

Universidad de **Cádiz**

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

Velero Willy 14

Guillermo CASADO RODRÍGUEZ



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Febrero 2009**



0. Índice.

1. Memoria.-

1.1. Introducción

1.2. Especificación Técnica.-

1.3. Normativas y reglamento aplicables en el diseño.-

1.4. Selección del tipo de casco

1.5. Consideraciones preliminares.-

1.6. Dimensiones principales.-

2. Estudio estadístico de barcos similares.-

2.1. Introducción.-

2.2. Dimensionamiento preliminar.-

2.3. Resumen de las medidas preliminares de buque base.-

2.4. Elección de la alternativa más favorable

3. Diseño de la carena.-

3.1. Introducción.-

3.2. Superficie mojada.-

3.3. Número de Froude (Fn).-

3.4. Posición longitudinal del centro de carena (LCB).

3.5. Coeficiente prismático.

3.6. Desplazamiento de diseño.-

3.7. Tipo de carena.-

3.8. Francobordo en proa.-

4. Diseño del plano vélico y aparejos del palo.-

4.1. Introducción.-

4.2 Tipo de aparejo.-

4.3 Distribución de la superficie vélica.-

4.4. Área de la superficie vélica.-

4.5. Funcionamiento del aparejo a tope y propiedades.-

5. Diseño de apéndices (orza y timón).-

5.1. Introducción.-

5.2. Diseño de la quilla.-

5.3.- Diseño del timón

6. Escantillonado.-

6.1. Introducción.-

6.2. Datos previos.-

6.3. Requisitos.

6.4. Laminación del casco.-

6.5. Refuerzos del Casco.-

6.6. Laminación de cubierta.

6.8. Tanque de petróleo y agua.

6.9. Puntales

6.10. Calculo del peso de elementos estructurales.

7. Estudio de la estabilidad.-

7.1. Introducción.-

7.2. Normativa Española.-

7.3. Consideraciones para barcos de vela.-

7.4. Consideraciones del código MCA.-

7.5. Consideraciones de cargas a estudiar.-

7.6. Pesos adicionales.-

7.7. Verificación del cumplimiento de los requerimientos.

7.8. Análisis de la estabilidad

8.- Cálculo del C.d.g. y distribución de pesos.-

8.1.- Introducción.-

8.2.- Cálculo del peso en rosca.-

8.3.- Resumen del cálculo del peso en rosca.-

9. Disposición General

9.1. Disposición Interior

9.2. Diseño de Cubierta

10.- Calculo de Resistencia y Motorización.-

11.- Equipamientos.-

11.1.- Equipo de cubierta.-

11.2.- Electrónica.-

11.3.- Equipos de emergencias.-

11.4. Instalación eléctrica.-

11.3. Sistema de Seguridad. Normativa aplicadas

12.- Datos Ecoómicos

13.- Bibliografía

14.- Anexos

15.- Palnos.

CAPITULO I

MEMORIA

1. Memoria.-

1.1. Introducción.-

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

Este mismo ha sido realizado por Guillermo Casado Rodríguez y supervisado por Aurelio Guzmán Cabaña, profesor perteneciente al departamento de Construcciones Navales en la asignatura Teoría del Buque.

El objetivo de este escrito es proyectar un velero basado en el diseño de un crucero regata, destinado a un uso familiar para salidas cortas y algún que otro crucero de mayor envergadura.

Para facilitar el estudio y comprensión de este documento, diré que se encuentra estructurado con los fundamentos teóricos y explicaciones necesarias para los mismos en los capítulos principales.

1.2. Especificación Técnica.-

En este proyecto la embarcación elegida es un velero de 14 metros de eslora aproximadamente. Será un crucero de categoría A (en aguas costeras), embarcaciones diseñadas para viajes en aguas costeras, grandes bahías, estuarios, lagos y ríos, en los que puedan encontrarse vientos de hasta 25 nudos y olas de altura de hasta 2 metros.

Por motivos de costes de fabricación, va a tratarse de una embarcación sencilla, bien acabada pero sin grandes lujos, para que de esta forma resulte una embarcación asequible dirigida a un sector más amplio de la clientela.

El armador es una persona casada con 45 años de edad, residente de Mallorca, quiere un velero con las siguientes características:

- Uso principal navegando los fines de semanas
- Uso secundario para vacaciones de verano durante un periodo de 1 o 2 semanas
- Tripulación de dos personas, pero con habitabilidad suficiente para invitar amigos (otra pareja deferente) hasta 6 personas.
- Poder ser manejado por una sola persona en circunstancias normales
- Requiere un barco estable con poco balanceo con eslora de unos 14 metros

1.3. Normativas y reglamento aplicables en el diseño.-

Las normativas aplicadas a este tipo de embarcación son aquellas que deben cumplir para yates, completándose con las que hace referencia a embarcaciones utilizadas para llevar pasaje: Estas normativas son:

- Normativa española UNE-EN ISO 12217-2 para pequeñas embarcaciones en lo referente a la estabilidad y flotabilidad de la embarcación.
- Real Decreto 544/2007, de 27 de abril de 2007 referente a la seguridad de personas a bordo y la contaminación del mar debida al combustible y residuos sólidos, por los que necesitan tanques reforzados y sistemas del almacenamiento de aguas grises.
- Reglamento de Lloyd's Register of Shipping y ABS para el escantillado de la estructura, siendo utilizados para el cálculo de escantillado del casco y refuerzos y la cubierta respectivamente, utilizándose en este orden debido a la facilidad de uso en el caso de Lloyd's para estructura monolítica y ABS para estructura sandwich.

1.4. Selección del tipo de casco

La embarcación elegida para este proyecto es un velero de unos 14 metros de eslora, de construcción monolítica en fibra de vidrio y resina de poliéster, con cubierta en sándwich de PVC.

Los tres tipos de embarcación más frecuentes son: monocasco, catamarán y trimarán. Existen otras disposiciones, pero al ser éste un crucero con pocos tripulantes cualquier otra cosa más extrema o innovativa no es posible. Para seleccionar el tipo de casco que más adecuado a los requerimientos del cliente se ha hecho uso de una comparación lógica.

Esta consiste en un análisis de varios aspectos para cada configuración de casco. Puntuando cada aspecto del uno al cinco se ha obtenido la siguiente tabla comparativa:

Comparación de configuraciones del casco

Área	Monocasco	Catamarán	Trimarán
Velocidad en Ceñida	3	3	5
Velocidad en empopada	3	4	5
Estabilidad de Navegación	1	5	5
Estabilidad total	5	1	1
Confort de navegar	3	5	4
Sensación de seguridad	4	2	2
Acomodación	3	5	2
Almacenamiento	4	2	2
Atraque	5	2	1
Total	31	29	27

Las puntuaciones son meramente arbitrarias, siendo 5 = mejor, 1 = peor.

La tabla enseña que el proceso de decisión lógica produce unos resultados muy cercanos con el monocasco ganando a lo justo.

También se aprecia que el trimarán sería la opción más rápida y divertida pero a costa de la comodidad a bordo. Por tanto se descarta para el crucero.

El catamarán tiene un rendimiento ligeramente pero que el trimarán pero una mejor habitabilidad gracias a que su cubierta de puente sólida protege de las acciones del mar y proporciona una gran mejora en el volumen de acomodación.

Las dos variaciones de multicascos suspenden en térmico de atraque y estabilidad total, lo cual conlleva a una sensación de seguridad baja.

El monocasco tiene el rendimiento de navegación peor en relación con los otros cascos, pero gana una gran ventaja en términos de atraque, habilidad de transportar provisión, estabilidad total y sensación de seguridad. Aunque un monocasco no llegue menos rápido a su puerto de destino, si es mucho más habitable que un trimarán y manejable que un catamarán.

Por lo tanto la elección para el proyecto ha sido un monocasco.

1.5. Consideraciones preliminares.-

Para llegar a esta elección nos hemos basado en una serie de consideraciones como son: el uso al que se pretende destinar o las condiciones locales y económicas.

Uso el que se va a destinar:

El uso al que se va a destinar la embarcación no influye sólo en la superficie vélica, rendimiento y categoría, también tiene que ver con quien va a usar el yate y bajo que condiciones lo va hacer.

En primer lugar, partimos de que nuestro barco ha de ser un crucero y no un barco de regata puro, con lo cual se nos plantea la necesidad de un compromiso entre los requerimiento de velocidad, condiciones marineras, estanqueidad, facilidad de manejo, confort y cualidades de habitabilidad.

Nuestro diseño va a ser una embarcación destinada a uso familiar y que va a navegar preferentemente en aguas costeras abiertas y bahías, aunque sin descartar viajes de mayor índole, con lo cual será una embarcación bastante confortable, con la distribución interior espaciosa y práctica, y un equipo de manejo sin excesivas complicaciones.

Coste:

A nadie le interesa adquirir un barco más caro de construir de lo necesario, bajo este punto de vista, la solución sería hacer un barco lo más pequeño posible, ya que el coste está relacionado directamente con el tamaño, pero al intentar construir una embarcación de ciertas dimensiones con poco peso, nos vemos obligados al uso de materiales y métodos de construcción muy avanzados y por lo tanto más caros. Tampoco nos conviene un barco excesivamente pesado para su tamaño (Método de construcción más barato), ya que para unos requerimientos de velocidad necesitaría un motor más potente y mayor superficie vélica, lo cual implica a su vez un mayor y más robusto equipo de cubierta, todo esto se traduce al final en un mayor incremento del coste final.

Las formas del casco está derivada principalmente de los requerimientos hidrodinámicos e hidrostático, pero la cubierta y la acomodación se ha intentado hacer un diseño con el mayor número posible de paneles planos, evitando los ángulos perdidos y las formas reviradas, ya que estos requieren otro tipo de método de construcción más caro.

En general el cliente pedirá la mayor eslora que se pueda permitir con su cartera y que sea manejable con la tripulación deseada.

En este caso seguramente influirá más la manejabilidad que el dinero en la elección de la eslora del barco. Esta dimensión va a proveer un espacio interior suficientemente grande para producir espacios aireados que sean cómodos, combinados con unas dimensiones lo suficientemente reducidas como para permitir un manejo en los puertos y un buen rendimiento sin dar demasiado trabajo a una tripulación de 2 personas.

Como mencionado anteriormente, el viento fuerte es el del norte, el viento de Tramontana. Este viento sopla fuerte dos y tres veces al año, usualmente en invierno entre los meses de noviembre y marzo.

Del estudio llevado a cabo, es posible ver que durante el periodo de verano el mar permanece tranquilo. La mayoría de las olas vienen de este (19,74%) u oeste (17,12%). El tipo de ola más grande que se puede encontrar es de 1.34 metros y viene del noroeste.

Ya que la tierra se calienta más rápido que el mar, se crea una corriente de aire del mar hacia tierra. Por esto, es más probable que las olas se creen durante las horas más calurosas del día.

Los diferentes estados de mar Mediterráneo se pueden dividir en lo siguientes:

Mar tranquilo: es el tipo de mar que la embarcación más veces se va a encontrar. Con lo cual es la condición ideal para el yate para navegar a velocidad máxima y ángulo de ataque óptimo.

Mar agitado: la embarcación no va a rendir de su mejor forma, con lo cual la velocidad tendría que ser reducida para tener un viaje más comfortable.

1.6. Dimensiones principales.-

Generalmente se acepta que un incremento en el tamaño de la embarcación se traduce en un mejor diseño en términos de rendimiento y confort, pero por otro lado, la embarcación será más difícil de manejar con poca tripulación. Así nos encontramos que el tamaño también está unido a las intenciones de uso, pero no es del todo cierto que más tamaño signifique más eslora, una mejor medida del tamaño puede ser el desplazamiento, ya que este describe el volumen de la embarcación.

Los requerimiento del motor, aparejo y equipo de cubierta dependen en gran medida del peso y la eslora, así como de la manga. Así, partiendo de estas consideraciones, hemos fijado unas dimensiones principales de partida para empezar a trabajar en las formas de la embarcación.

Eslora: 14 mts

Manga: 4.5 mts

Calado: 2.2 mts

Desplazamiento: 12560 (kg)

Lastre: 4200 (Kg)

CAPITULO II

ESTUDIO ESTADISTICO DE BARCOS SIMILARES

2. Estudio estadístico de barcos similares.-

2.1. Introducción.-

Para realizar este proyecto primeramente se lleva a cabo un estudio estadístico de diferentes barcos con sus distintas marcas, modelos tanto cruceros como cruceros-regatas. Este estudio se lleva a cabo buscando referencias en diversas revistas relacionadas con el tema, así mediante Internet, herramientas básicas en la actualidad para la búsqueda de información sobre cualquier tema.

Para este estudio he tratado de acotar la búsqueda ciñéndome a embarcaciones de similares características y dimensiones, para así tener en cuenta algún tipo de referencia actual sobre las características y equipos de esta embarcación. Considero que este estudio está bastante completo, aún faltando determinadas referencias que me fue imposible obtener, caso de las superficies vélicas. En este caso, y para futuros cálculos, he tenido la cautela de realizar otro estudio estadístico (a menor escala) basado en superficies vélicas en relación a esloras de embarcaciones, aunque este estudio será mostrado más al fondo un poco más adelante. También tome el estudio llevado a cabo por Larsson que, aunque debemos tener en cuenta que se trata de un estudio bastante más antiguo que el mío, está muy completo debido que consta de una serie de tablas mediante las cuales podemos estimar una serie de parámetros del barco y obtener así unos valores orientativos; Insisto en que se trata de unas formas de obtener unas dimensiones acorde con la realidad, y que para nada debemos tomar al pie de la letra los resultados obtenidos para este estudio, sino que debemos basarnos en nuestros propios cálculos e informaciones para obtener un dimensionamiento adecuado para la embarcación en cuestión. Junto con el documento en formato Excel en cuestión, podemos observar que también hay adjunta unas gráficas, éstas son gráficas de dispersión de puntos, obtenidas de una forma muy sencilla gracias al anterior mencionado Microsoft Excel. Estas gráficas son otro mecanismo de interpretación de los intervalos de valores de los parámetros estudiados y, no es mi preferido método, he decidido adjuntarlas para así completar el estudio estadístico. Los valores obtenidos en el estudio estadístico son las dimensiones principales, los pesos, la SA general, y las distintas relaciones entre los distintos valores antes mencionado. A continuación se describen los parámetros y su incidencia en el diseño del barco.

2.2. Dimensionamiento preliminar.-

Para obtener los valores preliminares de las dimensiones principales del barco, he utilizado como referencias por una parte, los intervalos de valores máximos y mínimos obtenidos del estudio estadístico anteriormente expuesto, y por otra, un estudio similar aunque anterior en el tiempo, realizado por Larsson en la que utiliza una serie de gráficas, basadas en la flota de barcos más antiguos, mediante las que define unos rangos de valores para estas dimensiones principales en función de su eslora en la flotación principalmente. Los valores preliminares de las dimensiones principales de la embarcación son las siguientes:

- Eslora total (Loa)

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

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

Este valor influirá, además de la manga, en el plano de la cubierta y en el lanzamiento de la embarcación.

El rango de valores con el que se ha estudiado para realizar el barco ha sido entre 13 metros de eslora (Loa) y entre 15 metros de eslora (Loa), ya que el armador requiere una embarcación de 14 metros.

- Eslora en la flotación (Lwl)

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

Este valor es muy importante en el diseño de un velero ya que marcará la máxima velocidad que podrá alcanzar el barco. Para obtenerla bastará calcular $V=0.45 \cdot Lwl$ y para calcular el régimen al que va a navegar el barco calculamos el n° de Fraude $Fr=V/\sqrt{(g \times Lwl)}$ estando **Lwl** en mts y la velocidad del barco en m/seg. Para un valor inferior a 0,45 será un barco de crucero, navegara en régimen de desplazamiento, en caso de que sea superior a 0,45 entonces navegara en régimen de semi-desplazamiento, por mucho que aumente la resistencia de formación de olas aumentará su velocidad debido a la fuerza ascendente creada. Otro punto a tener en cuenta es que si **Lwl** es grande los lanzamientos de proa y popa son menores haciendo que el peso se concentre en el centro, evitando le cabeceo excesivo de barcos con proas y popas muy lanzadas, siendo un problema para la gente que este en el interior debido a posibles caídas, además mareos ocasionados por el balanceo.

Para completar este razonamiento diré que, según Larsson, la relación Loa/Lwl para una eslora en la flotación dada, nos da unos valores aproximados de lanzamiento en proa y popa; Embarcaciones ligeras tiene un valor bajo de esta relación (entre 1,08 y 1,20 aproximado) mientras que embarcaciones más pesadas tendrán valores mas altos de esta relación (entre 1,25 y 1,38 aproximado). En conclusión, mediante unos sencillos cálculos, teniendo en cuenta el estudio estadístico anteriormente realizado, y tomando 1,16 como relación Loa/Lws , ya que será un barco de características más marineras, obtengo como posible valor preliminar de la eslora en la flotación de 12 metros.

- Manga (B)

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

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

En relación a la estabilidad, sabemos que al aumentar la manga, a igualdad de desplazamiento, se producirá un aumento de la estabilidad transversal, no así ocurre en el caso de la estabilidad por formas, en la que, al aumentar la relación Loa/B_{max} , aumentará la eslora total y disminuirá la manga máxima.

De este modo, aumentará la estabilidad sin necesidad de que aumente la estabilidad por formas, haciendo que la embarcación tenga formas más estilizadas.

Debido a que el barco deberá tener interiores amplios para el disfrute de trayectos relativamente largos sin problemas importantes de espacio, tomare un valor generoso de manga máxima, que permita un diseño con una amplia bañera, teniendo siempre presente el compromiso con la estilización en las formas y mantenimiento de una velocidad razonable.

Con todo esto, y tras consultar los valores obtenidos en mi estudio estadístico (oscilan entre 3,4 y 5,10), así como el rango de valores del señor Larsson (entre 2.98 y 3.98 metros aproximadamente), tomaré como valor preliminar para la manga máxima de mi barco 4,2 metros.

- Calado (Tt)

El calado es la altura máxima desde la eslora en la flotación al punto más bajo de la orza, en la actualidad es el calado más importante ya que determina el interior del barco, tanques bajos y espacios para las instalaciones de líquidos, electricidad, etc, la superficie mojada del barco y desplazamiento del barco.

Según el trabajo de Larsson, y mediante el estudio de la relación Lwl/Tc , obtenemos que para embarcaciones de desplazamiento medio el valor típico de esta relación es de 18, para embarcaciones ultraligeras pueden llegar hasta a 26, y en embarcaciones de crucero de desplazamiento alto puede tomar valores cercanos a 12.

Como en este caso la embarcación va a tener un desplazamiento importante que lo dote de un valor del coeficiente prismático, el barco tendrá una distribución de formas bastantes uniformes a lo largo de la eslora, lo que posibilitara una considerable amplitud de interiores que aumente la comodidad y el confort de sus navegaciones.

Debido a esto, tomaremos una relación de 26 gracias a la que obtendremos un rango de valores para el calado en el casco que oscila entre 0,51 y 0,96 metros.

Por estadística el rango de calado varía entre 1.5 metros de calado (**Tt**) y 2,5 metros de calado (**Tt**). Se escoge un calado no muy alto para poder atracar en los distintos puertos. Entonces cogemos un calado igual a 2.2 metros.

- Desplazamiento (Δ)

Tomando para las formulas de desplazamiento total se puede obtener barco con un desplazamiento ligero o pesado, siendo esta diferencia importante ya que un barco con desplazamiento moderadamente ligero supondrá una menor superficie vélica, lastre y otros elementos para este desplazamiento.

Debido a que en la actualidad se tienda a barcos con un desplazamiento más ligero, muestra de ellos es que según la relación desplazamiento/lastre ha descendido durante los últimos años. A favor de las embarcaciones ligeras está su buen compartimiento deportivo y unos grandes barcos para un mismo peso, barcos más rápidos para una superficie vélica delimitada, a pesar de delimitar el confort y espacio necesario en el barco, siendo en el caso de barcos grandes travesías como los oceánicos en los que necesitan unos mayores pertrechos aumentando el desplazamiento por lo que son recomendables los barcos más pesados.

En contra, los barcos de desplazamiento ligero, esta el precio del barco que es mayor debido a que se necesita un material para su fabricación que de poco peso para gran resistencia.

Como en este caso buscamos un barco con características más de desplazamiento y disfrute que de regata, no supondrá un gran inconveniente cierta pérdida de velocidad a favor de ganancias de amplitud de interiores, habitabilidad y comodidad.

Los valores estadísticos para los desplazamientos y lastre para el estudio son en unidades en libra entre 15000 libras y 40000 libras. Los valores del lastre esta comprendido entre 5280 libras y 16000 libras.

La relación entre el desplazamiento y el lastre nos da idea de la cantidad de Kg o libras que tenemos de diferencia entre el desplazamiento total y el lastre del barco. En nuestro caso en el desplazamiento total están incluidos los pesos de la tripulación, los de la carga y los que facilitara la habitabilidad del barco estos pesos se verán al ir diseñando los interiores y exteriores del barco, el lastre que se utiliza en las formulas es aquel lastre fijo situado en la orza o el peso de la propia orza.

Este valor tendrá influencia en la estabilidad del barco y dependerá del tipo de embarcación que tengamos, si es un barco regata debido a que se requiere barcos ligeros se ha de disponer lastre, para que el barco sea estable teniendo una relación alta, mientras que en un crucero no hace falta tanto lastre ya que el casco y el equipamiento pesan lo suficiente para conseguir que sea estable.

- Lastre

El lastre que una embarcación lleva va a influir en su estabilidad por pesos, así como en la superficie vélica que este podrá tener.

Sabido es que, si el desplazamiento de un barco es muy bajo, deberá llevar un lastre importante que compense el desplazamiento final, debido a la mejora de estabilidad por pesos que esto conlleva. Como en este caso el desplazamiento de la embarcación es considerable, no deberá tener problemas con esta estabilidad, de modo que el valor del lastre tendrá menor importancia en los cálculos; Asimismo, a la hora de calcular la superficie vélica, podremos tener un amplio margen de trabajo, ya que no se nos restringirá tanto en este sentido como en el caso de otros barcos más regateros.

Según el estudio estadístico realizado por Larsson, el valor que toma la relación Lastre/ Δ rosca para una eslora dada oscila entre 0,35 (para barcos de desplazamiento) y 0,55 (caso de barcos más ligeros). Teniendo en cuenta estos valores, observando los resultados de mi estudio estadístico, y conociendo de antemano el valor preliminar del desplazamiento en rosca de mi embarcación, tomaré como valor preliminar de la relación Lastre/ Δ rosca

- Superficie vélica (SA)

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

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

En este barco se ha intentado que exista una buena estabilidad por formas (con una buena manga máxima), así como una buena estabilidad por pesos (con un desplazamiento generoso, que colabore), y sabiendo que el calado máximo es razonable, podremos disfrutar de una superficie vélica ceñida relativamente grande, mejorando así la velocidad de la embarcación.

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

Cuando se habla de superficie vélica máxima y en ceñida, o sea, el máximo trapo que puede llevar el barco cuando ciñe, por esto la velas como el spinnaker no son contempladas en la superficie vélicas de los cálculos.

Para calcular la SA se puede emplear varios métodos, uno de ellos es suponer la génova y la mayor como triángulos y sumar sus áreas teniendo en cuenta que no se toma las formas curvas de la baluma, el pujamen o el grantil de la vela, o como los utilizados para medir las velas en la clase Micro Ton que consiste en descomponer las velas en forma geométricas simple llegando a un valor prácticamente real. Además existen unas medidas concernientes de la SA. Son parámetros elaborados y utilizados por el sistema de medición IOR, pero que por su gran descripción, son utilizados normalmente cuando se trata de definir las medidas base de un aparejo del tipo que sea.

Otro método muy sencillo para conocer si la estabilidad de la embarcación es adecuada a su superficie vélica es utilizar el Angulo de Dellenbaugh, gracias al cual podemos conocer la escora del barco cuando navega ciñendo con viento de 8 m/s. Para una eslora en la flotación de 12 metros, un barco duro tendrá un valor de este ángulo de 11 aproximadamente, mientras que, en un barco blando este ángulo puede alcanzar un valor de hasta 17.

- Relación (Loa/Lwl)

Esta relación depende de la moda, antes se construían barcos con una relación Loa/Lwl pequeña dando unos extremos de proa, popa y con poco lanzamiento asemejándose las construcciones con materiales compuestos a las obtenidas con la madera.

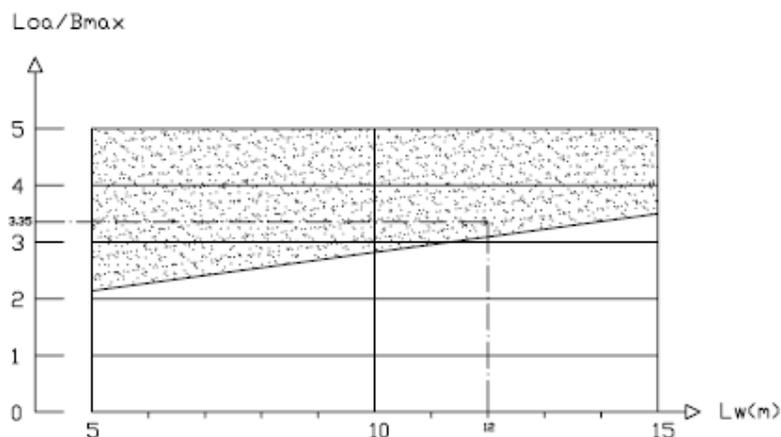
Según las necesidades que tuviera el dueño del barco así se tenía y se tiene proa con los extremos más o menos cargados, ahora bien con la misma eslora total y de flotación podemos tener distintos tipos de barcos según como disponemos los extremos con caída negativa teniendo más cubierta con mayor peso en esa zona pero aumenta poco Lwl al moverse el barco, o una caída positiva con la que tenemos menos peso en popa y menos cubierta pero puede aumentar más las Lwl.

Los barcos regateros se tiende a tener una relación Lwl/Loa mayor, Lwl es mas grande aumentando la velocidad teórica que se puede alcanzar con el barco pero en detrimento a bajas velocidades se produce un cabeceo constante. La velocidad crítica teórica para barcos que navegan en régimen de desplazamiento, barcos cruceros como en nuestro caso se podría calcular como V crítica o de formas en nudos es igual a $SLR \times \sqrt{Lwl}$ estando Lwl en pies y $SLR=1.34$ para barcos cruceros, siendo utilizado un $SLR=1$ como valor normal.

- Relación (Loa/B)

Esta relación determinara la estabilidad por formas del barco, así como el desplazamiento y la superficie mojada del buque. Además de esto si reducimos L/B aumentará la resistencia al avance fundamental en un barco a vela en su total o parcial navegación, con valores bajos se tiene que se dificulta el mantenimiento de rumbo por lo que habrá que estar cambiando dirección continuamente con lo que para un barco que navegará en rumbos cerrados será un factor decisivo y que precisa el mantenimiento del rumbo será decisivo.

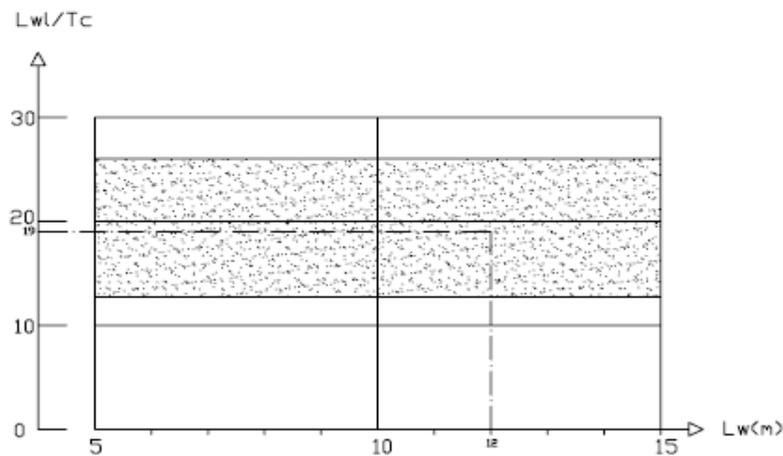
Al comparar la manga máxima de una embarcación frente a su eslora máxima, vemos que al aumentar la eslora, le relación va aumentando, o lo que es lo mismo la embarcación se vuelve estilizada por formas, reduciéndose en comparación su manga máxima. La manga máxima puede ser escalada según la eslora elevada a $2/3$.



Por las estadísticas esta relación está comprendida entre 2.98 a 3.98, siendo nuestro valor de 3.35

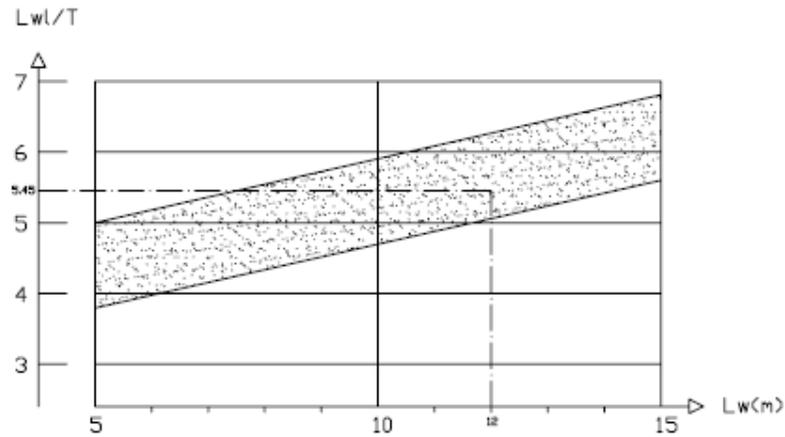
- Relación (Lwl/T)

Al igual que en el calado anterior, el calado relativo va disminuyendo al aumentar la eslora. El caso de veleros se puede relacionar el calado con la manga y obtendremos una relación bastante válida: $B_{max} = 1.6 \times T$. El valor del calado está relacionado con la relación de aspecto de la orza. Sin embargo cuando la embarcación sobre pasa una determinada eslora, necesita reducir el calado total para no tener problemas de accesos a los puertos, aun en detrimento del rendimiento de la orza, o teniendo que emplear orzas abatibles.



- Relación (Lwl/Tc)

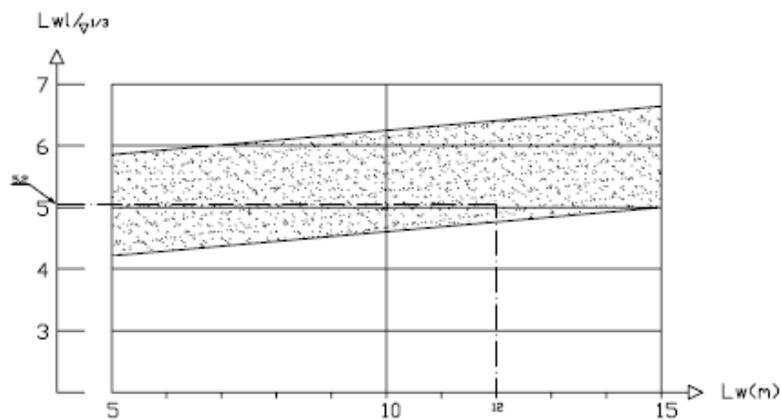
El calado del casco (T_c) se escala linealmente con la eslora. En función del tipo de barco y consecuentemente de su Coeficiente prismático, obtenemos que para embarcaciones de desplazamiento medio el valor es de 18, embarcaciones ultraligeras pueden llegar hasta a 26 y embarcaciones crucero de desplazamiento alto su L_{wl}/T_c puede llegar a 12.



- Relación Eslora / Desplazamiento ($L_{wl}/\nabla^{1/3}$)

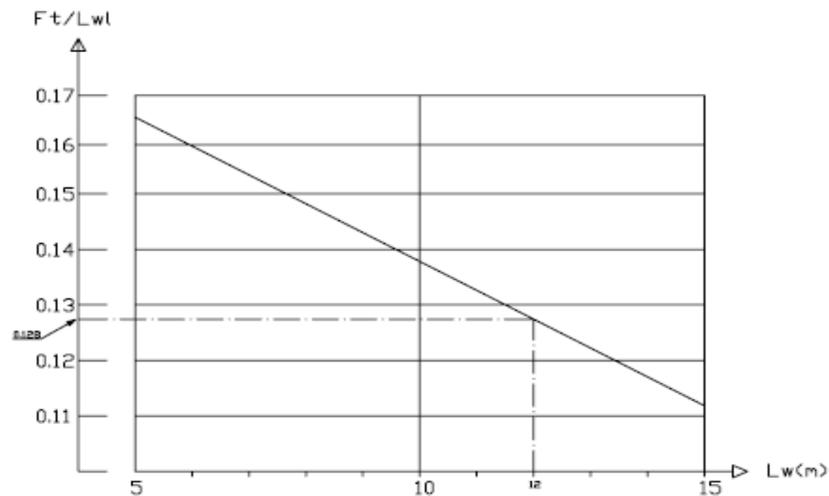
Tal como vemos anteriormente, este factor delimita el régimen de navegación, siendo necesario un valor mayor de 5.7 para conseguir navegar a mas de $FN=0.45$. Para poder extrapolar podemos decir que el desplazamiento crece según la eslora elevada a $2/3$.

