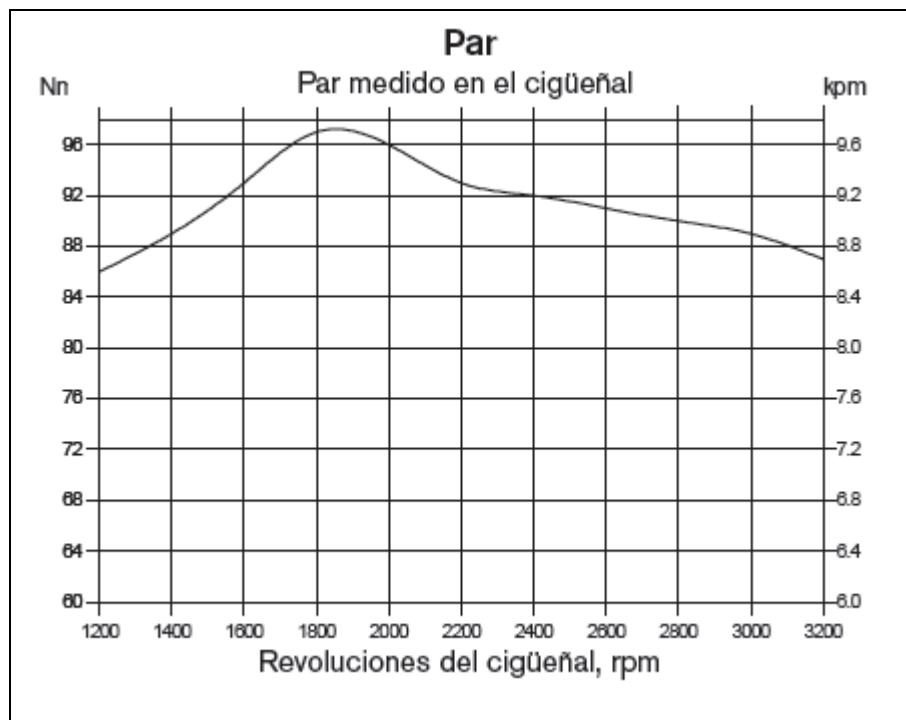
Datos técnicos	
Modelo	Volvo Penta D2-40
Potencia al cigüeñal	39,6 CV
Potencia al eje de la hélice	38 CV
Rpm	2800-3200
Cilindrada	1,51 litros
Número de cilindros	4
Diámetro de cilindros/ carrera	77/81 mm
Peso en seco con cola	189 kg

A continuación se muestran tres curvas que nos ofrecen los datos más importantes del rendimiento del motor.

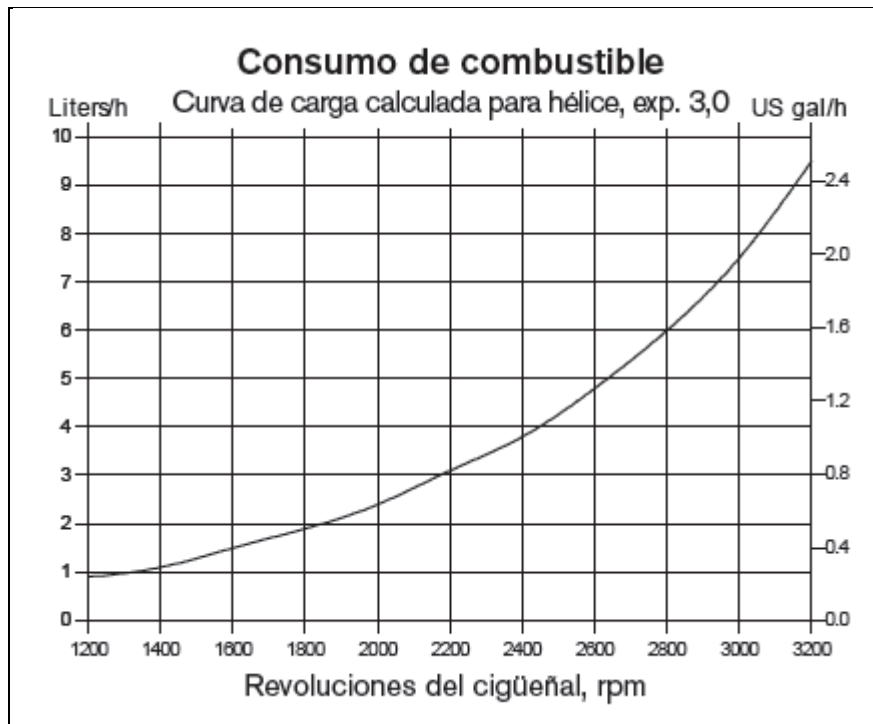
- Curva potencia/rpm:



- Curva par/rpm:



- Curva consumo de combustible/rpm:



Tanto el plano del motor como las características ofrecidas por la casa Volvo vienen al final en el Anexo II.

12. EQUIPAMIENTOS

Este apartado se desarrollará según la orden del ministerio de fomento ORDEN FOM/144/2003 del 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.

La zona de navegación, contemplada en la orden del ministerio de fomento anteriormente mencionada, que se establece para la embarcación que ocupa este proyecto será la zona 2. Siendo esta zona lo mismo que la categoría de diseño que se especifico para nuestra embarcación que 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 8 en la escala Beaufort y olas de altura significativa de hasta 4 metros.

12.1. Equipos de salvamento y seguridad

- 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.

12.2. Equipo de navegación

Las luces y marcas de navegación 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 20 kg con una tolerancia del 10%.
- Cadena de 60 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.
- Estacha de nylon con diámetro de 12mm.

Material náutico:

- 1 Compas
- 1 Corredera
- 1 Compas 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
- 1 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.

12.3. Equipos contraincendios y de achique

El equipo 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.

12.4. 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.

13. ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Una vez realizado el cálculo del escantillonado, se calcula el peso en rosca y la posición del centro de gravedad del barco. Dicho cálculo sólo es una mera aproximación porque hasta que no se realiza la puesta a flote de la embarcación y se realiza la experiencia de estabilidad, no se conocen con exactitud dichos valores.

El peso o desplazamiento de un barco (Δ) se descompone en dos: peso en rosca (Δ_R) y peso muerto (PM).

- Se define como peso en rosca, Δ_R , a la suma de todos los pesos del barco cuando éste se encuentra listo para navegar, excluyendo la carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.
- El peso muerto será por tanto todas las exclusiones anteriormente mencionadas.

La posición del centro de gravedad se descompone en tres componentes según el eje de referencia, una componente longitudinal, LCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la eslora, una componente transversal, TCG, cuyo eje se encuentra en la dirección de la manga, y otra componente vertical, VCG, cuyo eje es perpendicular a los otros dos mencionados anteriormente.

El punto "0" del eje de referencia de la embarcación, está situado en la intersección de la línea base con la perpendicular de popa. Para el cálculo de la posición del centro de gravedad se seguirá el siguiente criterio de signos:

- Desde la perpendicular de popa hacia proa se toman los valores positivos y hacia los negativos.
- Desde la línea base hacia arriba se toman los valores positivos y hacia abajo los valores negativos.
- Desde el plano de crujía hacia babor se toman los valores positivos y a estribor los negativos.

13.1. Peso en rosca (Δ_R)

Para el cálculo del peso en rosca de la embarcación se sumara cinco grupos de pesos:

- Peso del laminado:
 - Peso de la estructura del casco sin refuerzos.
 - Peso de la cubierta.
 - Peso de la superestructura.
 - Peso de los refuerzos longitudinales.
 - Peso de los refuerzos transversales.
- Peso de la habilitación.
- Peso de la maquinaria y equipamiento.
- Peso del aparejo.
- Peso del lastre.

13.2. Peso del laminado (PI)

El peso del laminado como se ha indicado se divide a su vez en cinco grupos de pesos.

- Peso de la estructura del casco sin refuerzos:

Gracias al software informático Maxsurf calculamos el peso del laminado del casco multiplicando el peso por metro cuadrado del laminado para el casco y costados, que decidimos poner para el casco $4,9\text{kg/m}^2$ y para el costado $5,2\text{kg/m}^2$ de fibra de vidrio seca, a la cual hay que sumarle la resina, por el área del casco. Además hay que sumarle el laminado extra que se genera al sobreponer unas láminas de un lado con las del otro para reforzar la quilla.

El área del casco C1 nos la ofrece Maxsurf y es de 57,878m².

El fondo tiene 24,680m², y el costado 33,198m².

El área de la zona de la quilla C2 ofrecido por Maxsurf tras cortar el casco con dos planos paralelos y verticales de extensión igual a la eslora y separados entre sí 532,77mm.

Para calcular el peso del laminado, primero hay que calcular el peso del laminado en seco, en gr/m², de mat y de tejido por separado, posteriormente se procede a aplicar las siguientes relaciones: 600 gr/m² de mat absorben 440 gr/m² de resina. Con esta relación se tendrá el peso de la resina absorbida por el mat (habrá que sumarle este peso al peso en seco). Por otra parte 300 gr/m² de tejido absorben 550 gr/m² de resina. Una vez obtenido el peso del laminado total, es decir, el mat y el tejido en seco más la resina absorbida por ambos, simplemente se multiplica dicho valor, en Kg/m², por la superficie de la zona a calcular su peso, fondo, costado, cubierta y/o quilla.

Zona	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Casco	531,892	2665,111	0	388,703

- Peso de la cubierta:

La cubierta tiene un área de 33,198m² obtenido de nuevo por Maxsurf. Como vimos en el capítulo de escantillonado a la cubierta se le decide poner un peso de fibra seca de 3,1kg/m², que con un contenido de masa de vidrio de 0,40, obtenemos que el peso total por metro cuadrado del laminado contando con la fibra será de 4,03kg/m².

Zona	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
cubierta	152,781	769,09	0	290,436

- Peso de la superestructura:

La caseta o superestructura tiene un área de 28,164m² una vez más obtenido del área dada por Maxsurf. Como vimos en el capítulo del escantillonado, a la superestructura se decide poner un peso de fibra seca de 3,1kg/m², que con un contenido de masa de vidrio de 0,40, obtenemos que el peso total por metro cuadrado del laminado contando con la fibra será de 4,03kg/m².

Zona	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
superestructura	96,51	479,944	0	183,369

- Peso del laminado de refuerzos longitudinales:

En este subapartado vamos a calcular cual es el peso de cada uno de los refuerzos longitudinales que componen, y los analizaremos por conjuntos de refuerzos, por un lado los del fondo, otro los del costado y otros los de cubierta. En la tabla siguiente únicamente vienen especificado el peso del conjunto de los refuerzos, es decir la suma de todos los longitudinales del fondo (vargas) o todos los de cubierta (esloras).

Zona	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Refuerzo longitudinal	144,414	577,022	0	178,658

- Peso del laminado de refuerzos transversales:

En los refuerzos transversales vamos a operar de igual forma, se calcularán el peso y centro de gravedad de cada cuaderna, varenga, bao de cubierta y bao de superestructura, sumándose el resultado obtenido tal y como se muestra en la siguiente tabla. Para ver los datos completos ir al Anexo III

Zona	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Refuerzo transversal	107,423	516,323	0	159,816

- Peso total de la estructura y centro de gravedad:

Peso laminado	LCG×P	TCG×P	VCG×P
1033,02	5007,49	0	1200,982

- LCG laminado: 4,847 m
- TCG laminado: 0
- VCG laminado: 1,162 m

13.3. Peso de la maquinaria y equipamientos PMaq.

El peso de las maquinas está compuesto por los principales equipos y la planta propulsora. Estos equipos son el motor, el calentador, el equipo de fondeo (ancla, cadena y molinete), las baterías de servicio y la batería de arranque.

Peso maquinaria y equipo	LCG×P	TCG×P	VCG×P
559	2585,506	0	224,275

- LCG maquinaria y equipo: 4,625 m
- TCG maquinaria y equipo: 0
- VCG maquinaria y equipo: 0,401 m

13.4. Peso del aparejo Paparejo.

El peso del aparejo está compuesto por el peso del mástil, la botavara crucetas y obenques. El peso de cada uno de estos se detalla en el capítulo del diseño del plano vélico.

Peso aparejo	LCG×P	TCG×P	VCG×P
409,91	1520,047	0	1887,433

- LCG aparejo: 3,708 m
- TCG aparejo: 0

- VCG aparejo: 1,241

13.5. Peso del lastre Plastre.

El lastre está compuesto por el peso de la orza, que es de 2629,93kg. Su centro de gravedad se indica en el plano de la orza que encontramos al final de este proyecto junto con todos los planos necesarios. A continuación se expone la tabla de momentos de la orza.

Peso orza	LCG×P	TCG×P	VCG×P
2629,93	14412,016	0	-1951,408

- LCG orza: 6,266 m
- TCG orza: 0
- VCG orza: -0,742m

13.6. Peso de la habitación Phab.

El reparto de pesos en la habitación se ha hecho conforme al resto de pesos calculados anteriormente para poder saber dónde y en qué medida podemos poner muebles o equipamiento de habitación más o menos pesado.

Para ello una vez sabido que el peso que podemos dedicar a la habitación es de 925 kg, dividimos el espacio interior en 5 zonas, por un lado los dos camarotes de popa que serán idénticos, por otro lado el baño y por otro la cocina, que deben pesar igual, por otro lado el salón, que es simétrico respecto a cruzía, y por último el camarote de proa con su baño. En la tabla que se muestra a continuación se presenta la suma de momentos y la posición del centro de gravedad de toda la habitación.

Peso habitación	LCG×P	TCG×P	VCG×P
925	4874,995	0	685,564

- LCG habitación: 5,27 m
- TCG habitación: 0
- VCG habitación: 0,741 m

El peso que vamos a dedicar a la habitación viene del sumatorio de los pesos de cada zona, y viene detallado en el anexo dedicado al centro de gravedad.

13.7. Resumen del peso en rosca

En la siguiente tabla mostramos el resumen del peso en rosca resultante de la suma de todos los pesos que lo conforman que son el peso del laminado, peso del lastre, peso del equipamiento, peso del aparejo y peso de la habilitación.

Elemento	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Laminación	1033,02	5007,04	0	1200,369
Maquinas y equipo	559	2585,375	0	224,159
Aparejo	409,91	1519,946	0	508,698
Lastre	2629,93	16479,141	0	-1951,408
Habilitación	925	4874,75	0	685,425

El reparto de los pesos hace que el peso en rosca y su posición sea la siguiente:

Peso	LCG	TCG	VCG
5556,86	5,482	0	0,120

Como conocemos del capítulo del diseño de la carena, el centro de esta en sentido longitudinal, es decir LCB, está a 5,742 metros del extremo de popa, lo que hace que el barco tenga un pequeño asiento apopante en su estado de peso en rosca. Este reparto de pesos se ha decidido así para que a la hora de cargar los tanques el asiento siguiera siendo apopante lo más adrizado posible.

Al final de este documento se encuentra el Anexo II donde se detalla el cálculo de cada uno de los pesos y el cálculo de su centro de gravedad.

14. ESTUDIO DE FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD

Se define "estabilidad" como la aptitud que debe poseer un cuerpo para recobrar la posición de equilibrio cuando ha sido apartado de ésta por una causa fortuita. Este capítulo es, posiblemente, el más importante de un proyecto de ingeniería naval.

En este capítulo trataremos tres apartados principalmente: el estudio del equilibrio en las distintas condiciones de carga, la estabilidad a grandes ángulos, y el francobordo mínimo reglamentario.

El estudio de la estabilidad se llevará a cabo mediante el programa "Hydromax" usando las formas creadas con "Maxsurf", y se aplicará la normativa UNE EN-ISO 12217-2.

Esta normativa especifica los métodos de evaluación de la estabilidad y flotabilidad de las embarcaciones en estado intacto. También se contemplan las características de la flotación de las embarcaciones susceptibles de inundación.