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



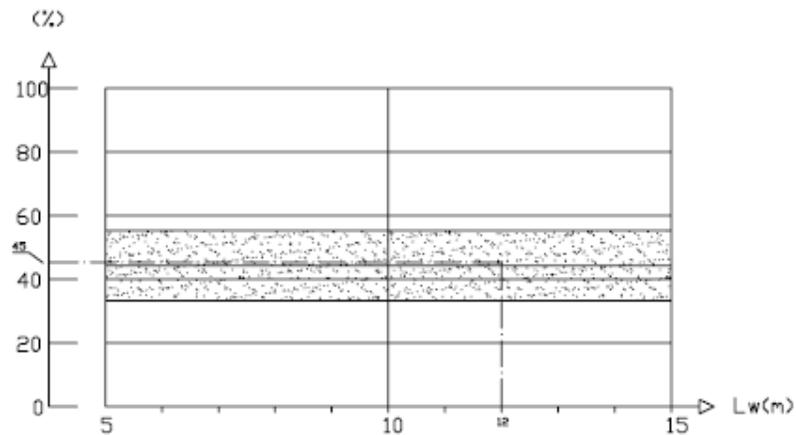
- Relación Francobordo en proa/eslora (Ff/Lwl)

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 positivas a grandes ángulos de escora, y el riesgo de elevación del c.d.g.



- Relación de lastre (Peso del lastre/desplazamiento rosca)

Este valor no varía con la eslora y fluctúa entre valores del 0.35 a 0.55. Embarcaciones más regateras, al poseer más desplazamiento necesitan bajar más el c.d.g.(Kg) para conseguir suficiente estabilidad, por que suelen tener una relación de lastre mayor, llegando al caso extremo de algunos Copa América que han llegado hasta el 0.80.



- Relación (B/Tc)

Esta relación tiene influencia sobre la estabilidad inicial del buque, así como de la resistencia al avance debido a la formación de olas y a la resistencia viscosa. Si el calado está restringido la capacidad de obtener el desplazamiento requerido se hará modificando la manga.

- Relación (Δ/Lwl)

Es un parámetro adimensional. Este es probablemente el factor de evaluación más relevante. Números bajos (resultado de peso ligero y líneas de agua estrechas) se asocian con rendimiento alto. En los cruceros este parámetro está comprendido entre 200 y 300.

Muchos diseños regateros están debajo del 100. La tendencia general para diseños nuevos es disminuir esta relación a favor de rendimientos más altos.

La consecuencia negativa es que el barco mostrará más movimiento en mar agitado o tormenta. Esto requiere una atención constante para gobernar el barco y trimar las velas, con el resultado de la fatiga de la tripulación.

La relación es la siguiente:
$$\frac{\Delta / 2240}{(0.01 \times Lwl)^3}$$

- Relación (SA/Δ)

Es un parámetro adimensional. Al multiplicar el desplazamiento en toneladas por “64” convierte al desplazamiento en pies cúbicos. Esto es básicamente una relación de la potencia contra el peso, usando el área de la mayor y el del génova. La mayoría de los diseños monocascos varían entre 16 y 18. Los regateros pueden ser mucho más alto. Esta relación es independiente de la eslora del barco.

La relación es la siguiente:
$$\frac{SA}{(\Delta/64)^{2/3}}$$

- Relación Momentos de Inercia (M. de I.)

Es un termino empírico simple desarrollado por SNAME para los análisis de la regata Fastnet. Valores altos resisten las fuerzas de balanceo. El momento de inercia es muy sensible a que distancia están los artículos del centro de gravedad. Un aparejo pesado puede aumentar considerablemente el momento de inercia influyendo muy poco en el desplazamiento.

La relación es la siguiente:
$$\frac{\Delta^{1.744}}{35.5}$$

- Relación Factor de comodidad (F.C.)

Es un término empírico desarrollado por el diseñador de yates Ted Brewer. Números altos indican un movimiento más suave, más confortable en la mar. La ecuación favorece barcos pesados con lanzamiento y una manga estrecha. Todo esto son factores que disminuyen la respuesta del barco en olas violentas. Un valor de 30 a 40 es un crucero intermedio. Diseño de regata pueden ser menores de 20. Este factor está relacionado con Loa, barcos mayores tienen un factor de comodidad más alto, y es lineal en respecto con el periodo de balanceo.

La relación es la siguiente:
$$\frac{\Delta}{65(7Lwl + 3Loa)xB^{4/3}}$$

- Relación Riesgo de vuelco (R.V.)

Es un parámetro adimensional. Un factor empírico de la USYRU después de un análisis de la regata FATNET 1979. El estudio fue organizado por la sociedad de arquitectos navales e ingenieros marinos (SNAME). Ellos llegaron a la conclusión que barcos con valores mayores que 2 no tendrían que competir en regatas oceánicas. Valores menores que 2 son “bueno”. La fórmula penalizada a los barcos con una manga grande por su estabilidad invertida alta, y barcos ligeros por sus respuestas violentas a olas grandes. Estos dos factores son muy importantes durante tormentas violentas. Esta relación no nos indica o mide la estabilidad estática. Algunos cruceros costeros modernos y muchos diseños regateros tienen problemas en reunir este criterio. Una nota interesante, los estudios concluyeron que la estabilidad estática es relativamente no importante en predecir el vuelco dinámico. Manga y peso eran factores mucho más importantes.

Barcos anchos dan a las olas un brazo más largo para empezar el balanceo, y barcos ligeros requieren menos energía para el balanceo, los dos son atributos no deseados en una embarcación de crucero.

La relación es la siguiente:
$$\frac{B}{(\Delta/9 \times 64)^{1/3}}$$

- Relación Periodo de balanceo (P.B.)

El periodo de balanceo está basado en el momento de inercia, eslora de flotación y la manga. El período de un barco de vela, en segundo, es inversamente proporcional a su estabilidad. Barcos sensibles tienen periodos largos mientras que los barcos rígidos tienen periodos cortos. El periodo de balanceo es muy fácil para determinar, simplemente hay que agarrar una cruceta y empujar/tirar de ella hasta que el barco se incline unos grados. Entonces hay que medir el tiempo que tarda en hacer 10 ciclos completos, y se divide el resultado entre 10. La regla general es que los barcos con periodos menores de 4 segundos son rígidos y periodos mayores de 8 significan un barco sensible. El periodo de balanceo está relacionado con la eslora total y muy relacionado con el factor de comodidad.

La relación es la siguiente:
$$\frac{6,28(\Delta^{1.744} / 35.5)}{[82.43Lwl(0,82B)^3]^5}$$

- Relación Aceleración de balanceo (A.B.)

En el libro de Marchaj SEAWORTHINESS, THE FORGOTTEN FACTOR, tema 4, “Boat Motions in a Seaway”. El autor presenta una gráfica de aceleración de balanceo (en G) en relación con cuatro estados fisiológicos: imperceptible, tolerable, Threshlod of Malasie e intolerante. Malaise comienza a 1G, intolerante comienza a 0.18g. Pasar mucho tiempo bajo estos niveles de aceleración reduce la efectividad física y la habilidad de decisión a causa de privación de dormir. El termino “radio” asume una litera fuera del dentro de crujía, localizada a 1,5 pies de ella. El ángulo de balanceo se asume que es 10 grados. Niveles de G sobre 0,06 se consideraron no deseados para condiciones de cruceros. Varios diseños ligeros y de alta manga tiene el nivel de G sobre 0,4 definitivamente “intolerable” para cualquier periodo de tiempo.

La relación es la siguiente:
$$\frac{(6,28/T)^2(3.14\alpha/180)xRadio}{32.2}$$

- Relación Periodo de balanceo/manga (Per/B)

Esto es una expresión adimensional que esta relacionada con la relación Δ/Lwl y con el factor de comodidad. “T” es el periodo (segundos), g es la constante gravitatoria(32.2 pies/seg²) y la manga es en pies.

La relación es la siguiente:
$$\left(\frac{G}{B}\right)^5 xT$$

- Velocidad del casco (V_{casco})

Dimensiones de velocidad. Deriva de la aceleración de una ola bajo fuerzas de gravedad, generalmente contemplando como la velocidad práctica más alta para un barco de desplazamiento asumiendo una potencia razonable (2-3 hp por tonelada). Cuando aumenta la velocidad del barco la ola que crea crece, creando una depresión que se desplaza hacia popa.

A la velocidad del casco, la depresión va a ser tan amplia como la eslora de la flotación, creando un agujero en el que cabe el barco a lo justo. Una cantidad enorme de potencia (50-100 hp/ton) se requerirá para salir de este agujero y cambiar a velocidades más altas (planear)

Barcos como un “overhang” (la diferencia entre Loa y Lwl) grande van aparecer más largos cuando se instalan en la depresión, y tener una velocidad de casco ligeramente mayor que su Lwl indicaría. El tipo de quilla, la forma de la carena, la escora y la superficie mojada van a efectuar los requerimientos de potencia para una velocidad en concreto, pero no tiene que ver nada con la velocidad del casco propia.

La velocidad del casco es $V_{casco}=1.34 \times Lwl^5$

2.3. Resumen de las medidas preliminares de buque base.-

Con esto ya se han obtenidos las medidas principales del buque, que son las que se recogen en la tabla siguiente. Con estas medidas se puede elaborar una disposición general preliminar. Se va a introducir un pequeña modificación en la eslora en la flotación para conseguir el perfil deseado, por lo que las dimensiones del nuevo buque serán:

Concepto	Valores Intermedios	Datos Diseño
Eslora total (Loa)	13,0 m - 14,9 m	14,00 m
Eslora en la flotación (Lwl)	8,80 m - 13,5 m	12,00 m
Manga máxima (B)	3,60 m - 4,90 m	4,20 m
Calado máximo (T)	1,20 m - 2,80 m	2,20 m
Calado en el casco (Tc)	0,51 m - 0,96 m	0,45 m
Desplazamiento rosca (Δr)	3175 Kg - 19000 Kg	10500 Kg
Lastre	2394 Kg - 8119 Kg	4200 Kg
S.V. ceñida (SA)	51 m ² - 137 m ²	98,630 m ²
Potencia (Hp)	23 Hp - 93 Hp	75 Hp
Capacidad de combustible	160 L - 910 L	300 L
Capacidad agua	300 L - 1000 L	500 L
Nº Pasajeros	4 Per - 12 Per	6 P
Superficie mojada (Sm)	32000 - 46000	43,562 m ²
Número de Froude (Fn)	0,35 - 0,40	0,357
Posición centro carena (LCB)	4,6 m - 6,2 m	5,270 m
Coefficiente prismático (Cp)	0,52 - 0,59	0,565
Desplazamiento de diseño (Δd)	12500	12500 Kg
Francobordo de proa (FBpr)	1,5	1,374 m
Vcasco (Nudos)	7,22 - 9,08	7,523 nudos

2.4. Elección de la alternativa más favorable

En este apartado a partir del buque base elegido, con sus dimensiones principales obtenidas a partir de las regresiones y criterios expuestos anteriormente, se van a estudiar diferentes alternativas o modificaciones para ver cual es la más favorable, en base a la elección de una Cifra de Mérito, y al análisis de la variación de esta en cada una de las alternativas, de forma que la más favorable será aquella en la que la cifra de mérito tenga un valor óptimo.

La cifra de mérito son funciones o ecuaciones usadas para evaluar la bondad de un diseño. Pueden ser categorías subjetivas, o ser analíticas.

La Cifra de Mérito apropiada depende del tipo de buque. En algunos casos la medida de la Cifra de Mérito es obvia, como por ejemplo para un ferry de pasaje, donde el objetivo es maximizar, o minimizar el coste requerido por pasajero. En otros casos, como en embarcaciones de recreo, la Cifra de Mérito es vaga y subjetiva.

En este caso, la cifra de mérito que se va a escoger para la selección de la alternativa más favorable va a ser la Resistencia al avance a la velocidad de crucero, de manera que se buscará la combinación de parámetros y dimensiones del buque que producen la menor resistencia para una velocidad de 8 Kn.

Planta propulsora más ajustada.

Menor resistencia al avance → Mayor economía → Menor consumo.

Mayor autonomía.

El comportamiento de un barco de vela implica el equilibrio de un gran número de fuerzas y momentos en seis grados de libertad, todos ellos afectándose unos a otros, y que además dependen de la velocidad y dirección del viento, y también de la velocidad del barco.

Por tanto la predicción de resistencia difiere de la que se puede hacer en un barco a motor, en donde basta predecir la resistencia del casco a través del agua en una condición del buque adrizado.

Sin embargo, por no disponer de los medios necesarios para realizar el estudio, se va a estudiar la resistencia del buque en navegación vertical, sin escora y sin vela.

La optimización del diseño implicaría:

La optimización del casco.

Optimización de las velas

Optimización de Apendices.

En el siguiente apartado se presenta un análisis básico de la variación del comportamiento del crucero navegando a vela, al variar los parámetros básicos de diseño. Esto sería la base para una optimización del diseño a vela.

En este caso sólo se van a optimizar los parámetros del casco para una velocidad de crucero de 8 nudos, que es la velocidad en condiciones de servicio a motor.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA CARENA

3. Diseño de la carena.-

3.1. Introducción.-

El diseño de la carena se hace con relación a los valores obtenidos en el apartado de estadística. Los valores que se han tenido en cuenta como determinantes para las formas de la carena han sido las necesidades de espacio, necesitando una mayor manga y eslora en la flotación, y en zona como la de proa con unas formas más gruesas para dar cabida a los servicios en cada banda siendo unos de ellos de mayores dimensiones que lo habitual, por lo que comparando este barco con otros similares de iguales dimensiones, se aprecia que tiene formas más llenas y con un francobordo superior.

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

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

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

Otro punto importante es dar cabida al mayor equipo posible en el fondo y en los costados debido a la imposibilidad de tener cabida en la sala de máquina o zona anexa, y en el pique de proa dar cabida al equipo de la hélice de proa.

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

3.2. Superficie mojada.-

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

Podría decirse que la superficie mojada de un barco depende directamente de las dimensiones principales del mismo; es decir, cuanto mayor sea la eslora, la manga, el calado, etc... mayor será el valor de esta superficie mojada. Del mismo modo, este aumento de la superficie mojada de la embarcación conlleva un aumento en la resistencia al avance del barco; en concreto, en la resistencia por fricción (R_f), que puede alcanzar del 80 al 85% de la resistencia total (R_t) en barcos lentos, y del orden del 50% en buques rápidos.

Todo esto está también directamente relacionado con las formas de la carena, y con el valor del coeficiente prismático (C_p) que el barco tenga. Gracias al valor de este coeficiente prismático podremos conocer, en cierta medida, si el barco tendrá formas más o menos llenas. En nuestro caso, al tratarse de una embarcación más de desplazamiento, intentaré reducir en la medida de las posibilidades el valor de esta superficie mojada, ya que al moverse a velocidades más lentas, el valor de la resistencia por fricción tiende a aumentar haciéndose crítico, mientras que el de la resistencia por formación de olas no se ve afectado por esta situación tan directamente.

Tomando como referencia la relación S_v/S_m (Obtenida del estudio realizado por Larsson) que toma como intervalo de valores estándar entre 2 y 2,5 deducimos que, cuanto menor sea el valor de esta relación, tendremos como resultado una superficie mojada del barco mayor y viceversa, de modo que, intentaremos tomar un valor lo más cercano posible a 2,5 que nos ayude a optimizar el valor de la superficie mojada del barco.

Como anteriormente mencioné, sería interesante tomar un valor lo más ajustado posible de superficie mojada para así reducir al máximo el valor de la resistencia por fricción, así que, teniendo en cuenta los sencillos cálculos realizados y la posibilidad de mejora en el rendimiento de la carena que conllevaría una reducción en el superficie mojada, tomaré como valor para esta superficie 45.562 m^2

3.3. Número de Froude (Fn).-

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

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

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

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

Habrá que tener en cuenta en la elecci3n del número de Froude del barco, que este valor influirá directamente en otros importantes parámetros de diseño, tales como la velocidad de diseño, el coeficiente prismático, y la posici3n longitudinal del centro de carena.

Una vez dicho esto, y sabiendo que esta embarcaci3n tendrá un desplazamiento considerable que la haga más estable, y navegará en régimen de desplazamiento, tendrá un valor preliminar aproximado para el numero de Froude de 0.357

3.4. Posici3n longitudinal del centro de carena (LCB).-

El centro de carena es el punto de aplicaci3n del vector empuje del cuerpo que flote en un fluido, y coincide con el centro de gravedad geométrico del volumen sumergido 3 carena. La posici3n del centro de carena en flotaciones paralelas a la línea base (flotaciones hidrostática) se determina por las distancias a la quilla (K_c), a la maestra (Φ), y el plano de crujía (LC). Cuando el barco se inclina longitudinal 3 transversalmente, el centro de carena cambia de posici3n, al cambiar la forma de la carena sumergida, desplazándose hacia la banda a la que está inclinado el buque.

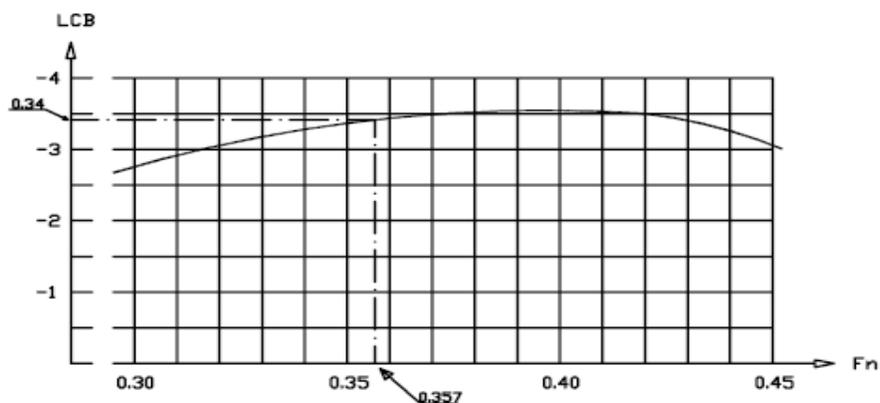
La posici3n longitudinal del centro de carena influirá en la resistencia de presi3n de origen viscoso (R_{pov}), por formaci3n de olas, y en la resistencia residual. En la primera de estas resistencias, una situaci3n más a proa del centro de carena reducir  considerablemente el valor de esta, aunque conllevará un aumento de la segunda de estas resistencias; así que habrá considerar la velocidad de diseño ($V_{diseño}$) de la embarcaci3n para estudiar cuál tendrémos que reducir para mejorar su rendimiento final.

Por otra parte, la forma de la carena a lo largo de la embarcaci3n así como distribuci3n de volúmenes, afectará al tren de olas generado y a la resistencia por formaci3n de olas; o sea, el coeficiente prismático y la posici3n del centro de carena afectara a esta resistencia.

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

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

Mediante estas tablas, y previo cálculo del número de Froude del barco, podremos conocer un intervalo razonable para el valor de este parámetro. Sabiendo que régimen de navegación de esta embarcación será más cercano al desplazamiento que al planeo, podemos deducir que su número de Froude oscilará más bien entre 0.40 y 0.45 de modo que, entrando en las tablas con estos valores obtendremos un intervalo de valores para la posición longitudinal del centro de carena que oscilará entre 3,1 y 3,6%.



Una vez dicho esto, tomaré como valor porcentual preliminar para la posición longitudinal del centro de carena un 3,4% a popa de la sección maestra, representando este valor la distancia desde la sección donde se encuentra el centro de carena hasta la sección maestra, en porcentaje en la eslora en la flotación.

3.5. Coeficiente prismático.-

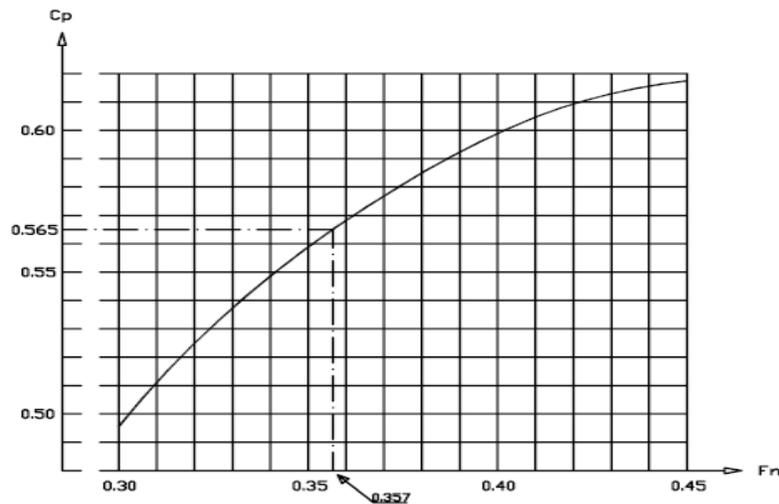
Es uno de los coeficientes adimensionales de la carena, toma valores mayores que cero y menores que uno, y nos da una idea sobre la distribución de las formas del barco. Nos muestra la relación entre el volumen de carena de la embarcación y un prisma circunscrito que tuviera como base el área de la sección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

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

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

El coeficiente prismático indica la distribución del volumen de la obra viva a lo largo de la eslora del casco. El rendimiento en apopada de un yate con un C_p alto va a ser normalmente bueno gracias a su voluminosidad, que se encontrará especialmente en las zonas de proa y popa. El volumen genera una fuerza de empuje mayor que ayuda al yate a surfear. Un C_p bajo indica generalmente un rendimiento bueno en ceñida gracias a su entrada fina. Efectos negativos de un C_p alto son que aumenta la superficie mojada, lo cual aumenta la resistencia de fricción.

Con lo cual un C_p bajo será deseado con vientos flojos. Volumen alto también aumenta la resistencia añadida en olas. Cómo se ve, encontrar el valor óptimo del C_p es un problema complejo. El estudio efectuado por Hoglund nos puede ayudar, este consistió en introducir varios cascos en un programa VPP (Velocity prediction program), donde todos los parámetros del casco se han mantenido constante y sólo se ha variado al C_p desde 0.52 hasta 0.59. Los vientos utilizados son los más probables en nuestra área de operación. Al final se ha realizado una grafica C_p/n° de Froude.



Como se puede apreciar de la grafica, un C_p pequeño es deseable en vientos ligero, y C_p altos son requeridos al final del rango. En nuestro caso hemos seleccionado un C_p de 0.56 porque este valor nos proporcionará un rendimiento bueno en general.

3.6. Desplazamiento de diseño.-

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

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

El desplazamiento total de la embarcación se obtiene al sumarle al desplazamiento en rosca de 11.000 kg, 100 kg por persona (en concepto de equipaje y pertrechos), el peso del equipo de salvamento (otros 100 Kg aproximadamente) y el peso del agua y el combustible (900 y 560 Kg respectivamente), y su valor es de 12.560 Kg

De este modo, y tomando un valor intermedio entre el desplazamiento en rosca y el desplazamiento total, elijo como valor para el desplazamiento de diseño

Una vez elegido este desplazamiento de diseño, calculamos el desplazamiento del casco sin orza restándole al anterior el desplazamiento de la orza (que obtenemos mediante el peso del lastre y la densidad del plomo, material utilizado como lastre por su alta densidad). En conclusión obtengo como valor para el desplazamiento del casco sin orza de 8300 kg.

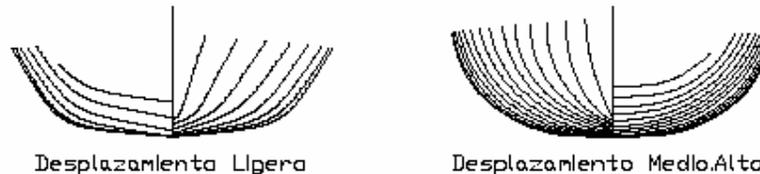
3.7. Tipo de carena.-

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

Como mencionamos anteriormente, quiero que este barco tenga un desplazamiento importante, que le de una buena estabilidad inicial por pesos unida a una considerable amplitud en los trayectos, aunque siempre manteniendo un cierto compromiso con la estilización de las formas, que permita el disfrute de una velocidad razonable.

Esto, unido a un régimen de navegación más cercano al desplazamiento que al planeo, conlleva un valor para el número de Froude cercano a 0,30, y un coeficiente de bloque importante que corrobore la amplitud de interiores anteriormente mencionada, así como una posición longitudinal del centro de carena que, en la medida de las posibilidades, reduzca al máximo las resistencias.

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



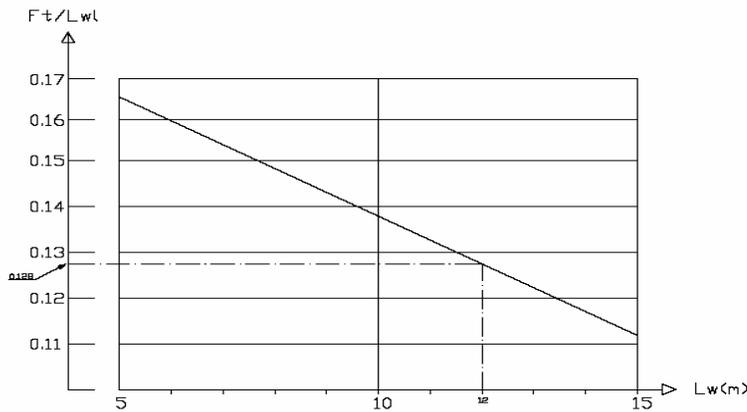
3.8. Francobordo en proa.-

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

El señor Larsson pone a nuestra disposición una gráfica que nos relaciona la eslora en la flotación con la relación francobordo en proa / eslora de flotación (Ff/Lwl).

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

Entrando en la grafica anteriormente mencionada con un valor para la eslora en la flotación igual a 12 metros, obtendremos un valor de 0,125 para la relación de Ff/Lwl de modo que, como valor preliminar para el francobordo en proa obtendremos 1,512 metros.



Para completar este apartado, he adjuntado el plano de formas en el apéndice 2. Para la obtención de dicho plano he utilizado el programa de Autodesk AutoCAD 2004.

Mediante el citado programa, podemos obtener las formas de la carena de la embarcación, normalmente partiendo de un modelo lo suficientemente parecido, así como las formas también, tanto de la orza como del timón. Es una versión que nos permite diseño de formas con el cálculo adjunto de las curvas hidrostáticas, pero solo de una forma aproximada, de modo que nos facilita mucho la tarea de mantener el compromiso entre las formas estilizadas y una resistencia lo más pequeña posible, siempre intentando cuadrar parámetros tan importantes como el desplazamiento, el volumen de carena... con los valores obtenidos anteriormente en el dimensionamiento preliminar.

Como resultado de este apartado, podemos contemplar el anteriormente citado plano de formas con las respectivas tablas referidas a las dimensiones principales del barco, así como los espaciados entre las distintas secciones longitudinales, transversales y líneas de aguas.

CAPITULO IV

DISEÑO DEL PLANO VÉLICO Y APAREJOS DEL PALO

4. Diseño del plano vélico y aparejos del palo.-

4.1. Introducción.-

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

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

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

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

La fuerza aerodinámica se descompone en una fuerza lateral y otra propulsora, de modo que, la capacidad de generar energía de sustentación de un perfil dependerá por tanto de la relación entre la fuerza de sustentación y la resistencia (L/D).

La resultante de estas dos fuerzas nos va a definir la fuerza propulsora que podemos obtener, así como la fuerza lateral, que será responsable de la deriva ó abatimiento, y de la escora de la embarcación. A la hora de estudiar la superficie vélica necesaria, se utiliza concepto de superficie vélica cuando se navega en rumbos cerrados. Para la estandarización de dicho parámetros y para poder comparar distintas embarcaciones, se utiliza como superficie vélica proyectada la suma de la superficie de la mayor y la superficie de la vela de proa.

4.2 Tipo de aparejo.-

Hay muchas maneras diferentes elecciones para la configuración del aparejo. Muchos pueden ser ignorados por el estilo diferente entre aparejos y casco, p.e. gaff etc. Otros no se van a considerar porque son demasiados complicados para un yate de las dimensiones del Dora 45, p.e. ketches etc. Con lo cual la elección del aparejo se ha reducido a los diferentes tipos de aparejos modernos de palo simple. Mirando los yates existentes, se puede considerar al sloop como el único aparejo apropiado para un crucero familiar de 45 pies.

Además hay que escoger entre aparejo a tope (mayor de pujamen relativamente corto y una vela a proa de gran superficie) o fraccional (pequeña superficie de la vela de proa y mayor longitud del batidero de la mayor). Existiendo las siguientes ventajas e inconvenientes.

Sloop a tope

Ventajas:

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

Inconvenientes:

- Un buen vestuario de velas de proa. No obstante esta hecho y a pesar del peor corte que adquiere el génova, se ha solucionado en gran parte gracias al auxilio de los enrolladores.
- Difícil manipulación del trapo de proa, sobre todo con vientos duros. El tamaño del spinnaker dificulta su empleo en condiciones de fuerte viento y mar.

Sloop fraccionado

Ventaja:

- Al disponer de velas de proa de inferior superficie que las empleadas con aparejo a tope, se facilita el laboreo de las mismas, requiriendo un menor espacio de estiba y trabajo.
- Por la mayor facilidad en la manipulación de las velas permite navegar con una tripulación menor que la requerida en un aparejo a tope.
- El spinaker es menor que el del aparejo a tope y, por lo tanto, es de más fácil manejo con vientos duros.

Inconvenientes:

- La dificultad de mantener el stay de proa tenso requiere una jarcia firme más complicada y, por esta razón un trimado más arduo. De otro modo la capacidad de ceñida se ve disminuida respecto a las embarcaciones a tope.
- Debido a la gran superficie de la mayor ésta se debe rezar, en igualdad de circunstancias, antes en el fraccionado que en el aparejo a tope. Ello comporta una pérdida de prestaciones al modificar su corte.

Ya que para nuestro diseño es muy importante que el barco sea lo más fácil posible de llevar, definitivamente es mejor para nuestros clientes un aparejo sloop a tope.

4.3 Distribución de la superficie vélica.-

La posición de las velas está limitada por la posición de su centro de presión y del palo a lo largo de la eslora. La altura del centro de presión influye directamente en el ángulo de Dellenbaugh (indicador de la estabilidad transversal del barco). La posición longitudinal del centro de presión influye en el rendimiento general del barco: ángulo de ataque, resistencia hidrodinámica... La posición del palo limita la dimensión del foque (J). Para colocar el mástil se parte de la regla general sugerida por Stephenn Ditmores situándolo al 40% de la eslora de flotación. Además, la posición de la botavara también limita la longitud máxima del pujamen de la mayor (E), puesto que afecta directamente a la bañera y posición del timonel.

La expresión que nos ayude a obtener el centro de presión de la vela (C.P.V.) es la siguiente: $a = l / (A_f / A_m + 1)$ donde;

- a es la distancia entre en C.P.V. y el centro de presión de la mayor.
- l es la distancia entre los centros de presión de la mayor y del foque.
- A_m es el área de la mayor
- A_f es el área del foque.

El reparto de la vela varía según las marcas y tipos de barcos teniendo los valores:

Sv mayor: 50-60% Sv total Sv proa: 45-50% Sv total

La superficie vélica, Sv es igual Sv proa + Sv mayor siendo

$$Sv \text{ proa} = 0.5 \cdot I \cdot J \qquad Sv \text{ mayor} = 0.5 \cdot P \cdot E$$

El triangulo de proa, los valores J y I se definen de la siguiente forma:

J es la base del triangulo de proa de cualquier embarcación, movido horizontalmente desde la cara exterior del mástil, hasta la parte media del anclaje del fore-stay

I es la altura del triangulo de proa, medida a lo largo de la cara exterior del mástil, desde la cubierta hasta la mitad del anclaje del fore-stay

El triangulo de la mayor, los valores P y E se definen de la siguiente forma:

P es la altura de la vela mayor, medida desde la botavara hasta su tope sobre la cara exterior del mástil.

E es la longitud de la mayor medida sobre la batavara, desde su punto de anclaje en amura hasta su tope en escota

Obtenemos una relación de barcos con sus valores de área vélica con sus correspondientes esloras que a continuación os detallamos en la siguiente tabla:

Modelos de Barcos	Loa	I	J	E	P
Oceanic 461	13,760	15,044	4,770	4,449	13,760
Bavaria 47 Ocean	13,95	13,576	4,588	4,868	14,044
J46	14,020	17,810	5,040	6,070	16,310
Sun Odtsey 452	14,150	15,600	4.9	5,00	14,040
North Wind 47	14,335	16,426	5,575	4,579	15,530
J45	14,640	19,200	5.490	6.250	17,750
Bavaria 47	14,650	13,576	4.588	4.868	16,571
Bavaria 50	19,980	19,698	6,134	5,072	17,929

Con esta tabla obtenemos los valores I, J, E, P directamente proporcional con la eslora del barco, haciendo una media con cada unos de ellos, obtenemos los siguientes valores:

$$I=1.14 \cdot \text{Loa} \quad J=0.3584 \cdot \text{Loa} \quad E=0.3594 \cdot \text{Loa} \quad P=1.097 \cdot \text{Loa}$$

Los valores obtenidos son los siguientes:

$$I=16.9 \quad J=5.97 \quad E=6 \quad P=15.05$$

$$S_v \text{ mayor} = 0.5 \cdot P \cdot E = 0.5 \cdot 15.05 \cdot 6 = 45.15$$

$$S_v \text{ proa} = 0.5 \cdot J \cdot I = 0.5 \cdot 16.9 \cdot 5.97 = 50.45$$

$$S_{vt} = 45.15 + 50.45 = 95.59 \text{ m}^2 \rightarrow S_{vt} = 45.15 + 75.67 = 120.82 \text{ m}^2$$

$$a = 1 / (A_f / A_m + 1) = 3.34 / (38.62 / 40.01 + 1) = 1.76 \text{ mts}$$

$$l = 3.34 \text{ mts}$$

$$\text{Altura del C.P.V (HA)} = 8.6 \text{ mtrs.}$$

A partir de estas medidas, se ha estimado la superficie de algunas velas, a continuación se muestra tales superficies:

$$\text{Agénova (150\%)} = 75.67 \text{ m}^2$$

$$\text{Aspnaaker} = 148 \text{ m}^2$$

Conocida la distribución de la superficie vélica y el francobordo, se pueden calcular las dimensiones de la jarcia, es decir, crucetas, estay, backstay, obenques,, obenquillos, botabaras,...

4.4. Área de la superficie vélica.-

Anteriormente, en la obtención de las dimensiones principales, se ha determinado que el área de la superficie de la vela es de 98.63 m^2 .

Para tener una idea del comportamiento del velero se debe recurrir al ángulo de Dellenbaugh. Este método nos dice cuál será la escora de la embarcación navegando de ceñida con un viento de 8 m/sg. El ángulo de Dellenbaugh depende de la superficie de la vela (Svt), la altura metacéntrica, GM, y el brazo escorante(HA). Por brazo escorante se entiende la altura vertical comprendida entre el centro de presión sobre la vela y el centro de resistencia lateral de la obra viva.

Además, con el valor de este ángulo podremos saber si la estabilidad de la embarcación que se trate será Blanda (con poca estabilidad en relación a la superficie vélica que el barco posee, lo que conlleva que escora más fácilmente), o Dura (una estabilidad más grande en relación a su superficie vélica, que ayudará a que no escore tan fácilmente).

El valor del Ángulo de Dellenbaugh viene representado en una gráfica de la que podemos obtener el tipo de estabilidad que nuestra embarcación tendrá introduciendo como dato la eslora en flotación del barco en cuestión.

La fórmula para obtener el Ángulo de Dellenbaugh es la siguiente:

$$Da = 279 (As \cdot HA) / (\Delta \cdot GM)$$

Donde:

As es la superficie de la vela (m^2)

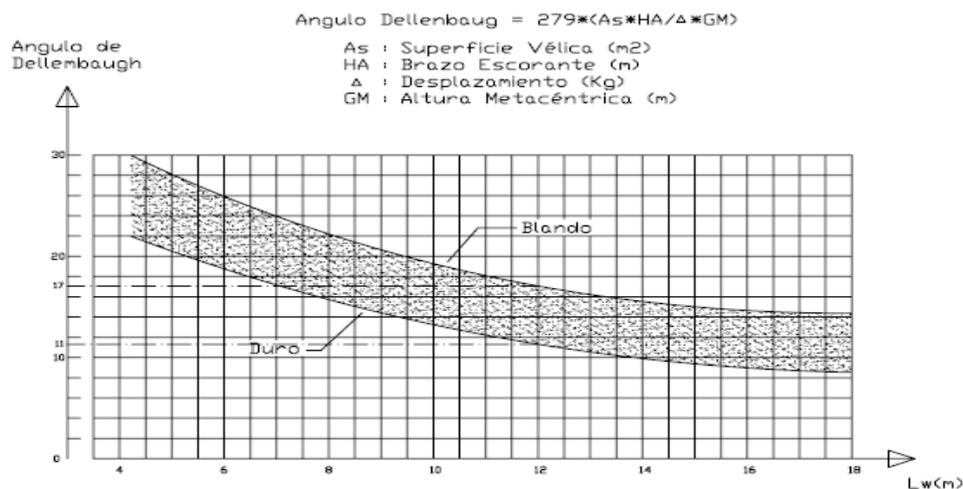
Ha es el brazo escorante (m)

Δ es el desplazamiento (Kg)

GM es la altura metacéntrica (m)

En la siguiente gráfica, se hace un estudio estadístico con diferentes barcos, pudiendo ver para una eslora dada, la escora recomendable, y donde se encuentran los barcos de estabilidad más blanda o dura.

A la hora de determinar la superficie de la vela de un diseño nuevo, hay que tener en cuenta las características metereológicas de la zona por la que principalmente navegará el velero. Bien por falta o por exceso de viento que impere en la zona, nos podemos salir de la zona considerada como normal. Si en la zona de navegación predominan vientos suaves podremos dotar de mayor superficie de la vela a la recomendada, si predominan vientos fuertes pondremos menor superficie de la vela.



En este caso, e introduciendo como dato nuestra eslora en la flotación de 12m, obtendremos un intervalo para el valor del ángulo que oscila entre 11 (como valor para la estabilidad más dura) y 17 (valor para la estabilidad más blanda). Como ésta embarcación tiene características más de crucero y se busca una estabilidad considerable en función de su superficie vélica, utilizaremos como valor para este ángulo el propio 11, y teniendo en cuenta que la superficie vélica es 120.82 m^2 , el desplazamiento de diseño es 12500 y la altura metacéntrica (obtenida de la tabla de hidrostática del programa de Maxsurf durante el proceso de diseño de la carena) toma un valor de 1.89 (tras tomar como valor para la altura del centro de gravedad 0.06 m), obtendremos el Brazo Escorante (HA) de 8.6 m.

A continuación cotejamos mediante la fórmula dicho ángulo, los datos son:

- $A_s = 78,63 \text{ m}$
- $HA = 8.6 \text{ m}$
- $\Delta = 12.580 \text{ kg}$
- $GM = 1.89 \text{ m}$

Tendremos siempre en cuenta que, según el método del profesor K. Nomoto (Válido para embarcaciones con perfiles hidrodinámicos), para ubicar el centro de resistencia lateral tendremos que prolongar la línea que une las cuerdas de la orza hasta la flotación, y ubicarlo en dicha línea a un 40% del calado total; por lo que, este centro de resistencia lateral se encontrará a unos 1.3 m bajo la línea de flotación, y el centro de presión vélica se encontrará a una altura de 7.36 m sobre esta línea de flotación.

Para concluir con este apartado, diré que son dignas de mención un par de relaciones obtenidas de los estudios realizados por Larsson en su base de datos; Estas son, la relación entre la superficie vélica y la superficie mojada (SV/Sm), y entre la superficie vélica y el desplazamiento de la embarcación (SV/ Δ d).

La primera de ellas nos da una idea sobre la velocidad aproximada que la embarcación puede alcanzar con una situación de viento flojo, ya que la superficie mojada del barco es el parámetro más importante en la resistencia viscosa cuando se da este tipo de situaciones.

El valor de esta situación suele oscilar entre 2(para barcos lentos) y 2,5(caso de embarcaciones más rápidas), aunque insisto en que esta relación es solo aplicable en el caso en que se den vientos flojos.

En el caso que nos ocupa y sabiendo que la superficie vélica toma un valor de 120.82 m^2 , y el valor de la superficie mojada es 43.562 m^2 , esta relación toma un valor cercano a 77. 25 con lo que se intenta mantener un cierto compromiso entre formas y velocidad.

La segunda de estas relaciones nos marcará la capacidad propulsora de la embarcación y nos determinara, en cierta manera, su velocidad máxima. Los valores de esta relación varían entre 15 (para barcos lentos) y 22 (caso de embarcaciones más rápidas), tomando como valor medio el 19. En nuestro caso, se intentara que esta relación tome un valor lo más cercano posible a 19, ya que no se espera un rendimiento excesivamente grande de la velocidad del barco.

S.V. total:	120,82	J:	5.97
S.V. mayor:	45,15	P:	15.05
S.V. proa:	50,45	GM:	1.89
E:	6	KG:	1.20
I:	16.9	HA:	8.6

4.5. Funcionamiento del aparejo a tope y propiedades.-

La estabilidad de un velero en parte depende de las cargas aplicadas a la jarcia. Cuando se navega en ceñida, con las velas bien trimadas, las fuerzas laterales en las velas provocan una escora determinada.

Un monocasco típico alcanza una escora optimizada de 20-30°, dependiendo de las formas del casco. Los catamaranes alcanzan su máxima estabilidad justo en el momento en que el casco de barlovento despega del agua.

Estas fuerzas laterales, determinantes del RM (righting moment o momento de inercia) se transmiten a la jarcia a través de la mayor y el génova.

Las fuerzas laterales y la de la escota de génova provocan una curvatura en el stay, tal curvatura se disminuye aumentando la tensión del stay, creada a su vez por la escota de la mayor, el backstay o las burdas.

La curvatura del stay depende de muchos factores, entre ellos, la forma de la vela y la rigidez del barco, lo cual es un 1.2% de flecha de la curvatura (como porcentaje de la longitud del estay). Disminuir esta flecha a base de tensión, deja de ser aceptable en términos de mayor peso y coste.

La elección del diámetro del stay influye bastante en el resto del diseño, dado que es uno de los mayores contribuyentes a la compresión del mástil.

1. La compresión del mástil.-

La resistencia del mástil a la compresión viene determinada por el número de cruceta, sección del mástil y material a emplear. Una vez elegido el material, se deben escoger el número de crucetas y la sección del mástil. Para ello, debe tenerse en cuenta que menos cruceta implican paneles más largos, y paneles más largos obligan a elegir una sección con mayor rigidez lateral para prevenir el pandeo entre crucetas (formulas de Euler).

Conocida la compresión, número de crucetas y material, la sección requerida (mayormente el ancho) se obtiene mediante una fórmula. Se trata de un proceso interactivo, basado en la rigidez proa-popa.

2. La rigidez proa-popa.-

Los mástiles curvan por muchas razones, y la curva puede ser controlada de varias maneras: tensión de escota de mayor, backstay, burda baja, crucetas atrasadas, jarcia pretensaza, burdas, posición de las carlingas, etc. Aunque es verdad que a mayor número de crucetas resulta más laborioso obtener la forma óptima; con tantos puntos de control las puestas a punto pueden ser infinitas.

La tendencia de un plano a curvar, en un cierto modo, depende de la geometría global proa-popa. Veremos aparejos de la tensión de la escota de mayor y del stay son resultado directo del momento de inercia. Por tanto, conocer el momento de inercia exacto es uno de los primeros pasos en el proceso de diseño.

a) fraccionado con cruceta en línea.

Amarrado, el aparejo FCL apenas tiene una tendencia a curvar a proa-popa, cuando la precompresión se aplica (hidráulico de base de mástil).

Amarrado, el mástil no curvará proa-popa si los asientos de obenques, toque de crucetas, landas, carlingas y fognadura pasan todos por si mismo plano y a través del plano neutro de la sección.

Si el stay está sin tensar (amarrado), cuando se repica la burda para dar tensión al stay, aparece una “precurva” en el mástil. Por supuesto, se puede cambiar la caída proa-popa para que la poca tensión del stay disminuya o resulte nula, ello es posible con una precompresión generada mediante un hidráulico en la base del mástil.

Amarrado, vamos a asumir que el mástil está recto, y el stay apenas tensado, ¿qué pasa si aplicamos tensión a la burda. El proel comienza a estirarse y el mástil empieza a curvar apoyándose en la fognadura y dando una curva positiva al mástil.

En navegación y con esta puesta a punto, las únicas fuerzas adicionales que afectan a la curva del mástil son la tensión de la escota de mayor, la curvatura por compresión (drizas) y la burda baja.

Para este aparejo, la tensión de la escota de la mayor es la que más contribuye a la curvatura del palo. La escota de mayor debe ser trimada lo suficiente para reducir la caída de la baluma, y conseguir que la vela trabaje eficientemente.

Esto es muy similar a la caída del stay, donde las fuerzas laterales en la mayor causan que la baluma caiga a sotavento. Dicha caída se reduce a través de la tensión en la escota. La mayor parte de esta tensión va al tope del mástil, contribuyendo de modo significativo a su curvatura.

La longitud del mástil por encima del arraigo del stay es variable: en un Copa América es del 20%, en IMS oscila entre 14% y 16%. Cuanto mayor es la longitud del fraccionado, mayor es la tendencia a curvar.

La curvatura por compresión es simple; a mayor compresión, mayor curvatura. Las burdas bajas restringen la curva positiva, permitiendo un ajuste preciso y restringiendo cualquier curva dinámica. Es importante ser consciente de que la forma de la curva y su flecha no sólo depende de la rigidez del mástil. La forma final de la curva es una combinación del diseño de la vela y de la necesidad o deseo del trimer, siendo la tensión de la burda baja, y la caída los controles primarios de un aparejo fraccionado en línea.

b) fraccionado con crucetas atrasadas.

Amarrado, el aparejo FCA tiene un comportamiento diferente. El hidráulico de la base de mástil inmediatamente produce una curva que puede ser restringida con los obenquillos y con la posición de la carlinga. El stay se tensa incrementando la compresión de la carlinga. El stay se tensa incrementando la compresión, dado que los obenques se oponen al stay.

La jarcia está mucho más bloqueada navegando (aparejo típico de los monotipos), la característica más distintiva de este aparejo es el hecho de que no hay burdas, por lo que la mayor tensión del stay deriva del backstay. El backstay pasa a ser el control primario, tanto para el stay como para la mayor.

La puesta a punto de este aparejo antes de navegar es mucho más crítica. Una alta pretensión de la jarcia permite, en vientos fuertes, mayor tensión del stay con menos curvatura del mástil.

Debido a su simpleza y a la conveniencia en la medición del sistema IMS, la mayoría de los IMS50 optaron por este aparejo y de igual modo los one design.

Suena obvio, pero sin importar el tipo de jarcia, la vela y el mástil deben trabajar juntos. Se modifica la apuesta apunto del mástil para adaptarse a la vela o se modifica la vela para un determinado mástil.

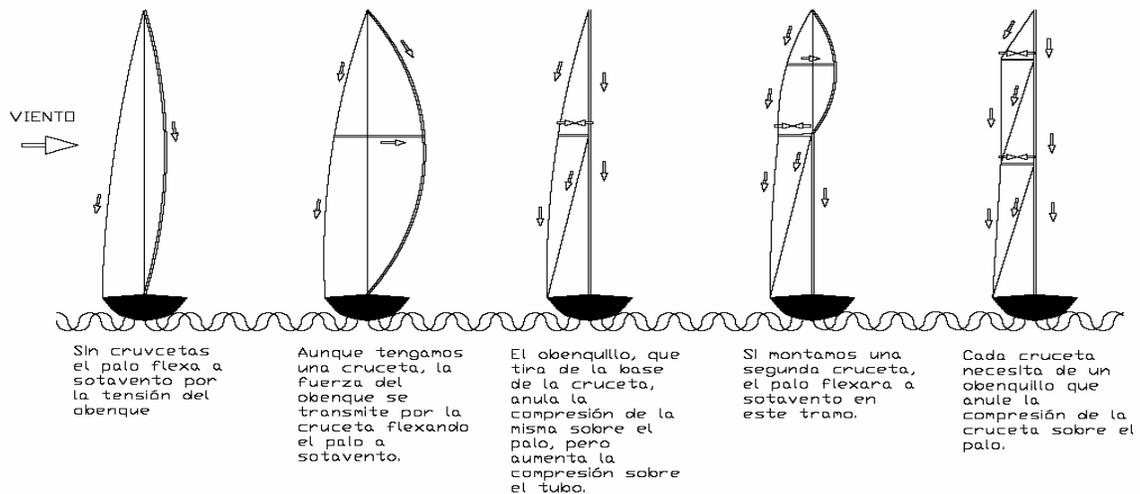
3. Las crucetas.-

Son los pequeños perfiles que ayudan a sujetar el palo transversalmente. Debido a la pequeña dimensión de la manga en relación a la eslora, el ángulo de trabajo de los obenques impide una óptima sujeción lateral del palo. Matemáticamente, un cable necesita salir con un ángulo de unos 13° para que su función sea efectiva y no estalle por tracción, y es fácil comprender que, con este ángulo, la manga de los veleros tendría una dimensión excesiva.

Por esta razón, el obenque alto pasa por el extremo de una cruceta, distribuyéndose la sujeción a lo largo del tubo. Pero la tensión del obenque alto, transmitida mediante la cruceta, imprime una compresión que se traduce en una flexión en el tubo en la zona de la base de la cruceta. Para evitar esta flexión, la geometría obliga a dotar al sistema de un obenque bajo que tire de esta sección impidiendo la flexión del tubo.

Un barco de crucero arbola un palo fuerte, una estaca, por lo que requiere pocas crucetas, a veces sólo una. Un barco de regata, en la que se busca el mínimo perfil, el mínimo peso y la máxima elasticidad del palo para adaptarlo a la vela y a las condiciones de viento, necesitará más crucetas para sostenerse.

Pero siempre una cruceta precisará un obenquillo que contrarreste la compresión ejercida por ésta sobre el palo. A más cruceta, mas obenquillos.



Otro factor muy importante a tener en cuenta en las crucetas es su ángulo respecto a crujía. Cuando las crucetas están a 90° desempeñan un papel de sujeción transversal, pero cuando se retrasan también influyen sobre la flexión longitudinal del tubo. En efecto, una cruceta retrasada conlleva el hecho de que el palo flexe hacia proa en ese tramo. Las crucetas perpendiculares permiten abrir más la botavara, pero se pierde control sobre la flexión longitudinal. Si el aparejo es a tope, aparece el denominado backstay o unos obenques bajos que tiran hacia proa desde la panza del tubo. En un aparejo fraccionado se acostumbra a dotar al palo de una ligera preflexión para evitar que se invierta el perfil, algo verdaderamente funesto para la vida del palo. Las crucetas retrasadas impiden la inversión, no permite abrir tanto la botavara en popa pero aumenta la seguridad de la arboladura.

Las crucetas deben mantenerse fijas sobre el tubo, para poder transmitir correctamente las tensiones. Sólo en aparejos especiales muy sofisticados se les permite un cierto grado de libertad ascendente, pero nunca en sentido proa-popa.

4. Cálculo del aparejo del palo.-

Para llevar a cabo este cálculo, he seguido el libro *Principal of Yacht Design* del anteriormente mencionado Lars Larsson.

El señor Larsson desarrolla en uno de los capítulos de su libro la normativa Nordic Boat Standard (NBS) y es la que, por tanto utilizaré en este caso para el cálculo del aparejo de mi embarcación.

Para esto, el proceso de cálculo se distribuye en una serie de pasos; a saber: Para comenzar el cálculo del aparejo, debemos de tener como dato de partida el desplazamiento, las anteriormente definidas dimensiones I, J, P y E, la gravedad (9,81 m/seg²), la estabilidad a 30° (obtenida tras estimar un peso en rosca de y entrar en Hydromax), el momento Adrizante a 30°, y el par Adrizante.

Una vez obtenidos estos datos de partida, solo tendremos que seguir una sencilla secuencia de pasos que nos llevará al dimensionamiento de los distintos elementos que conforman el aparejo; Estos son: Mástil, Botabara, Crucetas, Stay, Backstay y Obenques.

La secuencia a seguir es la siguiente:

- **Cálculos de los Obenques:**

Tendremos que definir qué tipo de aparejo vamos a utilizar (a tope, en este caso), calcular las fuerzas en un par de situaciones de cargas distintas, y tomaremos el peor de los casos (la carga mayor) para obtener los esfuerzos de los obenques (D1, C2....) Para obtener estos esfuerzos, previamente hemos de tener en cuenta los ángulos que éstos toman con el mástil, las crucetas.

Una vez obtenidas estas tensiones, los multiplicaremos por una serie de coeficientes de Seguridad para así obtener la Fuerza de Dimensionamiento o carga de rotura, es decir aquellas fuerzas mínimas que hay que aplicar a los obenques y obenquillos para que rompan (Pd1, Pv1,). Mediante esas Cargas de rotura, podremos entrar en tablas para así obtener las secciones adecuadas a cada cable en cuestión. Las expresiones utilizadas son las siguientes:

Tipo de Aparejo	Caso 1			Caso 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
M-2/F-2 (1)	0	0	T ₁	T _{bu}	T _{hl}	T _{hu}
M-2/F-2 (2)	0	0	3592,11	3278,72	2390,64	0

Caso 1: Si $BD + 0,6 P > I1 + I2$ $BD + 0.6 P = 9.78$

Caso 2: Si $BD + 0,6 P < I1 + I2$ $BD = 0.60$

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

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

$$T_{bu} = (T_{boom} \cdot BD) / L1 \text{ (N)}$$

$$RM_{30^\circ} = \Delta \cdot g \cdot GZ = 64945,43 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$GZ_{30^\circ} = 054$$

$$T_1 = RM/a_1 = 3592,11$$

$$T_2 = RM/a_2 = 11504,95$$

$$T_{bu} \text{ (N)} = T_{boom} \cdot BD / l_1 = (0,33 \cdot T_2) \cdot BD / l_1 = 1067,38$$

$$T_{hl} = T_{head} \cdot d_2 / (d_1 + d_2) = (0,4 \cdot T_2) \cdot d_2 / (d_1 + d_2) = 2211,34$$

$$T_{hu} = T_{head} \cdot d_1 / (d_1 + d_2) = (0,4 \cdot T_2) \cdot d_1 / (d_1 + d_2) = 2390,64$$

M-2/F-2 (2) Caso 1: F1 = 0 F2=0 F3= T₁

M-2/F-2 (2) Caso 2: F1 = T_{bu}+T_{hl} F2=T_{hu} F3=0

Shroud Tensión →

Dimensión Load →

$$D_3 = F_3 / \text{sen } \beta_3$$

$$V_2 = F_3 / (\text{cos } \gamma_2 \cdot \text{tang } \beta_3)$$

$$D_2 = (F_2 + C_2) / \text{sen } \beta_2$$

$$C_2 = F_3 - V_2 \cdot \text{sen } \gamma_2$$

$$D_1 = (F_1 + C_1) / \text{sen } \beta_1$$

$$V_1 = (F_2 + C_2) / (\text{cos } \gamma_1 \cdot \text{tang } \beta_2) + V_2 (\text{cos } \gamma_1 / \text{cos } \gamma_2)$$

$$C_1 = F_2 + C_2 + (V_2 \cdot \text{sen } \gamma_2) - (V_1 \cdot \text{sen } \gamma_1)$$

$$\beta_1 = 18,00$$

$$\beta_2 = 19,00$$

$$\beta_3 = 15,00$$

$$\gamma_1 = 1,00$$

$$\gamma_2 = 5,00$$

$$P \cdot D_1 \text{ [N]} = 2,5 \cdot D_1$$

$$P \cdot D_2 \text{ [N]} = 2,3 \cdot D_2$$

$$P \cdot D_3 \text{ [N]} = 3 \cdot D_3$$

$$P \cdot V_1 = 3,2 \cdot V_1$$

$$P \cdot V_2 = 3 \cdot V_2$$

$$a_1 = l + fr = 18,08$$

$$a_2 = fr + 1,455 + 0,6P/3 = 5,65$$

$$l_1 = 5,62$$

$$l_2 = 5,62$$

$$l_3 = 5,60$$

$$d_1 = 6,40$$

$$d_2 = 5,92$$

$$d_3 = 5,60$$

$$fr = 1,18$$

Se aplican los valores de cada paso para calcular Shroud Tensión Dimensión Load y lo valores obtenidos máximos de dimensión load serán los escogidos.

	Caso 1	Caso 2
F ₁	0,00	3278,72
F ₂	0,00	2390,64
F ₃	3592,11	0,00
D ₃	13878,87	0,00
V ₂	966,18	0,00
D ₂	10774,72	7342,97
C ₂	3507,91	0,00
V ₁	11158,98	6943,98
C ₁	3397,36	2269,45
D ₁	10994,10	10610,17
P D₁	27485,25	26525,41
P D₂	24781,86	16888,84
P D₃	41636,60	0,00
P V₁	35708,72	22220,72
P V₂	2898,54	0,00

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

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

$$P_a = (2,8 \cdot RM) / (L_a \cdot \text{sen } \alpha) \text{ (N)}$$

Foremost Sail carrying forestay → $P_{fo} = 15 \cdot RM / (l + f_s) \text{ [N]} = 53881,7209$

$$\text{Aft Stay} \rightarrow P_a = P_{fo} \cdot \text{sen } \alpha_f / \text{sen } \alpha_a \text{ [N]} = 43129,068$$

$$\text{Trinqueta} \rightarrow P_{f1} = 12 \cdot RM / (l + f_s) \text{ [N]} = 43105,377$$

$$\text{Francobordo} \rightarrow f_s = 1,18$$

$$\alpha_f = 19$$

$$\alpha_a = 24$$

$$RM = 64945,43$$

- Mástil:** Para obtener la sección adecuada del mástil, necesitaremos calcular los momentos de inercia del mismo en sentido transversal y longitudinal. Para ello, necesitaremos una serie de datos obtenidos de unas expresiones que se adjuntan en la hoja de cálculo. En este caso y para obtener una sección adecuada a la inercia necesaria para el mástil, tuve que acudir a una página dedicada a la venta de mástiles y complementos (Zspars).

$$I_x = K_1 \cdot m \cdot PT \cdot l \quad I_1 = 5,62$$

$$I_y = K_2 \cdot K_3 \cdot PT \cdot h^2 \quad I_2 = 5,62$$

$$PT = 1,5 \cdot RM / b \quad I_3 = 5,60$$

m= 1 Aluminio
 m= 7,25 Madera
 m= 70500/E Otro Material

l(n)= long panel actual

K3= 1,35 mastil hasta cubierta

K3= 1 mastil hasta quilla

h= 16,90 long desde cub, a parte alta

b= 1.95

K2	M-2
Double lowers	0,9

K1	Panel 1	Panel 2 y 3
M-2	2,7*K3	3,8

Panel 1 → $PT1 = 1,5 \cdot (RM / b) = 49958,02633$

Panel 2 → $PT2 = PT1 - D1 \cos \beta_1 = 39502,01587$

Panel 3 → $PT3 = PT2 - D2 \cos \beta_2 = 29314,31561$

Panel 1 → $I_x = 2,7 \cdot K_3 \cdot m \cdot PT1 \cdot l_1 = 758063,091$ $I_y = 0,9 \cdot K_3 \cdot PT \cdot h^2 = 1284,17$ cm^4

Panel 2 → $I_x = 3,8 \cdot m \cdot PT2 \cdot l_2 = 843605,051$ $I_x = K_1 \cdot m \cdot PT \cdot l = 222,55$ Cm^4

Panel 3 → $I_x = 3,8 \cdot m \cdot PT3 \cdot l_3 = 623808,636$

- **Botavara:** Para el cálculo de la botavara he calculado las correspondientes Fuerza Vertical (F_v) y Horizontal (F_h), necesarias para obtener la sección adecuada de botavara para estos esfuerzos (SM). Entrando en tabla con estas secciones obtuve una botavara a las necesidades de este aparejo.

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

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

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

$$FH = RM/2 \cdot E/(HA \cdot d1) = 14338,851$$

$$HA = 8,6$$

$$E = 6$$

$$d1 = 1,58$$

$$\sigma_{0,2} \text{ (minimo)} = 210 \quad \text{N/mm}^2$$

$$SM_v = 600 \cdot RM \cdot (E - d1) / (\sigma_{0,2} \cdot HA) = 95,368378 \text{ cm}^3$$

$$SM_H = 50\% \text{ de } SM_v = 47,684189 \text{ cm}^3$$

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

Cruceta 1:

$$I_1 = 0,8 \cdot C_{(1)} \cdot S^2 / (E \cdot \cos c) = 68,397754 \text{ cm}^4$$

$$SM_1 = K \cdot S_{(1)} \cdot V_{(1)} \cdot \cos c = 15490,784 \text{ mm}^3$$

$$M_{s1} = 0,16 \cdot S_{(1)} \cdot V_{(1)} \cdot \cos \delta = 3253064,7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$E \rightarrow M. \text{ Elasticidad Cta.} = 72400 \quad \text{N/cm}^2$$

$$C_{(1)} = 3397,36$$

$$S_{(1)} \rightarrow \text{Longitud de Cta.} = 1822 \quad \text{mm}$$

$$c \rightarrow \text{angulo horizontal Cta.} = 0$$

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

$$\sigma_{0,2} \text{ (minimo)} = 210 \quad \text{N/mm}^2$$

$$V_{(1)} \rightarrow V_1 \text{ cruceta baja} = 11158,976$$

Cruceta 2:

$$I_{(2)} = 0,8 \cdot C_{(1)} \cdot S^2 / (E \cdot \cos c) = 57,560676 \text{ cm}^4$$

$$SM_1 = K \cdot S_{(2)} \cdot V_{(2)} \cdot \cos c = 15702,945 \text{ mm}^3$$

$$M_{s1} = 0,16 \cdot S_{(2)} \cdot V_{(2)} \cdot \cos \delta = 3297618,5 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$E \rightarrow M. \text{ Elasticidad Cta.} = 72400 \quad \text{N/cm}^2$$

$$C_{(2)} = 3507,91$$

$$S_{(2)} \rightarrow \text{Longitud de Cta.} = 1485 \quad \text{mm}$$

$$c \rightarrow \text{angulo horizontal Cta.} = 0$$

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

$$\sigma_{0,2} \text{ (minimo)} = 210 \quad \text{N/mm}^2$$

$$V_{(2)} \rightarrow D_3 \text{ cruceta alta} = 13878,87$$

ELEMENTOS	Área (m ²)	Peso (Kg)	CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL PLANO VÉLICO Y APAREJOS						
Vela M. (650 g/m ²)	45,15	29,35							
Vela F. (650 g/m ²)	50,45	32,79							
Genova (650 g/m ²)	75,67	49,19							
Spinaquer (650 g/m ²)	148,00	96,20							
		Peso (Kg)	Ix (cm ⁴)	Iy (cm ⁴)	Dimensiones	SMx (cm ³)	SMy (cm ³)	e (mm)	
Mastil	Mayor	66,7152	191	413	155/104	36,7	45,9	3,05	
	Botabara	32,16	325	1190	200/117	55,5	112	2,8	
	Cruceta 1	4,68	205	122	121/92	28,9	26,5	3	
	Cruceta 2	5,93	205	122	121/92	28,9	26,5	3	
Jarcias firmes	Cables	Peso (Kg)	Diam (mm)	Br. Str	Rigging Svrew	Chainplate lug (mm)			
	D1	1,06	6	30000	7/16 (in) 46100 N	a=36	b=10	c=21	d=14
	D2	0,82	5,5	25700	7/16 (in) 46100 N	a=30	b=10	c=18	d=14
	D3	1,83	8	53500	5/8 (in) 93200 N	a=40	b=13	c=25	d=16
	V1	1,37	7	40900	1/2 (in) 66700 N	a=38	b=12	c=24	d=16
	V2	0,23	3	7700	1/4 (in) 14700 N	a=20	b=5	c=12	d=8,5

CAPITULO V

DISEÑO DE APÉNDICES (ORZA Y TIMÓN)

5. Diseño de apéndices (orza y timón).-

5.1. Introducción.-

En este apartado, obviamente trataremos acerca del proceso de diseño y cálculo de la orza y el timón. Al tratarse de un crucero, no existe en principio requerimientos importantes en lo que a este apartado se refiere, como pudieran ser limitación en el calado, etc..

De este modo vamos a diseñar unos apéndices que sencillos para que no eleven demasiado el coste, pero que cumplan bien con sus funciones principales.

Para el presente se consideran apéndices a la quilla y al timón.

Las funciones de la quilla son:

- Producir la máxima fuerza lateral para contrarrestar el abatimiento del barco.
- Minimizar la escora del barco, para ello debe alojarse en ella el lastre suficiente.
- Proporcionar una buena estabilidad direccional y amortiguar el balanceo.

Las funciones del timón son:

- Dotar de suficiente maniobrabilidad del barco.
- Proveer estabilidad direccional
- Contribuir a la fuerza lateral.

Debido a la complejidad del diseño de ambos y en íntima relación con el resto de la obra viva, conviene realizar su diseño en varias fases.

5.2. Diseño de la quilla.-

1. Área lateral de la quilla.-

Los veleros clásicos poseen quillas corridas, son quillas que van a lo largo de la eslora de flotación, prácticamente desde la perpendicular de proa hasta el timón.

Las últimas tendencias han sido reducir las quillas y aumentar la superficie de los timones. El mayor inconveniente de esta tendencia se da al alojar lastre en el propio casco porque no se puede disponer en la quilla.

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

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

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

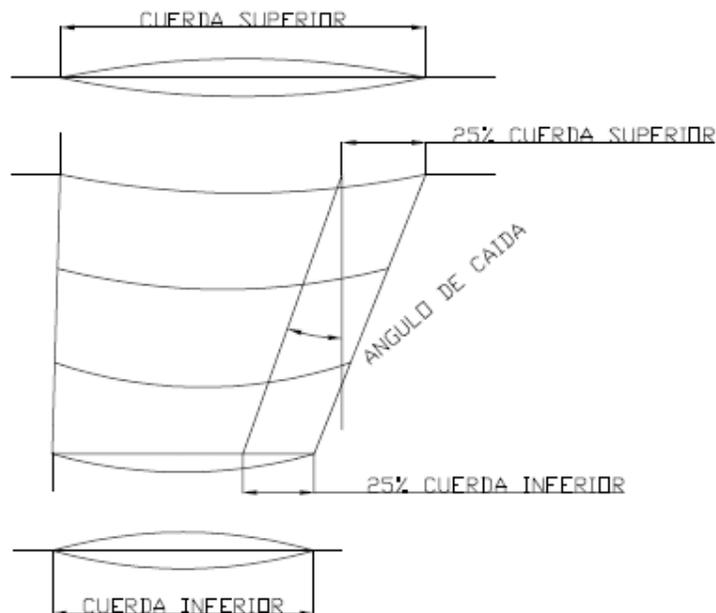
Además de esto y con respecto a esta función hidrodinámica, podemos decir también que la superficie proyectada de la orza (S_p) deberá aumentar proporcionalmente con la superficie vélica de la embarcación; Un intervalo razonable de la relación superficie proyectada de la orza y superficie vélica (S_p/S_V), según Larsson, es el que oscila entre un 2.75% (para embarcaciones regateras) y un 3.5% (caso de embarcaciones más de crucero). Por supuesto, este valor no puede aplicarse de manera genérica ya que, cuanto mayor sea la velocidad de diseño de la embarcación, menor será la superficie de orza necesaria. Lo mismo ocurre si la relación de aspecto de la orza (AR) es alta.

La mayoría de las publicaciones tratan de embarcaciones de menor eslora. Por ellos, resulta difícil contar con referencias válidas para el presente diseño, la mejor manera es aplicar Larsson..

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

2. Ángulo de caída de la quilla.