Esta evaluación permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C o D) adecuada a su diseño y a su carga máxima, en nuestro caso esta categoría como ya se ha mencionado anteriormente será la categoría B por lo que trabajaremos para conseguir los requisitos exigidos para esta categoría.

Esta parte de la Norma ISO 12217 es aplicable a embarcaciones propulsadas principalmente a vela (incluso si disponen de motor auxiliar) de una eslora comprendida entre 6 y 24 metros inclusive.

14.1. Condición, peso y volumen.

A continuación detallamos cuales son los pesos que componen cada uno de las condiciones que la normativa nos detalla. Estas condiciones son: embarcación en rosca, condición mínima operativa, peso mínimo operativo, carga máxima total, condición de desplazamiento en carga, peso del desplazamiento en carga y volumen de desplazamiento.

- Condición de la embarcación en rosca: se entiende por embarcación en rosca a aquellos pesos de la embarcación lista para navegar sin contar con los consumos ni con la tripulación, es decir con todos los equipamientos, tal y como se describe en el capítulo anterior del centro de gravedad.

Peso en rosca, m_{LCC} : 5556,86kg

- Condición mínima operativa: embarcación en la condición de rosca añadiendo los siguientes pesos:

- El peso que representa a la tripulación: 150 kg cuando $8m \leq L_H \leq 16m$.
- El equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(L_H - 2,5)^2 kg$.

Condición mínima operativa, m_{MOC} : 5796,162 kg

- Condición de desplazamiento en carga: es la carga máxima a la que la embarcación se diseña para llevar además de la condición de rosca, incluyendo el máximo peso recomendado por el fabricante, comprendiendo como tal todos los líquidos y el máximo número de personas habitadas.

Condición de desplazamiento en carga, m_{LDC} : 7914 kg

- Flotabilidad:

A continuación vamos a exponer una tabla en la que resumimos las condiciones de carga en las que hemos estudiado el equilibrio del velero, detallando su calado en proa, su calado medio, su calado en popa, el asiento y el desplazamiento para cada condición.

Como sabemos el barco debe estar siempre lo mas adrizado posible, es decir sin asiento apopante ni aproante, con las condiciones de carga como se ha explicado antes van cambiando el asiento del barco que debe ser apopante para que a la hora de cargar pesos a proa el barco este lo más equilibrado posible.

Condición de carga	Calado en proa	Calado medio	Calado en popa	Desplazamiento	Asiento
m_{LCC}	0,726m	0,581m	0,436m	5557kg	-0,291m
m_{MOC}	0,679m	0,592m	0,505m	5796kg	-0,175m
m_{LDC}	0,712m	0,689m	0,667m	7914kg	-0,045m

En el Anexo IV se muestran todos los detalles del cálculo del equilibrio con el software informático Hydromax.

14.2. Análisis de la estabilidad y normativa

La normativa aplicable para la estabilidad es la norma UNE-EN ISO 12217-2, para lo cual tenemos que conocer cuáles son los requisitos a aplicar que nos exige esta norma:

- Las embarcaciones propulsadas a vela de tipo monocasco deben satisfacer todos los requisitos de alguna de las siete opciones de acuerdo con las características de flotación y cubierta, y según que la embarcación se equipe o no con los nichos apropiados. Tanto estas opciones como los ensayos que se deban aplicar figuran en la siguiente tabla.

Opción	1	2	3	4	5	6	7
Categorías posibles	A y B	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D	C y D
Cubiertas o protecciones	Cubierta completa ^a	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo	Cualquier tipo
Aberturas de inundación	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	6.2.1	
Ensayo de la altura de inundación	6.2.2	6.2.2	6.2.2		6.2.2		
Ángulo de inundación	6.2.3	6.2.3					
Ángulo de estabilidad nula	6.3	6.3					
Índice de estabilidad	6.4	6.4					
Ensayo de hundimiento-recuperación			6.5	6.5			
Ensayo de resistencia al viento					6.6	6.6	
Requisitos de flotación				6.7		6.7	
Ensayo de recuperación después del vuelco							6.8
^a	Este término se define en el apartado 3.1.8.						

- Si la relación de m_{LDC}/m_{MOC} es mayor de 1,15 además de cumplir los requisitos en condición de desplazamiento en carga también habrá de hacerlo en la condición mínima operativa. En nuestro caso $m_{LDC}/m_{MOC} =$, por lo que se deberá cumplir..

- El combustible y el agua debe situarse en tanques fijos.
- Las provisiones deben situarse en sus lugares adecuados.

Como se dijo en el capítulo de especificaciones técnicas, nuestro velero debe cumplir con la normativa tal que se le asigne la categoría B, por lo que debe

cumplir lo exigido en los apartados 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.3 y 6.4. Nos acogemos a la opción número 1.

Aberturas inundables (6.2.1) y Altura de inundación (6.2.2): Según la normativa, en su anexo A, nos indica que la altura mínima del punto de inundación para la categoría de debe estar comprendido entre un valor mínimo de 0,4 metros y un valor máximo de 1,41 metros como se muestra en la tabla.

Categoría de diseño	A	B	C	D
$h_{D(R)}$ (m) no debe ser menor que	0,5	0,4	0,3	0,2
$h_{D(R)}$ (m) no debe ser mayor que	1,41	1,41	0,75	0,4

La altura de inundación requerida ($h_{D(R)}$) se calcula con la siguiente fórmula:

$$h_{D(R)}=H1 \times F1 \times F2 \times F3 \times F4 \times F5$$

Para poder calcular por tanto la altura de inundación mínima requerida debemos conocer cada uno de esos seis factores:

- $H1=L_H/15= 0,796$
- Factor de la posición de la abertura, F1 (varía entre 0,5 y 1). Cogemos la mayor de estas dos:

$$F1 = \frac{1-X_D}{L_H} = 0,5$$

$$F1 = \frac{1 - Y_D}{B_H} = 0,8$$

$$F1= 0,8$$

- Factor de tamaño de la abertura, F2 (varía entre 0,6 y 1).

$$\text{Si el área de la abertura es mayor que } (30 \times L_H)^2, F2=1$$

- Factor de tamaño del nicho, F3 (varía entre 0,7 y 1,2):

$$\text{Cuando la abertura no sea un nicho, } F3=1$$

$$\text{Si el nicho es de achique rápido, } F3=0,7.$$

$$\text{Si el nicho no es de achique rápido, } F3=0,7+k^{0,5}$$

$$\text{donde } k= V_R/(L_H B_H F_M)$$

- Factor de desplazamiento, F4 (esta entre 0,7 y 1,1)

$$F4 = \left(\frac{10 V_D}{L_H B^2}\right)^{1/3} = 1,18$$

donde V_D es el volumen del desplazamiento en la condición de desplazamiento en carga, $V_D = m_{LDC} / 1025$; B es B_H para monocascos.

- Factor de flotabilidad, F5

F5= 1, para las opciones 1 y 2.

$$h_{D(R)} = 0,75$$

Como la escotilla de acceso al interior de la cabina tiene su altura menor en la brazola a 1,17 metros de la línea base y su altura máxima a la altura de la caseta a 1,63 metros usaremos como punto de inundación la altura más pequeña, es decir 1,17 metros, en cambio para el ángulo de inundación usaremos como punto de inundación el 1,63m.

Como la norma nos exigía que el punto de inundación estuviera por encima del punto 0,75 metros y esta a 1,17 metros se cumple esta norma.

Ángulo de inundación (6.2.3.): Este ángulo lo hemos calculado de forma teórica gracias al software informático Hydromax, para el ángulo de inundación correspondiente a nuestra categoría de diseño B, tal y como mostramos en la tabla.

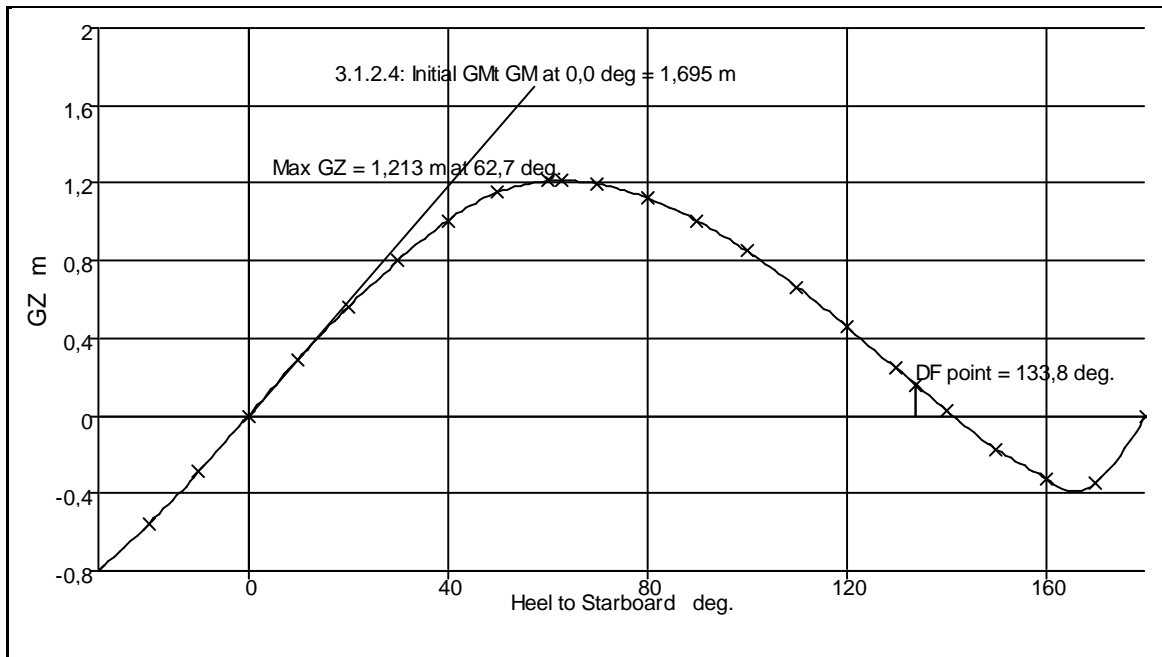
Categoría de diseño	A y B	C	D
Ángulo requerido de inundación $\phi_{D(R)}$	40°	35°	30°

La norma nos dice que para un barco de categoría B el ángulo en el que empiece entrar una cantidad de agua significativa es de $\phi_{D(R)} = 40^\circ$. Analizando esta norma posicionando el punto de inundación en 1,63 metros, la norma se cumple sobradamente, teniendo que escorar hasta 133,8°.

Ángulo de estabilidad nula y peso mínimo (6.3): Este requisito pretende asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia. Conforme a la tabla que se muestra a continuación el ángulo de estabilidad nula para la categoría de diseño B debe ser como mínimo de $\Phi_{D(R)}=95^\circ$.

Categoría de diseño	Ángulo requerido de estabilidad nula ($\phi_{V(R)}$)
A	$m > 3\,000\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,002 m)$ pero siempre $\geq 100^\circ$
B	$m > 1\,500\text{ kg}$, $\phi_{V(R)} = (130 - 0,005 m)$ pero siempre $\geq 95^\circ$
C	$\phi_{V(R)} = 90^\circ$
D	$\phi_{V(R)} = 75^\circ$

Los cálculos realizados para la condición de desplazamiento en carga nos dan que el ángulo de estabilidad nula es de 140° tal y como vemos en la curva de estabilidad.



Índice de estabilidad (6.4): este índice de estabilidad STIX se determina según la normativa con la siguiente fórmula compuesta de diferentes factores que detallaremos a continuación:

$$STIX = (7 + 2,25 \times L_{BS}) \times (FDS \times FIR \times FKR \times KDL \times FBD \times FWM \times FDF)^{0,6} + 6$$

- FDS, factor de estabilidad dinámica: este factor representa la energía intrínseca de adrizamiento a superar antes de que ocurra un incidente de estabilidad. Su valor no debe tomarse menor a 0,5 ni mayor a 1,5.

$$FDS = \left(\frac{A_{GZ}}{15,81 \times L_H^{1/2}} \right)$$

A_{GZ} , es el área positiva bajo la curva de brazos del par adrizante;
 $A_{GZ}=72\text{m}^2$

$$FDS= 1,317$$

- FIR, factor de la recuperación de la inversión: este factor representa la capacidad para recuperarse sin ayuda exterior después de una inversión. Este valor varía entre 0,4 y 1,5.

Como nuestra embarcación pesa menos de 40000kg,

$$FIR = \frac{\Phi_V}{125 - \frac{m}{1600}}$$

Ángulo de estabilidad nulo, $\Phi_V=140^\circ$

$$m= 7914\text{kg}$$

$$FIR= 1,16$$

- FKR, factor de recuperación del hundimiento: este factor representa la capacidad de una embarcación para expulsar el agua de las velas y por lo tanto recuperarse después de haberse hundido.

$$F_R = \left(GZ_{90} \times \frac{m}{2A_S h_{CE}} \right)$$

$$GZ_{90}= 1,004$$

$$m=7914\text{kg}$$

h_{CE} , altura del centro del área nominal de las velas (A_S) por encima de la línea de flotación, cuando la embarcación se adriza. $h_{CE}=9,18\text{m}$

$$FR=5,236$$

$$\text{Como } FR > 1,5, \quad FKR = 0,875 + 0,0833FR = 1,311$$

- FDL, factor de eslora-desplazamiento: este factor tiene en cuenta el efecto favorable de un mayor desplazamiento para una eslora dada incrementando la resistencia al vuelco. Este factor varía entre 0,75 y 1,25.

$$FDL = \left\{ 0,6 + \left[\frac{15mF_L}{L_{BS}^3(333 - 8L_{BS})} \right] \right\}^{0,5}$$

$$L_{BS} = (2L_{WL} + L_H)^{2/3} = 10,348$$

$$F_L = \left(\frac{L_{BS}}{11} \right)^{0,2} = 0,988$$

$$FDL = 1,011$$

- FBD, factor de desplazamiento-manga: 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 no se debe tomar menor de 0,75 ni mayor de 1,25.

$$FB = \frac{3,3B_H}{(0,03m)^{\frac{1}{3}}} = 2,052$$

Si F_B es 2,052

$$FBD = 1,118 \times \left(\frac{B_{WL}}{B_H} \right)^{0,5} = 0,99$$

- FWM, factor del momento debido al viento, 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 no debe ser menor de 0,5 ni mayor de 1,0.

$$\text{Si } \Phi_D \geq 90^\circ \quad FWM = 1$$

$$\text{Si } \Phi_D < 90^\circ \quad FWM = v_{AW}/17$$

$$FWM = 1$$

- FDF, factor de inundación. Este factor representa el riesgo de inundación en un hundimiento, FDF no se debe tomar menor de 0,5 ni mayor de 1,25.

$$FDF = \Phi_D / 90 = 1,48;$$

donde Φ_D se debe tomar como el menor de los siguientes: Φ_{DC} , Φ_{DH} y Φ_{DA1} .

$$FDF = 1,25$$

- Cálculo del índice de estabilidad, STIX.

$$STIX = (7 + 2,25 \times L_{BS}) \times (FDS \times FIR \times FKR \times KDL \times FBD \times FWM \times FDF)^{0,6} + 6$$

$$L_{BS} = 10,348$$

$$STIX = 58,541$$

Finalmente podemos concluir el cálculo del índice de estabilidad STIX, exponiendo la tabla ofrecida por la normativa donde nos indica cual es este índice mínimo para las distintas categorías de diseño.

Categoría de diseño	A	B	C	D
STIX debe ser mayor que $STIX_{(R)}$ =	32	23	14	5

La categoría para la que estamos diseñando el barco (la categoría B) nos exige un índice de estabilidad como vemos en la tabla de 23, por lo que cumplimos con la regla 6.4.

Aunque en los puntos anteriores ya se ha explicado cada una de las normas de estabilidad a cumplir y se ha comprobado su cumplimiento, exponemos a continuación una tabla resumen donde se puede comprobar fácilmente el cumplimiento de cada apartado de la norma, además de que en el Anexo IV se incluyen todos los detalles del cálculo de estabilidad.