El ángulo de caída es el comprendido entre la vertical y la línea que pasa por un punto situado al 25% del extremo de la cuerda inferior.



La existencia de un ángulo de caída contribuye a disminuir la resistencia total de la embarcación, especialmente en quillas de baja relación de aspecto.

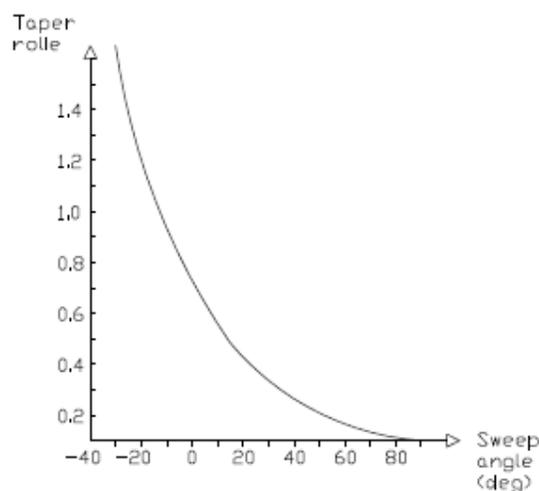
Beukelman y Keuning explican en su publicación “The influence of Fin Keel Sweepback on the Performance of Saling of Yachts” que el ángulo de caída no debe ser mayor de 20°, pues de lo contrario la fuerza lateral disminuye.

3.- Relación de convergencia-aumento de la resistencia.

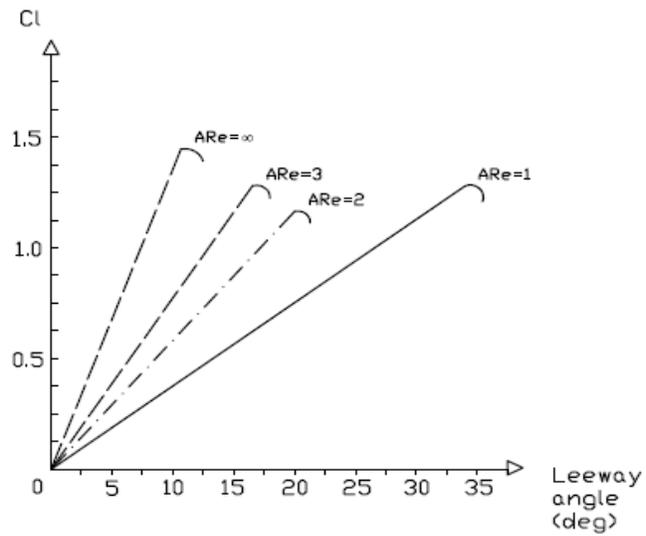
La relación de convergencia es la relación entre la cuerda superior y la cuerda inferior.

La relación se debe escoger en relación con el ángulo de caída. Según Larsson, para un ángulo de 19° la relación de convergencia es 0,25. Normalmente, si se escoge la relación en función del ángulo de caída, la quilla resultante no tiene el volumen suficiente que aloje el lastre necesario para cumplir los requisitos de estabilidad; ante este problema y por razones de estabilidad, es habitual usar una relación de 0,4 a 0,6. La consecuencia negativa de aumentar la relación de convergencia, es que la resistencia inducida también aumenta.

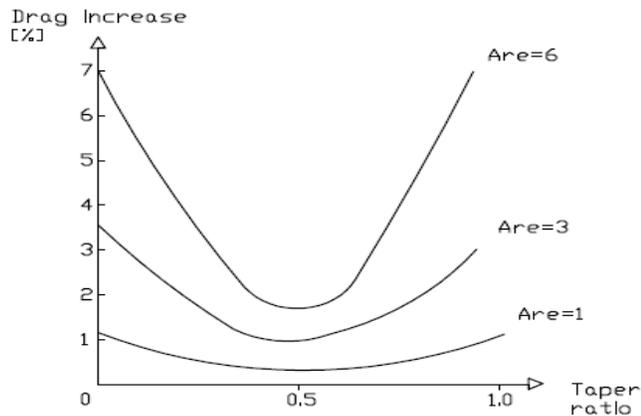
En la siguiente gráfica se muestra la relación óptima entre la relación de convergencia y el ángulo de barrido. Interpretando la grafica, se obtiene que da un ángulo de ataque de 0° le corresponde una relación de convergencia de 0,44.



En la siguiente gráfica se muestra la efectividad de diferentes relaciones de aspecto, tal efectividad se mide en relación con el coeficiente de levantamiento (CL) y con el ángulo de ataque o abatimiento (“Leeway angle”). Larsson recomienda una relación de aspecto, Arg, próxima a la unidad; para ello la relación de aspecto, ARe, debe ser 2.



La próxima gráfica muestra como aumenta el calado en función de la relación de aspecto y de la relación de convergencia. Para una relación de convergencia de 0,44 y para una la relación de aspecto 2, el incremento de calado es aproximadamente de un 0,5%.



Las formulas necesarias para calcular las características de la quilla son:

$$C_{inf} = (2 \cdot \text{Área quilla} / \text{Calado quilla}) - C_{sup}$$

$$C_m = (C_{sup} + C_{inf}) / 2$$

$$\text{Relación de convergencia} = C_{inf} / C_{sup}$$

$$AR_g = \text{Calado quilla} / C_m$$

$$AR_e = 2 \cdot AR_g$$

C superior	C inferior	Cm	Rel. Conv.	ARg	ARe
2,00	2,06	2,30	1,03	1,08	2,17
2,10	1,96	2,30	0,93	1,08	2,17
2,20	1,86	2,30	0,85	1,08	2,17
2,30	1,76	2,30	0,77	1,08	2,17
2,40	1,66	2,30	0,69	1,08	2,17
2,50	1,56	2,30	0,62	1,08	2,17
2,54	1,52	2,30	0,60	1,08	2,17
2,60	1,46	2,30	0,56	1,08	2,17
2,70	1,36	2,30	0,50	1,08	2,17
2,80	1,26	2,30	0,45	1,08	2,17
2,90	1,16	2,30	0,40	1,08	2,17
3,00	1,06	2,30	0,35	1,08	2,17
3,05	1,01	2,30	0,33	1,08	2,17
3,10	0,96	2,30	0,31	1,08	2,17
3,15	0,91	2,30	0,29	1,08	2,17
3,20	0,86	2,30	0,27	1,08	2,17
3,30	0,76	2,30	0,23	1,08	2,17
3,40	0,66	2,30	0,19	1,08	2,17
3,50	0,56	2,30	0,16	1,08	2,17
3,52	0,54	2,30	0,15	1,08	2,17
3,55	0,51	2,30	0,14	1,08	2,17

4.- Tipo de sección.

Las secciones más comúnmente utilizadas en el diseño de apéndices son las denominadas Secciones NACA, que se diferencia entre si por su nariz (redondeamiento de la cara de ataque), y por la posición de su grosor máximo. Las secciones NACA más utilizadas en veleros son las de las serie 6; que incluyen las series 63, serie 65... A la hora de elegir una sección apropiada para el diseño de la orza debemos tener en cuenta que ésta ha de conseguir obtener una sustentación suficientemente alta a pequeños ángulos de ataque, para reducir al mínimo el abatimiento del barco, de modo que las secciones de la serie 63 o 65 son preferibles, siempre que su relación de espesor no sea demasiado baja y pueda entrar en pérdida, así como tampoco demasiado gruesa debido al aumento de la resistencia por formación de olas que provocaría.

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

Estos mismos estudios, realizados en el Delft University of Technology, confirman que las orzas de calado normal son más efectivas que las de bajo calado, y que dentro de las de calado normal tienen mayor rendimiento las orzas trapezoidales y las elípticas. Me decanto entonces a utilizar, por su buen rendimiento y su facilidad de construcción, una orza trapezoidal.

Una vez dicho esto y tomando como valor para la superficie vélica ceñida 98.63 m² (Como en capítulos anteriores mencionados), obtenemos un intervalo de valores de referencia para la superficie proyectada de la orza que oscila entre 2,71 m² (caso de barcos regateros) y 3,45 m² (para embarcaciones con características más de crucero).

Como en este caso se trata de un barco más cercano al crucero que a la regata, tomaremos como valor aproximado para la relación superficie proyectada de la orza / superficie vélica 3.5% obteniendo así el valor preliminar para la superficie proyectada de la orza de 3,45 m² anteriormente mencionado. Debemos tener en cuenta, como en el aparatado en el calado máximo de la embarcación, que el valor de éste no podrá ser excesivo, ya que si así fuera el acceso a muchos puertos sería restringido, cosa que tendremos que evitar. Debido a esto, podemos decir que el calado máximo de la embarcación queda restringido a 2,2 metros de modo que una solución aceptable para aprovechar los 1,70 metros restantes de la orza es disponer una orza de bajo relación de aspecto, más ancha y menos profunda.

Una vez obtenido el valor de este importante parámetro y, mediante una serie de expresiones que a continuación se mencionarán, deduciremos los valores del resto de las dimensiones de nuestra orza, sabiendo que, podremos contar con el calado de la orza (Tk) como dato inicial. Tomando el valor de este calado obtendremos una cuerda media (Cm) de 2.03 m.

El procedimiento a seguir es el siguiente; tomaremos como intervalo normal de valores para el ángulo de barrido hacia atrás de la orza entre 15 y 20 grados (sabiendo que estos valores serán siempre negativo) y con el valor de este ángulo de barrido y, entrando en la gráfica obtenida de la “Potencia Flor Theory” que relación de afinamiento correspondiente a cada valor de ángulo de barrido.

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

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

- Superficie proyectada de la orza: $Sp = Cm \times Tk = 3.45$
- Relación de afinamiento: $C2 / C1 = 0.60$
- Cuerda media: $Cm = (C1 + C2) / 2 = 2.27$
- Relación de aspecto: $AR = Tk / Cm = 1.08$

Tomando como valor para el ángulo de barrido -9° , y teniendo en cuenta los valores de la superficie vélica ($98,70 \text{ m}^2$) y relación superficie proyectada de la orza / superficie vélica (3,5 %) anteriormente mencionado, obtenemos los siguientes valores para las dimensiones de la orza:

- Angulo de barrido: -8°
- Relación de afinamiento: 0.60
- Cuerda en la base: 2.54 m
- Cuerda en el extremo: 1.52 m
- Calado de la orza: 1.70 m
- Cuerda media: 2.03
- Superficie proyectada de la orza: 3.85
- Relación de aspecto: 1.08

Para concluir con este apartado, definiré el volumen final de la orza para así obtener la cantidad de lastre que esta llevará, así como el material que emplearemos como lastre de la embarcación.

Según se mencionó en apartados anteriores (tales como el dimensionamiento preliminar o el diseño de la carena) el peso del lastre resultante será de 4200 Kg.

5. Escantillonado de los pernos de la orza.

El diámetro mínimo de cada perno se calcula según la normativa de ABS, donde

$$\blacksquare \quad A_r = \text{root area} = C_s \cdot t_{\text{root}} \cdot 0.62 = 0.38 \text{ m}^2$$

$$A_t = \text{tip area} = C_i \cdot t_{\text{tip}} \cdot 0.62 = 0.18 \text{ m}^2$$

$$Y_k = (t_k \cdot (A_r + 2\sqrt{(A_r \cdot A_t)} + A_t)) / (4 \cdot (A_r + A_t + \sqrt{(A_r \cdot A_t)})) = 0.27 \text{ m}$$

$$V_k = t_k \cdot (A_r + A_t + \sqrt{(A_r \cdot A_t)}) / 3 = 0.532 \text{ m}^3 \text{ (Volumen de la Quilla)}$$

$$S_{li} = 1035 \text{ (sumatoria de las distancias transversales)}$$

$$\sigma = 35.3 \text{ kg/mm}^2 \text{ (tensión mínima de rotura de los pernos)}$$

$$W_k = 4200 \text{ kg (peso de la orza)}$$

$$D_{kb} = (2.55 \cdot W_k \cdot Y_k / (S_{li} \cdot \sigma))^{0.5} = \mathbf{8,81 \text{ mm}} \text{ (diámetro mínimo)}$$

5.3.- Diseño del timón

El principal objetivo en el diseño del timón es el de conseguir toda la fuerza lateral requerida para maniobrar la embarcación. 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 máxima sustentación a altos ángulos de ataque. No obstante, para embarcaciones ultraligeras, catamaranes y vela ligera, el ángulo de ataque requerido del timón es menor, lo que explica que se puedan usar secciones de las series 63. En cuanto a la relación de espesor, la mayoría de los yates usan porcentajes que oscilan entre un 12% como mínimo y un 15% como máximo.

Se dice que el timón está a la vía, cuando su plano diametral coincide o es paralelo (en el caso de dos timones) al plano de crujía del barco; su forma debe ser hidrodinámica para producir la mínima resistencia al avance. El timón debe estar colocado en un extremo del buque para producir el máximo momento de guiñada con el mínimo aumento de resistencia y normalmente en la zona de popa detrás de la hélice para recibir la corriente de expulsión de la misma.

Con respecto al fundamento físico de la actuación del timón, diré que éste actuará como un perfil independiente de la carena que está totalmente sumergido en una corriente de fluido de velocidad uniforme. Cuando este perfil forma con la corriente un determinado ángulo(alfa), denominado ángulo de ataque, la distribución de las presiones en ambas caras del timón se modifica, de tal manera que se produce un aumento de presión de la cara interior (intrados) y una disminución de la misma (succión) por la cara exterior (extradós) del perfil.

La acción de estas dos variaciones de presión tiene, por tanto, el mismo sentido, sumándose sus efectos y al actuar sobre la superficie del timón dan como resultado una fuerza perpendicular al mismo que denominamos Fuerza Normal (F_n). Si a esta fuerza le añadimos la fuerza de fricción (F_f), que es tangencial (paralela al perfil), obtendremos como resultado la Fuerza Total (F) debida a la actuación del timón con un determinado ángulo de ataque.

Otra forma de descomponer la fuerza total, y es habitual en el estudio de perfiles aerodinámicos e hidrodinámicos, es considerarla como suma de dos fuerza; una denominada de Sustentación (L), que es perpendicular a la dirección del flujo, y otra denominada Resistencia (D), que es de la misma dirección y sentido que el flujo.

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

Hay que situar el eje en una posición tal que, en marcha avante, el punto de aplicación de la fuerza normal a popa de eje de giro, de manera que al no actuar sobre el timón, este tenga siempre tendencia a ir a la vía cuando el barco va avante.

La superficie del timón oscilará entre un 1 y un 2 % de la superficie vélica total; Esto quiere decir que, teniendo como dato inicial 120.82 m^2 de superficie vélica. Esta superficie del timón tomará unos valores que estarán entre $0,98 \text{ m}^2$ y 1.97 m^2 respectivamente. En este caso, estimaré como porcentaje de la superficie vélica un 1,4% con lo que obtendré como valor de la superficie del timón (S_p) de 1.68 m^2 .

Una vez dicho esto, y teniendo en cuenta que en el caso que nos ocupa no es conveniente que el calado del timón supere al de la orza por diversos motivos tales como protección del mismo, estimaré como valor para el calado del timón (T_k) 2 m.

Para obtener el valor de la cuerda media del timón que nos ocupa, sólo tendremos que dividir el valor de su superficie entre el calado del mismo, para así obtener como valor para esta cuerda media (C) de 1.55 m.

Una vez obtenidos estos importantes parámetros, y tras aplicar una serie de expresiones que a continuación detallaré, podemos avanzar en el proceso cálculo del timón de esta embarcación. Las expresiones empleadas en este proceso, como en el caso de la orza, son las siguientes:

- Superficie de Timón: $S_p = C \times T_k$
- Cuerda media: $C = (C_1 + C_2) / 2$
- Relación de Aspecto: $AR = T_k / C$
- Relación de afinamiento: C_2 / C_1

Para obtener el mayor rendimiento posible de este timón, se intentará que tenga la mayor relación de aspecto posible, de modo que dividiendo el calado del timón entre su cuerda media, obtendremos como valor para esta relación de aspecto (AR).

Con respecto al valor de las cuerdas del timón, del mismo modo que procedí en el caso de la orza, utilizaré una gráfica que relaciona el ángulo de barrido hacia atrás (sep back angle) con la relación de afinamiento (cuerda en el extremo/cuerda en la base). Para poder obtener algún dato de ella, entraré en la misma con el ángulo de barrido, tomando para este parámetro un valor preliminar de -9° , obteniendo así para la relación de afinamiento un valor de 0,65 gracias al que más adelante, y resolviendo un sencillo sistema de ecuaciones (formado por esta expresión y la de la cuerda media), podré obtener el valor de estas cuerdas.

Una vez realizado este sencillo cálculo, obtendré como valores para las cuerdas del timón de 0,55 para la cuerda en la base (C1), y 0,85 para la cuerda en el extremo (C2).

Utilizaré para el timón una sección NACA de cuatro dígitos, más apropiada para un timón que para una orza. Esta sección será suspendida (ya que así se obtendrá un mayor rendimiento de la misma), tendrá un cierto ángulo de caída hacia atrás (anteriormente estimado un ángulo de -9°), y tendrá un acabado elíptico. Con respecto a la mecha, cuanto más profundamente entre dentro del timón, más afectiva será en la transmisión de esfuerzos.

Diámetro de la mecha del timón.

Normalmente, por sencillez de construcción, la mecha del timón se coloca perpendicularmente al fondo de la embarcación. Para este caso, la inclinación del fondo respecto a la horizontal es de 9° . Para dicha inclinación, la relación de convergencia que ofrece menor resistencia inducida es la de 0.65. Los datos de partida son:

$$A_{lr} = 1,53$$

$$C_{\text{timón}} = 2,26$$

$$R_{hu} = 2,26$$

$$R_{hf} = 2,05$$

$$\alpha_o = 18,75$$

$$V_{\text{casco}} = 4,46$$

$$l_c = 0,19$$

$$R_{vc} = 0,89$$

Donde: Alr es el área proyectada de la pala, C timón es el calado del timón, Rhu es el calado medido en el borde de ataque, Rhf es el calado del timón medido en el borde de salida, α_0 es el ángulo de ataque para la máxima inclinación, V es la velocidad del casco, lc es la distancia vertical desde la parte alta de CE, σ_c es la carga empleada para los cálculos (mayor a la carga de rotura), ρ es el peso específico del fluido (agua salada)

Las formulas necesarias para calcular el radio de la mecha del timón son:

Coefficiente C: $C = 0,11 / (1 + 32/Are)$

Coefficiente de inclinación del timón Clr: $Clr = C \cdot \alpha_0$

Fuerza de resistencia del timón Fr (N): $Fr = 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Alr \cdot Clr$

Momento torsor del timón Tr (N m): $Tr = lc \cdot Fr$

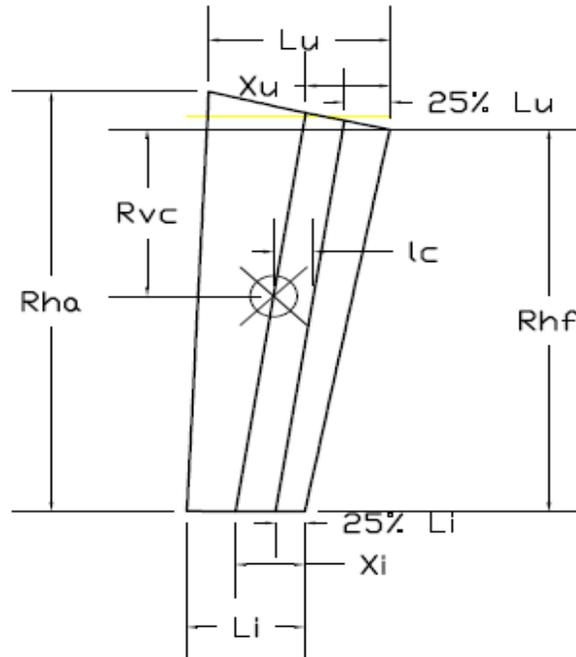
Momento flector del timon Mr: $Mr = Rvc \cdot Fr$

Diametro de la mecha, d (cm) $d = \left(\frac{32}{\eta \cdot \sigma} \left(\frac{Mr}{2} + Mr^2 + 4Tr^2 \right)^{1/2} \right)^{1/3}$

A partir de los datos y fórmulas mostradas se obtienen los siguientes resultados:

Are	C	Clr	Fr	Tr	Mr	d
			(N)	(N·m)	(N·m)	(mm)
6,1521	0,02	0,33	5185,27	971,72	4614,89	5,17

Para garantizar que la mecha soporta los refuerzos requeridos se ha empleado en el cálculo una carga (σ_c) mayor a la carga máxima (σ_{max}). A pesar de ellos, el diámetro obtenido es lo suficientemente pequeño para alojar la mecha dentro del timón. Por lo tanto el diámetro de la mecha será de 5,20 mm.



CAPITULO VI

ESCANTILLONADO

6. Escantillonado.-

6.1. Introducción.-

El cálculo del Escantillonado de la estructura de una embarcación es uno de los capítulos más importantes en un proceso de diseño. Para este cálculo, he utilizado la normativa Lloyd's Register of Shipping de Agosto de 1978. Es una normativa un tanto antigua y en determinados cálculos, tiende un poco al sobredimensionamiento de los refuerzos, pero aún así es perfectamente posible su utilización en este caso que nos ocupa.

Según esta normativa, el casco de una embarcación se divide en tres zonas principales, estas son: Costados, Fondo y Quilla. Para cada una de estas zonas tendremos que elaborar una secuencia de laminado a base de Tejido, Mat y Resina, hasta obtener un espesor y peso mínimo requeridos, anteriormente obtenidos de una tabla en la que entramos con la eslora de escantillonado de nuestra embarcación. Obviamente, la secuencia de laminado se hará comenzar a dar una serie de capas hasta obtener el espesor requerido por el fondo (evidentemente mayor que el de los costados), y por último aplicar capas en la zona corresponde a la quilla hasta obtener su espesor óptimo.

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

El Armazón transversal estará compuesto por los refuerzos transversales, o sea, Varengas de fondo, Cuadernas del costado, y unos refuerzos especiales dispuestos coincidentes con el mamparo de proa. El Longitudinal está compuesto por los Longitudinales del fondo, Longitudinales de costado. Bulárcamas de centro y Bulárcamas de costado. Por último, la zona de Cubierta y Superestructura está compuesta por el peso de la propia cubierta, los Baos, y las Vagras de cubierta.

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

$$W * Kz < Wr$$

El Factor de Corrección (Kz) surge de la expresión siguiente:

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

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

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

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

$$Yln = (EA * Yg) / EA$$

$$Ymáx = T + h + t2 - Yln$$

Por último, simplemente tendremos que calcular la Inercia en la Línea Neutra (In), para poder obtener el Módulo Requerido (W) con el que comenzamos esta explicación.

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

6.2. Datos previos.-

$$Loa = 14 \text{ metros}$$

$$Lwl = 12 \text{ metros}$$

$$B = 4,5 \text{ metros}$$

$$T = 2,2 \text{ metros}$$

$$\Delta = 12.580 \text{ Kg}$$

$$V = 8 \text{ nudos}$$

$$L = (Loa + Lwl) / 2 = 13 \text{ metros}$$

$$V / \sqrt{Lwl} = 2.30$$

6.3. Requisitos.

Lo primero es conocer los requisitos a cumplir para poder aplicar las normas y reglas de la sociedad de clasificación seleccionada:

Velocidad no excede los 35 nudos.

La velocidad o proporción de esloras V / Lwl no excede de 10,8

El desplazamiento de la embarcación con una V / Lwl de 3,6 no mas grande que $0,009 \cdot (L2 - 15,8)$ toneladas.

La eslora, L, no excede de 30 metros.

Lo segundo es comprobar que se cumplen tales requisitos:

la velocidad de casco es de 5.4 metros

$$V / \sqrt{Lwl} = 2,45$$

$$V / \sqrt{Lwl} = 2,45$$

$$L = 13 \text{ metros}$$

6.4. Laminación del casco.-

Según la norma, el casco consta de tres partes: costado, fondo y quilla. La razón principal de esta clasificación, es que cada una de estas partes tiene su propio espesor. A continuación delimitamos cada una de estas partes:

El costado comprende desde el trancañil (intersección de la cubierta con el casco) hasta la línea paralela a la flotación situada 15cm encima de la propia flotación.

El fondo va desde la línea de flotación situada 15cm sobre la flotación hasta las proximidades de la línea de crujía.

La quilla se extiende en mayor o menor magnitud a ambos lados de la línea de crujía. Se halla delimitada en ambos lados por el fondo.

En la propia norma de la sociedad de clasificación se muestra una tabla en la que se dicta el “peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares”. Mediante unas interpolaciones se deducen los siguientes valores necesitados.

El refuerzo debe estar completamente impregnado con resina, y consolidado para dar un máximo de vidrio por peso de refuerzo como los siguientes:

Tela de hebra desbastada	0,34
Tela de mechas tejidas	0,5
Tela de mechas unidireccionales	0,54
Tejido de lona	0,5

Los grosores del laminado asumidos, T, (excluyendo el gel-coat) son la suma de los grosores, t, o cada capa o refuerzos en la lámina calculada según la siguiente expresión:

$$t = W / 3072 \cdot 2,56 / (Gc - 1,36) \text{ (mm)}$$

Donde:

W es el peso de la capa de refuerzo (g/mm^2)

Gc es la fibra de vidrio contenida en la capa

Tenemos los siguientes tipos de fibra:

CSM \rightarrow 0,34 (contenido de Vidrio por peso)

WR \rightarrow 0,50 (contenido de Vidrio por peso)

Elegimos los siguientes tipos de fibra con sus correspondientes espesores:

$$\text{CSM}(300)t = W / 3072 \cdot (2.56/Gc-1,36) = 0,602$$

$$\text{CSM}(600)t = W / 3072 \cdot (2.56/Gc-1,36) = 1,205$$

$$\text{CSM}(450)t = W / 3072 \cdot (2.56/Gc-1,36) = 0,904$$

$$\text{WR} (450)t = W / 3072 \cdot (2.56/Gc-1,36) = 0,55$$

$$\text{WR} (800)t = W / 3072 \cdot (2.56/Gc-1,36) = 0,98$$

Como es lógico el espesor de una determinada capa del laminado depende de la resina que absorbe la fibra empleada. Para este caso se emplea MAT (hebra desbastada) y bidireccional (mecha tejida)

El peso del casco laminado para veleros es el siguiente (interpolación):

Peso del laminado para el fondo	4475 gr/m ²
Peso del laminado para el costado	3375 gr/m ²
Peso del laminado para la quilla	7400 gr/m ²
Espaciado entre refuerzos	415 mm
Pesos de la aleta y la popa	5425 gr/m ²

a) Laminación del fondo

El peso mínimo del laminado es de 4475 gr/m². Este peso se debe superar realizando un estratificado.

El peso del laminado debe multiplicarse por el factor Kw. Como la fuerza límite de flexión y contenido de la fibra de vidrio no se ha determinado por test, también hay que conocer Gc. Las expresiones que nos permiten obtener Gc y Kw son:

$$G_c = 2,56 / (3072 \cdot T / W + 1,36)$$

Donde T es el grosor medido del laminado (excluyendo el gel-coat) o el grosor total de t ($\sum t$), W es el peso total del refuerzo de fibra de vidrio laminado (g/m²).

$$K_w = 2,8 \cdot G_c + 0,16$$

Tras estos datos, se comprueba que el peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares, (obtenido por interpolación) multiplicados por el factor Kw (es decir, 4475 gr/m² · Kw) es menor o igual que el peso real del laminado propuesto.

A continuación se muestran los cálculos anteriormente explicados

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,204	1,2
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
TOTAL	6850 gr/m ²			10,7 mm

Peso mínimo necesario	4475 gr/m ²
Gc	0,418
Kw	1,3303
Peso necesario · Kw (gr/m ²) →	5953 < 6850

Área (m ²)	Espesor	Peso Fondo
34,055	10,70	369,59 Kg

Cumple

Laminado del costado.

El peso mínimo del laminado en esta zona debe ser de 3375 gr/m². Se obtienen de modo similar al del fondo:

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,204	1,2
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	600	0,34	1,204	1,2
WR	800	0,5	0,98	1,0
TOTAL	4500 gr/m ²			7,2 mm

Peso mínimo necesario	3375 gr/m ²
Gc	0,4
Kw	1,31
Peso necesario · Kw (gr/m ²) →	4421 < 4500

Área (m ²)	Espesor	Peso Costado
40,796	7,20	292,27 Kg

Cumple

Laminado de la quilla

La obtención del peso y manga mínima del laminado de la quilla se realiza en base a las columnas 6 y 7 de la tabla “Peso del casco laminado para veleros y embarcaciones auxiliares”. Es decir, el peso mínimo de la zona de la quilla es de 7400 gr/m², y su ancho de unos 560 mm.

Resulta que el laminado del fondo es inferior al que requiere la quilla. Por lo tanto y solo tenemos que aplicar el peso de laminación necesaria para la quilla. El peso a añadir debe ser lo suficiente para obtener el propio peso requerido en la quilla. Gracias a este detalle de añadir capas, se facilita la fase reconstrucción. Como ya se ha dicho anteriormente aquí únicamente se muestran las principales características del estratificado escogido.

Sus cálculos son los siguientes:

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,204	1,2
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	450	0,34	0,904	0,9
WR	800	0,5	0,98	1,0
CSM	600	0,34	1,204	1,2
WR	800	0,5	0,98	1,0
TOTAL	10750 gr/m ²			16,7 mm

Peso mínimo necesario (gr·m ²) = 7400
$G_c = 2,56 / (3072 \cdot T/W + 1,36) = 0,417$
$K_w = 2,8 \cdot G_c + 0,16 = 1,3289$
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 9834 < 10750
Manga de Quilla (mm) = 560

Área (m ²)	Espesor	Peso Quilla
7,60	16,70	129,25 Kg

Cumple

6.5. Refuerzos del Casco.-

En el cálculo de tales refuerzos, las normas de la sociedad de clasificación empleada, se establecen unas normas generales en cuanto al módulo resistente final que debe ser el mismo. En cambio, detalles como la morfología del mismo quedan a elección del proyectista.

a) Refuerzos transversales.

El módulo mínimo de los refuerzos transversales se obtiene a partir de las recomendaciones de las sociedades de clasificación. El módulo que se requiere para un calado de 2.20 m se calculo por interpolación.

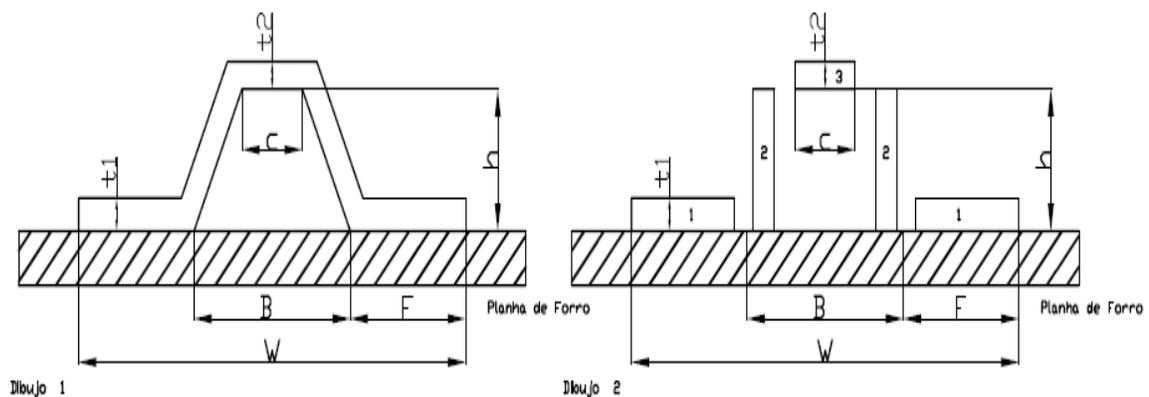
En veleros y barcos auxiliares las varengas y cuadernas del costado deben ser el 90% de los veleros indicados en la tabla de “Armazón transversal de una embarcación”. Por esta razón, conviene elaborar una tabla específica para veleros y embarcaciones auxiliares.

Con objetivo de que la situación de la mayoría de los refuerzos coincida con la ubicación de los mamparos, se ha modificado el espacio entre refuerzos. La variación del módulo es directamente proporcional a la variación del espacio. Dado que las normas empleadas se caracterizan por un dimensionamiento excesivo de los refuerzos y espesores, se procura exceder en lo mínimo al módulo requerido.

Varengas.

Las varengas son aquellos refuerzos transversales situados en el fondo. El primer dibujo representa un refuerzo, el segundo representa el mismo refuerzo descompuestos en unas series de paralelogramos. A partir de este segundo dibujo se puede calcular el módulo resistente, y así comprobar si se alcanza el módulo requerido.

Si desde un principio no se alcanza el módulo requerido, basta ir realizando pequeñas modificaciones hasta obtener el módulo, y por tanto el módulo.



El módulo resistente que debe poseer el perfil a diseñar es de unos 164 cm^3 . Se debe dejar un sobrante a los lados del núcleo para que este se pueda adherir correctamente al laminado del forro.

Como las cuadernas y refuerzos son de tipo “sombbrero de copa”, la manga de las conexiones de la bridas a la plancha laminada debe ser igual a $F = 25\text{mm} + 12 \cdot \text{Peso} / W/600$ de refuerzo en las nervaduras reforzadas ó de 50 mm.