Nombre	Norma	Exigido	Obtenido	Cumplimiento
Abertura y altura de inundación	6.2.1 y 6.2.2	0,75m	1,17m	Cumple
Ángulo de inundación	6.2.3	40°	133,8°	Cumple
Ángulo de estabilidad nula	6.3	95°	140°	Cumple
Índice de estabilidad	6.4	23	58,541	Cumple

15. PRESUPUESTO

En este apartado se procede al estudio detallado del coste de los todos los componentes del barco, tanto estructurales como materiales.

Para el desglose presupuestario, se distingue entre el coste de fabricación de la embarcación y el beneficio comercial correspondiente. El coste de fabricación a su vez se puede desglosar en el coste del modelo y molde, coste de la mano de obra, gastos fijos propios del astillero, coste de materiales, equipos e instalaciones y coste de diseño de la estructura.

El coste de fabricación disminuye cuantas más unidades se construyan, por ello se estima que el astillero construirá 10 embarcaciones en serie para poder así ajustar el PVP fijado desde el comienzo de este proyecto.

Se debe anotar también en este apartado, a modo de referencia, que el impuesto de matriculación correspondiente aplicable a esta embarcación está regulado en el artículo 65.1 b) de la ley 38/1992 del 28 de Diciembre, el cual dice que si la embarcación tiene más de 8 metros de eslora se deberá abonar el 12% del valor en concepto de matriculación.

15.1. Desglose detallado del coste de materiales.

Materiales del casco

ELEMENTOS	Kg	€/kg	PRECIO
MAT	228,98	4,5	1030,41
Tejido	301,5911	6,5	1960,342
Resina poliéster	720,8356	4,15	2991,467
Planchas de PVC (20mm)	33,198m ²	35€/m ²	1161,93
Plomo	2629,93	0,7	1840,951
Pino contrachapado (20mm)	125m ²	12,5€/m ²	1562,5
Gelcoat	170	1,75	297,5
Foam de PVC	1	3375	3375
Bolsa de vacio	1	1556,25	1556,25
Bomba de vacio	1	3568,75	3568,75
TOTAL			19345,1€

Habitación

- Camarotes de proa y popa

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Colchón + almohada	3	160	480
Mantas y sábanas	3	30	90
Armario	3	100	300
Madera carpintería interior	-	-	12000
TOTAL			12870€

- Cocina

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Encimera	1	135	135
Fregadero	1	95	95
Nevera	1	292,62	292,62
Cocina 3 fuegos + horno	1	580	580
Microondas marino	1	307,49	307,49
Kit conexión de gas	1	90	90
Manguera hasta depósito de agua	1	20	20
TOTAL			1520,11€

- Aseo

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Ducha	2	120	240
Espejo	2	60	120
Lavabo	2	85	170
WC	2	267,45	534,9
Accesorios varios	2	80	160
Mangueras y tuberías	2	45	90
TOTAL			1314,9€

- **Salón**

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Sofá	1	500	500
Sillón	1	165	165
Estantería	1	30	30
Armario	1	55	55
Mesa de cartas	1	185	185
Sillón mesa de cartas	1	50	50
Mesa salón	1	135	135
TOTAL			1120€

Cubierta

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Pedestal Jefa TS150	1	1428	1428
Rueda de timón	1	187,13	187,13
Cuadro de navegación	1	275	275
Bancos laterales	2	250	500
Winches Harken 200mm	4	390	1560
Winches Harken 120mm	2	310	620
Carro génova	2	170	340
Carro mayor	1	190	190
TOTAL			5100,13€

Velas y aparejos

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Mástil Sédnel	1	9830	9830
Botavara Sédnel	1	4780	4780
Obenques	2	280	560
Stay	1	260	260
Back-stay	1	260	260
Génova	1	2300	2300
Spinaker	1	3600	3600
Mayor	1	2900	2900
Enrollador de Génova	1	2004,11	2004,11
Toma de rizos de la mayor	1	95,6	95,6
Kit de poleas	1	1412,83	1412,83
Tensor del Backstay	1	516,48	516,48
TOTAL			19519,02€

Equipo de salvamento

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Balsa salvavidas	1	2661,59	2661,59
Bengalas	6	117,08	234,16
Extintores 2kg	2	52,91	105,82
Luces de emergencia	2	14,66	29,2
Aro de salvamento	3	41,5	124,5
Chalecos salvavidas	8	40	320
Botiquín zona 2	1	195,02	195,02
Balde contraincendios	2	25,37	50,74
TOTAL			3721,13€

Coste motor y equipos

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/UNIDAD	PRECIO
Motor volvo penta	1	11640	11640
Molinete cadena	1	220	220
Cadena	1	120	120
Ancla	1	150	150
Bomba achique	1	80	80
Batería arranque	1	434	434
Batería servicio	2	600	1200
Convertidor	1	165	165
Calentador	1	380	380
Depósito agua	2	90	180
Depósito gasolina	2	180	360
Depósito vertido	1	90	90
Piloto automático	1	495	495
Radar 1072HD 4 Kw	1	3605,407	3605,407
Cuadro eléctrico	1	104,28	104,28
VHF Ray218E	1	475,6	475,6
Receptor AIS250	1	780	780
Transceptor AIS500	1	1635,6	1635,6
TOTAL			22114,88€

Modelo y molde

ELEMENTO	m ²	€/m ²	PRECIO
Modelo del casco	57,878	1450	83923,31
Modelo de la cubierta	33,198	1450	48137,1
TOTAL (para las 10 embarcaciones)			132060,41€
TOTAL/UNIDAD			13206,041€

15.2. Coste del proyecto y gastos del astillero

Diseño de la embarcación

TOTAL (para las 10 embarcaciones)	24000€
TOTAL/UNIDAD	2400€

Gastos fijos astillero

ELEMENTOS	CANTIDAD	€/MES
Alquiler de nave	1	2400
Amortización de maquinaria	1	1400
Luz y agua	1	300
Teléfono	1	80
Impuestos	1	1000
Administrativo	1	1500
TOTAL (para las 10 embarcaciones)		6680€
TOTAL/UNIDAD		668€

Mano de obra

El coste de hora/hombre será de 24,00€.

ELEMENTOS	HORAS	€/MES
Limpieza y aplicación desmoldeante en molde	50	1200
Desmoldeo	50	1200
Limpieza y pintura	700	16800
Montaje de motor, herrajes y accesorios	400	9600
Carpintería	500	12000
Montaje eléctrico	40	960
Montaje de equipos e instalaciones	600	14400
Acabados	100	2400
TOTAL	2440	58560€

15.3. Resumen del presupuesto y cálculo del beneficio

Coste de fabricación/unidad	161.459,311€
Beneficio del astillero/unidad	28.540,689€
PVP embarcación	190.000,00€

Como se ha mencionado en este capítulo, el propietario deberá abonar el 12% en concepto de impuesto de matriculación, y el 16% de I.V.A., por lo que el precio total que deberá desembolsar dicho propietario, se resume en la siguiente tabla.

PVP embarcación	190.000,00€
12% de Impuesto de matriculación	22.800,00€
16% de I.V.A	30.400,00€
Precio total de la embarcación	243.200,00€

Si se compara el precio de venta al público de esta embarcación con otras de características similares, como las analizadas en el estudio estadístico (Anexo I), esta embarcación supone un incremento de precio con respecto a la media de las embarcaciones analizadas en dicho estudio. Este aumento del PVP se traduce en la utilización de materiales con mejores prestaciones, el método constructivo empleado, técnica de moldeo por infusión, es más caro que la técnica de moldeo por contacto (molde abierto) pero consigue mejores acabados, y también cabe destacar que se está comparando esta embarcación, que se construiría en un astillero que fabricara 10 embarcaciones al año, con otros astilleros, tales como Bavaria ó Beneteau, cuya trayectoria y volumen de fabricación anual es mayor, lo cual, se traduce directamente en una reducción del coste por unidad fabricada.

16. BIBLIOGRAFÍA

Los documentos, libros, revistas y páginas web que se han utilizado para diseñar y proyectar esta embarcación son:

- Apuntes de la asignatura "Embarcaciones Deportivas", D. Antonio de Querol Sahagún. EUITN (Curso académico 2010-11).
- Apuntes de la asignatura "Materiales Compuestos", D. Gaspar Penagos (2010-2011).
- Libro: "Principles of Yacht Design", Larss Larsson y Rolf e Eliasson. Adlard Coles Nautical, 2000.
- UNE-EN-ISO 12215-5:2008
- UNE-EN-ISO 12217-2:2002
- Apuntes de la asignatura "Cálculo de Estructuras", D. Antonio Barrios. EUITN (Curso académico 2010-11).
- <http://es.beneteau.com>
- <http://salonayachts1.mmksystems.com/en/home.html>
- <http://www.albatrossyachts.eu/>
- <http://www.jeanneau.es/>
- http://www.bavaria-mallorca.com/home-1__sp.html
- <http://www.x-yachts.es/>
- <http://www.dufour-yachts.com/p-yacht-shipyard-22.html>
- www.volvopenta.com/volvopenta/spain/es-es
- http://www.antag.es/go/search/idx/3071200/mot/Rueda_de_timon/t/1/go.htm
- <http://www.bueni.es/search.php?pricemin=0&pricemax=0&order=0&city=&brandid=0&c=&r=&k=horno&cat1=114>

ANEXO I: Estudio estadístico

ASTILLERO	MODELO	ESLORA TOTAL m	ESLORA CASCO m	ESLORA EN FLOTACIÓN m	MANGA m	CALADO EN ROSCA m	DESPLAZAMIENTO EN ROSCA kg	VELA MAYOR	GENOVA	S MAYOR m2	S PROA m2	SUPF VELICA m2	E I	E J	E D	E III	LASTRE kg	CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE L	CAPACIDAD DE AGUA L	POTENCIA DE MOTOR INSTALADO
beneteau	oceanis 41	12,43	11,98		4,2		8940											200	330 40CV	
beneteau	oceanis 37	11,43	11,13		3,92	1,9	6515		34,8	33	67,3							130	345 29CV	
beneteau	first 40c	12,58	12,24		3,89	2,45	7900	46	52		98							130	200 40CV	
beneteau	first 35	10,85	10,66		3,64	1,8	5500		41,47	31	72,47							75	200 29CV	
AD BOATS	salona 37	11,29		9,95	3,6	2	6700	42,8	42,5			85,7 14,65/15,15	3,95	13,80/14,30		5,4	2.300	150	200 21,3 kW (29,1 HP)	
AD BOATS	new salona 35	11,5		10,15	3,62	1,98	6300			42,5	83,4	15,05	3,8	14,4	5,5	2270	100	180 21,3 kW (29,1 HP)		
AD BOATS	new salona 41	12,5		11,45	3,84	2	7200			53,5	57,6	15,3	4,8	15,6	5,73	2400	220	220 29 kW (40 HP)		
AD BOATS	salona 42	12,3		11,45	3,82	2	7350			43,8	53,2	15,75	4,5	14,75	5,75	2400	227	210 29 kW (40 HP)		
Albarross yachts	Albarross 40	12	12	11,205	4	2	9700			45,1	32,9	16,52	4,33	15,85	4,94		215	400 55/75 hp		
Albarross yachts	Albarross 35	10,65	10,65	9,91	3,7	1,92	7050			35,6	25,9	14,33	3,98	13,92	4,39	2330	170	330 29/40 hp		
leanneu	sun odyssey 36i	10,94	10,69	9,84	3,59	1,47	5700			30,7	33	63,7					130	355		
leanneu	sun odyssey 409	12,34	11,98	11	3,99	2,1	7450			42	35	78					200	530		
bavaria	cruser 36	11,3	10,9	9,9	3,67	1,9	7000					69	14,1	3,73	13,3	5,1	2080	150	360 18CV	
bavaria	cruser 40	12,35	11,99	10,75	3,96	2,05	8680					82	15	4,55	14,4	4,55	2736	210	360 30CV	
bavaria	cruser 40S	12,35	11,99	10,75	3,96	2,3	8140										2736	210	210 22 kW / 30 CV	
bavaria	vision 40	12,7	11,99		3,99	1,75	8950					95,3					3040	210	210	
k-yachts	kc 38	11,59		10,38	3,81	1,98	8500			44,1	36,2						3650	200	375 30kW/40hp	
k-yachts	kc 42	12,81		11,47	4,1	2,1	11400			53	57,3						4985		40kW/55hp	
k-yachts	kp 38	11,58		10,36	3,7	2,1	6410			45,2	39,5						2760	150	260 21,6kW/29hp	
dufour	dufour 34E	10,6	10,28	9,13	3,48	1,9	5400			31	32	65	12,78	3,74	11,33	4,5		90	285 20cv / 30cv	
dufour	dufour 40E	12,35	11,99	10,76	3,89	2,1	7950					83						200	360 40cv/55cv	
dufour	dufour 37SGL	11,13	10,9	9,89	3,85	1,9	7060			31	35	67	13,35	3,85	12,35	4,45		200	380 30cv	
dufour	dufour 40SGL	12,17	11,9	10,63	3,98	2,03	8000			35,6	45,3	81,3	14,55	4,51	13,5	4,5		200	380 40 hp (40kW)	

ANEXO II

Pesos y C.D.G:

- Peso laminado

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Fondo	24,68	6,84	4,886	0	0,349	168,81	1165,798	0	284,069
Costado	33,198	7,22	5,134	0	1,251	239,69	870,631	0	62,188
Quilla	12,127	10,175	5,095	0	0,344	123,392	628,682	0	42,446
Sumatorio						531,892	2665,111	0	388,703

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Cubierta	37,911	4,03	5,034	0	1,901	152,781	769,09	0	290,436
Superestructura	23,948	4,03	4,973	0	1,9	96,51	479,944	0	183,369
Sumatorio						249,291	1249,034	0	473,805

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
l.fondo 1E	9,971	0,005	4,839	-0,385	0,589	19,472	94,225	-7,496	11,469
l.fondo 1B	9,971	0,005	4,839	0,385	0,589	19,472	94,225	7,496	11,469
l.fondo 2E	7,164	0,005	3,499	-1,155	0,294	13,99	48,951	-16,158	4,113
l.fondo 2B	7,164	0,005	3,499	1,155	0,294	13,99	48,951	16,158	4,113
Sumatorio						66,924	286,352	0	31,164

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
costado 1E	10,936	0,003	3,54	-1,728	1,33	7,257	25,689	-12,54	9,652
costado 1B	10,936	0,003	3,54	1,728	1,33	7,257	25,689	12,54	9,652
Sumatorio						14,514	51,378	0	19,304

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Cubierta 1E	10,487	0,003	4,16	-0,385	2,086	17,308	72,001	-6,663	36,104
Cubierta 1B	10,487	0,003	4,16	0,385	2,086	17,308	72,001	6,663	36,104
Cubierta 2E	8,58	0,003	3,36	-1,155	1,974	14,18	47,645	-16,378	27,991
Cubierta 2B	8,58	0,003	3,36	1,155	1,974	14,18	47,645	16,378	27,991
Sumatorio						62,976	239,292	0	128,19

Velero de crucero de 11,95 m de eslora total y 190.000 € de P.V.P

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCGxP	TCGxP	VCGxP
Cuaderna 1E	1,735	0,004	1,731	-1,187	1,088	3,128	5,415	-3,713	3,403
Cuaderna 1B	1,735	0,004	1,731	1,187	1,088	3,128	5,415	3,713	3,403
Cuaderna 2E	1,917	0,004	3,842	-1,315	0,671	3,456	13,278	-4,545	2,319
Cuaderna 2B	1,917	0,004	3,842	1,315	0,671	3,456	13,278	4,545	2,319
Cuaderna 3E	1,821	0,004	5,829	-1,541	0,671	3,283	19,136	-5,059	2,203
Cuaderna 3B	1,821	0,004	5,829	1,541	0,671	3,283	19,136	5,059	2,203
Cuaderna 4E	1,22	0,004	7,85	-1,231	1,237	2,199	17,262	-2,707	2,72
Cuaderna 4B	1,22	0,004	7,85	1,231	1,237	2,199	17,262	2,707	2,72
Cuaderna 5E	0,837	0,004	9,945	-0,711	1,292	1,509	15,007	-1,073	1,949
Cuaderna 5B	0,837	0,004	9,945	0,711	1,292	1,509	15,007	1,073	1,949
Sumatorio						27,15	140,196	0	25,188

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCGxP	TCGxP	VCGxP
Varenga 1	1,961	0,002	1,731	0	0,49	1,157	2,003	0	0,567
Varenga 2	2,965	0,002	3,842	0	0,321	1,749	6,719	0	0,561
Varenga 3	2,904	0,002	5,829	0	0,248	1,713	4,974	0	0,425
Varenga 4	2,195	0,002	7,85	0	0,387	1,295	2,842	0	0,501
Varenga 5	1,05	0,002	9,945	0	0,562	0,619	0,649	0	0,348
Sumatorio						6,533	17,187	0	2,402

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCGxP	TCGxP	VCGxP
Bao cub. 1E	1,735	0,006	1,731	-0,845	1,378	5,702	9,87	-4,818	7,857
Bao cub. 1B	1,735	0,006	1,731	0,845	1,378	5,702	9,87	4,818	7,857
Bao cub. 2E	1,917	0,006	3,842	-0,865	1,707	6,301	6,558	-5,45	10,756
Bao cub. 2B	1,917	0,006	3,842	0,865	1,707	6,301	6,558	5,45	10,756
Bao cub. 3E	1,821	0,006	5,829	-0,79	1,845	4,322	25,193	-3,414	7,974
Bao cub. 3B	1,821	0,006	5,829	0,79	1,845	4,322	25,193	3,414	7,974
Bao cub. 4E	1,443	0,006	7,85	-0,724	1,83	4,743	37,232	-3,434	8,679
Bao cub. 4B	1,443	0,006	7,85	0,724	1,83	4,743	37,232	3,434	8,679
Bao cub. 5E	0,837	0,006	9,945	-0,366	1,675	2,751	27,358	-1,007	4,608
Bao cub. 5B	0,837	0,006	9,945	0,366	1,675	2,751	27,358	1,007	4,608
Sumatorio						47,638	212,422	0	79,748

Velero de crucero de 11,95 m de eslora total y 190.000 € de P.V.P

Zona	L (m)	A (m2)	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Bao sup. 2E	1,504	0,006	3,842	-0,683	1,953	4,943	18,991	-3,376	9,654
Bao sup. 2B	1,504	0,006	3,842	0,683	1,953	4,943	18,991	3,376	9,654
Bao sup. 3E	1,412	0,006	5,829	-0,726	2,087	4,641	27,052	-3,369	9,686
Bao sup. 3B	1,412	0,006	5,829	0,726	2,087	4,641	27,052	3,369	9,686
Bao sup. 4E	1,055	0,006	7,85	-0,477	1,99	3,467	27,216	-1,654	6,899
Bao sup. 4B	1,055	0,006	7,85	0,477	1,99	3,467	27,216	1,654	6,899
Sumatorio						26,102	146,518	0	52,478

Pesto total estructura	1033,02
LCG×P total estructura	5007,49
TCG×P total	0
VCG×P total	1200,982

C.D.G. laminado	
LCG	4,847
TCG	0
VCG	1,162

Peso maquinaria:

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCP×P	TCG×P	VCG×P
Motor	3,434	0	0,325	189	649,026	0	61,425
Calentador	2,53	0	0,311	40	101,2	0	12,44
Equipo de fondeo	11,348	0	0,831	110	1248,28	0	91,41
Bateria servicio	2,18	0	0,311	160	348,8	0	49,76
Bateria arranque	3,97	0	0,154	60	238,2	0	9,24
Peso maquinaria				559	2585,506	0	224,275

Peso total maquinaria	559
LCG×P total	2585,506
TCG×P total	0
VCG×P total	224,275

C.D.G. maquinaria	
LCG	4,625
TCG	0
VCG	0,401

Peso habilitación

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCGxP	TCGxP	VCGxP
Camarote popa E	2,038	-0,812	0,584	145	295,51	-117,74	84,68
Camarote popa B	2,038	0,812	0,584	145	295,51	117,74	84,68
Cocina	4,426	1,132	0,972	110	486,86	124,52	106,92
Baño	3,92	-1,132	0,721	70	274,4	-124,52	50,47
Salon E	6,679	-0,883	0,817	112,5	834,875	-99,337	91,912
Salon B	6,679	0,883	0,817	112,5	667,9	99,337	91,912
Camarote proa	9,087	-0,238	0,766	160	1453,92	-38,15	122,56
Baño camarote proa	8,086	0,545	0,749	70	566,02	38,15	52,43
Peso habilitación				925	4874,995	0	685,564

Peso total habilitación	925
LCGxP total	4874,995
TCGxP total	0
VCGxP total	685,564

C.D.G. habilitación	
LCG	5,27
TCG	0
VCG	0,741

- Peso aparejo:

Zona	Peso	LCG	TCG	VCG	LCG×P	TCG×P	VCG×P
Mástil	122,36	7,334	0	9,5	897,388	0	1162,42
Botavara	27,55	4,553	0	3,371	125,435	0	92,871
Winche 1 (40AEST)	17	2,688	-0,638	2,167	45,696	-10,846	36,839
Winche 2 (40AEST)	17	2,688	0,638	2,167	45,696	10,846	36,839
Winche 3 (48AEST)	24	0,769	-1,416	1,061	19,225	-33,984	25,464
Winche 4 (48AEST)	24	0,769	1,416	1,061	19,225	33,984	25,464
Winche 5 (54AEST)	29	1,749	-1,537	1,352	50,721	-44,573	39,208
Winche 6 (54AEST)	29	1,749	1,537	1,352	50,721	44,573	39,208
Jarcia, crucetas y anclajes	20	7,334	0	12	146,68	0	240
Rueda y pedestal	80	0,019	0	1,775	1,52	0	142
Escotillas	20	5,887	0	2,356	117,74	0	47,12
Peso aparejo	409,91				1520,047	0	1887,433

Peso total aparejo	409,91
LCG×P total	1520,047
TCG×P total	0
VCG×P total	1887,433

C.D.G. Aparejo	
LCG	3,708
TCG	0
VCG	1,241

ANEXO III

Equilibrio y estabilidad:

- Condición de peso en rosca
- Condición mínima operativa
- Condición de desplazamiento en carga

- Cálculo de equilibrio, condición peso en rosca

Loadcase - peso en rosca

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	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		1,033	1,033	4,847	0,000	1,162	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria y equipos	1		0,559	0,559	4,625	0,000	0,401	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,410	0,410	3,708	0,000	1,241	0,000	0,000	User Specified
Lastre	1		2,630	2,630	6,266	0,000	-0,742	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,925	0,925	5,270	0,000	0,741	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	0%	0,000	0,362	0,000	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	0%	0,000	0,225	0,000	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				5,557	5,483	0,000	0,120		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,120			

Draft Amidsh. m	0,581
Displacement tonne	5,557
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,726
Draft at AP m	0,436
Draft at LCF m	0,579
Trim (+ve by stern) m	-0,291
WL Length m	9,925
WL Beam m	2,786
Wetted Area m ²	20,318
Waterpl. Area m ²	18,295
Prismatic Coeff.	0,533
Block Coeff.	0,337
Midship Area Coeff.	0,650
Waterpl. Area Coeff.	0,662
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,475
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,269
KB m	0,395
KG fluid m	0,120
BMt m	1,510
BML m	16,738
GMt corrected m	1,785
GML corrected m	17,012
KMt m	1,905

KML m	17,132
Immersion (TPc) tonne/cm	0,188
MTc tonne.m	0,089
RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,173
Max deck inclination deg	1,6
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,6

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,783 m)		0,433
Deck Edge (freeboard pos = -0,783 m)		0,509
DF point	Downflooding point	1,797

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,420	m	1,797	Pass	+26,53

- Cálculo de estabilidad, condición de peso en rosca

Loadcase - peso en rosca

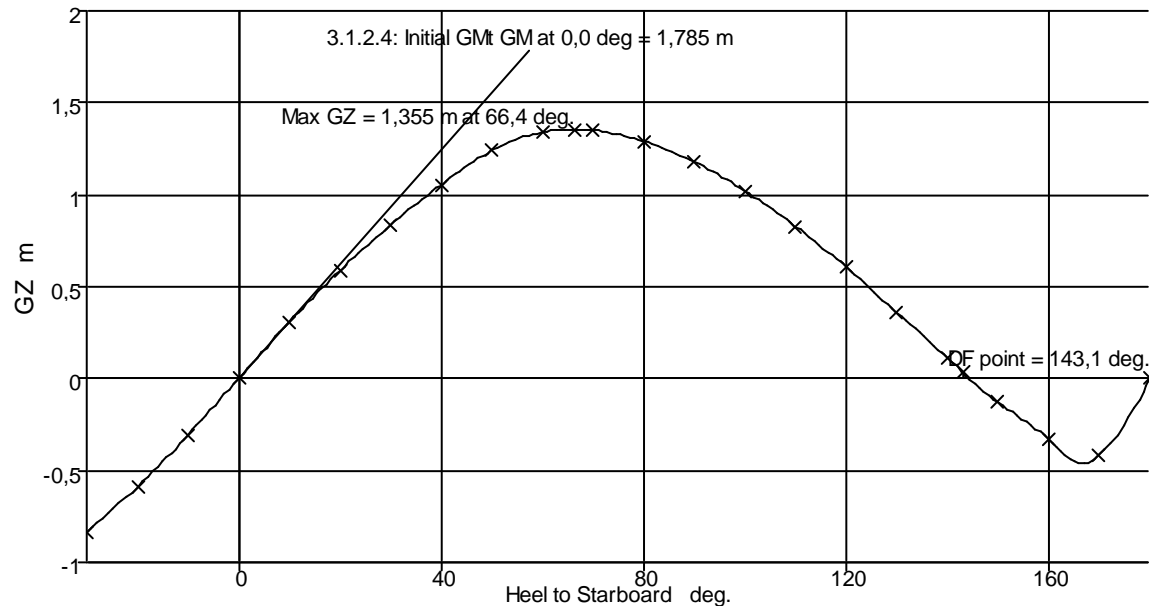
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		1,033	1,033	4,847	0,000	1,162	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria y equipos	1		0,559	0,559	4,625	0,000	0,401	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,410	0,410	3,708	0,000	1,241	0,000	0,000	User Specified
Lastre	1		2,630	2,630	6,266	0,000	-0,742	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,925	0,925	5,270	0,000	0,741	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	0%	0,000	0,362	0,000	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	0%	0,000	0,225	0,000	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				5,557	5,483	0,000	0,120		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,120			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,556	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557	5,557
Draft at FP m	0,714	0,724	0,726	0,726	0,726	0,724	0,714	0,689	0,638	0,534	0,282	-0,546	N/A	-2,984	-2,160	-1,905	-1,790	-1,732	-1,703	-1,695	-1,708	-1,724	-1,724
Draft at AP m	0,069	0,279	0,397	0,435	0,397	0,279	0,069	-0,267	-0,809	-1,688	-3,361	-8,196	N/A	-10,553	-5,714	-4,041	-3,163	-2,606	-2,212	-1,920	-1,714	-1,656	-1,656
WL Length m	9,695	9,647	9,791	9,925	9,791	9,648	9,694	9,675	9,511	9,333	9,258	9,493	10,189	10,980	11,575	11,691	11,707	11,714	11,717	11,719	11,709	11,630	11,630
Immersed Depth m	0,578	0,550	0,557	0,582	0,557	0,550	0,578	0,601	0,610	0,619	0,642	0,712	0,842	0,939	0,998	1,017	0,994	0,928	0,820	0,665	0,464	0,422	0,422
WL Beam m	2,586	2,638	2,734	2,786	2,734	2,638	2,586	2,625	2,418	2,073	1,845	1,691	1,587	1,518	1,475	1,461	1,477	1,534	1,660	1,921	2,632	3,803	3,803
Wetted Area m^2	19,741	19,944	20,176	20,318	20,175	19,943	19,740	19,729	19,896	19,847	19,853	19,877	19,994	20,229	20,558	20,944	21,410	22,109	23,232	25,286	30,046	38,372	38,372
Waterpl. Area m^2	17,588	17,805	18,112	18,295	18,112	17,803	17,588	17,699	17,190	15,613	14,292	13,296	12,639	12,297	12,219	12,331	12,720	13,550	15,060	17,832	23,804	32,861	32,861
Prismatic Coeff.	0,545	0,550	0,541	0,533	0,541	0,550	0,545	0,540	0,548	0,569	0,590	0,595	0,574	0,554	0,548	0,568	0,596	0,629	0,669	0,719	0,757	0,732	0,732
Block Coeff.	0,374	0,387	0,364	0,337	0,364	0,387	0,374	0,355	0,387	0,453	0,494	0,474	0,398	0,346	0,318	0,312	0,316	0,325	0,340	0,362	0,379	0,290	0,290
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,481	5,476	5,475	5,475	5,475	5,477	5,480	5,491	5,510	5,539	5,573	5,607	5,637	5,657	5,661	5,652	5,630	5,597	5,559	5,518	5,484	5,473	5,473
VCB from DWL m	-0,198	-0,195	-0,191	-0,190	-0,191	-0,195	-0,198	-0,200	-0,202	-0,215	-0,234	-0,255	-0,274	-0,289	-0,297	-0,297	-0,288	-0,270	-0,241	-0,202	-0,149	-0,096	-0,096
GZ m	-0,835	-0,588	-0,306	0,000	0,306	0,588	0,835	1,055	1,242	1,339	1,350	1,292	1,180	1,022	0,828	0,604	0,361	0,111	-0,130	-0,333	-0,421	0,000	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,368	5,312	5,285	5,269	5,285	5,312	5,367	5,450	5,588	5,707	5,784	5,850	5,904	5,942	5,941	5,867	5,769	5,637	5,477	5,272	4,936	4,352	4,352
TCF to zero pt. m	-0,888	-0,619	-0,319	0,000	0,319	0,619	0,888	1,131	1,282	1,333	1,334	1,286	1,199	1,079	0,926	0,739	0,531	0,314	0,106	-0,063	-0,104	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,1	20,1	10,1	1,6	10,1	20,1	30,1	40,2	50,2	60,2	70,1	80,1	90,0	99,9	109,9	119,8	129,8	139,9	149,9	160,0	170,0	179,6	179,6
Trim angle (+ve by stern) deg	-3,5	-2,4	-1,8	-1,6	-1,8	-2,4	-3,5	-5,1	-7,7	-11,8	-18,8	-35,6	N/A	-35,3	-18,4	-11,3	-7,3	-4,7	-2,7	-1,2	0,0	0,4	0,4

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 4,814 m)		41,2
Deck Edge (immersion pos = 4,814 m)		43,3
DF point	Downflooding point	143,1

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	143,1	Pass	+257,73
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	130,0	deg	144,4	Pass	+11,1
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	11,950	m			
	BH, Hydromax calculated	3,850	m			
	LWL, Hydromax calculated	9,925	m			
	BWL, Hydromax calculated	2,786	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	0,348	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	48,1	Pass	+50,41
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	5,557		
	height of waterline in current loading condition		m	0,581		
	phiD, actual downflooding angle		deg	143,1		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	144,4		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 143,1 deg.		m.deg	121,2655		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,180		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	0,033		
	FR		See ISO 12217-2	5,294		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	10,600		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	0,993		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	2,308		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(2,219)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,188)	See ISO 12217-2	1,188		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,316)	See ISO 12217-2	1,316		
	FDL, displacement-length factor	(0,938)	See ISO 12217-2	0,938		
	FBD, beam-displacement factor	(0,885)	See ISO 12217-2	0,885		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,590)	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	66,4	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	13,1840	Pass	+318,41