A continuación se muestra el cálculo de una de ellas:

$$\begin{array}{lll}
 t \text{ (mm)} = 10,7 & c \text{ (mm)} = 50 & w \text{ (mm)} = 385 \\
 t1 \text{ (mm)} = 8 & h \text{ (mm)} = 50 & F \text{ (mm)} = 240 \\
 t2 \text{ (mm)} = 8 & & \mathbf{M. Necesario} = 35000 \quad \text{mm}^3
 \end{array}$$

Sección	Area	Yg	Area · Yg	$I_p = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	$I_b = I_p + \text{Area} \cdot Y_g^2$
1	$2 \cdot F \cdot t1 = 3840,00$	$t + t1 / 2 = 14,70$	56448,00	10240,00	840025,60
2	$2 \cdot h \cdot t1 = 800,00$	$t + h / 2 = 35,70$	28560,00	83333,33	1102925,33
3	$t2 \cdot c = 400,00$	$t+h+t2/2 = 64,70$	25880,00	2133,33	1676569,33
4	$w \cdot t = 4121,64$	$t/2 = 5,35$	22050,77	39323,88	157295,52
	Total = 9161,64	Y Lneutra = 14,51	132938,77		3776815,79

$$\begin{array}{ll}
 \text{Inercia respecto linea neutra} = I_b - (Y \text{ Lneutra})^2 \cdot \text{suma (áreas)} = 1847825,167 \quad \text{mm}^4 \\
 \text{Altura Lneutra} = \text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) = 14,51 \quad \text{mm} \\
 \text{Modulo resistente real} = LLN / Y_{\max} = 40005,19 \quad \text{mm}^3 \\
 Y_{\max} = 46,19 \quad \text{mm} \\
 G_c(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,42 \quad \text{Area de la sección} \rightarrow 5,04 \\
 K_I = 1/15(G_c)^2 \cdot 6 \cdot G_c + 1,45 = 1,03 \quad \text{Longitud del Refuerzo} \rightarrow 106,4394 \\
 \text{Modulo Interpolación [mm}^3] = 35000 \quad \text{Peso del Refuerzo} \rightarrow 827,7494108 \\
 \text{Modulo Requerido} = 36139,41 \\
 36139,41 < 40005,19 \quad \text{Cumple}
 \end{array}$$

Cuadernas

Para las cuadernas se siguen los mismos pasos que con las varengas. Por lo tanto, para evitar repeticiones innecesarias, no se comenta nada en este apartado. Los cálculos necesarios para dimensionar las cuadernas se muestran en el apéndice de escantillonado. El siguiente cálculo es solo un ejemplo.

$$\begin{array}{lll}
 t \text{ (mm)} = 7,2 & c \text{ (mm)} = 35 & w \text{ (mm)} = 259 \\
 t1 \text{ (mm)} = 6 & h \text{ (mm)} = 35 & F \text{ (mm)} = 115 \\
 t2 \text{ (mm)} = 6 & & \mathbf{M. Necesario} = 15000 \quad \text{mm}^3
 \end{array}$$

Sección	Area	Yg	Area · Yg	$I_p = 1/12 \cdot b \cdot h^3$	$I_b = I_p + \text{Area} \cdot Y_g^2$
1	$2 \cdot F \cdot t1 = 1380,00$	$t + t1 / 2 = 10,20$	14076,00	2070,00	145645,20
2	$2 \cdot h \cdot t1 = 420,00$	$t + h / 2 = 24,70$	10374,00	21437,50	277675,30
3	$t2 \cdot c = 210,00$	$t+h+t2/2 = 45,20$	9492,00	630,00	429668,40
4	$w \cdot t = 1866,24$	$t/2 = 3,60$	6718,46	8062,16	32248,63
	Total = 3876,24	Y Lneutra = 10,49	40660,46		885237,53

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) =$	458722,8293	mm ⁴	
Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) =$	10,49	mm	
Modulo resistente real = $LLN / Y_{\text{max}} =$	14466,04	mm ³	
	$Y_{\text{max}} =$	31,71	mm
$G_c(\text{costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) =$	0,41		Área de la sección → 2,01
$KI = 1/15(G_c)^2 - 6 \cdot G_c + 1,45 =$	0,99		Longitud del Refuerzo → 59,6924
Modulo Interpolación [mm ³] =	15000		Peso del Refuerzo → 185,1318001
Modulo Requerido =	14799,53		
	14799,53 <	14466,04	Cumple

b) Refuerzos longitudinales.

El módulo mínimo de los refuerzos longitudinales se obtiene a partir de las recomendaciones de las sociedades de clasificación. Los longitudinales se cruzan con mamparos o bulárcamas transversales a cada metro más o menos. Los módulos que se muestran son para longitudinales en el espacio básico del nervio apoyado por bulárcamas (el módulo y dimensiones de las bulárcamas se muestra más adelante), El módulo del refuerzo longitudinal que se requiere para una eslora de 14 m, se calcula por interpolación.

Tal y como se ha hecho con los refuerzos transversales, es decir, para que la situación de la mayoría de los refuerzos coincida con la distribución interior, se ha modificado el espacio entre refuerzos. La variación del módulo es directamente proporcional a la variación del espaciado, Dado que las normas empleadas se caracterizan por un dimensionamiento excesivo de los refuerzos y espesores, se procura exceder en lo mínimo al módulo requerido.

1. Longitudinales del fondo, vagras.

Se siguen las mismas pautas que con los refuerzos anteriores.

t (mm)= 10,7	c (mm)= 100	w (mm)= 385	
t1(mm)= 9	h (mm)= 100	F (mm)= 162	
t2(mm)= 9		1 M. Necesario = 140000	mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t1 = 2916,00	t + t1 / 2 = 15,20	44323,20	9841,50	683554,14
2	2 · h · t1 = 1800,00	t + h / 2 = 60,70	109260,00	750000,00	7382082,00
3	t2 · c = 900,00	t+h+t2/2 = 115,20	103680,00	6075,00	11950011,00
4	w · t = 4121,64	t/2 = 5,35	22050,77	39323,88	157295,52
	Total = 9737,64	Y Lneutra = 28,68	279313,97		20172942,66

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 12161114,74 \text{ mm}^4$
 Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) = 28,68 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $LLN / Y_{\text{max}} = 148277,25 \text{ mm}^3$
 $Y_{\text{max}} = 82,02 \text{ mm}$
 $G_c(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,42$ Area de la sección → 5,62
 $K_I = 1 / 15(G_c)^2 - 6 \cdot G_c + 1,45 = 1,03$ Longitud del Refuerzo → 50,9796
 Modulo Interpolación [mm³] = 140000 Peso del Refuerzo → 441,763112
 Modulo Requerido = **144557,65**
144557,65 < 148277,25 Cumple

2. Longitudinales del costado.

Al tratarse de un velero estilo clásico, destaca su reducida manga con los veleros modernos. Una manga pequeña conlleva en inconveniente de dar un aspecto de estrechez a los interiores del presente proyecto. Por tanto para aprovechar el máximo el espacio interior disponible, se ha decidido disponer dos longitudinales de costado. Como se siguen las mismas pautas que con los refuerzos anteriores, el módulo resistente del perfil a diseñar es de unos 92.5 cm³

t (mm)= 7,2 c (mm)= 100 w (mm)= 259
 t1(mm)= 6 h (mm)= 100 F (mm)= 115
 t2(mm)= 6 **M. Necesario = 92500** mm³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t1 = 1380,00	t + t1 / 2 = 10,20	14076,00	2070,00	145645,20
2	2 · h · t1 = 1200,00	t + h / 2 = 57,20	68640,00	500000,00	4426208,00
3	t2 · c = 600,00	t+h+t2/2 = 110,20	66120,00	1800,00	7288224,00
4	w · t = 1866,24	t/2 = 3,60	6718,46	8062,16	32248,63
	Total = 5046,24	Y Lneutra = 30,83	155554,46		11892325,83

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) =$	7097232,595	mm ⁴
Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) =$	30,83	mm
Modulo resistente real = $LLN / Y_{max} =$	92927,11	mm ³
$Y_{max} =$	76,37	mm
$G_c(\text{Costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) =$	0,41	Área de la sección → 3,18
$KI = 1/15(G_c)^2 \cdot 6 \cdot G_c + 1,45 =$	0,99	Longitud del Refuerzo → 18,8404
Modulo Interpolación [mm ³]=	92500	Peso del Refuerzo → 92,4449443
Modulo Requerido =	91263,79	
	91263,79 < 92927,11	Cumple

c) Bulárcamas.

Las bulárcamas vienen a ser cuadernas reforzadas; es decir, tienen un escantillado mayor que la cuaderna; y se sitúa en aquellos lugares donde se necesita robustecer la estructura o donde la distribución lo exija, Disponer un anillo de bulárcama donde la distribución lo exija quiere decir disponerlas donde vayan a colocarse mamparos. Se diseñan a partir de las sociedades de clasificación. El módulo requerido para la eslora de 14 m se calcula por interpolación.

En veleros y barcos auxiliares las bulárcamas deben de ser el 90% de los valores indicados en la tabla de “Armazón transversal de una embarcación”. Por esta razón, a continuación se muestra una tabla elaborada específicamente para veleros y embarcaciones auxiliares. Todos estos valores son para bulárcamas espaciadas 2 m. Pero, tal y como se ha hecho con los refuerzos anteriores, es decir, para que la situación de la mayoría de los refuerzos coincida con la distribución interior, se ha modificado el espaciado entre refuerzos. La variación del módulo es directamente proporcional a la variación del espaciado. Dado que las normas empleadas se caracterizan por un dimensionamiento excesivo de los refuerzos y espesores, se procura exceder en lo mínimo al módulo requerido.

Bulárcamas del centro.

t (mm)= 10,7	c (mm)= 200	w (mm)= 385	
t1(mm)= 13	h (mm)= 200	F (mm)= 162	
t2(mm)= 13		M. Necesario = 725000	mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t1 = 4212,00	t + t1 / 2 = 17,20	72446,40	29659,50	1275737,58
2	2 · h · t1 = 5200,00	t + h / 2 = 110,70	575640,00	8666666,67	72390014,67
3	t2 · c = 2600,00	t+h+t2/2 = 217,20	564720,00	36616,67	122693800,67
4	w · t = 4121,64	t/2 = 5,35	22050,77	39323,88	157295,52
	Total = 16133,64	Y Lneutra = 76,54	1234857,17		196516848,43

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 102001770,6 \text{ mm}^4$
 Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) = 76,54 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $LLN / Y_{max} = 760295,34 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 134,16 \text{ mm}$
 $G_c(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,42$ Area de la sección → 12,01
 $KI = 1/15(G_c)^2 \cdot 6 \cdot G_c + 1,45 = 1,03$ Longitud del Refuerzo → 12,0293
 Modulo Interpolación [mm³] = 725000 Peso del Refuerzo → 222,9572533
 Modulo Requerido = **748602,12**
748602,12 < 760295,34 Cumple

Bulárcamas laterales.

t (mm)= 7,2 c (mm)= 145 w (mm)= 259
 t1(mm)= 10 h (mm)= 145 F (mm)= 115
 t2(mm)= 10 M. Necesario = 290000 mm³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t1 = 2300,00	t + t1 / 2 = 12,20	28060,00	9583,33	351915,33
2	2 · h · t1 = 2900,00	t + h / 2 = 79,70	231130,00	2540520,83	20961581,83
3	t2 · c = 1450,00	t+h+t2/2 = 157,20	227940,00	12083,33	35844251,33
4	w · t = 1866,24	t/2 = 3,60	6718,46	8062,16	32248,63
	Total = 8516,24	Y Lneutra = 57,99	493848,46		57189997,13

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 28552205,64 \text{ mm}^4$
 Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Y_g) / \text{Suma}(A) = 57,99 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $LLN / Y_{max} = 303066,66 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 94,21 \text{ mm}$
 $G_c(\text{Costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,41$ Área de la sección → 6,65
 $KI = 1/15(G_c)^2 \cdot 6 \cdot G_c + 1,45 = 0,99$ Longitud del Refuerzo → 9,9366
 Modulo Interpolación [mm³] = 290000 Peso del Refuerzo → 101,9589558
 Modulo Requerido = **286124,32**
286124,32 < 303066,66 Cumple

6.6. Laminación de cubierta.

Toda la cubierta debe construirse de una sola pieza. En esta sola pieza queda incluida la cabina. De este modo se simplifican tanto el diseño como la construcción del barco. Todas las aberturas que se realicen (y de igual modo en el casco) precisan de un refuerzo que enmarque la estructura.

Para dotar a la cubierta de mayor rigidez local, se construye en laminado tipo sándwich se considera sobre la base de fuerzas equivalentes. Para un mismo peso de laminado, resulta que la rigidez de un laminado sándwich es mayor que la del laminado sencillo. Por lo tanto, para obtener una rigidez adicional y simplificar los cálculos, estos se efectuarán como si se tratase de un laminado sencillo. De estos cálculos se obtendrá un peso de estratificado, el cual se repartirá equitativamente a ambos lados del núcleo de baja densidad.

De este modo los pasos para su escantillonado, son similares a los del casco; por ejemplo, el peso del laminado corregido debe multiplicarse por el factor kw. El peso mínimo del laminado en esta zona debe ser de 2200 gr/m^2

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,205	1,20
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
TOTAL	3100			5,00

Peso laminado de cubierta:	2200	g/m ²
Espaciado básico del Bao:	415	m

Peso mínimo necesario (gr(m ²) = 2200
$Gc = 2,56 / (3072 \cdot T/W + 1,36) = 0,41$
$Kw = 2,8 \cdot Gc + 0,16 = 1,295$
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 2849

Área (m ²)	Espesor	Peso Cubierta
46,2564	5,00	228,66 Kg

Cumple

Según lo anteriormente escrito y dadas las características de la propia cubierta, se empleará como núcleo del laminado de sándwich un PVC de 100 kg/m^3 de densidad de 18 mm de espesor.

Como algunas zonas de cubierta se someten a mayores esfuerzos que otras, se debe dotar a las zonas con mayores solicitaciones de un núcleo de mayor densidad. Las zonas que requieren un núcleo de PVC de mayor densidad son: periferia de la fogonadura, winches, carro de mayor, estay, obenquillos, backstay, poleas, uniones del casco de burdas, cogida del ancla y trinqueta.

a) Refuerzos de cubierta.

Dado que en la propia cubierta se ha incluido a la cabina, se procede de igual modo respecto a los refuerzos.

Baos.

Los baos son los refuerzos transversales situados en cubierta. Su función es la de soportar a la cubierta. Para transmitir de un modo óptimo los esfuerzos, los baos deben descansar sobre las bulárcamas, también deben disponerse el final de grandes aberturas, y por supuesto en el mástil. Además, los extremos de los baos deben estar conectados de un modo efectivo con la estructura adyacente. En el apéndice se muestra la interpolación realizada para obtener los módulos requeridos con una eslora de 13 m, tal interpolación se ha realizado en función de la longitud del bao y de mismo espacio de bao.

Como se ha dicho antes, los módulos vienen expresados en función de la propia longitud del Bao. Para baos de longitudes intermedias, aunque se podría escoger la longitud inmediata superior (de este modo, simplificarían los cálculos y se obtendría un barco más reforzado), se prefiere interpolar para evitar un dimensionamiento excesivo y ahorrar peso. Por ello, se ha realizado una tabla en el que se muestran los cálculos requeridos en función de distintas longitudes y espaciados de baos.

A partir de la tabla anterior, se ha realizado otra tabla en la que se muestran los módulos concretamente requeridos para cada bao del presente diseño. Tales módulos también se han obtenido por interpolación.

Hechas las interpolaciones se procede al propio cálculo que permite dimensionar el bao.

t (mm)= 5	c (mm)= 70	w (mm)= 180
$t1$ (mm)= 5	h (mm)= 70	F (mm)= 87
$t2$ (mm)= 5		M. Necesario = 32000 mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	$I_p=1/12 \cdot b \cdot h^3$	$I_b=I_p + Area \cdot Yg^2$
1	$2 \cdot F \cdot t1 = 870,00$	$t + t1 / 2 = 7,50$	6525,00	906,25	49843,75
2	$2 \cdot h \cdot t1 = 700,00$	$t + h / 2 = 40,00$	28000,00	142916,67	1262916,67
3	$t2 \cdot c = 350,00$	$t+h+t2/2 = 77,50$	27125,00	729,17	2102916,67
4	$w \cdot t = 900,00$	$t/2 = 2,50$	2250,00	1875,00	7500,00
	Total = 2820,00	Y Lneutra = 22,66	63900,00		3423177,08

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 1975230,275 \text{ mm}^4$
 Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 22,66 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $LLN / Y_{max} = 37738,14 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 52,34 \text{ mm}$
 $G_c(\text{Costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,41$ Área de la sección → 1,92
 $KI = 1/15(G_c)^2 - 6 \cdot G_c + 1,45 = 0,97$ Longitud del Refuerzo → 34,3944
 Modulo Interpolación [mm³] = 32000 Peso del Refuerzo → 101,8954737
 Modulo Requerido = **31085,12**
31085,12 < 37738,14 Cumple

Vagras de cubierta.

Las vagras de cubierta son los refuerzos longitudinales destinados a soportar a la cubierta. Su distribución es simétrica respecto a crujía, y su comienzo en la proa se encuentra a la altura del estay, garantizando así la correcta distribución de los refuerzos. Para transmitir de un modo óptimo los refuerzos, las vagras deben estar conectadas de un modo efectivo con la estructura adyacente. Los módulos requeridos se muestran en función de la longitud de la vagra. Tales longitudes son el tramo máximo de la vagra carecente de apoyos.

La longitud máxima de vagras sin apoyos es 1,7 m. Por tanto para no caer en un dimensionamiento excesivo y con ayuda de la tabla anterior, calculamos el módulo necesario para la distancia.

El módulo de la vagra se determina multiplicando el valor obtenido por la manga de la cubierta apoyada. En este caso la manga máxima de cubierta apoyada es 1.8 (casualmente coincide con el valor de la vagra más larga). Ya se pueden calcular las dimensiones del perfil que satisface el módulo requerido.

t (mm)= 5	c (mm)= 105	w (mm)= 180
$t1$ (mm)= 5	h (mm)= 105	F (mm)= 87
$t2$ (mm)= 5	M. Necesario = 725000	mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	$I_p=1/12 \cdot b \cdot h^3$	$I_b=I_p + Area \cdot Yg^2$
1	$2 \cdot F \cdot t1 = 870,00$	$t + t1 / 2 = 7,50$	6525,00	906,25	49843,75
2	$2 \cdot h \cdot t1 = 1050,00$	$t + h / 2 = 57,50$	60375,00	482343,75	3953906,25
3	$t2 \cdot c = 525,00$	$t+h+t2/2 = 112,50$	59062,50	1093,75	6645625,00
4	$w \cdot t = 900,00$	$t/2 = 2,50$	2250,00	1875,00	7500,00
	Total = 3345,00	Y Lneutra = 38,33	128212,50		10656875,00

Inercia respecto linea neutra = $I_b - (Y \text{ Lneutra})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) =$	5742541,62	mm ⁴
Altura Lneutra = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) =$	38,33	mm
Modulo resistente real = $LLN / Y_{\max} =$	80124,31	mm ³
$Y_{\max} =$	71,67	mm
$G_c(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t^3 / w) + 1,36) =$	0,41	Area de la sección → 2,45
$KI = 1/15(G_c)^2 - 6 \cdot G_c + 1,45 =$	0,97	Longitud del Refuerzo → 75,9032
Modulo Interpolación [mm ³] =	77000	Peso del Refuerzo → 286,3550689
Modulo Requerido =	74798,56	
	74798,56 < 80124,31	Cumple

6.7. Mamparos

El presente proyecto no esta obligado por ninguna norma a incluir mamparos en su estructura. A pesar de ellos y para mayor seguridad se disponen en los siguientes lugares: uno estanco coincidiendo con la cuaderna nº 1, (a popa del camarote de popa), dos no estanco coincidiendo con la cuaderna nº 9 y nº 21 (coincide con una bularcama) y otro estanco en el pique de pro coincidiendo con la cuaderna nº31.

Mamparos	Ancho (m)	Alto (m)	Tipo de Nucleo	Espesor				Peso
				núcleo	lam. Popa	lam. Pro	Total	
Pique de proa	0,94	1,53	PVC H115	12,00	1,75	1,75	15,50	22,99
Pique de popa	3,66	0,91	PVC H130	10,00	3,00	3,00	16,00	54,64
Camrote de popa	4,18	2,20	PVC H64	3,00	1,00	1,00	5,00	47,10
Camarote de proa	3,50	2,18	PVC H64	3,00	1,00	1,00	5,00	39,08

6.8. Tanque de petróleo y agua.

Dado que se dispondrán rígidos prefabricados, no necesario el escantillonado de tanques.

6.9. Puntales

En el presente velero carece de puntales. Podría proyectarse uno para transmitir esfuerzos del mástil del casco, pero esto no es necesario dado que el mástil se apoya directamente en el fondo.

6.10. Calculo del peso de elementos estructurales.

Laminado : el peso del laminado se puede obtener mediante la siguiente expresión

$$P_{\text{LAMINADO}} = e \cdot A \cdot 1.55 \text{ (kg)}$$

donde: $e \rightarrow$ espesor del laminado

$A \rightarrow$ area del laminado

El cálculo del peso del laminado se realiza aplicando la expresión anterior a cada tipo de laminado (se ha comentado, en apartados anteriores, que en el laminado del velero se distinguen cuatro partes: casco, quilla, costado y cubierta.)

Refuerzos : El peso de los refuerzos se estima de modo similar al del laminado, la formula que permite el peso de un refuerzo es el siguiente:

$$P_{\text{REFUERZO}} = A_{\text{SECCIÓN}} \cdot L_{\text{REFUERZOS}} \cdot 1543$$

donde: $A_{\text{SECCIÓN}} \rightarrow$ área de la sección del refuerzo expresada en metros

$L_{\text{REFUERZO}} \rightarrow$ Longitud del refuerzo

Mamparos: El cálculo de su peso no difiere mucho del de los refuerzos o del laminado, la expresión de partida se muestra a continuación.

$$P_{\text{MAMPARO}} = A_{\text{MAMPARO}} (0.039 \cdot e_{\text{NUCLEO}} + 1.001 e_{\text{CHAPA}})$$

Donde: $A_{\text{MAMPARO}} \rightarrow$ Área del mamparo expresado en metros

$e_{\text{NUCLEO}} \rightarrow$ espesor del núcleo del mamparo

$e_{\text{chapa}} \rightarrow$ espesor total de las chapas.

CAPITULO VII

ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD

7. Estudio de la estabilidad.-

7.1. Introducción.-

El estudio de la estabilidad nos determina el rango de navegación, es decir, con que fuerza el viento y oleaje puede navegar el barco y que seguridad tenemos para que el barco no vuelque debido al par escorante producido por dichas fuerzas. Para llevarlo a cabo, se parte del diseño realizado con el programa “Maxsurf” y de distintas situaciones de peso. Todos estos datos se procesan con el programa “Hydromax”, el cual permite conocer el comportamiento, más o menos estable, del modelo a estudiar.

Con este estudio se determina el rango de navegación, para ello debe cumplir ciertos requisitos, entre ellos: estabilidad a grandes ángulos, el ángulo de equilibrio, y el francobordo mínimo.

La estabilidad estática y dinámica son muy importantes, se realiza para un rango de escora que va desde los 0° hasta los 180° y debe cumplirse que la estabilidad estática a los 10° es superior al valor de la tangente del GM, es decir: $GZ_{10^\circ} > GM \cdot \text{sen}(10^\circ)$.

Además el brazo escorante resultante de llevar todo el pasaje a una banda debe ser menor que GZ_{10° . Respecto al francobordo se debe cumplir que haya una estabilidad nula superior a los 90°.

Por lo que se refiere a las distintas situaciones de carga (encargadas de simular distintos casos de salida y llegada de puerto), todas ellas han sido elaboradas imponiendo un límite máximo de 6 personas a bordo.

7.2. Normativa Española.-

UNE-EN ISO 12217-2 Evaluación y Clasificación de la estabilidad y Flotabilidad

- **Embarcaciones propulsadas a vela de eslora igual o superior a 6 m.**

1. Objeto y Campo de Aplicación

Esta parte de la Norma ISO 12217 especifica los métodos de evaluación de la estabilidad y flotabilidad de las embarcaciones de estado intacto (es decir sin averías). También se contemplan las características de flotación de las embarcaciones susceptibles de inundación.

La evaluación de las condiciones de estabilidad y flotabilidad utilizando esta parte de la Norma ISO 12217 permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C, D) adecuada a su diseño a su carga máxima.

Esta parte de la Norma ISO 12217 es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela (incluso si dispone de motor auxiliar) de una eslora comprendida entre 6 y 24 m inclusive. Sin embargo, se puede también aplicar a las embarcaciones de menos de 6 m si se trata de multicascos habitables o sino alcanzan la categoría de diseño necesaria que se especifica en la Norma ISO 12217-3 y disponen de cubiertas y aberturas de achique rápido de acuerdo con la Norma ISO 11812

Esta parte de la Norma ISO 12217 excluye:

- Embarcaciones neumáticas y rígido-neumática hasta 8 m incluidas en la Norma ISO 6185.
- Canoas, kayak u otras embarcaciones de manga inferior a 1,1 m

2. Términos y definiciones.

Para los fines de esta parte de la norma ISO 12217 se aplican los siguientes términos y definiciones:

- Categoría de diseño: Descripción de la condiciones de mar y viento para las que una embarcación se ha evaluado idóneas para cumplir con esta parte de la Norma ISO 12217.

Significado de las categorías de diseño:

Categoría de diseño A: Una embarcación de categoría de diseño A, se considera que se ha diseñado para operar con vientos de fuerza de Beaufort igual o menor de 10 y las alturas de ola correspondientes, y sobrevivir en las más severas condiciones. Estas condiciones se pueden encontrar en largos viajes, por ejemplo a través de los océanos, o costeros cuando no se tenga una protección contra el viento y olas durante varios cientos de millas náuticas. Se consideran que los vientos pueden alcanzar rachas de 28 m/s

Categoría de diseño B: Una embarcación de categoría de diseño B, se considera que se ha diseñado para operar con olas de hasta 4 m de altura significativa y un viento de Beaufort de fuerza igual o menor de 8. Estas condiciones se pueden encontrar en viajes de alta mar de duración suficiente o costera cuando no siempre pueda ser posible encontrar una adecuada protección. Estas condiciones se pueden encontrar también en mares interiores de una extensión suficiente para que se generen olas de altura apreciable. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 21 m/s.

Categoría de diseño C: Una embarcación de categoría de diseño C, se considera que se ha diseñado para operar con olas de hasta 2 m de altura significativa y un característico viento estable de una fuerza Beaufort igual o menor de 6. Estas condiciones se pueden encontrar en aguas expuestas interiores, en estuarios y en aguas costeras con unas condiciones moderadas de tiempo. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 17 m/s.

Categoría de diseño D: Una embarcación de categoría de diseño D, se considera que se ha diseñado para operar con olas ocasionales de una altura significativa de 0.5 m y un característico viento estable de una fuerza Beaufort igual o menor de 4. Estas condiciones se pueden encontrar en aguas protegidas interiores, y en aguas costeras de buen tiempo. Se considera que los vientos pueden alcanzar rachas de 13 m/s.

Categoría de diseño	A	B	C	D
Altura de Ola hasta	Aprox. 7 m signif.	4 m signif,	2 m signif.	0.5 m máximo
Fuerza Beaufort	hasta 10	hasta 8	hasta 6	hasta 4
Velocidad del Viento (m/s)	28	21	17	13

- Embarcación propulsada a vela: Embarcación en la que el principal medio de propulsión es la fuerza del viento, teniendo $A_s \geq 0,07(m_{LDC})^{2/3}$
- Nicho: Cualquier volumen abierto al exterior que pueda contraer agua.
- Nicho de achique rápido: Nicho que cumple todos los requisitos de la Norma ISO 11812 para “cabinas y nichos de achique rápido”
- Nicho estanco : Nicho que cumple con los requisitos de la Norma ISO 11812 “cabinas y nichos estancos”

- Embarcación con cubierta completa : Embarcación en la que la proyección horizontal del área de diseño comprende cualquier combinación de
 - cubiertas estancas y superestructuras; y/o
 - nichos de achique rápido que cumplan con la Norma ISO 11812C; y/o
 - nichos estancos que cumplan con la Norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a $L_H \cdot B_H \cdot F_M / 40$;

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

- Vuelco: Situación en la que una embarcación alcanza cualquier ángulo de escora del que es incapaz de recuperarse hasta una posición de equilibrio próxima a la de adrizado sin intervención extrema.
- Hundimiento: Situación en la que una embarcación alcanza un ángulo de escora suficiente para sumergir el tope del palo, y de la que puede o no recuperarse sin intervención extrema.
- Inversión: Situación en la que una embarcación se pone del revés.
- Condición de embarcación en rosca : Embarcación equipada con el peso en rosca de acuerdo con la Norma ISO 8666, incluyendo las siguientes observaciones cuando corresponda:
 - a) cuando se prevea la propulsión mediante un (unos) motor(es) fuera borda de más de 3 KW, se debe montar en la posición(es) de trabajo el (los) mayor(es) motor(es) por el fabricante de la embarcación.

b) cuando existan baterías, se deben montar en la posición propuesta por el constructor.

c) los mástiles, botavaras y otros palos a bordo y aparejos en su posición de estiva, listos para su uso, pero no montados, todos los aparejos permanentes y en funcionamiento deben estar en su sitio.

d) cualquier vela suministrada por el constructor y aparejos listos para su uso, pero no montados, por ejemplo la vela principal de la botavara, velas enrolladas y recogidas, velas de proa y de estay, que estriben en la cubierta de proa.

Condición mínima operativa: Embarcación en la condición de rosca añadiendo los siguientes pasos.

a) el peso que representa a la tripulación, situado en la línea de crujía y próximo a la posición de puesto de control, de

-75 Kg. cuando $L_H \leq 8$ m;

- 150 Kg. cuando $8 \text{ m} < L_H \leq 16$ m

- 225 Kg. cuando $16 \text{ m} < L_H \leq 24$ m

b) el equipo esencial de seguridad con un peso no menor de $(L_H - 2,5)^2$ Kg.;

c) provisiones no consumibles y equipos normalmente llevados a bordo de la embarcación.

d) agua de lastre en tanque situado simétricamente con respecto a la línea de crujía y para los que figure en el manual del propietario que se llenan siempre que la embarcación esté a flote, pero no los líquidos contenidos en los tanques de lastre previsto por el constructor para usarse como lastre asimétrico variable durante la navegación.

e) una bolsa de salvamento (cuando corresponda) situada en la estiva provista.

Los elementos de posición variable (por ejemplo falsas quillas, lastres sólidos movibles y palos abatibles) se deben situar simétricamente con respecto a la línea de crujía de la embarcación.

Cualquier orza o quilla debe de estar en la posición de izada a menos que se pueda fijar en la posición más baja y se le dan las instrucciones apropiadas en el manual del propietario.

Peso mínimo operativo, m_{MOC} : Peso de la embarcación en la condición mínima operativa

Carga máxima total, m_{MTL} : Carga máxima a la que la embarcación se diseña para llevar además de la condición de embarcación en rosca, incluyendo el máximo peso recomendado por el fabricante tal y como se define en la Norma ISO 14946, y comprendiendo todos los líquidos (por ejemplo combustible, aceites, agua dulce, agua de lastre o tanques para cebo y pozos de peces vivos) hasta la máxima capacidad de los tanques fijos o portátiles.

Condición de desplazamiento en carga: Embarcación en la condición de rosca añadiendo la carga máxima total hasta alcanzar el asiento de diseño, siendo la distribución vertical del peso de la tripulación en la que se indica en el apartado de posición vertical del centro de gravedad.

Peso del desplazamiento en carga, m_{LDC} : Peso de la embarcación en la condición de desplazamiento en carga.

Ensayo de estabilidad: Método por el que se puede determinarse la posición vertical del centro de gravedad. (VCG)

Momento de adrizamiento, RM: Momento de recuperación generado, para un determinado ángulo de escora en aguas tranquilas, por el par transversal del centro de gravedad de la embarcación desde el centro de carena de la parte sumergida del casco.

Brazo del par de adrizamiento, GZ: Distancia tanto de los planos horizontales como transversales entre el centro de carena y el centro de gravedad.

Línea de flotación en carga: Línea de la flotación de la embarcación cuando se adriz, con el peso del desplazamiento en carga y el asiento de diseño.

Grado de estanquidad: El grado de estanquidad se resume como sigue:

- Grado 1: Grado de estanquidad que protege contra los efectos de una inmersión continua en agua.
- Grado 2: Grado de estanquidad que protege contra los efectos de una inmersión temporal en agua.
- Grado 3: Grado de estanquidad que protege contra rocciones de agua
- Grado 4: Grado de estanquidad que protege contra gotas de agua que caen con un ángulo de hasta 15° desde la vertical.

3. Requisitos para las embarcaciones de tipo monocasco.

Las embarcaciones propulsada a vela de tipo monocasco deben satisfacer todos los requisitos de las siete opciones de acuerdo con las características de flotación y cubierta, y según la embarcación se equipe o no con los nichos apropiados.

La categoría de diseño que finalmente se da es aquella para la cual la embarcación satisface todos los requisitos relevantes de una de esas opciones.

Para las embarcaciones que utilicen las opciones 1 ó 2 se deben satisfacer los requisitos en las condiciones mínimas de operación a menos que se indique específicamente otra cosa. Si la relación de m_{LDC} / m_{MOC} es mayor de 1.15, entonces se deben satisfacer los requisitos tanto en la condición de desplazamiento en carga como en la mínima operacional. Al calcular la posición del centro de gravedad conjunto en la condición de desplazamiento en carga se debe observar lo siguiente:

- el combustible y el agua se deben situar en tanques fijos.
- las provisiones se deben almacenar en sus lugares adecuados.
- el peso de la tripulación adicional (tripulación límite inferior a la requerida por m_{MOC}) se debe añadir a la altura de la regala en la mitad de la eslora L_H .

Las embarcaciones que utilicen las opciones 1 ó 2 y dispongan de lastres asimétricos durante la navegación (bien sea líquidos o sólidos) deben.