- Cálculo de equilibrio, condición mínima operativa

Loadcase - condición mínima 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	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		5,557	5,557	5,483	0,000	0,120	0,000	0,000	User Specified
Minima operativa	1		0,239	0,239	0,760	0,000	0,408	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	0%	0,000	0,362	0,000	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	0%	0,000	0,225	0,000	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				5,796	5,288	0,000	0,132		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,132			

Draft Amidsh. m	0,592
Displacement tonne	5,796
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,679
Draft at AP m	0,505
Draft at LCF m	0,588
Trim (+ve by stern) m	-0,175
WL Length m	9,986
WL Beam m	2,827
Wetted Area m ²	20,871
Waterpl. Area m ²	18,859
Prismatic Coeff.	0,535
Block Coeff.	0,339
Midship Area Coeff.	0,652
Waterpl. Area Coeff.	0,668
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,284
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,109
KB m	0,398
KG fluid m	0,132
BMt m	1,542
BML m	16,954
GMt corrected m	1,809
GML corrected m	17,220
KMt m	1,941
KML m	17,352
Immersion (TPc) tonne/cm	0,193
MTc tonne.m	0,093

RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,183
Max deck inclination deg	0,9
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,9

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,783 m)		0,356
Deck Edge (freeboard pos = -0,783 m)		0,432
DF point	Downflooding point	1,755

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,420	m	1,755	Pass	+23,59

- Cálculo de estabilidad, condición mínima operativa

Loadcase - condición mínima operativa

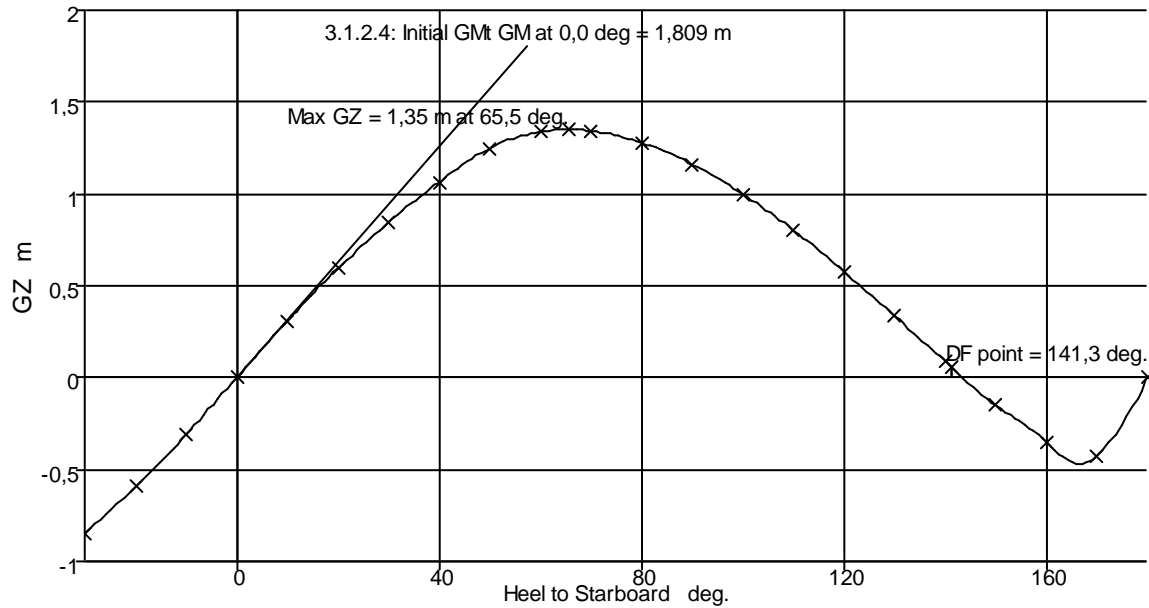
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		5,557	5,557	5,483	0,000	0,120	0,000	0,000	User Specified
Minima operativa	1		0,239	0,239	0,760	0,000	0,408	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	0%	0,000	0,101	0,000	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	0%	0,000	0,362	0,000	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	0%	0,000	0,225	0,000	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				5,796	5,288	0,000	0,132		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,132			



Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,797	5,796	5,796	5,796	5,796	5,796	5,797	5,796	5,796	5,796
Draft at FP m	0,657	0,673	0,678	0,679	0,678	0,673	0,657	0,624	0,560	0,429	0,122	-0,864	N/A	-3,280	-2,296	-1,993	-1,853	-1,779	-1,739	-1,722	-1,728	-1,738	-1,738
Draft at AP m	0,155	0,355	0,468	0,505	0,468	0,355	0,155	-0,168	-0,684	-1,512	-3,083	-7,623	N/A	-9,984	-5,442	-3,866	-3,037	-2,511	-2,141	-1,867	-1,679	-1,635	-1,635
WL Length m	9,677	9,670	9,845	9,986	9,845	9,670	9,676	9,626	9,477	9,345	9,344	9,634	10,350	11,136	11,698	11,724	11,731	11,735	11,737	11,737	11,737	11,724	11,643
Immersed Depth m	0,590	0,559	0,564	0,591	0,564	0,559	0,590	0,615	0,626	0,639	0,665	0,736	0,867	0,963	1,020	1,038	1,013	0,945	0,834	0,676	0,464	0,407	0,407
WL Beam m	2,623	2,678	2,778	2,827	2,778	2,678	2,623	2,664	2,421	2,075	1,847	1,694	1,592	1,524	1,486	1,474	1,493	1,555	1,684	1,947	2,627	3,799	3,799
Wetted Area m ²	20,231	20,440	20,715	20,870	20,715	20,441	20,231	20,184	20,337	20,269	20,279	20,386	20,480	20,733	21,081	21,462	21,948	22,661	23,813	25,928	30,866	38,598	38,598
Waterpl. Area m ²	18,066	18,297	18,658	18,859	18,658	18,298	18,066	18,130	17,395	15,714	14,371	13,461	12,775	12,458	12,421	12,576	13,018	13,893	15,462	18,333	24,545	32,886	32,886
Prismatic Coeff.	0,550	0,553	0,543	0,535	0,543	0,553	0,550	0,545	0,553	0,574	0,591	0,592	0,570	0,551	0,547	0,571	0,600	0,634	0,674	0,727	0,789	0,769	0,769
Block Coeff.	0,378	0,390	0,367	0,339	0,367	0,390	0,378	0,359	0,393	0,457	0,493	0,470	0,396	0,346	0,319	0,315	0,319	0,328	0,343	0,366	0,395	0,314	0,314
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,286	5,284	5,283	5,284	5,283	5,283	5,286	5,295	5,314	5,340	5,369	5,400	5,426	5,443	5,448	5,437	5,415	5,384	5,348	5,310	5,281	5,272	5,272
VCB from DWL m	-0,201	-0,198	-0,194	-0,192	-0,194	-0,198	-0,201	-0,204	-0,208	-0,222	-0,243	-0,264	-0,283	-0,297	-0,305	-0,304	-0,295	-0,275	-0,245	-0,204	-0,150	-0,096	-0,096
GZ m	-0,845	-0,595	-0,310	0,000	0,310	0,595	0,845	1,066	1,250	1,339	1,343	1,279	1,161	0,999	0,802	0,577	0,335	0,086	-0,151	-0,348	-0,425	0,000	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	5,196	5,151	5,124	5,109	5,124	5,150	5,196	5,275	5,409	5,508	5,576	5,652	5,683	5,714	5,725	5,693	5,609	5,492	5,346	5,156	4,835	4,341	4,341
TCF to zero pt. m	-0,899	-0,625	-0,322	0,000	0,322	0,626	0,899	1,144	1,283	1,336	1,333	1,286	1,194	1,070	0,916	0,732	0,527	0,313	0,110	-0,051	-0,077	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,1	20,1	10,1	0,9	10,1	20,1	30,1	40,1	50,1	60,1	70,1	80,1	90,0	99,9	109,9	119,9	129,9	139,9	149,9	160,0	170,0	179,5	179,5
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,7	-1,7	-1,1	-0,9	-1,1	-1,7	-2,7	-4,2	-6,6	-10,3	-16,7	-32,3	N/A	-32,1	-16,4	-9,9	-6,3	-3,9	-2,2	-0,8	0,3	0,5	0,5

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 4,44 m)		40,2
Deck Edge (immersion pos = 4,44 m)		42,3
DF point	Downflooding point	141,3

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	141,3	Pass	+253,23
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	130,0	deg	143,5	Pass	+10,38
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	11,950	m			
	BH, Hydromax calculated	3,850	m			
	LWL, Hydromax calculated	9,986	m			

	BWL, Hydromax calculated	2,827	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	0,354	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	49,2	Pass	+53,71
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	5,796		
	height of waterline in current loading condition		m	0,592		
	phiD, actual downflooding angle		deg	141,3		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	143,5		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 141,3 deg.		m.deg	119,9893		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,161		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	0,054		
	FR		See ISO 12217-2	5,442		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	10,641		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	0,993		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	2,276		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(2,195)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,182)	See ISO 12217-2	1,182		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,328)	See ISO 12217-2	1,328		
	FDL, displacement-length factor	(0,943)	See ISO 12217-2	0,943		
	FBD, beam-displacement factor	(0,910)	See ISO 12217-2	0,910		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,570)	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	13,3441	Pass	+323,49

- Cálculo de equilibrio, condición desplazamiento en carga

Loadcase - Desplazamiento en carga

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	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		5,557	5,557	5,483	0,000	0,120	0,000	0,000	User Specified
Pasajeros	1		0,800	0,800	4,371	0,000	0,855	0,000	0,000	User Specified
Margen y otros	1		0,768	0,768	0,711	0,000	0,415	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	100%	0,427	0,101	0,101	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	100%	0,427	0,101	0,101	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	100%	0,485	0,362	0,362	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	100%	0,406	0,225	0,225	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				7,914	5,027	0,000	0,256		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,256			

Draft Amidsh. m	0,689
Displacement tonne	7,914
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,712
Draft at AP m	0,667
Draft at LCF m	0,687
Trim (+ve by stern) m	-0,045
WL Length m	10,689
WL Beam m	3,026
Wetted Area m ²	24,398
Waterpl. Area m ²	21,632
Prismatic Coeff.	0,531
Block Coeff.	0,347
Midship Area Coeff.	0,668
Waterpl. Area Coeff.	0,669
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,026
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,835
KB m	0,461
KG fluid m	0,256
BMt m	1,490
BML m	16,246
GMt corrected m	1,695
GML corrected m	16,451
KMt m	1,951
KML m	16,707
Immersion (TPc) tonne/cm	0,222

MTc tonne.m	0,122
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,234
Max deck inclination deg	0,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,783 m)		0,184
Deck Edge (freeboard pos = -0,783 m)		0,26
DF point	Downflooding point	1,623

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,420	m	1,623	Pass	+14,29

- Cálculo de estabilidad, condición de desplazamiento en carga

Loadcase - Desplazamiento en carga

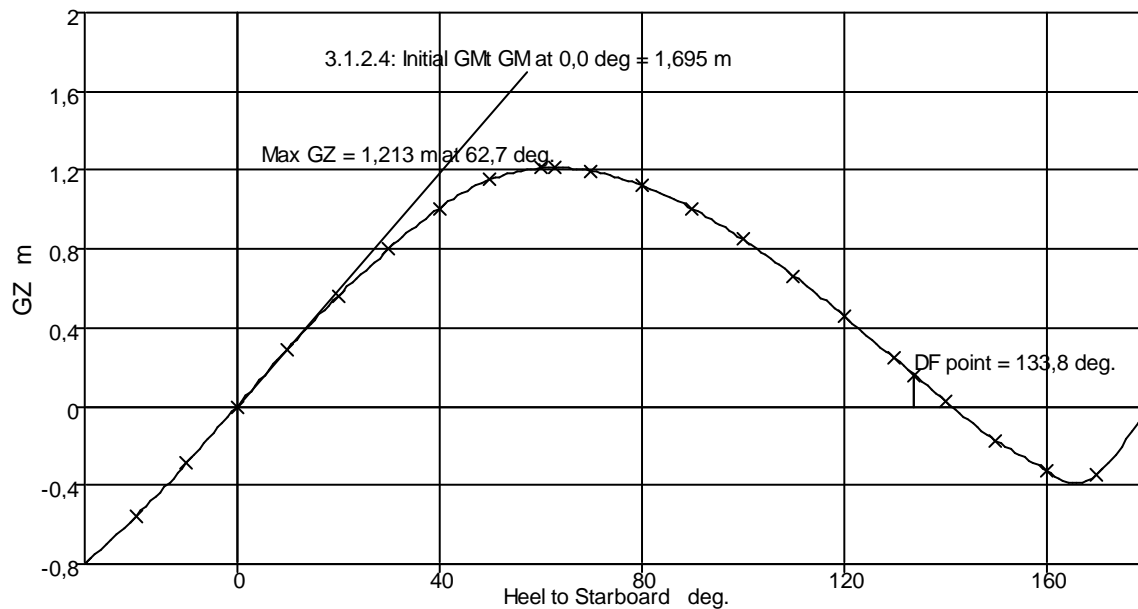
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		5,557	5,557	5,483	0,000	0,120	0,000	0,000	User Specified
Pasajeros	1		0,800	0,800	4,371	0,000	0,855	0,000	0,000	User Specified
Margen y otros	1		0,768	0,768	0,711	0,000	0,415	0,000	0,000	User Specified
Gasolina B	100%	0,427	0,101	0,101	5,990	-1,060	0,546		0,000	Maximum
Gasolina E	100%	0,427	0,101	0,101	5,990	1,060	0,546		0,000	Maximum
Agua potable	100%	0,485	0,362	0,362	8,629	0,000	0,525		0,000	Maximum
Aguas grises	100%	0,406	0,225	0,225	4,155	0,000	0,240		0,000	Maximum
Total Loadcase				7,914	5,027	0,000	0,256		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							0,256			



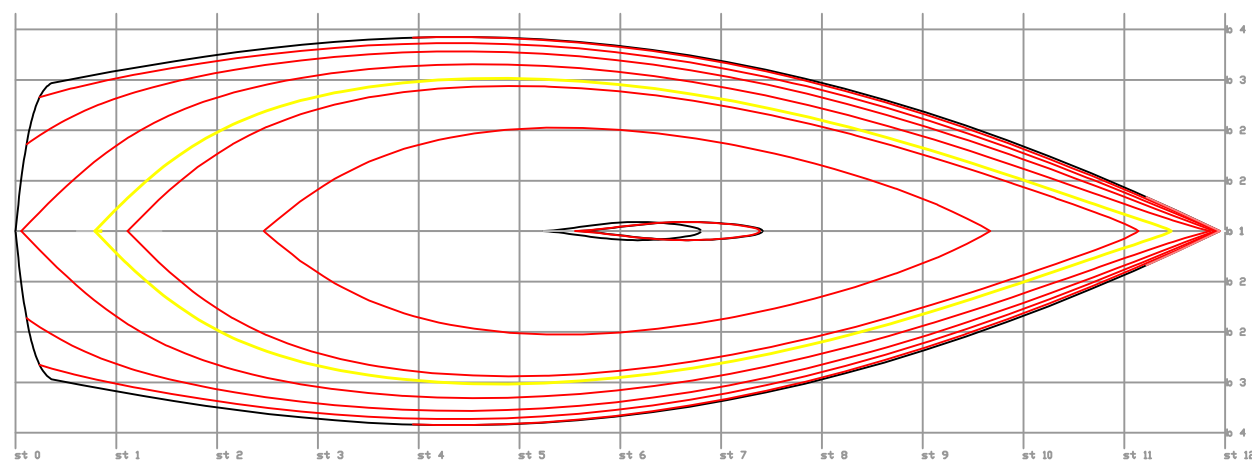
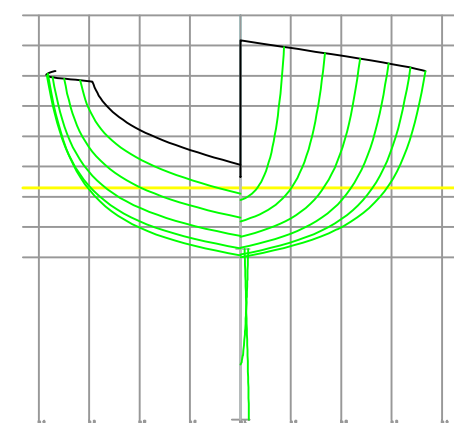
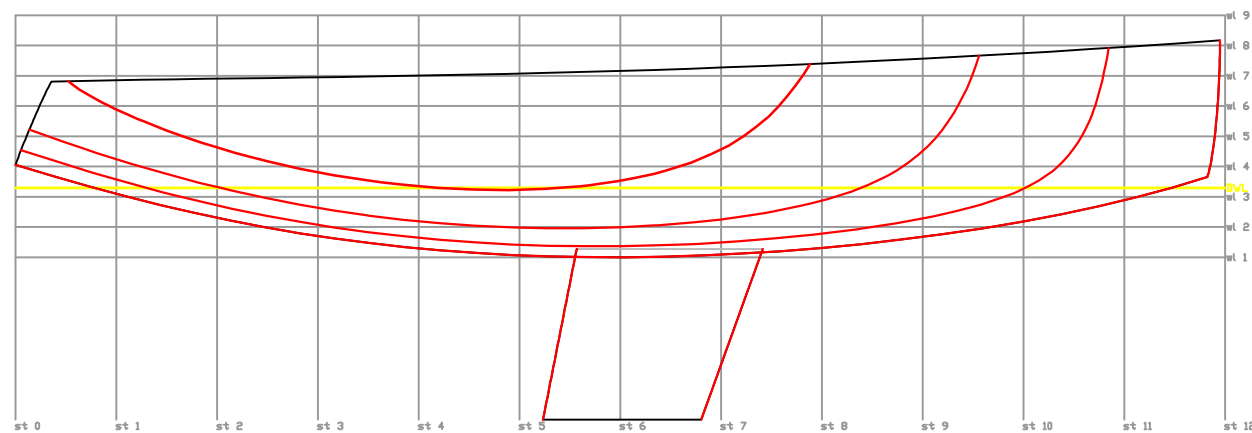
Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement tonne	7,914	7,914	7,914	7,913	7,913	7,914	7,913	7,914	7,914	7,914	7,914	7,914	7,913	7,914	7,914	7,914	7,913	7,914	7,914	7,914	7,914	7,914
Draft at FP m	0,688	0,705	0,711	0,712	0,711	0,705	0,688	0,650	0,580	0,452	0,166	-0,754	N/A	-3,111	-2,196	-1,913	-1,784	-1,715	-1,679	-1,666	-1,673	-1,679
Draft at AP m	0,360	0,537	0,635	0,666	0,635	0,537	0,360	0,074	-0,357	-1,035	-2,322	-6,035	N/A	-8,334	-4,617	-3,326	-2,647	-2,217	-1,920	-1,708	-1,580	-1,569
WL Length m	10,398	10,385	10,573	10,689	10,573	10,385	10,398	10,343	10,266	10,258	10,388	10,614	10,986	11,438	11,791	11,790	11,787	11,785	11,784	11,780	11,758	11,672
Immersed Depth m	0,694	0,661	0,661	0,688	0,661	0,661	0,694	0,721	0,742	0,770	0,810	0,893	1,029	1,127	1,184	1,197	1,165	1,087	0,959	0,780	0,538	0,463
WL Beam m	2,841	2,894	2,983	3,026	2,983	2,894	2,841	2,769	2,397	2,111	1,888	1,744	1,654	1,604	1,587	1,599	1,647	1,740	1,909	2,230	3,037	3,774
Wetted Area m^2	23,795	24,057	24,278	24,398	24,278	24,058	23,794	23,874	24,152	24,274	24,333	24,443	24,640	24,864	25,188	25,557	26,066	26,834	28,095	30,438	35,835	39,910
Waterpl. Area m^2	20,864	21,144	21,459	21,631	21,459	21,145	20,863	20,747	19,098	17,355	15,895	14,888	14,302	14,013	14,054	14,319	14,916	16,006	17,876	21,209	28,141	32,727
Prismatic Coeff.	0,546	0,549	0,538	0,531	0,538	0,549	0,546	0,543	0,556	0,571	0,580	0,585	0,583	0,578	0,581	0,604	0,631	0,662	0,699	0,746	0,802	0,800
Block Coeff.	0,377	0,388	0,370	0,347	0,370	0,388	0,377	0,374	0,423	0,463	0,486	0,467	0,413	0,373	0,349	0,342	0,341	0,346	0,358	0,377	0,402	0,378
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	5,027	5,025	5,025	5,026	5,026	5,024	5,027	5,034	5,048	5,066	5,089	5,110	5,128	5,139	5,140	5,130	5,111	5,085	5,058	5,033	5,014	5,011
VCB from DWL m	-0,238	-0,234	-0,229	-0,227	-0,229	-0,234	-0,238	-0,240	-0,251	-0,274	-0,299	-0,322	-0,342	-0,355	-0,361	-0,358	-0,345	-0,322	-0,287	-0,239	-0,176	-0,124
GZ m	-0,797	-0,560	-0,291	0,000	0,291	0,560	0,797	1,007	1,152	1,210	1,195	1,123	1,004	0,848	0,664	0,459	0,243	0,026	-0,173	-0,326	-0,344	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,930	4,872	4,848	4,836	4,849	4,871	4,930	5,001	5,155	5,268	5,325	5,377	5,445	5,486	5,511	5,476	5,393	5,280	5,139	4,949	4,606	4,325
TCF to zero pt. m	-0,913	-0,627	-0,319	0,000	0,319	0,627	0,913	1,154	1,234	1,275	1,282	1,241	1,164	1,052	0,914	0,746	0,561	0,371	0,196	0,069	0,094	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,2	10,0	20,0	30,0	40,1	50,1	60,1	70,1	80,0	90,0	100,0	109,9	119,9	129,9	140,0	150,0	160,0	170,0	179,4
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,8	-0,9	-0,4	-0,2	-0,4	-0,9	-1,8	-3,1	-5,0	-7,9	-13,1	-26,3	N/A	-26,1	-12,8	-7,5	-4,6	-2,7	-1,3	-0,2	0,5	0,6

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 4,07 m)		35,4
Deck Edge (immersion pos = 4,07 m)		37,5
DF point	Downflooding point	133,8

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass	
	shall be greater than (>)	40,0	deg	133,8	Pass	+234,61
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass	
	shall be greater than (>)	130,0	deg	141,3	Pass	+8,65
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	11,950	m			
	BH, Hydromax calculated	3,850	m			
	LWL, Hydromax calculated	10,689	m			

	BWL, Hydromax calculated	3,026	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	0,412	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	55,7	Pass	+73,96
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	7,913		
	height of waterline in current loading condition		m	0,689		
	phiD, actual downflooding angle		deg	133,8		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	141,3		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 133,8 deg.		m.deg	105,5253		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,004		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	0,159		
	FR		See ISO 12217-2	6,498		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	11,109		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	1,002		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	2,052		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a		
	FDS, dynamic stability factor	(1,931)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,177)	See ISO 12217-2	1,177		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,416)	See ISO 12217-2	1,416		
	FDL, displacement-length factor	(0,977)	See ISO 12217-2	0,977		
	FBD, beam-displacement factor	(0,991)	See ISO 12217-2	0,991		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,487)	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	12,5551	Pass	+298,45

PLANOS

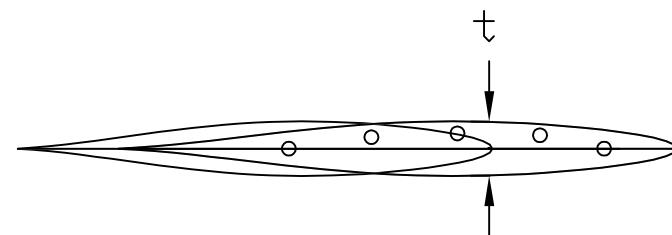
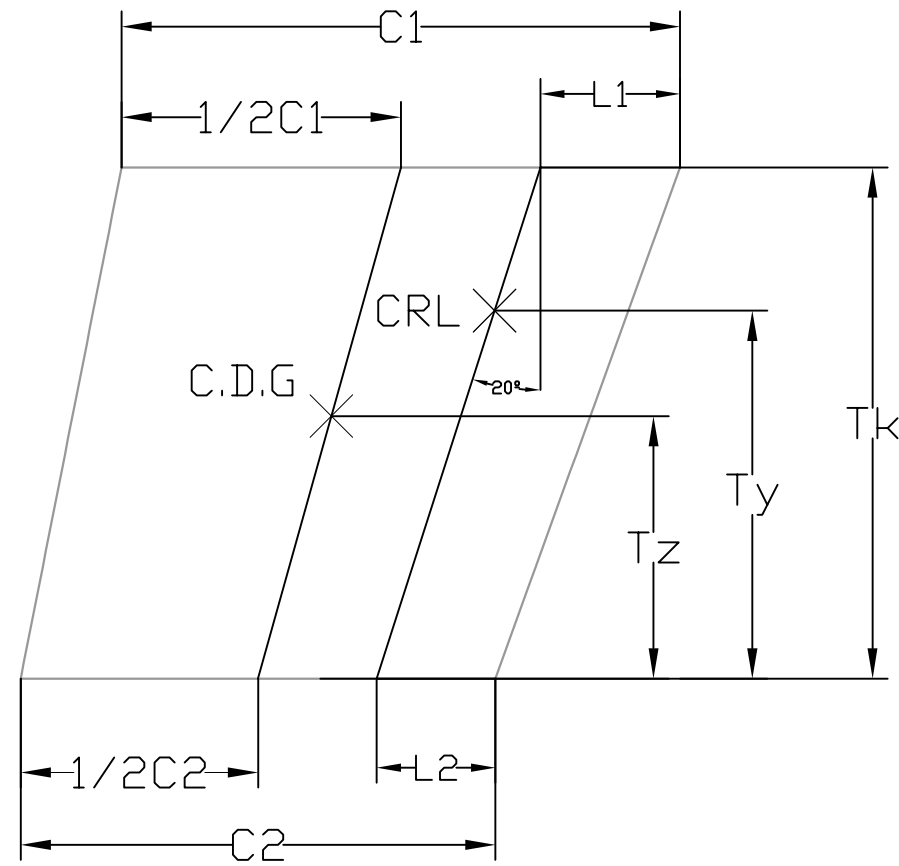


Displacement	7,914	tonne
Volume	7,721	m ³
Draft to Baseline	0,687	m
Immersed depth	0,687	m
Lwl	10,678	m
Beam wl	3,029	m
WSA	24,68	m ²
Max cross sect area	1,359	m ²
Waterplane area	21,731	m ²
Cp	0,532	
Cb	0,348	
Cm	0,666	
Cwp	0,672	
LCB from zero pt. (+ve fwd)	m -0,383	m
LCF from zero pt. (+ve fwd)	m -0,559	m
LCB from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	-3,585	%
LCF from zero pt. (+ve fwd) % Lwl	-5,235	%
KB	0,461	m
KG	0	m
BMt	1,502	m
BMI	16,369	m
Gmt	1,963	m
GMI	16,83	m
KMt	1,963	m
KMI	16,83	m
Immersion (TPC)	0,223	tonne/cm
MTC	0,125	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	0,271	tonne.m
Precision	Medium	50 stations

ESPACIADOS DE SECCIONES

Separación entre cuadernas: 1000mm
 Separación entre líneas de agua: 300mm
 Separación entre longitudinales: 500mm

ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL Y 190000€ DE P.V.P					
Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Revisado por: R.R.B.	Archivo CAD: DG.DWG	Fecha 20/10/2011	Escala 1/75	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas		Descripción del plano: PLANO DE FORMAS			
Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-001			Hoja nº: 1		



Pernos de acero inoxidable AISI-316

Orza de Plomo

Tk	1,69 m
C1	1,847 m
C2	1,57 m
Cuerda media	1,71 m
t(máximo)	0,179 m
L1	0,4617 m
L2	0,3925 m
Ty	1216,6603 m
Tz	
Ángulo de barrido	20°
Relación de aspecto	0,998
Relación de afinamiento	0,85
Superficie proyectada	2,89 m ²
Lastre	2629,93
Desplz.Orza (Ak)	343,39 kg
Diámetro de los pernos	23mm

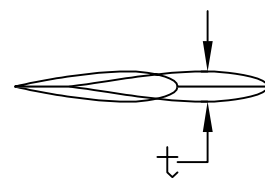
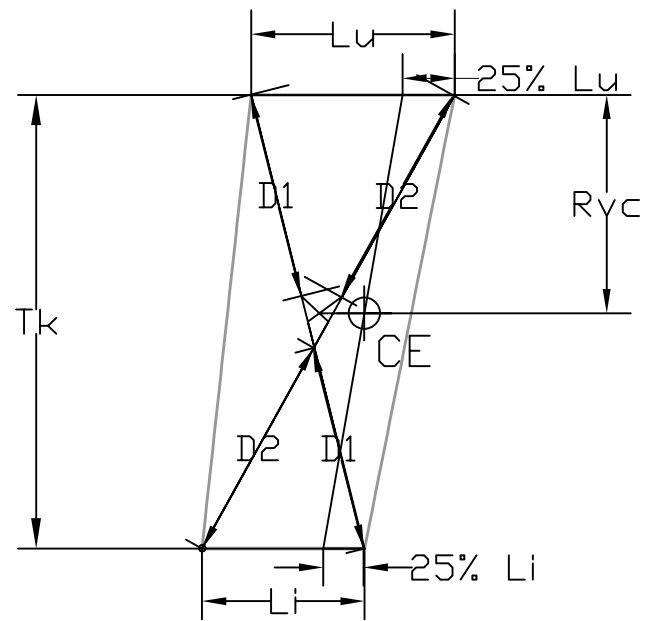
Sección Naca 65-010

ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)

PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL Y 190000€ DE P.V.P

Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Revisado por: R.R.B.	Archivo CAD: DGDWG	Fecha 20/10/11	Escala 1/25	T. Papel A/3
---	-------------------------	-----------------------	-------------------	----------------	-----------------

Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas	Descripción del plano: PLANO DE ORZA	
	Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-002	Hoja nº: 2



CE: Centro de Empuje

Superficie proyectada, S_p	0,91m ²
Calado, T_k	1,5m
Cuerda media, C_m	0,606m
Cuerda base, L_u	0,673m
Cuerda extremo, L_i	0,538m
Relación de aspecto, A_R	2,475
Relación de aspecto efectiva, A_{RE}	3,712
Relación de afinamiento, T_r	0,8
Ángulo de barrido	11°
R_{vc}	0,722 m

Sección NACA 0010

ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)

PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL DE 190000 P.V.P.