- a) cumplir con los requisitos de la opción seleccionada como se indica en la tabla.
- b) cumplir con los requisitos de los apartados de ángulo de inundación, ángulo de estabilidad nula y peso mínimo (si corresponde), y índice de estabilidad para la

categoría de diseño menos exigente, considerando que los lastres móviles son de tal posición de manera que den el resultado más adverso posible cuando se considera cada requisito individual de estabilidad.

Los nichos de la embarcaciones a las que se les vaya a asignar la categoría de diseño A ó B utilizando la opción 1 de la tabla, deben cumplir con las limitaciones del área de proyecto que se dan más abajo, a menos que se tenga expresamente en cuenta el peso y el efecto de superficies libres del agua que los nichos puedan contener cuando se calculen las características de la estabilidad.

Si se utiliza esta opción de cálculo, los brazos de los pares de adrizamiento se deben calcular como si cada nicho no tuviera achique y considerando que inicialmente contienen una cantidad de agua equivalente al siguiente porcentaje de su capacidad max.

$$\text{Porcentaje lleno} = (60-240 F/L_H)$$

Donde F es el franco bordo mínimo a la brazola del nicho en cuestión.

Se considera que esta agua se debe derramar al exterior cuando la embarcación se escora, y se supone que los momentos de adrizamiento son simétricos con respecto a la vertical.

Para la categoría de diseño A:

$$\text{área de trazado de todos los nichos } (m^2) < 2 L_H B_H$$

$$\text{área de trazado de todos los nichos de proa } L_H/2 (m^2) < 0.1 L_H B_H$$

Para la categoría de diseño B:

$$\text{área de trazado de todos lo nichos } (m^2) < 3 L_H B_H$$

$$\text{área de trazado de todos los nichos de proa } L_H/2 (m^2) < 0.15 L_H B_H$$

Requisitos que se deben aplicar a las embarcaciones a velas monocasco.

Opción	1	2	3	4	5	6	7
Categorías Posibles	A y B	C y D					
1. Cubiertas o protecciones	C. Completa	C. T	C. T.	C. T	C. T	C. T	C. T
2. Aberturas de inundación	X	X	X	X	X	X	
3. Ensayo la altura de inundación	X	X	X		X		
4. Ángulo de inundación	X	X					
5. Ángulo de estabilidad nula	X	X					
6. Índice de estabilidad	X	X					
7. Ensayo hundimiento-reparación			X	X			
8. Ensayo resistencia al viento					X	X	
9. Requisitos de flotación				X		X	
10. Ensayo recuperación vuelco							X

1. Cubiertas o protecciones: embarcación con cubierta completa en la que la proyección horizontal del área total de diseño comprende cualquier combinación de

- cubiertas estancas y superestructuras; y/o
- nichos de achique rápido que cumplan con la Norma ISO 11812; y/o
- nichos estancos que cumplan con la Norma ISO 11812 con un volumen conjunto inferior a $L_H B_H F_M / 40$;

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

2. Aberturas de inundación: se deben aplicar los requisitos dados más abajo y a todas las aberturas inundables excepto

a) nichos estancos al agua de un volumen conjunto inferior a $L_H B_H F_M / 40$, o nichos de achique rápido.

b) conducto de drenaje de los nichos de achique rápido o de los nichos estancos al agua, si están llenos, no llevarían a la inundación o vuelco cuando la embarcación está adrizada.

c) dispositivos no abiertos.

d) dispositivos abiertos situados en las partes superiores que cumplan con la Norma ISO 12216 para una estanquidad de grado 2 y a los que haga referencia en el Manual del propietario y en los que está claramente marcado “CIERRE ESTANCO-MANTENER CERRADO DURANTE LA NAVEGACIÓN”, y que sean:

1) escotillas de salida de emergencia o dispositivos fijados con cierres atornillados.

2) estanco en un compartimiento de un volumen tan reducido que, incluso si se inunda, la embarcación satisface todos los requisitos.

3) en una embarcación de la categoría de de diseño C ó D en la que, cargada con el peso del desplazamiento, no naufragaría si el compartimiento en cuestión se inundara como resultado de haberse dejado abierto el dispositivo.

e) Dispositivos abiertos situados en el interior de las partes superiores que cumplan con la norma ISO 12216 para una estanquidad de grado 2 y a los que se haga referencia en el Manual del Propietario y en los que esté claramente marcado “CIERRE ESTANCO-MANTENER CERRADO DURANTE LA NAVEGACIÓN”

f) Escapes de máquinas u otras aperturas que se conectan solamente a los sistemas de estanquidad.

g) Aberturas en los costados exteriores de las sentinas de la sala de máquina que sean:

1) grado de estanquidad al agua 2 y tengan el punto más bajo de inundación a más de 0,1 m por encima de la línea de flotación de la carga

2) grado de estanquidad al agua 3 y tengan el punto más bajo de inundación a más de 0,2 m por encima de la línea de flotación en carga y estén también por encima del extremo superior del espejo de popa en la zona del soporte de la maquinaria, y existan aberturas para el drenaje de la sentina.

3) grado de estanquidad de agua 4 y tengan el punto más bajo de inundación a más de 0,2 m por encima de la línea de flotación en carga y estén también por encima del extremo superior del espejo de popa en la zona del soporte de la maquina y existen aberturas para el drenaje de la sentina y cumpliendo además que la parte de los espacios interiores o de no achique rápido en los que pueda entrar el agua tengan una eslora inferior a $L_H/6$ y no se pueda achicar el agua hasta una altura de 0,2 m por encima de la línea de flotación en carga en otros espacios interiores o de no achique rápido de la embarcación.

Todos los dispositivos cerrados aptos para las aberturas inundables deben cumplir con la norma ISO 12216, de acuerdo con la categoría de diseño y la zona en la que se sitúe el dispositivo.

Los dispositivos del tipo no abierto deben instalarse en el caso de 0,2 m por encima de la línea de flotación en carga, a menos que cumplan con la norma ISO 9093 ó sean escotillas de salida de emergencia de acuerdo con la norma ISO 909.

Las aberturas en el interior de la embarcación, tales como troncos para motores fuera borda y tanques para peces o cebo que floten libremente, deben considerarse como aberturas de posible inundación.

En las embarcaciones a las que se les va a otorgar la categoría de diseño A ó B se deben permitir aberturas inundables que no sean reglamentarias o de tipo cerrado si son esenciales para la ventilación o los requisitos de la combustión del motor.

3. Ensayo de la altura de Inundación: Este ensayo sirva para demostrar que la embarcación dispone de margen suficiente de franco bordo en la condición de carga de desplazamiento antes de que se embarque agua a bordo.

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

a) Seleccionar un número de personas igual a la tripulación límite, cuyo promedio no sea inferior a 75 kg.

b) Cada embarcación, en aguas tranquilas, con todos los elementos que constituyen la carga máxima total y con las personas colocadas de forma que se consiga el asiento de diseño.

c) Medir la altura desde la línea de flotación hasta los puntos por los que pueda comenzar a entrar el agua por cualquier abertura inundable tal y como se describe en el apartado de aberturas inundables. Cuando una abertura inundable está completamente protegida por una brazola más alta alrededor de nicho del que sobresale, la altura inundable se debe medir hasta el punto más bajo de la brazola.

Requisitos:

Determine la categoría de diseño comparando las mediciones efectuadas con los requisitos para una altura mínima de inundación, modificadas según los párrafos b) y c) siguientes, usando bien las normas de los límites en la altura de inundación requerida, que generalmente dan los requisitos más bajos. La figura 2, que se basa solamente en la eslora de la embarcación.

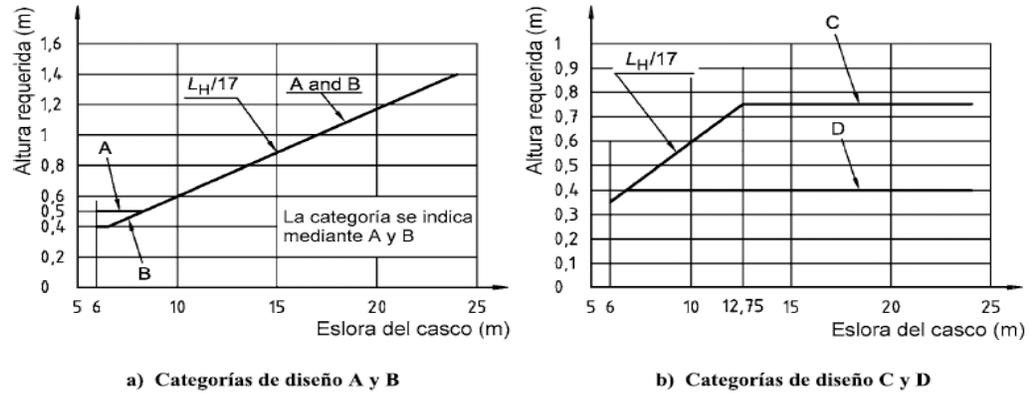


Fig. 2 – Altura requerida de inundación

En las embarcaciones evaluadas utilizando la figura 2 se debe permitir que las aberturas tengan un área conjunta libre, expresamente en milímetros cuadrados (mm^2), de no más de $50 L_H^2$, comprendida dentro de la cuarta parte de L_H a popa, siempre que la altura inundable de esas aberturas no sea inferior a los $\frac{3}{4}$ de la requerida por la figura 2.

La altura requerida de inundación por la orza, falsa quilla o cajas de puntales provisionales debe ser la mitad de la determinada por el párrafo anterior.

4. Ángulo de Inundación: Este requisito sirve para comprobar que existe un margen suficiente de ángulo de escora de que puedan penetrar en la embarcación cantidades significativas de agua.

El ángulo de inundación para cualquier abertura inundable (ϕ_{DA}) aparte de la que están incluidas en el apartado de aberturas inundables, que se pueden determinar usando cualquiera de los métodos de la normativa para el cálculo del ángulo de Inundación, debe ser mayor que el ángulo requerido de inundación ($\phi_{D(R)}$) que se muestra en la tabla 3.

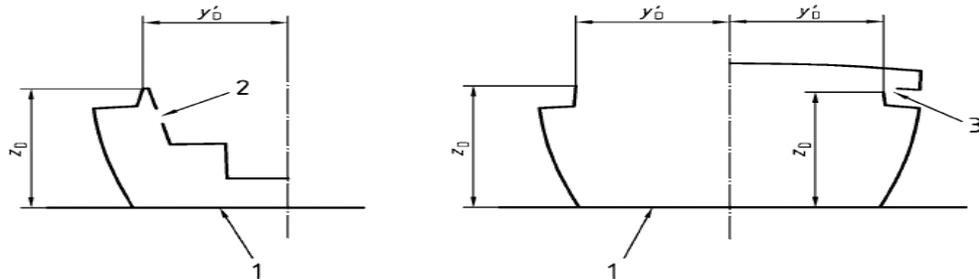
Tabla 3
Requisitos del ángulo de inundación

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

Cuando una abertura inundable se proteja por una brazola más alta alrededor del nicho del que sobresale, el ángulo de inundación se debe medir hasta el punto más bajo de la brazola, véase la figura B.1, de la normativa.

Tabla B.1
Método aproximado para ángulos de inundación

z_D / y'_D	ϕ_D grados	z_D / y'_D	ϕ_D grados
0,10	5,7	0,80	38,7
0,15	8,5	0,85	40,4
0,20	11,3	0,90	42,0
0,25	14,0	0,95	43,5
0,30	16,7	1,00	45,0
0,35	19,3	1,05	46,4
0,40	21,8	1,10	47,7
0,45	24,2	1,15	49,0
0,50	26,6	1,20	50,2
0,55	28,8	1,30	52,4
0,60	31,0	1,40	54,5
0,65	33,0	1,50	56,3
0,70	35,0	1,60	58,0
0,75	36,9	1,70	59,5



Leyenda

- 1 Línea de flotación
- 2 Abertura inundable protegida por una brazola
- 3 Ejemplo de un nicho para ventilación de motores

Fig. B.1 – Método aproximado para ángulos de inundación

5. Ángulo de estabilidad nula: Este requisito pretende asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia.

Este ángulo de estabilidad nula para una adecuada condición de carga se debe obtener utilizando las propiedades de la curva de brazos del par de adrizamiento.

Las embarcaciones deben cumplir normalmente los requisitos del ángulo de estabilidad nula (Tabla 4), pero las de las categorías A ó B pueden cumplir alternativamente lo requisitos para las categorías de diseño A o B.

Tabla 4
Requisitos del ángulo de estabilidad nula

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	$\phi_{V(R)} = 75^\circ$

Requisitos para las categorías de diseño A ó B: a las embarcaciones se les puede asignar una categoría de diseño A ó B siempre que.

a) $\phi_v \geq 90^\circ$ para la categoría de diseño A, ó $\phi_v \geq 75^\circ$ para la categoría de diseño b.

b) se haya comprobado mediante cálculo utilizando la normativa cuando la embarcación se sumerja totalmente bien por hundimiento o inversión, el volumen de flotabilidad, expresado en metros cúbicos (m^3), proporcionado por la estructura del casco, dispositivos y elementos de flotación, sea mayor que el número representado por $(m_{LDC} / 850)$, de forma que se asegure que sea suficiente para soportar el peso de la embarcación cargada con un margen adecuado. No se debe incluir el margen para las bolsas de aire (aparte del destinado a los tanques de aire y compartimientos estancos).

c) cuando se utilicen compartimientos accesibles vías escotillas o puertas para demostrar una flotación positiva después de un vuelco, el compartimiento se debe construir con un grado de estanquidad 1, con las escotillas y puertas que satisfagan los requisitos de estanquidad para el grado 2 de la Norma ISO 12216.

Los cierres en las aberturas de acceso a los compartimientos estancos deben marcarse claramente por los dos lados con: “CIERRE ESTANCO-MANTENER CERRADO DURANTE LA NAVEGACIÓN”

d) cuando se utilicen elementos de flotación, se deben satisfacer los requisitos de la tabla E.1.

Tabla E.1
Requisitos de los elementos de flotación

Propiedad	Tanque de aire	Contenedor de aire	Bolsa inflable	Material de baja densidad
Estanquidad al aire	RT	RT	R	
Resistencia mecánica o protección	R	R	R	R
Facilidad de achique	R	R		
Resistencia a, o protección contra la luz		R	R	R
Características constructivas que posibiliten su inflado			R	
Resistencia a una temperatura $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$				R
Absorción de agua máximo 8% en volumen				R
Buena sujeción		R	R	R
Encapsulado o resistente a los líquidos			R	R
Etiqueta: “No perforar el tanque de aire/contenedor/bolsa”	R	R	R	
NOTA 1 – R indica que se requiere esta propiedad pero que el elemento no se sujeta a un ensayo específico por el constructor.				
NOTA 2 – RT indica que se requiere esta propiedad y que se requiere que el elemento se ensaye por el constructor.				

e) si se ha suministrado información sobre la estabilidad similar a la requerida en el apartado de requisitos para catamaranes y trimaranes, excepto la equivalente a la derivada de la normativa para determinar el viento de escora, la máxima fuerza del viento recomendada para un área de velas dada se debe determinar partiendo de que el momento de adrizamiento de la escora debida al viento con rachas de dos veces la presión media del viento no debe ser mayor que momento máximo de adrizamiento para cualquier ángulo de escora.

f) se deben colocar en el puesto principal de control los símbolos de aviso que se muestra en la figura 3.



Fig. 3 – Símbolos de aviso

6. Índice de estabilidad: El índice de estabilidad es un método que permite obtener una evaluación conjunta de las propiedades de estabilidad de las embarcaciones a velas monocasco. El índice consiste en un factor de eslora que se puede modificar por siete factores que se refieren a diferentes aspectos de las propiedades de estabilidad y flotabilidad.

Cada factor se debe calcular, utilizando los valores para cada parámetro relativo a la condición de carga apropiada, y el valor STIX y la categoría de diseño asociada se debe determinar entonces de acuerdo a:

$$STIX = (7 + 2.25 \cdot L_{BS}) (FDS \cdot FIR \cdot FKR \cdot FDL \cdot FBD \cdot FWM \cdot FDF)^{0.5} + \delta$$

Donde

$L_{BS} = (2 \cdot L_{WL} + L_H) / 3$ expresada en metros.

$\delta = 5$ si tiene una reserva de flotabilidad de acuerdo con los apartados 5.b y se cumple también que $GZ_{90} > 0$ cuando la embarcación se inunda completamente con agua.

$\delta = 0$ en todos los demás casos.

El STIX debe ser mayor que el valor del $(STIK_{(R)})$ requerido por la categoría de diseño correspondiente, que figura en la Tabla 5.

Tabla 5
Requisitos para el STIX

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

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

- el valor mínimo permitido, sin hacer más cálculos
- utilizando métodos aproximados
- mediante cálculos rigurosos.

Todas las propiedades de los brazos del par de adrizamiento y de inundación se determinan para la embarcación en una adecuada condición de carga, corregidas en lo que sea necesario para las embarcaciones provistas de lastres asimétricos. Se obtiene la categoría más ventajosa si se calculan rigurosamente estas propiedades.

Factor de estabilidad dinámica (FDS) Este factor representa la energía intrínseca de adrizamiento a superar antes de que ocurra un incidente de estabilidad.

$$FDS = \left(\frac{A_{GZ}}{15.81\sqrt{L_H}} \right) \text{ pero FDS no se debe tomar nunca menor de } 0,5 \text{ ó mayor de } 1,5;$$

1,5;

Donde

A_{GZ} es el área positiva bajo la curva de brazos del par de adrizamiento, expresada en metros grados, para una adecuada condición de carga, como sigue:

desde la posición de adrizado hasta ϕ_V , si $\phi_D \geq \phi_V$;

desde la posición de adrizado hasta ϕ_V , si $\phi_D < \phi_V$;

ϕ_D debe tomarse como el menor de ϕ_{DC} ó ϕ_{DH}

Factor de recuperación de la inversión: Este factor representa la capacidad para recuperarse sin ayuda exterior después de una inversión.

$$FIR = \phi_V / (125 - m / 1600) \text{ si } m < 40\,000$$

$$= \phi_v / 100 \quad \text{si } m \geq 40\,000$$

Donde m es el peso de la embarcación en una condición de carga adecuada, expresada en kilogramos; pero FIR no se debe tomar nunca menor de 0,4 ó mayor de 1,5.

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.

$$F_R = (GZ_{90} m / (2A_s h_{CE}))$$

Donde m es el peso de la embarcación en una condición de carga adecuada, expresa en kilogramos.

GZ_{90} es el brazo del par de adrizamiento para una escora de 90° , expresada en metros, para la embarcación con un peso de m .

h_{CE} es la altura del centro de área nominal de las velas (A_s) por encima de la línea de flotación, cuando la embarcación se adrizo, expresada en metros, para la embarcación con un peso de m .

$$\text{Si } F_R \geq 1,5 \quad \text{FKR} = 0,875 + 0,0833 F_R$$

$$\text{Si } F_R < 1,5 \quad \text{FKR} = 0,5 + 0,333 F_R$$

$$\text{Si } \phi_v < 90^\circ \quad \text{FKR} = 0,5$$

pero FKR no se debe tomar nunca menor de 0,5 ó mayor de 1,5

Factor de eslora-desplazamiento (FDL). Este tiene en cuenta el efecto favorable de un mayor desplazamiento para una eslora dada incrementando la resistencia de vuelco.

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

pero FDL no se debe tomar nunca menor de 0,75 o mayor de 1,25 donde

$$L_{BS} = (2L_{WL} + L_H)^{\frac{2}{3}};$$

$$F_L = (L_{BS} / 11)^{0,2}$$

m es el peso de la embarcación en una condición de carga adecuada, expresado en kilogramos.

Factor de desplazamiento-manga (FBD). Este factor tiene en cuenta el incremento de vulnerabilidad al hundimiento con mares de costado en las embarcaciones con una apreciable obra muerta y el incremento de la manga en relación con el desplazamiento.

$$F_B = 3,3B_H / (0.03m)^{1/3}$$

Donde m es el peso de la embarcación en una condición de carga adecuada, expresado en kilogramos.

$$\text{Si } F_B > 2,20 \quad FBD = [13,31B_{WL} / (B_H F_B^3)]^{0,5}$$

$$\text{Si } F_B < 1,45 \quad FBD = [B_{WL} F_B^2 / (1.682B_H)]^{0,5}$$

$$\text{en los demás casos } FBD = 1,118(B_{WL} / B_H)^{0,5}$$

pero FBD no se debe tomar nunca menor de 0,75 ó mayor de 1,25.

Factor del momento debido al viento (FWM). En las embarcaciones en que bien ϕ_D ó ϕ_{DH} sea menor de 90°, este factor representa el riesgo de inundación debido a rachas de viento que escoren una embarcación desprotegida.

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

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

Pero FWM no se debe tomar nunca menor de 0,5 ó mayor de 1,0

donde v_{AW} es la velocidad aparente continua del viento, expresada en metros por segundo (m/s), requerida para escorar la embarcación hasta ϕ_D cuando lleve totalmente desplegadas todas las velas (es decir sin protección);

$$v_{AW} = \left\{ \left[3mGZ_D / \left[A_s (h_{CE} + h_{LP}) \right] \cos \phi_D \right]^{1,3} \right\}^{0,5}$$

Donde

GZ_D es el brazo escorante del par de adrizamiento cuando el ángulo de escora= ϕ_D , metros

ϕ_D es ϕ_{DC} ó ϕ_{DH} cualquiera que sea el menor.

$h_{CE} + h_{LP}$ es la altura expresa en metros, entre los centros geométricos de los perfiles de la embarcación por encima y por debajo de la línea de flotación, incluyendo velas, mástiles y casco, con orzas, puntales provisionales y protecciones contra el viento en la posición más baja, y con la embarcación adrizada.

Factor de inundación (FDF). Este factor representa el riesgo de inundación en un hundimiento.

$FDF = \phi_D / 90$ pero FDF no se deben tomar nunca menor de 0,5 ó mayor de 1,

donde ϕ_D se debe tomar como el menor de los siguientes: $\phi_{DC}, \phi_{DH}, \phi_{DA1}$

ϕ_{DA1} es el ángulo de escora con el que comienzan a inundarse las aberturas que no disponen de cierres con un grado de estanquidad 3 según la Norma 12216 y tenga un área conjunta total, expresada en milímetros cuadrados (mm^2), mayor que el número de representado por $(50L_H^2)$

7.3. Consideraciones para barcos de vela.-

De acuerdo con la normativa, en los barcos de vela, además de los requerimientos anteriores se deberá detallar en el cuaderno de información de estabilidad los ángulos de escora máximo permisibles durante la navegación a vela para evitar inundaciones progresivas en las rachas de vientos y chubascos.

En ausencia en otros requisitos, la información sobre los ángulos máximos de escora navegando a vela debe de estar basada en criterios de la agencia de seguridad marítima.

7.4. Consideraciones del código MCA.-

Los requisitos son los siguientes:

La curva de brazos adrizantes debe tener un rango positivo no inferior al ángulo determinado por la siguiente fórmula, ó a 90°, el que se mayor de los dos.

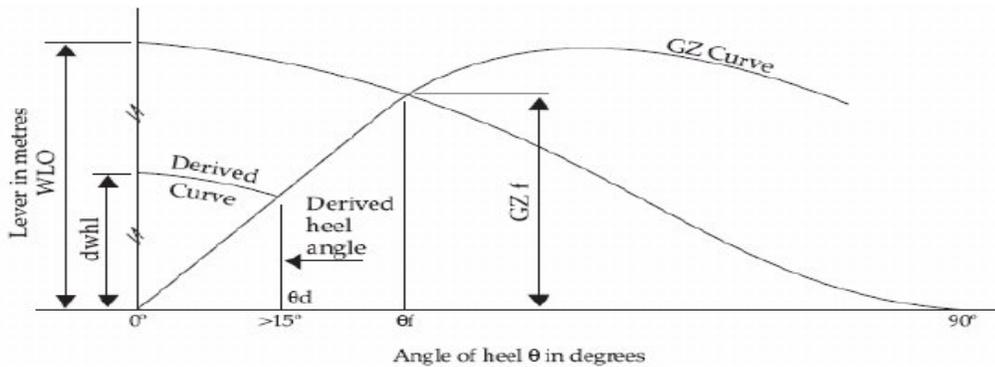
$$(90 + 60 \times (24 - Lo_a) / 17) = 125^\circ$$

El ángulo de escora permanente que se obtiene de la intersección de la Curva DWHL de brazos de escora por viento derivados, con las curvas de GZ, debe ser superior a 15°

La curva DWHL se obtiene de la siguiente manera:

'DWHL' = the "derived wind heeling lever" at any angle θ degrees
 $= 0.5 \times WL0 \times \text{Cos}^3 \theta$

where $WL0 = \frac{GZ_f}{\text{Cos}^3 \theta_f}$



WL0- is the magnitude of the actual wind heeling lever at 0 degrees which would cause the vessel to heel to the 'down flooding angle' (θ_f) or 60 degrees whichever is least.

GZf is the lever of the vessel's GZ at the 'down flooding angle' (θ_f) or 60 degrees whichever is least.

θ_d - is the angle at which the 'derived wind heeling' curve intersects the GZ curve. (If θ_d is less than 15 degrees the vessel will be considered as having insufficient stability for the purpose of the Code).

θ_f - is the 'critical down flooding angle' and is deemed to occur when openings having an aggregate area, in square metres, greater than:-

$\frac{\text{vessel's displacement in tonnes}}{1500}$ are immersed.

$$\frac{\text{vessel's displacement in tonnes}}{1500}$$

Si el barco cumple con los requisitos de estos puntos y navega a vela con un ángulo de escora que no es superior al ángulo de escora derivado, debe ser capaz de soportar una ráfaga de viento igual 1,4 veces la velocidad actual del viento (lo que implica el doble de la presión que puedan dar lugar a una inundación progresiva o escorante hasta un ángulo superior a 60°).

7.5. Consideraciones de cargas a estudiar.-

Las condiciones de carga estándar a estudiar para este tipo de buques son las siguientes según el reglamento:

Salida de puerto a plena carga: 100% consumos y víveres, 100% tripulación y pasajeros con sus equipajes.

Llegada a plena carga al puerto: con 100% de tripulación y pasajeros con todos sus equipajes, pero sólo con el 10% de consumo y víveres.

Además se pueden estudiar otras condiciones que son las siguientes:

Salida puerto 100% consumo y mitad tripulación y pasajeros.

Llegada a puerto 10% consumos y mitad tripulación y pasajeros.

Salida a puerto con 100% consumo y 2 tripulantes.

Llegada a puerto 10% consumo y 2 tripulantes.

1. Consideraciones para el cálculo de las condiciones.

Para calcular las condiciones de carga se tendrán en cuenta las siguientes directrices:

Se asume un peso de 75 Kg por persona.

La altura del centro de gravedad de las personas se considera que esta a 1 m sobre el nivel del suelo para una persona de pie.

La altura anterior se considera igual a 0.30 m sobre el asiento para personas sentadas.

Se considera que los pasajeros y sus equipajes se sitúan en los espacios que están normalmente reservados para ello excepto en el cálculo de pasajeros a una banda que se considera la situación más desfavorable.

7.6. Pesos adicionales.-

Los pesos adicionales que se deben añadir al rosca en cada condición de carga para obtener el desplazamiento, serán los que se indican a continuación:

Peso de la tripulación: Para la tripulación, como se dijo en el punto anterior, se considera un peso de 75 kg por cada uno.

El centro de gravedad de las personas y sus equipajes se va a considerar en el centro de gravedad de la bañera de la habitación.

Respetos y pertrechos: Se va a considerar aquí el peso total de diferentes elementos, como un ancla de reserva, herramientas situadas en los espacios de la mesa de carta, diferentes repuestos para el motor, aceites...etc.

Peso de provisiones: Para evaluar la cantidad de provisiones que deberá llevar el buque en sus viajes, se va a estimar un consumo de 5 kg por persona y día. A efecto de provisiones se va a considerar una autonomía de 4 días.

7.7. Verificación del cumplimiento de los requerimientos.

Estanqueidad del buque

Las aberturas de la cubierta que dan acceso a los espacios situados por debajo de la cubierta, estarán diseñadas y construidas de tal manera que eviten la entrada del agua del mar, y tendrán la estanquidad e integridad estructural acordes con los requerimientos de la ISO 12217-2.

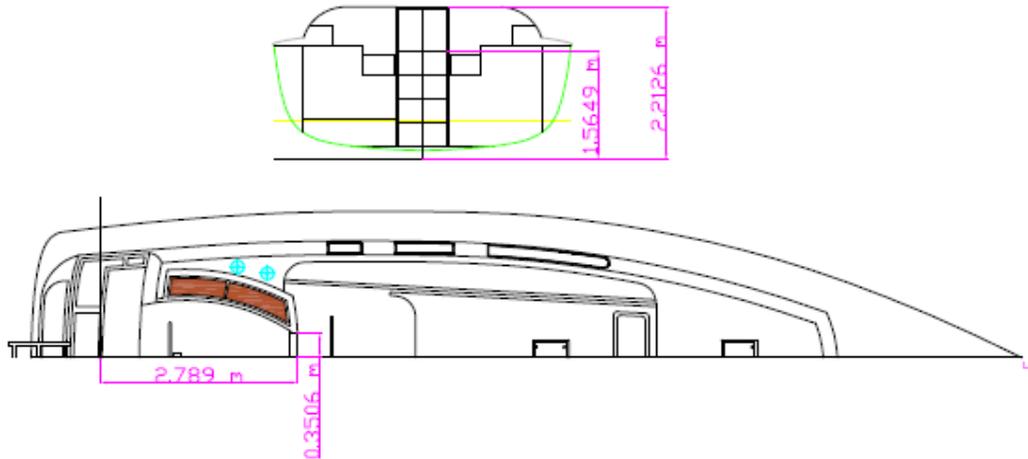
Respecto a la bajada a la cabina, estará equipada con una puerta estanca, de construcción eficiente, abisagrada de forma permanente al mamparo y de apertura hacia el exterior.

2. Determinación de los PIP

Los PIP, o puntos de inundación progresiva, son los puntos en los cuales existen aberturas del casco, superestructura, o cubierta, que no se pueden hacer estanca y que por tanto si se sumerge dan lugar a una entrada de agua progresiva.

Los únicos puntos que pueden dar lugar a una inundación progresiva en este barco, es el acceso a por popa a el camarote del velero. Como se dijo antes, todas las escotillas sobre la cubierta y otros estarán cerrados de forma estanca durante la navegación.

Entonces los puntos que se van a tener en cuenta para la determinación del ángulo en el que se produce la inundación progresiva serán los siguientes:



PIP	LCG	TCG	VCG
Escotilla Superior	2.79	0,35	2,21
Escotilla Inferior	2.79	0,35	1,56

7.8. Análisis de la estabilidad

Por ultimo se procede en este apartado con la verificación de que el Willy 14 cumple con los requisitos de estabilidad que le son aplicables, y que se mencionaron en apartados anteriores.

Se va a calcular la estabilidad únicamente en las 2 condiciones estándar mencionada y para el caso de buque de estado intacto. El cálculo para las otras condiciones se realizaría exactamente de la misma forma. Para el análisis se empleo el programa Hydromax.

1. Salida de puerto a plena carga.

En esta situación se tiene el buque cargado con todos sus pasajeros y tripulantes con sus equipajes. Además el buque cuenta con el 100% de consumo y víveres previstos. Sin embargo, los tanques de agua grises y aguas negras estarán vacíos.

El desglose de pesos para esta condición de carga se presenta a continuación. Se va a comprobar a continuación la verificación del cumplimiento de todos los requisitos de estabilidad mencionados anteriormente punto por punto para esta condición de carga. Cuando sea necesario determinar magnitudes auxiliares para realizar la comprobación, se indicará en el cálculo dentro de cada punto.

Calculo del Equilibrio – WILLY 14**Condición de Máxima carga****Casco – Instacto**

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	10473	5,330	0,390	0,000	0,000	
Combustible	100%	299,9	6,299	0,400	1,127	0,000	Maximum
Agua grises	100%	201,1	7,330	0,400	0,668	0,000	Maximum
Agua Potable	100%	500,5	10,653	0,479	0,000	0,000	Maximum
Peronas	1	450,0	1,840	2,220	1,000	0,000	
Pertrechos	1	360,0	5,690	0,890	-0,080	0,000	
Provisiones	1	280,0	5,620	0,840	-1,000	0,000	
	Total Weight=	12564	LCG=5,489	VCG=0,484	TCG=0,049	0	
				FS corr.=0			
				VCG fluid=0,484			

.....