Realizado por:
Rocío Revuelta Betanzos

Revisado por:
R.R.B

Archivo CAD:
DGDWG

Fecha
20/10/11

Escala
1/25

T. Papel
A/3

Ingeniería T. Naval Estructuras
Marinas

Descripción del plano:

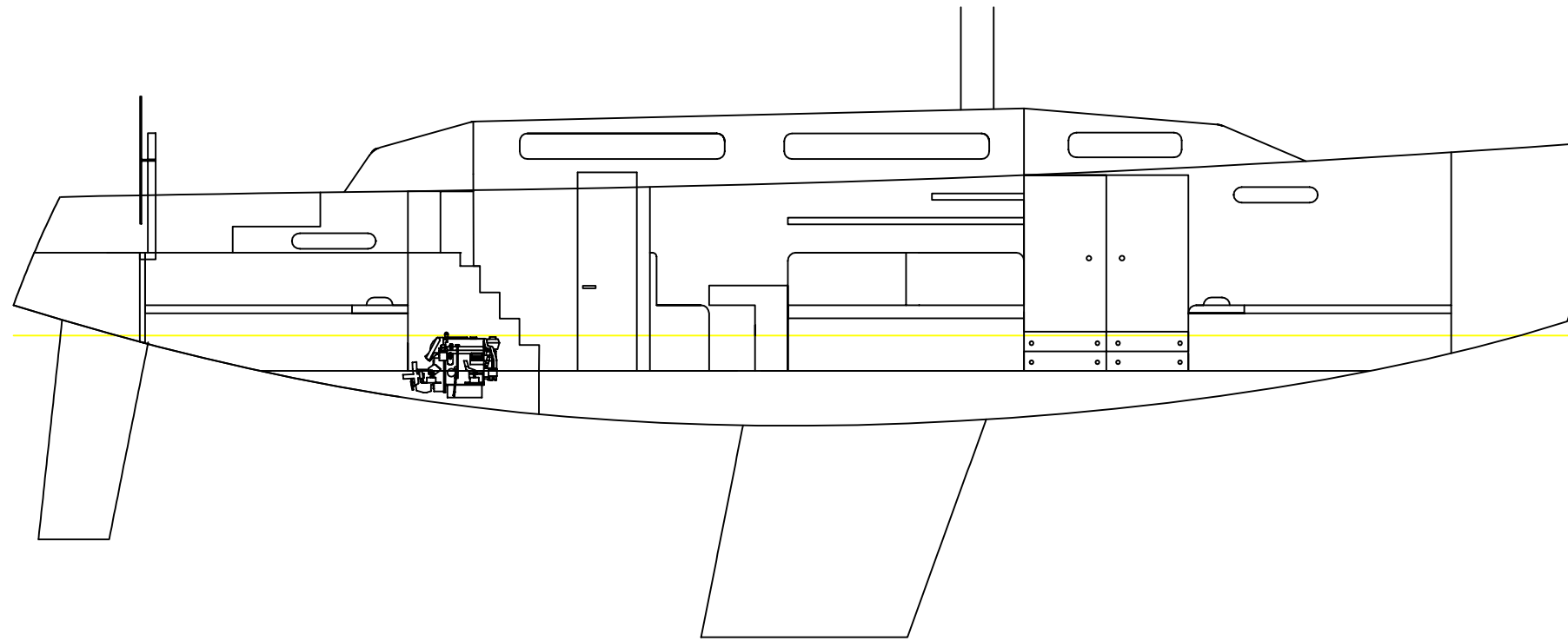
PLANO DE TIMÓN

Número de Plano:

UCA-PFC-RRB-2011-003

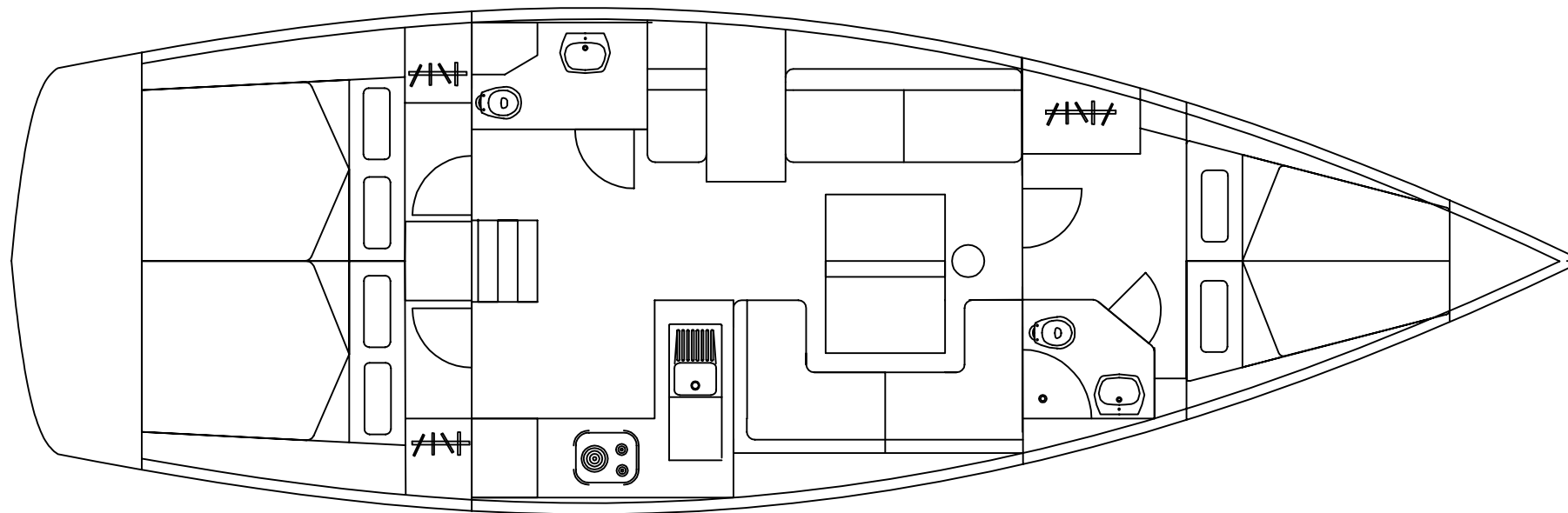
Hoja nº:

3

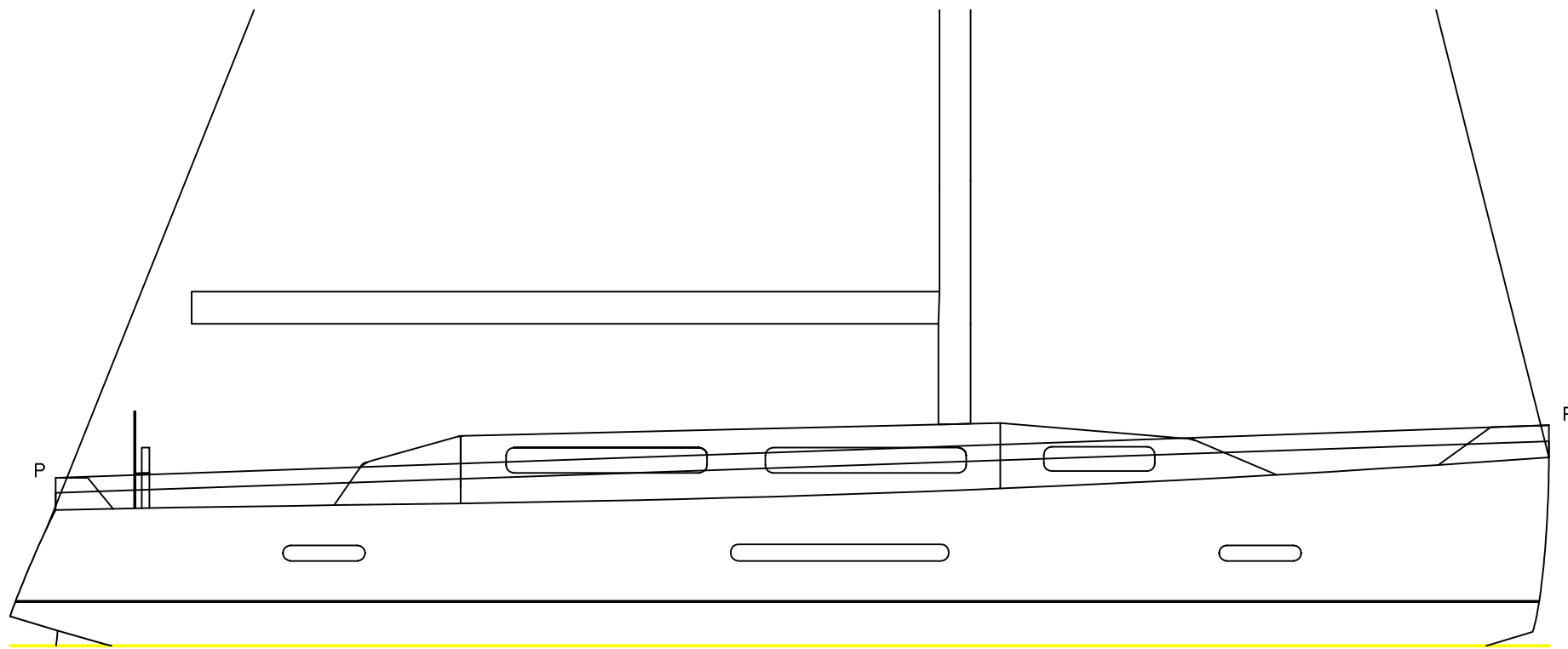


St 0 St 1 St 2 St 3 St 4 St 5 St 6 St 7 St 8 St 9 St 10 St 11 St 12

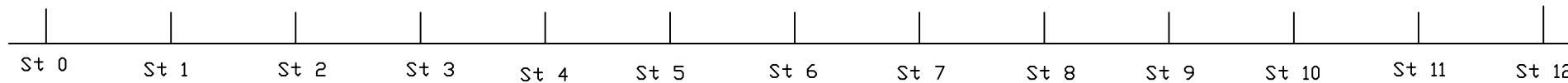
Eslora total (Loa)	11,95m
Eslora de flotación (Lwl)	10,67m
Manga máxima (Bmax)	3,85m
Calado total (Tmax)	2,4m
Calado de casco (Tc)	0,71m
Desplazamiento	7914 kg
Número de pasajeros	8
Potencia motor	40 CV



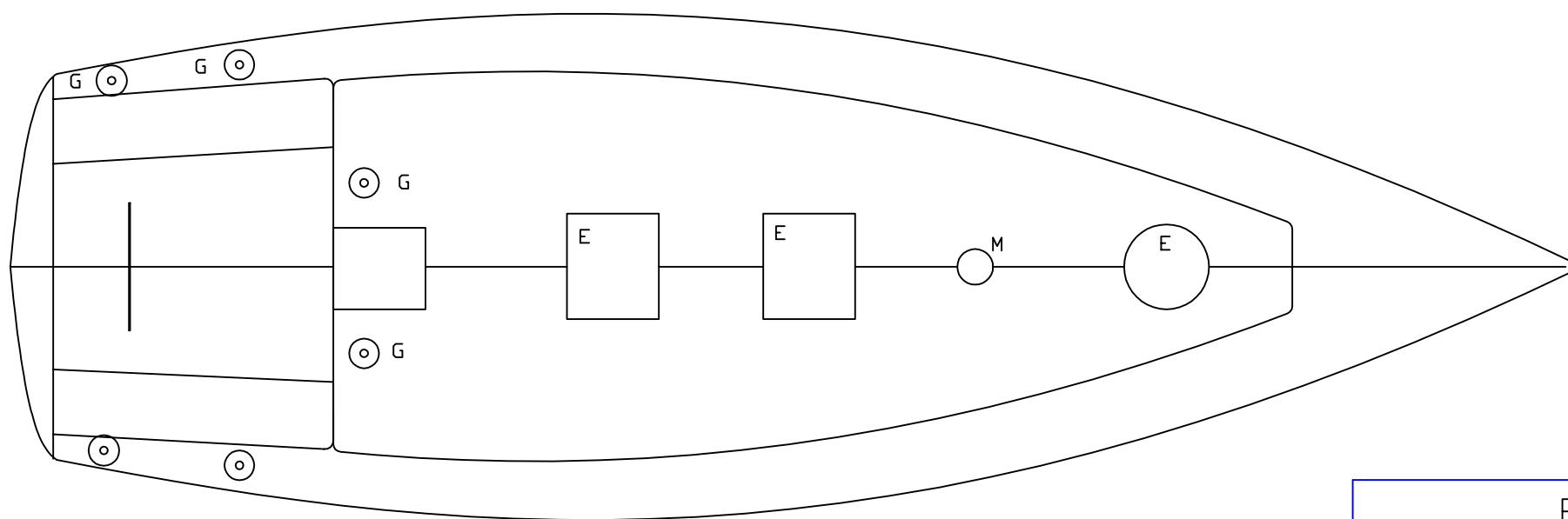
ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO VELERO DE CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL DE 190000 P.V.P					
Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Aprobado por: R.R.B	Archivo CAD: DGDWG	Fecha 20/10/2011	Escala 1/50	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas		Descripción del plano: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL			
		Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-004			Hoja nº: 4