Draft Amidsh. m	0,553
Displacement kg	12563
Heel to Starboard degrees	1,2
Draft at FP m	0,481
Draft at AP m	0,625
Draft at LCF m	0,563
Trim (+ve by stern) m	0,144
WL Length m	12,327
WL Beam m	3,861
Wetted Area m ²	44,806
Waterpl. Area m ²	33,973
Prismatic Coeff.	0,480
Block Coeff.	0,456
Midship Area Coeff.	0,959
Waterpl. Area Coeff.	0,699
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,808
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,908
KB m	0,310
KG fluid m	0,484
BMt m	2,578
BML m	22,803
GMt corrected m	2,406
GML corrected m	22,630
KMt m	2,889
KML m	23,113
Immersion (TPc) tonne/cm	0,348
MTc tonne.m	0,226
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	527,499
Max deck inclination deg	1,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,7

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,83 m)		0,488
Deck Edge (freeboard pos = -0,83 m)		0,564
Escotilla Superior	Downflooding point	1,611
Escotilla Inferor	Downflooding point	0,96

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,700	m	0,960	Pass

Hydrostatics – WILLY 14**Damage Case - Intact**

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Draft Amidsh. m	0,668
Displacement kg	16305
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,668
Draft at AP m	0,668
Draft at LCF m	0,668
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	12,590
WL Beam m	3,930
Wetted Area m ²	48,340
Waterpl. Area m ²	35,670
Prismatic Coeff.	0,519
Block Coeff.	0,482
Midship Area Coeff.	0,949
Waterpl. Area Coeff.	0,721
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,618
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,902
KB m	0,380
KG m	0,668
BMt m	2,176
BML m	19,491
GMt m	1,888
GML m	19,202
KMt m	2,555
KML m	19,870
Immersion (TPc) tonne/cm	0,366
MTc tonne.m	0,249
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	537,112
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0

Stability Calculation – WILLY 14

Loadcase - maxima carga

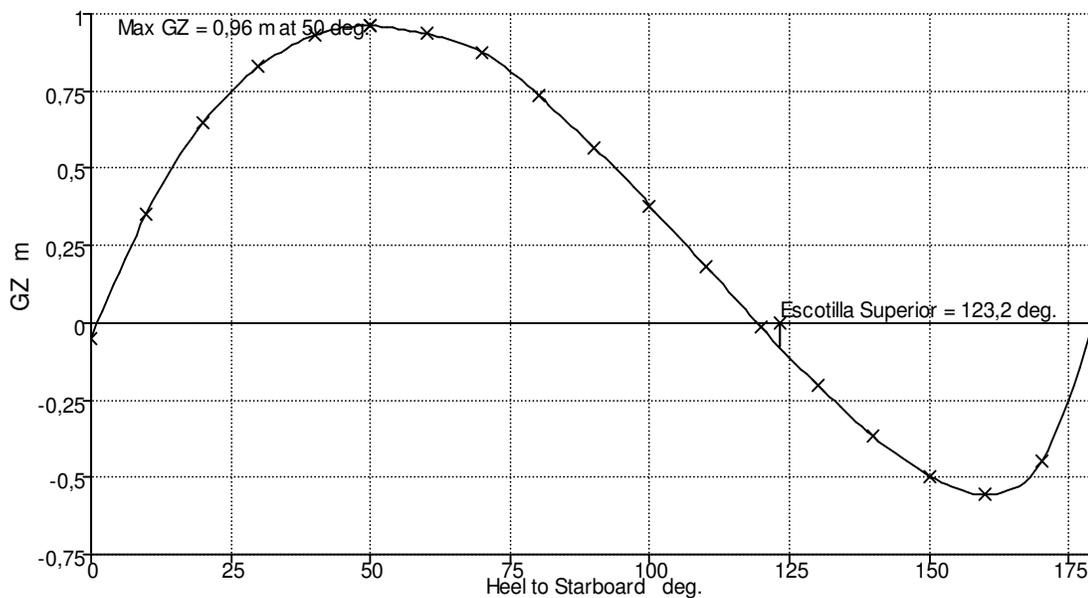
Damage Case – Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Rosca	1	10473	5,330	0,390	0,000	0,000	
Combustible	100%	299,9	6,299	0,400	1,127	0,000	Maximum
Agua grises	100%	201,1	7,330	0,400	0,668	0,000	Maximum
Agua Potable	100%	500,5	10,653	0,479	0,000	0,000	Maximum
Peronas	1	450,0	1,840	2,220	1,000	0,000	
Pertrechos	1	360,0	5,690	0,890	-0,080	0,000	
Provisiones	1	280,0	5,620	0,840	-1,000	0,000	
	Total Weight=	12564	LCG=5,489	VCG=0,484	TCG=0,049	0	
				FS corr.=0			
				VCG fluid=0,484			



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
Displacement kg	12564	12566	12564	12564	12563	12563	12563	12563	12564
Draft at FP m	0,481	0,487	0,490	0,466	0,401	0,290	0,095	-0,306	-1,587
Draft at AP m	0,626	0,588	0,462	0,235	-0,110	-0,594	-1,323	-2,668	-6,596
WL Length m	12,329	12,471	12,762	12,923	12,733	12,593	12,478	12,336	12,455
Immersed Depth m	0,554	0,625	0,778	0,893	0,962	1,011	1,009	1,050	1,052
WL Beam m	3,863	3,726	3,285	2,987	2,658	2,672	3,018	3,599	1,687
Wetted Area m ²	44,812	44,207	41,921	40,149	39,656	38,328	36,224	33,060	33,030
Waterpl. Area m ²	33,986	32,901	29,701	27,356	25,319	23,116	20,923	18,970	17,875
Prismatic Coeff.	0,480	0,485	0,490	0,490	0,488	0,506	0,542	0,600	0,610
Block Coeff.	0,455	0,418	0,381	0,365	0,381	0,378	0,412	0,452	0,549
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,808	-0,808	-0,804	-0,800	-0,788	-0,772	-0,754	-0,736	-0,723
VCB from DWL m	-0,252	-0,268	-0,298	-0,317	-0,322	-0,333	-0,355	-0,386	-0,405
GZ m	-0,049	0,354	0,649	0,827	0,931	0,960	0,934	0,876	0,737
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,908	-0,884	-0,808	-0,755	-0,703	-0,633	-0,586	-0,470	-0,366
TCF to zero pt. m	0,000	0,323	0,713	1,045	1,244	1,251	1,219	1,177	1,124
Max deck inclination deg	0,7	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,1	70,0	80,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,7	0,5	-0,1	-1,1	-2,3	-4,0	-6,4	-10,6	-21,7

Heel to Starboard degrees	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement kg	12565	12565	12563	12565	12565	12565	12566	12565	12564	12563
Draft at FP m	N/A	-3,588	-2,309	-1,891	-1,686	-1,570	-1,502	-1,467	-1,464	-1,464
Draft at AP m	N/A	-8,588	-4,658	-3,287	-2,562	-2,099	-1,777	-1,552	-1,423	-1,420
WL Length m	12,891	13,291	13,661	13,895	13,834	13,799	13,777	13,761	13,727	13,591
Immersed Depth m	1,150	1,251	1,311	1,327	1,295	1,213	1,077	0,880	0,613	0,450
WL Beam m	1,639	1,639	1,683	1,771	1,903	2,069	2,271	2,612	3,502	4,186
Wetted Area m ²	33,113	33,420	33,807	34,283	34,971	36,074	37,893	41,236	48,890	54,339
Waterpl. Area m ²	17,291	17,329	17,806	18,700	20,089	22,008	24,767	29,414	39,074	43,969
Prismatic Coeff.	0,622	0,635	0,651	0,672	0,698	0,735	0,783	0,843	0,906	0,898
Block Coeff.	0,517	0,475	0,441	0,414	0,395	0,388	0,398	0,423	0,453	0,517
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,713	-0,709	-0,712	-0,725	-0,741	-0,762	-0,781	-0,798	-0,810	-0,810
VCB from DWL m	-0,418	-0,424	-0,422	-0,412	-0,394	-0,367	-0,328	-0,275	-0,201	-0,142
GZ m	0,568	0,380	0,182	-0,016	-0,203	-0,368	-0,495	-0,556	-0,448	0,049
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,367	-0,330	-0,312	-0,334	-0,381	-0,463	-0,573	-0,734	-1,078	-1,296
TCF to zero pt. m	0,997	0,843	0,667	0,476	0,284	0,110	-0,020	-0,073	0,069	0,000
Max deck inclination deg	90,0	100,0	110,0	119,9	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,8
Trim angle (+ve by stern) deg	-90,0	-21,7	-10,6	-6,3	-4,0	-2,4	-1,3	-0,4	0,2	0,2

Key point	Type	DF angle deg
Margin Line (immersion pos = 4,98 m)		31,91
Deck Edge (immersion pos = 4,98 m)		34,42
Escotilla Superior	Downflooding point	123,2
Escotilla Inferor	Downflooding point	147,11

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	123,2	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	110,0	deg	119,2	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0			
	AS, sail area ISO 8666	120,820	m ²		
	height of centroid of AS	8,600	m		
	LH, Hydromax calculated	14,001	m		
	BH, Hydromax calculated	4,234	m		
	LWL, Hydromax calculated	12,329	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,863	m		
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,138	m		
	STIX value shall be greater than (>)	32,0		51,0	Pass
	<i>Intermediate values</i>				
	m, mass of boat in current loading condition		kg	12564,2	
	height of waterline in current loading condition		m	0,553	
	phiD, actual downflooding angle		deg	123,2	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	119,2	
	AGZ, area under righting lever curve, from 1,1 to 119,2 deg.		m.deg	74,216	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,568	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,078	
	FR			3,668	
	LBS, weighted average length			12,886	
	FL, length factor			1,032	
	FB, beam factor			1,934	
	VAW, steady apparent wind speed			n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(1,255)		1,255	
	FIR, inversion recovery factor	(1,017)		1,017	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,181)		1,181	
	FDL, displacement-length factor	(0,998)		0,998	
	FBD, beam-displacement factor	(1,068)		1,068	
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000	
	PDF, downflooding factor	(1,369)		1,250	

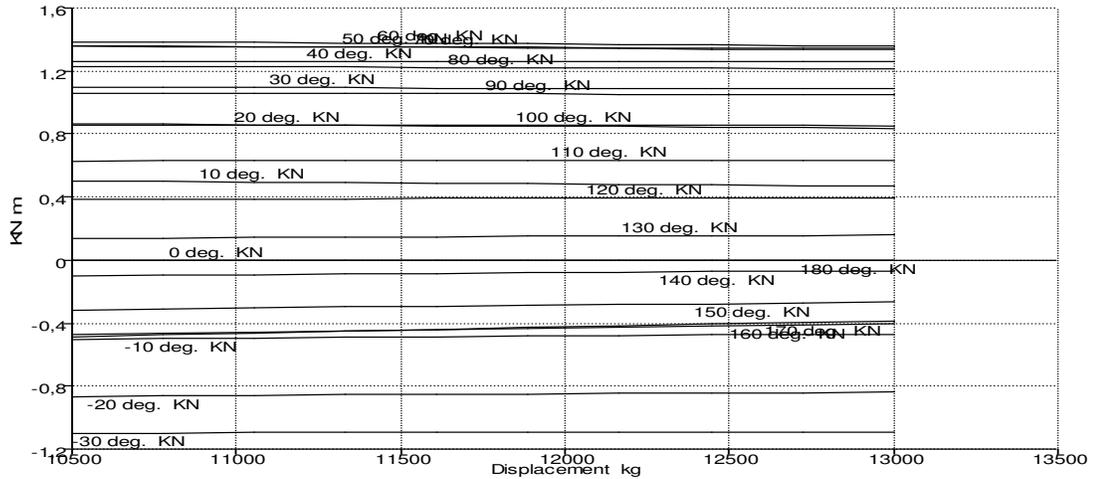
KN Calculation – WILLY 14

Damage Case - Intact

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

VCG = 0 m



Displacement kg	KN 30,0 deg. Port.	KN 20,0 deg. Port.	KN 10,0 deg. Port.	KN 0,0 deg.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.
10500	-1,097	-0,864	-0,503	0,000	0,503	0,864
10778	-1,096	-0,861	-0,499	0,000	0,499	0,861
11056	-1,095	-0,858	-0,495	0,000	0,495	0,858
11333	-1,094	-0,855	-0,491	0,000	0,491	0,855
11611	-1,093	-0,852	-0,487	0,000	0,487	0,852
11889	-1,092	-0,849	-0,484	0,000	0,484	0,850
12167	-1,091	-0,847	-0,480	0,000	0,480	0,847
12444	-1,091	-0,844	-0,477	0,000	0,477	0,844
12722	-1,090	-0,841	-0,473	0,000	0,473	0,841
13000	-1,089	-0,838	-0,470	0,000	0,470	0,838

Displacement kg	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.	KN 70,0 deg. Starb.	KN 80,0 deg. Starb.
10500	1,097	1,257	1,357	1,387	1,359	1,232
10778	1,096	1,258	1,355	1,384	1,356	1,230
11056	1,095	1,258	1,354	1,381	1,354	1,228
11333	1,094	1,259	1,352	1,378	1,351	1,226
11611	1,093	1,259	1,351	1,375	1,349	1,224
11889	1,092	1,259	1,349	1,372	1,346	1,222
12167	1,092	1,259	1,347	1,369	1,343	1,220
12444	1,091	1,259	1,345	1,366	1,340	1,219
12722	1,090	1,259	1,344	1,363	1,337	1,217
13000	1,089	1,259	1,342	1,360	1,334	1,215

Displacement kg	KN 90,0 deg. Starb.	KN 100,0 deg. Starb.	KN 110,0 deg. Starb.	KN 120,0 deg. Starb.	KN 130,0 deg. Starb.	KN 140,0 deg. Starb.
10500	1,062	0,858	0,629	0,386	0,138	-0,100
10778	1,060	0,857	0,630	0,388	0,141	-0,096
11056	1,059	0,857	0,630	0,389	0,143	-0,092
11333	1,058	0,856	0,630	0,389	0,145	-0,089
11611	1,057	0,856	0,631	0,390	0,148	-0,085
11889	1,055	0,855	0,630	0,391	0,150	-0,081
12167	1,054	0,855	0,631	0,393	0,152	-0,078
12444	1,053	0,855	0,631	0,394	0,155	-0,074
12722	1,052	0,854	0,631	0,395	0,157	-0,071
13000	1,051	0,853	0,632	0,397	0,159	-0,067

Displacement kg	KN 150,0 deg. Starb.	KN 160,0 deg. Starb.	KN 170,0 deg. Starb.	KN 180,0 deg. Starb.
10500	-0,315	-0,475	-0,485	0,000
10778	-0,309	-0,467	-0,473	0,000
11056	-0,303	-0,459	-0,462	0,000
11333	-0,298	-0,451	-0,451	0,000
11611	-0,292	-0,443	-0,441	0,000
11889	-0,287	-0,435	-0,427	0,000
12167	-0,281	-0,428	-0,417	0,000
12444	-0,276	-0,420	-0,407	0,000
12722	-0,271	-0,413	-0,396	0,000
13000	-0,266	-0,406	-0,386	0,000

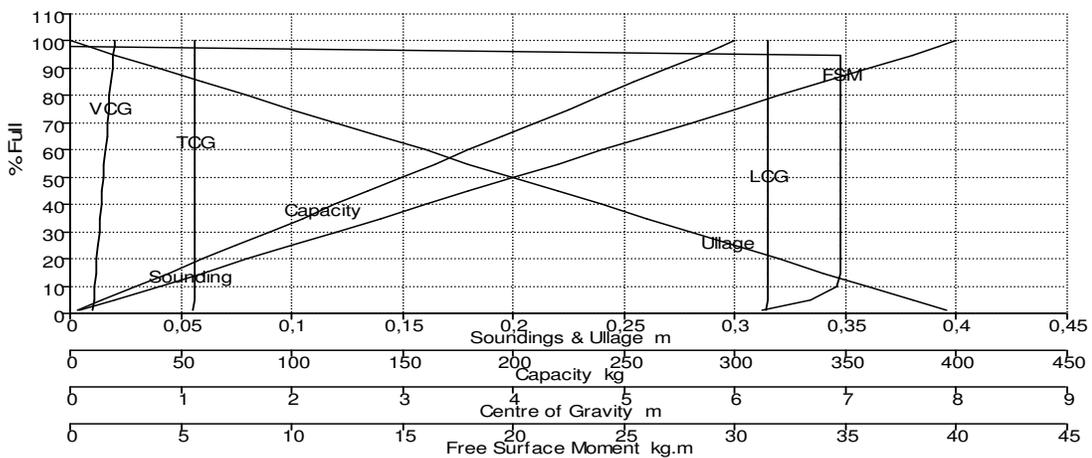
Tank Calibrations – WILLY 14

Tank Calibrations - Combustible

Fluid Type = Diesel Relative Density = 0,84

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern)



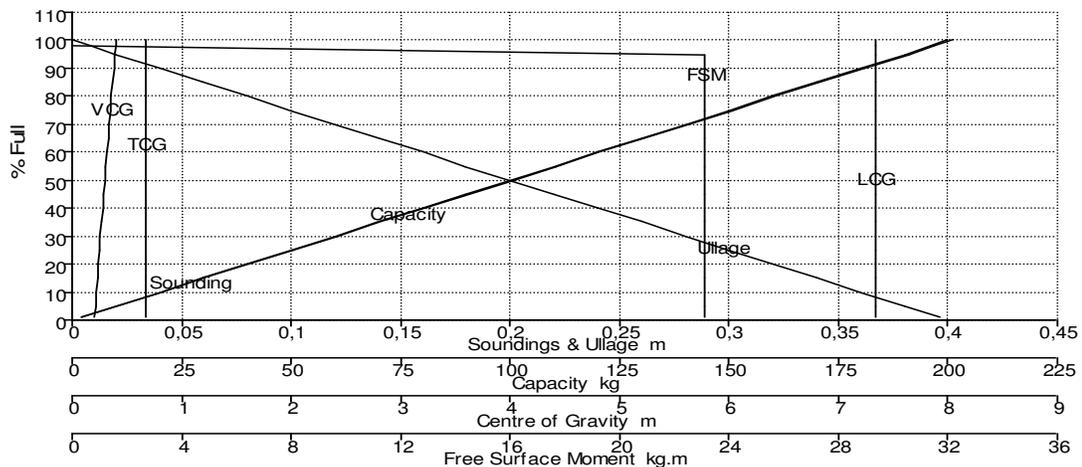
Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,400	0,000	100,0	0,357	299,9	6,299	1,127	0,400	0,000
0,392	0,008	98,0	0,350	293,8	6,299	1,127	0,396	0,000
0,380	0,020	95,0	0,339	284,8	6,299	1,127	0,390	34,733
0,360	0,040	90,0	0,321	269,8	6,299	1,127	0,380	34,733
0,340	0,060	85,0	0,303	254,8	6,299	1,127	0,370	34,733
0,320	0,080	80,0	0,285	239,8	6,299	1,127	0,360	34,733
0,300	0,100	75,0	0,268	224,8	6,299	1,127	0,350	34,733
0,280	0,120	69,9	0,250	209,7	6,299	1,127	0,340	34,733
0,260	0,140	64,9	0,232	194,7	6,299	1,127	0,330	34,733
0,240	0,160	59,9	0,214	179,7	6,299	1,126	0,320	34,733
0,220	0,180	54,9	0,196	164,7	6,299	1,126	0,310	34,733
0,200	0,200	49,9	0,178	149,7	6,299	1,126	0,300	34,733
0,180	0,220	44,9	0,160	134,6	6,298	1,126	0,290	34,733
0,160	0,240	39,9	0,142	119,6	6,298	1,126	0,280	34,733
0,140	0,260	34,9	0,125	104,6	6,298	1,126	0,270	34,733
0,120	0,280	29,9	0,107	89,6	6,298	1,125	0,260	34,733
0,100	0,300	24,9	0,089	74,6	6,297	1,125	0,250	34,733
0,080	0,320	19,9	0,071	59,6	6,296	1,124	0,240	34,733
0,060	0,340	14,9	0,053	44,5	6,295	1,123	0,230	34,733
0,040	0,360	9,8	0,035	29,5	6,293	1,121	0,220	34,604
0,020	0,380	4,9	0,017	14,6	6,289	1,118	0,210	33,403
0,004	0,396	1,0	0,004	3,0	6,285	1,112	0,202	31,260

Tank Calibrations - Agua grises

Fluid Type = Water Ballast Relative Density = 1,0252

Permeability = 100 %

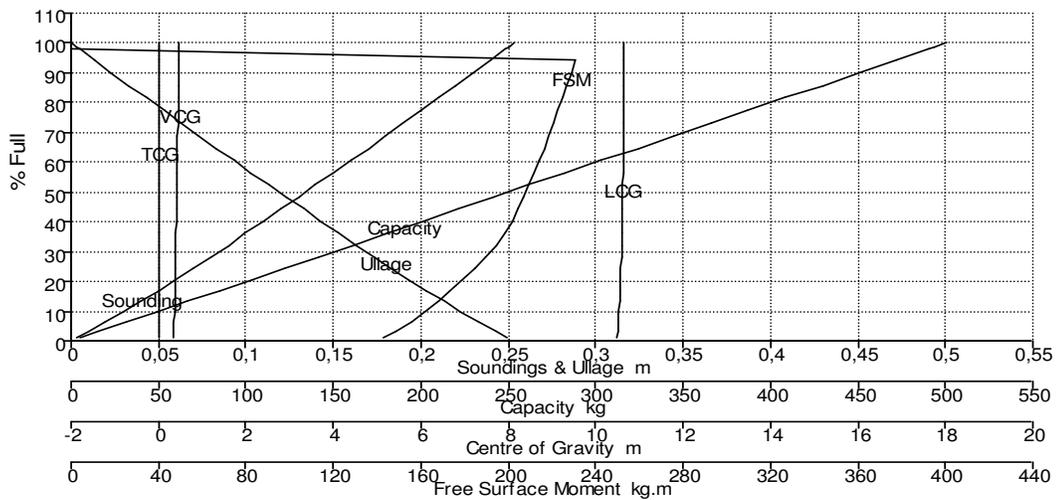
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,400	0,000	100,0	0,196	201,1	7,330	0,668	0,400	0,000
0,392	0,008	98,0	0,192	197,1	7,330	0,668	0,396	0,000
0,380	0,020	95,0	0,186	191,0	7,330	0,668	0,390	23,128
0,360	0,040	90,0	0,177	181,0	7,330	0,668	0,380	23,128
0,340	0,060	85,0	0,167	170,9	7,330	0,668	0,370	23,128
0,320	0,080	80,0	0,157	160,9	7,330	0,668	0,360	23,128
0,300	0,100	75,0	0,147	150,8	7,330	0,668	0,350	23,128
0,280	0,120	70,0	0,137	140,8	7,330	0,668	0,340	23,128
0,260	0,140	65,0	0,127	130,7	7,330	0,668	0,330	23,128
0,240	0,160	60,0	0,118	120,7	7,330	0,668	0,320	23,128
0,220	0,180	55,0	0,108	110,6	7,330	0,668	0,310	23,128
0,200	0,200	50,0	0,098	100,5	7,330	0,668	0,300	23,128
0,180	0,220	45,0	0,088	90,5	7,330	0,668	0,290	23,128
0,160	0,240	40,0	0,078	80,4	7,330	0,668	0,280	23,128
0,140	0,260	35,0	0,069	70,4	7,330	0,668	0,270	23,128
0,120	0,280	30,0	0,059	60,3	7,330	0,668	0,260	23,128
0,100	0,300	25,0	0,049	50,3	7,330	0,668	0,250	23,128
0,080	0,320	20,0	0,039	40,2	7,330	0,668	0,240	23,128
0,060	0,340	15,0	0,029	30,2	7,330	0,668	0,230	23,128
0,040	0,360	10,0	0,020	20,1	7,330	0,668	0,220	23,128
0,020	0,380	5,0	0,010	10,1	7,330	0,668	0,210	23,128
0,004	0,396	1,0	0,002	2,0	7,330	0,668	0,202	23,128

Tank Calibrations - Agua Potable

Fluid Type = Fresh Water Relative Density = 1
 Permeability = 100 %
 Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,253	0,000	100,0	0,500	500,5	10,653	0,000	0,479	0,000
0,250	0,003	98,7	0,494	494,0	10,653	0,000	0,478	0,000
0,248	0,005	98,0	0,490	490,4	10,652	0,000	0,477	0,000
0,240	0,013	94,4	0,472	472,4	10,650	0,000	0,472	230,979
0,230	0,023	90,1	0,451	450,9	10,648	0,000	0,467	228,971
0,220	0,033	85,8	0,430	429,5	10,645	0,000	0,462	226,962
0,210	0,043	81,6	0,408	408,2	10,643	0,000	0,457	224,924
0,200	0,053	77,3	0,387	387,0	10,640	0,000	0,451	222,822
0,190	0,063	73,1	0,366	365,9	10,637	0,000	0,446	220,669
0,180	0,073	68,9	0,345	344,8	10,634	0,000	0,441	218,506
0,170	0,083	64,7	0,324	323,9	10,631	0,000	0,436	216,317
0,160	0,093	60,6	0,303	303,1	10,627	0,000	0,431	213,983
0,150	0,103	56,4	0,282	282,4	10,623	0,000	0,425	211,647
0,140	0,113	52,3	0,262	261,9	10,619	0,000	0,420	209,278
0,130	0,123	48,2	0,241	241,5	10,615	0,000	0,415	206,753
0,120	0,133	44,2	0,221	221,2	10,610	0,000	0,410	204,181
0,110	0,143	40,2	0,201	201,1	10,605	0,000	0,404	201,587
0,100	0,153	36,2	0,181	181,1	10,599	0,000	0,399	198,799
0,090	0,163	32,2	0,161	161,4	10,593	0,000	0,394	194,665
0,080	0,173	28,3	0,142	141,8	10,586	0,000	0,389	189,688
0,070	0,183	24,5	0,123	122,6	10,578	0,000	0,383	184,561
0,060	0,193	20,7	0,104	103,7	10,569	0,000	0,378	179,229
0,050	0,203	17,0	0,085	85,1	10,559	0,000	0,373	173,605
0,040	0,213	13,4	0,067	66,9	10,547	0,000	0,368	167,899
0,030	0,223	9,8	0,049	49,3	10,533	0,000	0,362	161,936
0,020	0,233	6,4	0,032	32,1	10,518	0,000	0,357	155,957
0,010	0,243	3,1	0,016	15,7	10,502	0,000	0,352	148,734
0,003	0,250	1,0	0,005	5,0	10,490	0,000	0,349	142,656

2. Llegada a puerto a plena carga

En este caso el buque llega a puerto con el 100 % de sus ocupantes con todos sus equipajes, y con el 10% de consumo y viveres.

Como en el caso anterior se comprobará la verificación de los requisitos punto por punto.

Equilibrium Calculation – WILLY 14**Loadcase - minima carga****Damage Case – Intact**

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Combustible	10%	29,99	6,293	0,220	1,122	34,733	Maximum
Agua grises	10%	20,11	7,330	0,220	0,668	23,128	Maximum
Agua Potable	10%	49,89	10,534	0,363	0,000	230,979	Maximum
Personas	1	450,0	1,890	2,220	1,000	0,000	
Rosca	1	10473	5,330	0,390	0,000	34,733	
Pertrechos	1	360,0	5,690	0,890	-0,080	0,000	
Provisiones	1	280,0	5,620	0,840	-1,000	0,000	
	Total Weight=	11663	LCG=5,244	VCG=0,486	TCG=0,016	323,574	
				FS corr.=0,028			
				VCG fluid=0,514			

..

Draft Amidsh. m	0,517
Displacement kg	11662
Heel to Starboard degrees	0,4
Draft at FP m	0,377
Draft at AP m	0,656
Draft at LCF m	0,540
Trim (+ve by stern) m	0,279
WL Length m	11,946
WL Beam m	3,847
Wetted Area m ²	44,033
Waterpl. Area m ²	33,698
Prismatic Coeff.	0,467
Block Coeff.	0,447
Midship Area Coeff.	0,960
Waterpl. Area Coeff.	0,696
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,055
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,062
KB m	0,296
KG fluid m	0,514
BMt m	2,747
BML m	23,874
GMt corrected m	2,529
GML corrected m	23,657
KMt m	3,043
KML m	24,171
Immersion (TPc) tonne/cm	0,345
MTc tonne.m	0,219
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	514,798
Max deck inclination deg	1,3
Trim angle (+ve by stern) deg	1,3

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,83 m)		0,468
Deck Edge (freeboard pos = -0,83 m)		0,544
Escotilla Superior	Downflooding point	1,615
Escotilla Inferor	Downflooding point	0,963

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints			
	shall be greater than (>)	0,700	m	0,963	Pass

Hydrostatics – WILLY 14**Damage Case - Intact**

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Draft Amidsh. m	0,668
Displacement kg	16305
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,668
Draft at AP m	0,668
Draft at LCF m	0,668
Trim (+ve by stern) m	0,000
WL Length m	12,590
WL Beam m	3,930
Wetted Area m ²	48,340
Waterpl. Area m ²	35,670
Prismatic Coeff.	0,519
Block Coeff.	0,482
Midship Area Coeff.	0,949
Waterpl. Area Coeff.	0,721
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,618
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,902
KB m	0,380
KG m	0,668
BMt m	2,176
BML m	19,491
GMt m	1,888
GML m	19,202
KMt m	2,555
KML m	19,870
Immersion (TPc) tonne/cm	0,366
MTc tonne.m	0,249
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	537,112
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0

Stability Calculation – WILLY 14

Loadcase - minima carga

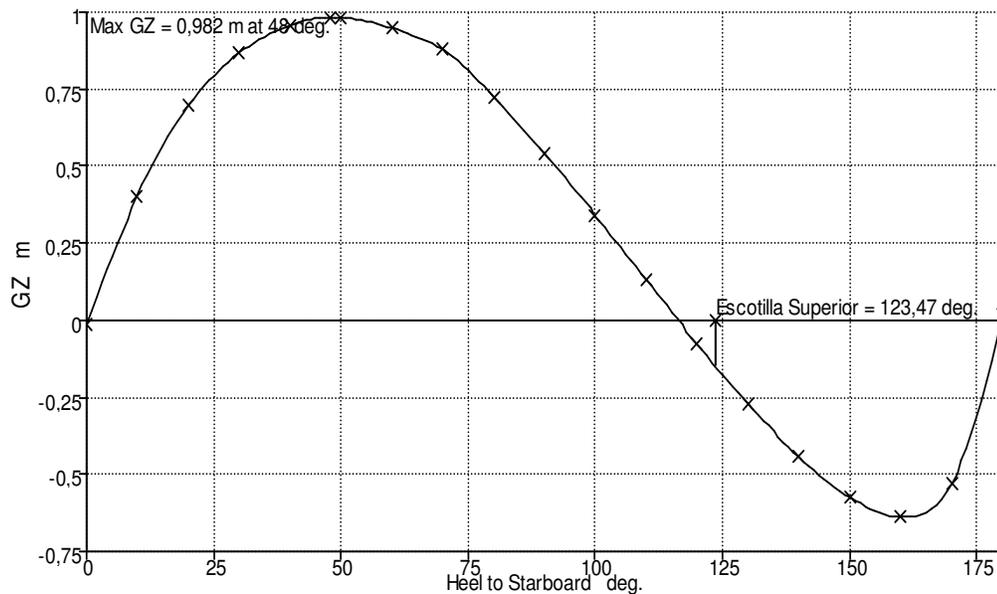
Damage Case - Intact

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. kg.m	FSM Type
Combustible	10%	29,99	6,293	0,220	1,122	34,733	Maximum
Agua grises	10%	20,11	7,330	0,220	0,668	23,128	Maximum
Agua Potable	10%	49,89	10,534	0,363	0,000	230,979	Maximum
Personas	1	450,0	1,890	2,220	1,000	0,000	
Rosca	1	10473	5,330	0,390	0,000	34,733	
Pertrechos	1	360,0	5,690	0,890	-0,080	0,000	
Provisiones	1	280,0	5,620	0,840	-1,000	0,000	
	Total Weight=	11663	LCG=5,244	VCG=0,486	TCG=0,016	323,574	
				FS corr.=0,028			
				VCG fluid=0,514			



Heel to Starboard degrees	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
Displacement kg	11663	11664	11664	11662	11662	11662	11662	11662	11662
Draft at FP m	0,377	0,379	0,369	0,326	0,235	0,079	-0,193	-0,752	-2,503
Draft at AP m	0,656	0,621	0,497	0,274	-0,064	-0,536	-1,247	-2,553	-6,365
WL Length m	11,946	12,085	12,344	12,383	12,270	12,183	12,025	11,904	12,069
Immersed Depth m	0,526	0,603	0,751	0,860	1,405	0,978	0,977	1,001	1,000
WL Beam m	3,847	3,694	3,222	2,916	2,678	2,735	3,096	3,599	1,676
Wetted Area m ²	44,036	43,084	40,622	38,797	38,103	36,514	34,181	31,258	31,379
Waterpl. Area m ²	33,701	32,214	28,806	26,384	24,612	22,292	20,021	18,114	17,186
Prismatic Coeff.	0,467	0,472	0,479	0,478	0,475	0,494	0,531	0,589	0,600
Block Coeff.	0,447	0,406	0,374	0,360	0,241	0,364	0,397	0,478	0,539
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,055	-1,056	-1,054	-1,049	-1,040	-1,026	-1,009	-0,994	-0,983
VCB from DWL m	-0,244	-0,261	-0,290	-0,308	-0,311	-0,321	-0,341	-0,371	-0,389
GZ m	-0,016	0,403	0,698	0,865	0,959	0,982	0,947	0,878	0,724
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,062	-1,033	-1,016	-1,001	-0,965	-0,893	-0,789	-0,691	-0,600
TCF to zero pt. m	0,000	0,337	0,743	1,075	1,280	1,290	1,247	1,219	1,136
Max deck inclination deg	1,3	10,1	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
Trim angle (+ve by stern) deg	1,3	1,1	0,6	-0,2	-1,4	-2,8	-4,8	-8,1	-17,1