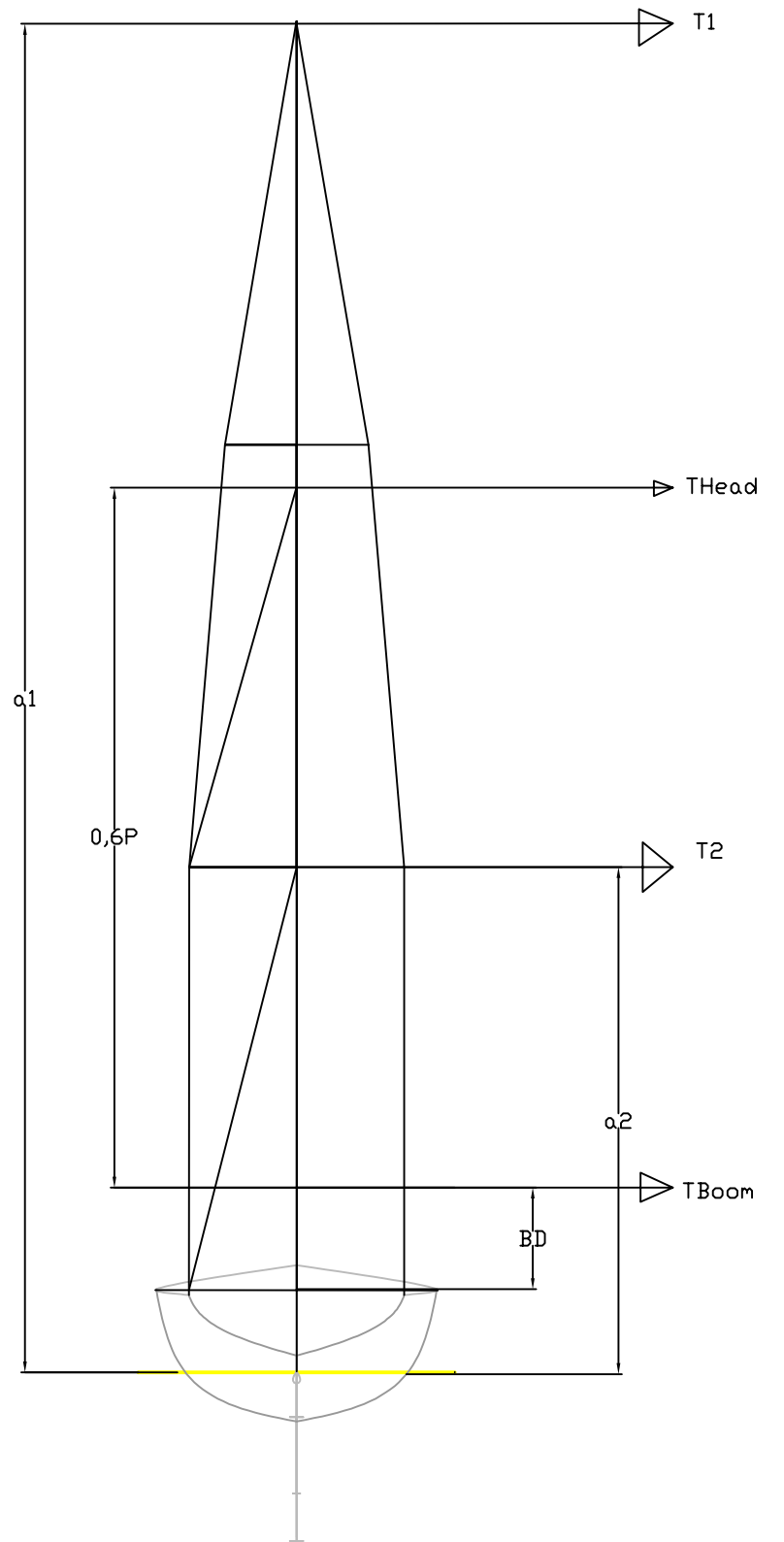
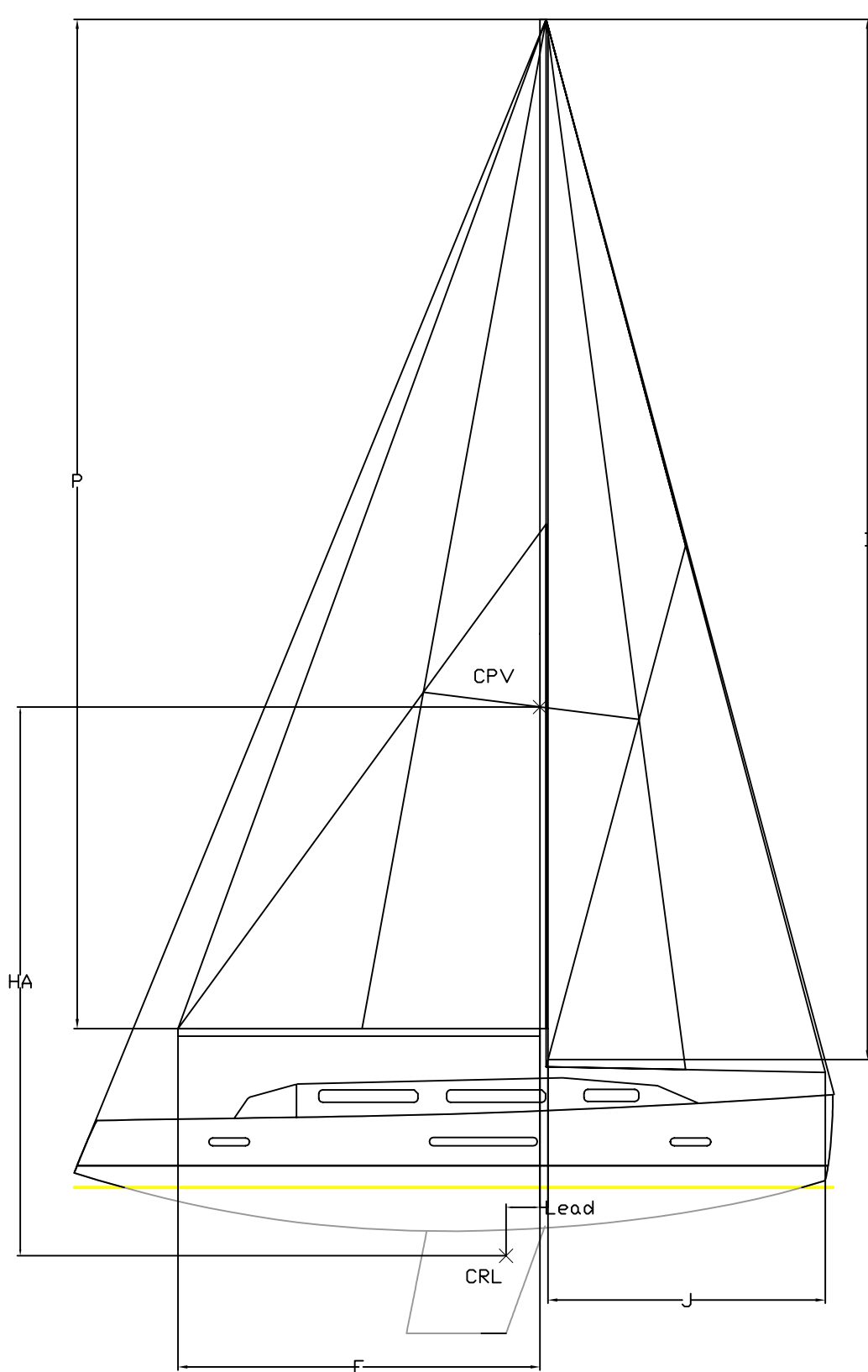
Eslora total (Loa)	11,95m
Eslora de flotación (Lwl)	10,67m
Manga máxima (Bmax)	3,85m
Calado total (Tmax)	2,4m
Calado de casco (Tc)	0,71m
Desplazamiento	7914 kg
Número de pasajeros	8
Potencia motor	40 CV



G - Winches
 E - Escotillas
 M - Mástil
 P - Pulpito de pra y popa



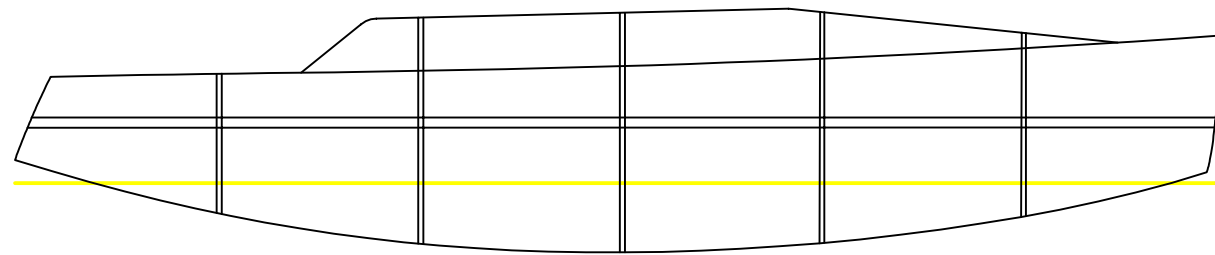
ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO VELERO DE CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL DE 190000 P.V.P					
Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Aprobado por: R.R.B	Archivo CAD: DGDWG	Fecha 20/10/2011	Escala 1/50	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas		Descripción del plano: PLANO DE CUBIERTA			
		Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-005			Hoja nº: 5



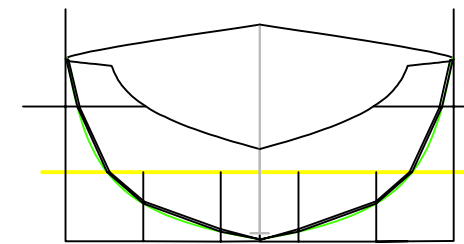
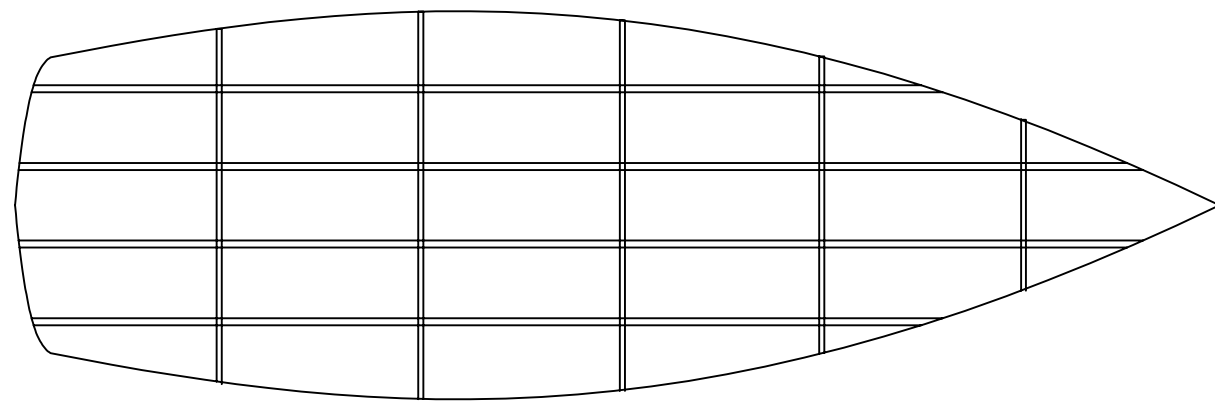
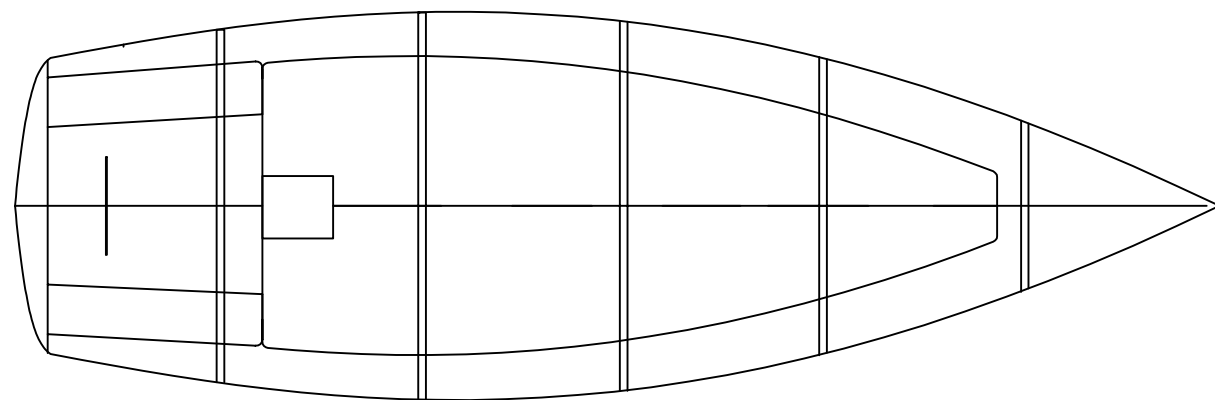
Plano Véllico			
HA	8,69 m	0,6P	9,54
Lead	0,533 m	a1	18,4 m
I	16,5 m	a2	7,615m
J	4,4 m	Mástil	224/150 mm
P	15,9 m	Cruceta P1	129/100 mm
E	5,8 m	Cruceta P2	121/92 mm
BD	1,399	Botavara	200/117 mm

CPV: Centro de Presión Véllica
 CRL: Centro de Resistencia Lateral

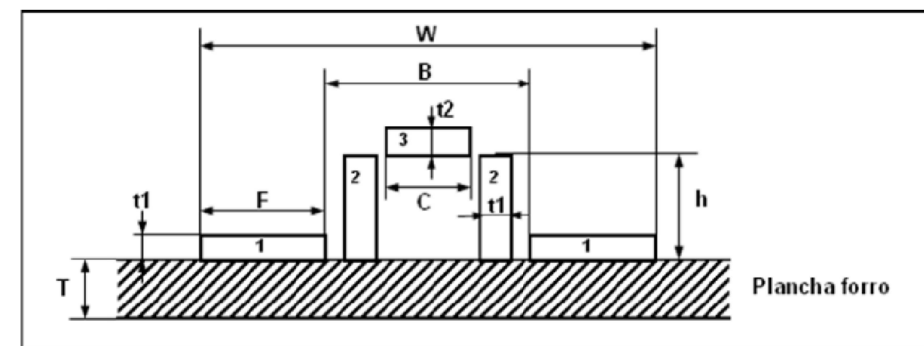
ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL DE 190000€ DE P.V.P					
Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Revisado por: R.R.B	Archivo CAD: DG.DWG	Fecha 20/10/11	Escala 1/100	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas		Descripción del plano: PLANO VÉLICO			
		Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-006		Hoja nº: 6	



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



Espesores de los paneles	
Fondo	8 mm
Costado	8,5 mm
Cubierta	5 mm
Superestructura	5 mm



ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)

PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL Y 190000€ DE P.V.P

Realizado por:
Rocío Revuelta Betanzos

Revisado por:
R.R.B.

Archivo CAD:
DG.DWG

Fecha
20/10/2011

Escala
1/75

T. Papel
A/3

Ingeniería T. Naval Estructuras
Marinas

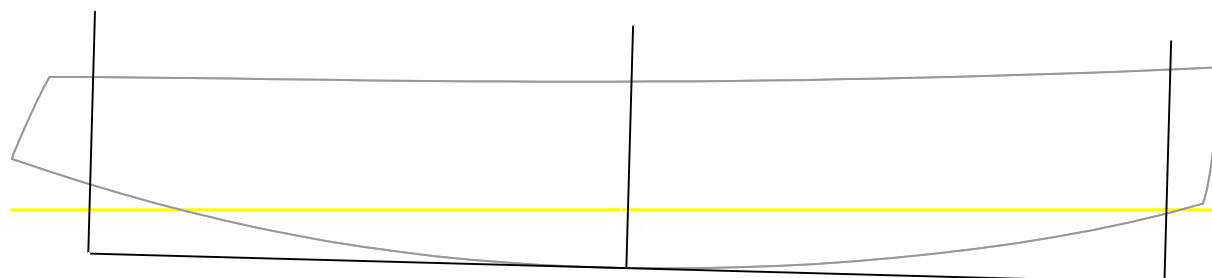
Descripción del plano:

PLANO DE ESCANTILLONADO

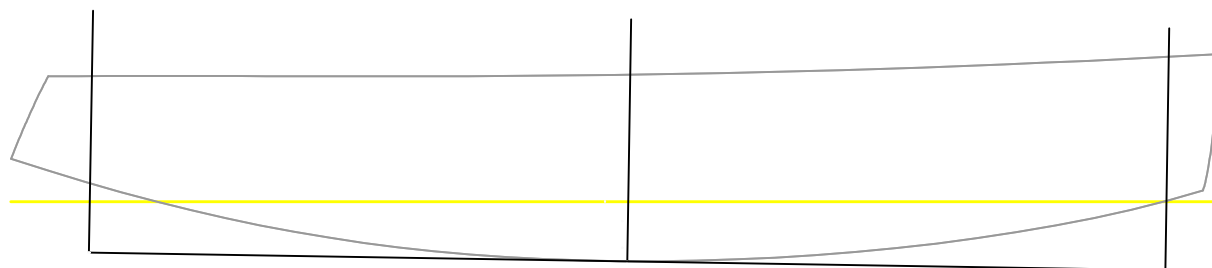
Número de Plano:
UCA-PFC-RRB-2011-007

Hoja nº:
7

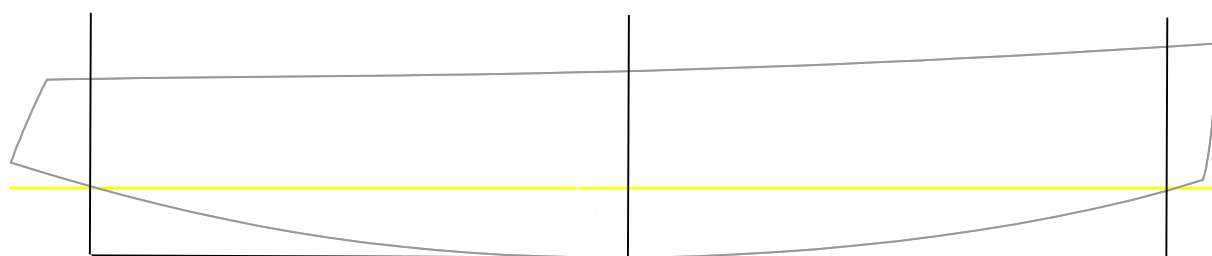
Condición de Desplazamiento en Rosca



Condición de Desplazamiento Mínimo Operativo



Condición de Desplazamiento en Carga



Condición de carga	Calado en proa	Calado medio	Calado en popa	Desplazamiento	Asiento
m_{LCC}	0,726m	0,581m	0,436m	5557kg	-0,291m
m_{MOC}	0,679m	0,592m	0,505m	5796kg	-0,175m
m_{LDC}	0,712m	0,689m	0,667m	7914kg	-0,045m

ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO VELERO CRUCERO DE 11,95 M DE ESLORA TOTAL Y 190000€ DE P.V.P					
Realizado por: Rocío Revuelta Betanzos	Revisado por: R.R.B	Archivo CAD: DG.DWG	Fecha 20/10/11	Escala 1/75	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Marinas		Descripción del plano: PLANO DE EQUILIBRIO			
		Número de Plano: UCA-PFC-RRB-2011-008			Hoja nº: 8