Heel to Starboard degrees	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0
Displacement kg	11664	11664	11663	11664	11664	11664	11664	11662	11662	11662
Draft at FP m	N/A	-4,497	-2,751	-2,174	-1,889	-1,723	-1,621	-1,562	-1,538	-1,534
Draft at AP m	N/A	-8,365	-4,553	-3,223	-2,519	-2,069	-1,755	-1,536	-1,410	-1,408
WL Length m	12,505	12,895	13,273	13,639	13,903	13,853	13,822	13,799	13,761	13,626
Immersed Depth m	1,097	1,199	1,259	1,277	1,248	1,169	1,037	0,846	0,599	0,380
WL Beam m	1,628	1,626	1,665	1,747	1,868	2,014	2,197	2,514	3,382	4,189
Wetted Area m ²	31,460	31,759	32,143	32,678	33,410	34,529	36,350	39,682	47,506	53,725
Waterpl. Area m ²	16,619	16,650	17,096	17,988	19,323	21,197	23,913	28,536	38,420	44,133
Prismatic Coeff.	0,612	0,626	0,643	0,664	0,692	0,730	0,780	0,846	0,889	0,873
Block Coeff.	0,506	0,464	0,431	0,405	0,388	0,384	0,397	0,425	0,446	0,568
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,975	-0,973	-0,976	-0,988	-1,003	-1,022	-1,040	-1,054	-1,062	-1,062
VCB from DWL m	-0,402	-0,409	-0,408	-0,400	-0,383	-0,357	-0,319	-0,265	-0,192	-0,130
GZ m	0,541	0,341	0,131	-0,077	-0,272	-0,443	-0,575	-0,639	-0,528	0,016
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-0,605	-0,570	-0,552	-0,551	-0,579	-0,626	-0,702	-0,829	-1,117	-1,296
TCF to zero pt. m	0,998	0,833	0,647	0,450	0,254	0,080	-0,051	-0,108	0,040	0,000
Max deck inclination deg	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,4
Trim angle (+ve by stern) deg	-90,0	-17,1	-8,1	-4,8	-2,9	-1,6	-0,6	0,1	0,6	0,6

Key point	Type	DF angle deg
Margin Line (immersion pos = 4,15 m)		32,83
Deck Edge (immersion pos = 4,57 m)		35,42
Escotilla Superior	Downflooding point	123,47
Escotilla Inferor	Downflooding point	147,71

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle				Pass
	shall be greater than (>)	40,0	deg	123,5	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability				Pass
	shall be greater than (>)	110,0	deg	116,3	Pass
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass
	delta	0			
	AS, sail area ISO 8666	120,820	m ²		
	height of centroid of AS	8,600	m		
	LH, Hydromax calculated	14,001	m		
	BH, Hydromax calculated	4,234	m		
	LWL, Hydromax calculated	11,946	m		
	BWL, Hydromax calculated	3,847	m		
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-0,174	m		
	STIX value shall be greater than (>)	32,0		48,7	Pass
	<i>Intermediate values</i>				
	m, mass of boat in current loading condition		kg	11662,8	
	height of waterline in current loading condition		m	0,517	
	phiD, actual downflooding angle		deg	123,5	
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	116,3	
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,3 to 116,3 deg.		m.deg	74,934	
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	0,541	
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,146	
	FR			3,232	
	LBS, weighted average length			12,631	
	FL, length factor			1,028	
	FB, beam factor			1,983	
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	n/a	
	FDS, dynamic stability factor	(1,267)		1,267	
	FIR, inversion recovery factor	(0,988)		0,988	
	FKR, knockdown recovery factor	(1,144)		1,144	
	FDL, displacement-length factor	(0,992)		0,992	
	FBD, beam-displacement factor	(1,066)		1,066	
	FWM, wind moment factor	(1,000)		1,000	
	FDF, downflooding factor	(1,372)		1,250	

KN Calculation – WILLY 14**Damage Case - Intact**

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1025,2 kg/m³)

VCG = 0 m

	KN 30,0 deg. Port.	KN 20,0 deg. Port.	KN 10,0 deg. Port.	KN 0,0 deg.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.
10500	-1,097	-0,864	-0,503	0,000	0,503	0,864
10778	-1,096	-0,861	-0,499	0,000	0,499	0,861
11056	-1,095	-0,858	-0,495	0,000	0,495	0,858
11333	-1,094	-0,855	-0,491	0,000	0,491	0,855
11611	-1,093	-0,852	-0,487	0,000	0,487	0,852
11889	-1,092	-0,849	-0,484	0,000	0,484	0,850
12167	-1,091	-0,847	-0,480	0,000	0,480	0,847
12444	-1,091	-0,844	-0,477	0,000	0,477	0,844
12722	-1,090	-0,841	-0,473	0,000	0,473	0,841
13000	-1,089	-0,838	-0,470	0,000	0,470	0,838

Displacement kg	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.	KN 70,0 deg. Starb.	KN 80,0 deg. Starb.
10500	1,097	1,257	1,357	1,387	1,359	1,232
10778	1,096	1,258	1,355	1,384	1,356	1,230
11056	1,095	1,258	1,354	1,381	1,354	1,228
11333	1,094	1,259	1,352	1,378	1,351	1,226
11611	1,093	1,259	1,351	1,375	1,349	1,224
11889	1,092	1,259	1,349	1,372	1,346	1,222
12167	1,092	1,259	1,347	1,369	1,343	1,220
12444	1,091	1,259	1,345	1,366	1,340	1,219
12722	1,090	1,259	1,344	1,363	1,337	1,217
13000	1,089	1,259	1,342	1,360	1,334	1,215

Displacement kg	KN 90,0 deg. Starb.	KN 100,0 deg. Starb.	KN 110,0 deg. Starb.	KN 120,0 deg. Starb.	KN 130,0 deg. Starb.	KN 140,0 deg. Starb.
10500	1,062	0,858	0,629	0,386	0,138	-0,100
10778	1,060	0,857	0,630	0,388	0,141	-0,096
11056	1,059	0,857	0,630	0,389	0,143	-0,092
11333	1,058	0,856	0,630	0,389	0,145	-0,089
11611	1,057	0,856	0,631	0,390	0,148	-0,085
11889	1,055	0,855	0,630	0,391	0,150	-0,081
12167	1,054	0,855	0,631	0,393	0,152	-0,078
12444	1,053	0,855	0,631	0,394	0,155	-0,074
12722	1,052	0,854	0,631	0,395	0,157	-0,071
13000	1,051	0,853	0,632	0,397	0,159	-0,067

Displacement kg	KN 150,0 deg. Starb.	KN 160,0 deg. Starb.	KN 170,0 deg. Starb.	KN 180,0 deg. Starb.
10500	-0,315	-0,475	-0,485	0,000
10778	-0,309	-0,467	-0,473	0,000
11056	-0,303	-0,459	-0,462	0,000
11333	-0,298	-0,451	-0,451	0,000
11611	-0,292	-0,443	-0,441	0,000
11889	-0,287	-0,435	-0,427	0,000
12167	-0,281	-0,428	-0,417	0,000
12444	-0,276	-0,420	-0,407	0,000
12722	-0,271	-0,413	-0,396	0,000
13000	-0,266	-0,406	-0,386	0,000

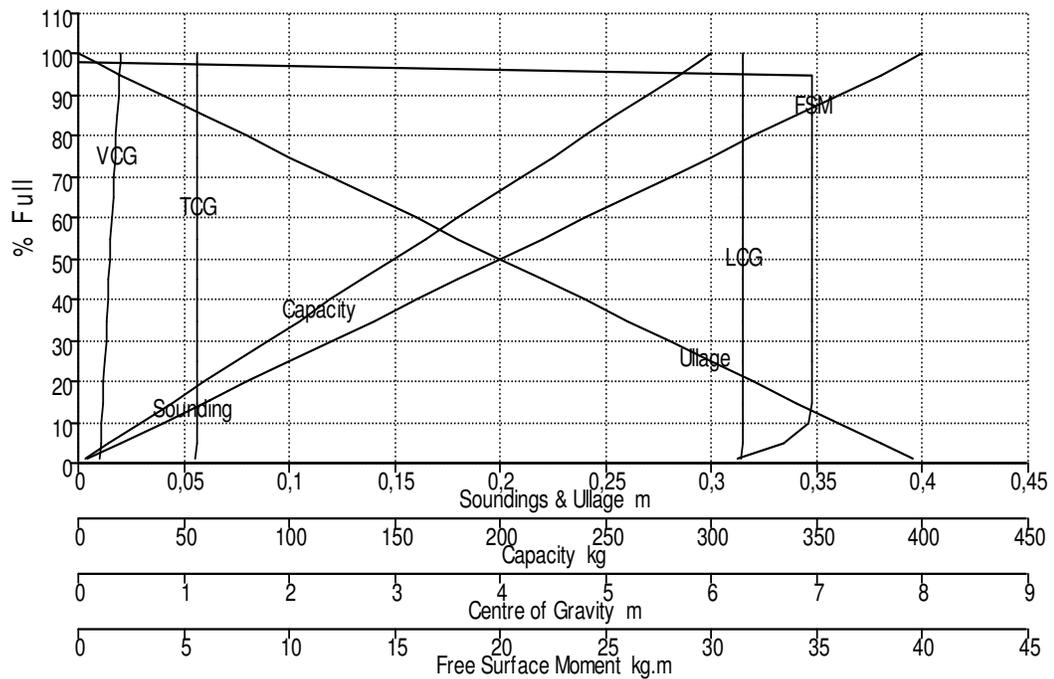
Tank Calibrations – WILLY 14

Tank Calibrations - Combustible

Fluid Type = Diesel Relative Density = 0,84

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern)



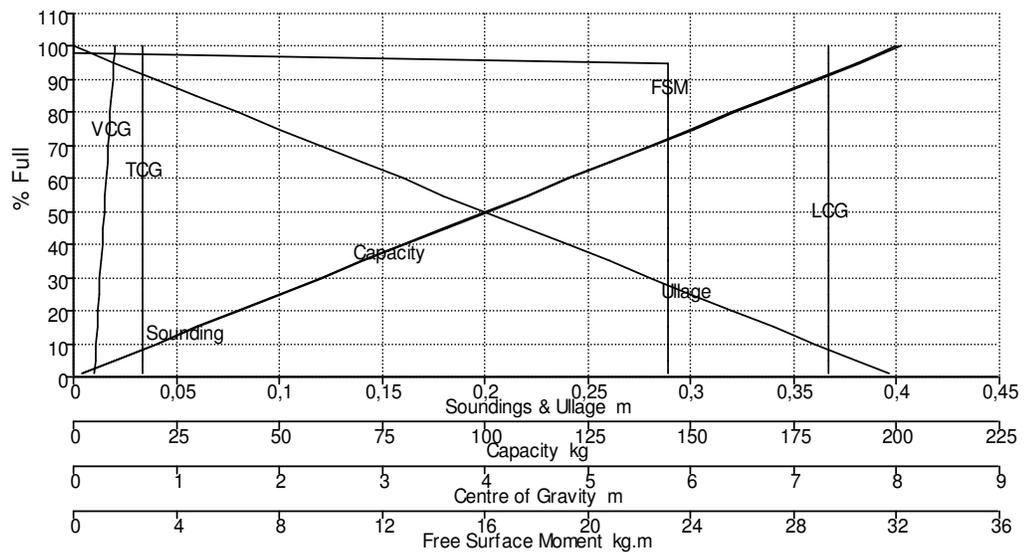
Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,400	0,000	100,0	0,357	299,9	6,299	1,127	0,400	0,000
0,392	0,008	98,0	0,350	293,8	6,299	1,127	0,396	0,000
0,380	0,020	95,0	0,339	284,8	6,299	1,127	0,390	34,733
0,360	0,040	90,0	0,321	269,8	6,299	1,127	0,380	34,733
0,340	0,060	85,0	0,303	254,8	6,299	1,127	0,370	34,733
0,320	0,080	80,0	0,285	239,8	6,299	1,127	0,360	34,733
0,300	0,100	75,0	0,268	224,8	6,299	1,127	0,350	34,733
0,280	0,120	69,9	0,250	209,7	6,299	1,127	0,340	34,733
0,260	0,140	64,9	0,232	194,7	6,299	1,127	0,330	34,733
0,240	0,160	59,9	0,214	179,7	6,299	1,126	0,320	34,733
0,220	0,180	54,9	0,196	164,7	6,299	1,126	0,310	34,733
0,200	0,200	49,9	0,178	149,7	6,299	1,126	0,300	34,733
0,180	0,220	44,9	0,160	134,6	6,298	1,126	0,290	34,733
0,160	0,240	39,9	0,142	119,6	6,298	1,126	0,280	34,733
0,140	0,260	34,9	0,125	104,6	6,298	1,126	0,270	34,733
0,120	0,280	29,9	0,107	89,6	6,298	1,125	0,260	34,733
0,100	0,300	24,9	0,089	74,6	6,297	1,125	0,250	34,733
0,080	0,320	19,9	0,071	59,6	6,296	1,124	0,240	34,733
0,060	0,340	14,9	0,053	44,5	6,295	1,123	0,230	34,733
0,040	0,360	9,8	0,035	29,5	6,293	1,121	0,220	34,604
0,020	0,380	4,9	0,017	14,6	6,289	1,118	0,210	33,403
0,004	0,396	1,0	0,004	3,0	6,285	1,112	0,202	31,260

Tank Calibrations - Agua grises

Fluid Type = Water Ballast Relative Density = 1,0252

Permeability = 100 %

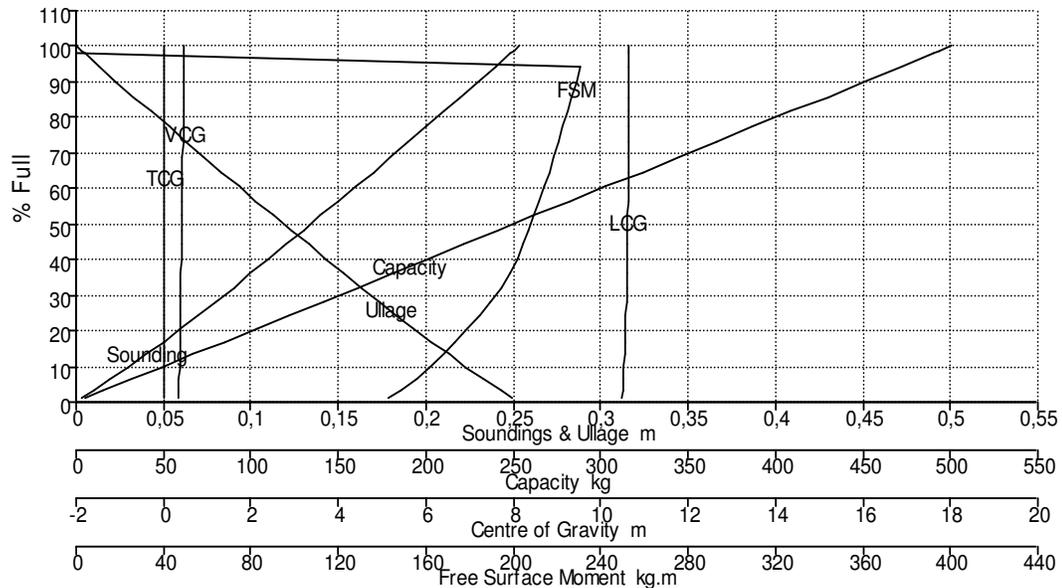
Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,400	0,000	100,0	0,196	201,1	7,330	0,668	0,400	0,000
0,392	0,008	98,0	0,192	197,1	7,330	0,668	0,396	0,000
0,380	0,020	95,0	0,186	191,0	7,330	0,668	0,390	23,128
0,360	0,040	90,0	0,177	181,0	7,330	0,668	0,380	23,128
0,340	0,060	85,0	0,167	170,9	7,330	0,668	0,370	23,128
0,320	0,080	80,0	0,157	160,9	7,330	0,668	0,360	23,128
0,300	0,100	75,0	0,147	150,8	7,330	0,668	0,350	23,128
0,280	0,120	70,0	0,137	140,8	7,330	0,668	0,340	23,128
0,260	0,140	65,0	0,127	130,7	7,330	0,668	0,330	23,128
0,240	0,160	60,0	0,118	120,7	7,330	0,668	0,320	23,128
0,220	0,180	55,0	0,108	110,6	7,330	0,668	0,310	23,128
0,200	0,200	50,0	0,098	100,5	7,330	0,668	0,300	23,128
0,180	0,220	45,0	0,088	90,5	7,330	0,668	0,290	23,128
0,160	0,240	40,0	0,078	80,4	7,330	0,668	0,280	23,128
0,140	0,260	35,0	0,069	70,4	7,330	0,668	0,270	23,128
0,120	0,280	30,0	0,059	60,3	7,330	0,668	0,260	23,128
0,100	0,300	25,0	0,049	50,3	7,330	0,668	0,250	23,128
0,080	0,320	20,0	0,039	40,2	7,330	0,668	0,240	23,128
0,060	0,340	15,0	0,029	30,2	7,330	0,668	0,230	23,128
0,040	0,360	10,0	0,020	20,1	7,330	0,668	0,220	23,128
0,020	0,380	5,0	0,010	10,1	7,330	0,668	0,210	23,128
0,004	0,396	1,0	0,002	2,0	7,330	0,668	0,202	23,128

Tank Calibrations - Agua Potable

Fluid Type = Fresh Water Relative Density = 1
 Permeability = 100 %
 Trim = 0 m (+ve by stern)



Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity kg	LCG m	TCG m	VCG m	FSM kg.m
0,253	0,000	100,0	0,500	500,5	10,653	0,000	0,479	0,000
0,250	0,003	98,7	0,494	494,0	10,653	0,000	0,478	0,000
0,248	0,005	98,0	0,490	490,4	10,652	0,000	0,477	0,000
0,240	0,013	94,4	0,472	472,4	10,650	0,000	0,472	230,979
0,230	0,023	90,1	0,451	450,9	10,648	0,000	0,467	228,971
0,220	0,033	85,8	0,430	429,5	10,645	0,000	0,462	226,962
0,210	0,043	81,6	0,408	408,2	10,643	0,000	0,457	224,924
0,200	0,053	77,3	0,387	387,0	10,640	0,000	0,451	222,822
0,190	0,063	73,1	0,366	365,9	10,637	0,000	0,446	220,669
0,180	0,073	68,9	0,345	344,8	10,634	0,000	0,441	218,506
0,170	0,083	64,7	0,324	323,9	10,631	0,000	0,436	216,317
0,160	0,093	60,6	0,303	303,1	10,627	0,000	0,431	213,983
0,150	0,103	56,4	0,282	282,4	10,623	0,000	0,425	211,647
0,140	0,113	52,3	0,262	261,9	10,619	0,000	0,420	209,278
0,130	0,123	48,2	0,241	241,5	10,615	0,000	0,415	206,753
0,120	0,133	44,2	0,221	221,2	10,610	0,000	0,410	204,181
0,110	0,143	40,2	0,201	201,1	10,605	0,000	0,404	201,587
0,100	0,153	36,2	0,181	181,1	10,599	0,000	0,399	198,799
0,090	0,163	32,2	0,161	161,4	10,593	0,000	0,394	194,665
0,080	0,173	28,3	0,142	141,8	10,586	0,000	0,389	189,688
0,070	0,183	24,5	0,123	122,6	10,578	0,000	0,383	184,561
0,060	0,193	20,7	0,104	103,7	10,569	0,000	0,378	179,229
0,050	0,203	17,0	0,085	85,1	10,559	0,000	0,373	173,605
0,040	0,213	13,4	0,067	66,9	10,547	0,000	0,368	167,899
0,030	0,223	9,8	0,049	49,3	10,533	0,000	0,362	161,936
0,020	0,233	6,4	0,032	32,1	10,518	0,000	0,357	155,957
0,010	0,243	3,1	0,016	15,7	10,502	0,000	0,352	148,734
0,003	0,250	1,0	0,005	5,0	10,490	0,000	0,349	142,656

CAPITULO VIII

CÁLCULO DEL C.D.G. Y DISTRIBUCIÓN DE PESOS

8.- Cálculo del C.d.g. y distribución de pesos.-

8.1.- Introducción.-

En este apartado se va a realizar el cálculo del peso en rosca (P_r) del buque, y de las coordenadas del centro de gravedad de dicho peso.

Se define el peso en rosca como la suma de todos los pesos del buque listo para navegar, excluyendo, carga, pasaje, tripulación, pertrechos y consumos, pero incluyendo fluidos en aparatos y tuberías.

El peso o desplazamiento de un buque (Δ) se descompone en dos partidas principales, peso en rosca (P_r), y peso muerto (P_M).

La determinación del peso del cualquier buque es un proceso muy tedioso y que requiere gran experiencia. De hecho, el peso y la posición del centro de gravedad de la rosca de un buque no se conocen exactamente hasta su puesta a flote, y es la realización de la experiencia de estabilidad la que nos proporciona estos valores.

Un cálculo de desplazamiento exhaustivo requeriría computar todos y cada uno de los elementos de peso conocido que va a llevar el barco, y en aquellos elementos en los que no es posible conocer un peso de antemano, usar datos de diseños parecidos, o datos estadísticos.

El proceso que va a seguir para definir el peso en rosca del buque es el habitual de dividir el P_r en peso de laminado y refuerzos del casco, peso de equipo y armamento, peso de habilitación, peso de maquinaria específica, y en este caso, peso de aparejo y lastre fijo.

$$P_R \Rightarrow \begin{cases} P_{LAMINADO} = P_{L.CASCO} + P_{LCUBIERTA} + P_{REFUERZOS} \\ P_{EQUIPOYARMAMENTO} \\ P_{HABILITACIÓN} \\ P_{MAQUINAS} \\ P_{APAREJOS} \\ P_{LASTRE} \end{cases}$$

Las ventajas que tienen los barcos de vela con quilla de lastre, es que esta constituye un cajón desastre con el que se puede conseguir el desplazamiento y posición del centro de gravedad que se quiera.

Se va a emplear el método habitual de estimar todos los pesos dichos anteriormente y por ultimo completar hasta el desplazamiento necesario con el lastre de la quilla.

Este último requiere un proceso iterativo hasta conseguir introducir en un volumen determinado de la quilla el peso de lastre que se requiera.

La cantidad que se había estimado inicialmente de lastre era de: **4200 Kg**

A continuación se presenta el desglose del peso en rosca por partidas, con los diferentes conceptos que se han considerado en cada partida, y el cálculo de la cantidad y posición de lastre necesario.

Para cada elemento se indicará su peso, a partir del peso suministrado por el fabricante para equipos determinados, o peso estimado mediante ecuaciones, para otros elementos, y la posición de su centro de gravedad.

El peso de los diferentes elementos a bordo del casco se dará en kilogramos y la distancia en metros.

El centro de gravedad longitudinal (LCG) se medirá desde la perpendicular de popa y se considera positivo hacia proa. El centro de gravedad transversal (TCG) se mide desde la línea de crujía siendo los valores positivos hacia estribor. La altura del centro de gravedad (VCG) se medirá desde la línea base, siendo los valores positivos hacia arriba.

8.2.- Cálculo del peso en rosca.-

1.1. Cálculo del peso del laminado y refuerzos. (ANEXO G)

Dentro del cálculo del peso de laminado se incluye el cálculo de los siguientes elementos de la estructura:

- Quilla, Fondo, Costado, Cubierta, Refuerzos transversales, Refuerzos longitudinales.

Para determinar el peso de todos los elementos se va a emplear la normativa de laminado y refuerzos: Lloyd's Register of Shipping. Este permite modelar la estructura del velero y proporciona una vez modelada el valor del peso y centro de gravedad de cada uno de los elementos que la componen, y por ende, el peso y centro de gravedad de la estructura.

En la tabla del "ANEXO G Escantillonado" se puede ver una relación de los elementos de que se componen la estructura con sus escantillones, el área, perímetro, peso y centro de gravedad de cada elemento.

1.2. Peso de equipo, armamento y máquinas: (ANEXO F)

- Peso de maquinaria: se incluye aquí el peso del motor principal, que será el peso suministrado por el fabricante. El peso de este elemento, será: 264 kg.
- Peso de los generadores: Para el peso de los generadores de los que dispone el Willy 14, al igual que en el caso anterior también se tomará el valor suministrado

por el fabricante. Se han previsto dos generadores Northern Lights, cuyo peso y situación será la siguiente:

- Peso del equipo de fondeo y amarre: El velero estará dotado por un ancla, de 16 kilogramos y un eslabón de 8 mm.
- Peso del equipo de gobierno: Para la determinación del peso del equipo de gobierno también se va a emplear el peso de los equipos específicos suministrado por Lewmar.

Pedestal Athema BH 130 → 45 kg

Mamba Athema BH 130 → 87 kg

- Peso del equipo de cubierta y acastillaje: Se incluyen en esta partida todos los herrajes sobre cubierta, cornamusas, base de tangones, base jarcias firme, etc., que serán de acero inoxidable L316, y cuyo peso y centro de gravedad se detallan en el “ANEXO H Calculo y distribución de Pesos”.

Además también se incluyen todos los Winches sobre cubierta y los situados en los mástiles, que son los siguientes.

- Winches Génova : Lewmar 111EST → 63.5
 - Winches Mayor : Lewmar 77EST → 55
 - Winches Speaker : Lewmar 64EST → 38
 - Winches Popa: Lewmar 66EST → 46
- Peso de la habilitación: Para el cálculo de los pesos de la habilitación se han considerado los pesos de cada elemento requerido por el fabricante. Adjunto la tabla “ANEXO H Calculo y Distribución de Pesos”
 - Cálculo del peso del aparejo: El aparejo es el conjunto de mástiles, velas y jarcias de una embarcación a vela. A continuación se presentan los criterios que se han

tenido en cuenta para el cálculo del peso de cada uno de ellos. Calculo en tabla ANEXO D.

- Peso de los mástiles: En el capítulo correspondiente al diseño del plano vélico y aparejos, se describen las dimensiones de los mástiles y velas que lleva el barco. Disponemos de un mástil con dos crucetas, una mayor y un génova.

Para el cálculo de los pesos de los mástiles se va a emplear una densidad por unidad de longitud de palo, obtenida de la bibliografía para mástiles de aluminio, y que incluye un margen suficiente para tener en cuenta herrajes, crucetas, enrolladotes de la botavara y otros elementos. A partir de la altura de los mástiles se obtienen con una densidad de peso.

			lx (cm ⁴)	ly (cm ⁴)	Dimensiones	SMx (cm ³)	SMy (cm ³)	e (mm)
Mastil	Mayor	66,7152	191	413	155/104	36,7	45,9	3,05
	Botabara	32,16	325	1190	200/117	55,5	112	2,8
	Cruceta 1	4,68	205	122	121/92	28,9	26,5	3
	Cruceta 2	5,93	205	122	121/92	28,9	26,5	3

- Peso de las velas: Las velas también se deben considerar para calcular el peso en rosca, y se va a considerar la situación más desfavorable, que será aquella en las que todas las velas están desplegadas al 100%.

Las velas de Will 14 serán de Dacron, y para calcular el peso se va a emplear el área de las velas y la densidad de los paños del material. Densidad 650 gr/m^2

Plano Vélico	Vela Mayor.	(650 g/m ²)	45,15	29,35
	Vela Foque.	(650 g/m ²)	50,45	32,79
	Génova	(650 g/m ²)	75,67	49,19
	Spinaquer	(650 g/m ²)	148,00	96,20
	TOTAL →		319,27	207,52

- Peso de la jarcia: La jarcia de un buque está constituida por todos los cabos y cables que forman parte del aparejo y que sirven para sujetar,

sostener, o mover las piezas de la arboladura o, directamente las velas. Se debe distinguir entre jarcia firme y jarcia de labor:

- La **jarcia firme**, que está compuesta por los cables siempre fijos, que sirven para sujetar o sostener fundamentalmente los palos. En este caso consiste en obenques, estays, y backstays.
- La **jarcia de labor** esta compuesta por los cabos o cables movibles que se emplean para izar, orientar, o arriar el aparejo. La jarcia de labor incluyen en este caso, drizas, escota, amantillos, contras,..

Para la jarcia firme se va a emplear cable de acero trenzado de 5 mm de espesor, mientras que para la jarcia de labor se van a emplear diferentes tipos de cabos de fibras sintéticas.

Los pesos de estos elementos se determinarán empleando un longitud recomendada, obtenida a partir de las dimensiones del buque, multiplicada por una densidad por unidad de longitud media.

Jarcias firmes	Cables	Peso (Kg)	Diam (mm)	Br. Str	Rigging Svrew	Chainplate lug (mm)			
	D1	1,06	6	30000	7/16 (in) 46100 N	a=36	b=10	c=21	d=14
	D2	0,82	5,5	25700	7/16 (in) 46100 N	a=30	b=10	c=18	d=14
	D3	1,83	8	53500	5/8 (in) 93200 N	a=40	b=13	c=25	d=16
	V1	1,37	7	40900	1/2 (in) 66700 N	a=38	b=12	c=24	d=16
	V2	0,23	3	7700	1/4 (in) 14700 N	a=20	b= 5	c=12	d=8,5

8.3.- Resumen del cálculo del peso en rosca.-

Por ultimo se presenta en la siguiente tabla el resumen de todos los pesos que componen el rosca y el cálculo del centro de gravedad.

Al peso en rosca obtenido aquí se le van a añadir un margen de seguridad (5%) para compensar las imprecisiones que se pudiesen haber cometido durante su cálculo, o los elementos que no hayan sido tenidos en cuenta.

Peso en rosca: ANEXO F

Desplazamiento Willy 14		Peso (Kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Rosca	Escantillonado + 2% de margen	3827,62	5,69	1,19	0,00
	Habilitación + 10% de margen	533,00	5,48	0,75	-0,22
	Lastre	4200,00	5,64	0,74	0,00
	Camara de maquina	1126,00	4,83	0,43	-0,79
	Equipos	195,00	12,30	1,36	0,00
	Velas y aparejos	743,57	4,59	5,62	1,17
	TOTAL→	10625,19	5,61	1,22	-0,01
Carga	Carga	1550,00	5,94	1,15	0,56
	Pertrechos	360,00	5,62	0,84	-0,10
	TOTAL→	1910,00	5,88	1,09	0,44
mMTL	Carga máxima total	1910,00	5,88	1,09	0,44
mLCC	Condición de peso en rosca	10625,19	5,57	1,22	-0,01
mLDC	Peso del desplazamiento en carga mLCC + mMTL	12535,19	5,62	1,20	0,06
mL	Personas	450,00	1,84	2,22	1,00
	Pertrechos	360,00	5,62	0,84	-0,10
	Provisiones	100,00	5,62	0,84	-1,00
	Peso tanque agua dulce	300,00	10,65	0,00	0,48
	Peso tanque aguas grises	200,00	7,33	0,67	0,40
	Peso tanque de combustible	500,00	6,30	1,13	0,40
mMOC	Peso Condición mínima operativa mLCC + mL	11535,19	5,43	1,24	0,02

CAPITULO IX

DISPOSICIONES GENERALES

9. Disposición General

Al proyectar la disposición tanto de la cubierta como de los interiores, hemos intentado conseguir una disposición practica, con un buen grado de confort y habitabilidad, y facilidad de manejo, siguiendo un esquema clásico con formas rectas y sencillas.

9.1. Disposición Interior

Al diseñar el interior del barco se han tenido en cuenta el uso de la embarcación y el número de personas que a bordo van a ir. Se deben tener en cuenta, por tanto, que al tener travesías prevista de una semana, las personas pasaran bastante tiempo a bordo por lo que se ha de hacer la estancia lo más confortable posible. Para este fin se dispone una zona de salón amplia e iluminada, con accesibilidad a cualquiera de los camarotes con facilidad. Los camarotes son espaciosos con amplias camas dobles, teniendo armarios en todos ellos, teniendo a mano el equipaje que se ha tenido consigo al barco.

En todo el barco se tiene una altura suficiente para que no se tengan problemas al moverse por el interior. A este efecto se ha tomado un francobordo alto en el diseño de la carena. Hay que tener en cuenta la disposición de tanques, baterías, bombas y motor que se van a llevar a bordo ya que se ha de dejar el espacio necesario para ellos, situando en número mayor de ellos bajo el piso de forma que no dificulten un movimiento si elevaciones.

Todos los interiores están realizados en ebanistería realizada con contrachapado marino WBP, chapado en teca de Birmania con molduras macizas o laminadas en teca. Barnizado con laca de poliuretano, con acabado satinado. Todas las puertas de paso están dotadas de cerradura y retenedor. Los techos son de material sintético lavable y están dotados de pasamanos. Los suelos son todos practicables, y están realizados en marquetería listada con barniz especial. Todos los colchones son de gomaespuma de media densidad, tapizado en material sintético. Los sofás son de gomaespuma recubierta de floca de poliéster para mejorar su textura. Las ventanas y escotillas llevan cortinas de tela lavable.

Para la disposición interior hemos dividido la eslora en tres módulos principales separados por mamparos estructurales, logrando de este modo una distribución espaciosa y práctica. Estos módulos son camarote de proa, módulo central y módulo de popa.

- Camarote de Proa:

Se extiende desde el mamparo de a popa del pozo del ancla, hasta el mamparo estructural de más a proa, está equipado con una cama doble triangular, un armario en la banda de estribor y un mueble de cajones y repisa en la de babor, así como dos estanterías, una a cada banda que recorren toda su eslora. Bajo toda la superficie de la cama se han dispuestos varios tambuchos estructurados también en madera, lo cual contribuye al refuerzo local de la zona de pantoque.

- Módulo Central:

Es el más amplio de los tres, se extiende desde el mamparo estructural en el que acaba el camarote de proa y el mamparo estructural de popa, y engloba: el salón, la cocina, y la mesa de navegación. El salón se separa del resto a popa por un mamparo.

El salón consta de un sillón en forma de “L” , convertible en cama doble. Una mesa central que es subida y bajada hidráulicamente. En las bandas y de forma prácticamente simétrica se disponen dos armarios. Los respaldos y asiento de los sillones se aprovechan como tambuchos de estiva de provisiones y herramientas.

La mesa de carta dispone de un tablero para la carta de navegación, cuya parte inferior dispone de cuatro cajones laterales. En la pared hay dos estanterías, una junto a la otra en la zona de babor. En esta zona, además de la carta de navegación, disponemos de todos los aparatos eléctricos de comunicación y sonido. Dispone de dos puntos de luz en el techo y otro en la estantería de babor y un portillo en la parte superior para la iluminación del barco.

En esta misma banda de babor, a continuación de la mesa de carta, hacia proa nos encontramos con la cocina. La cocina está equipada por un fregadero de dos senos, nevera empotrada en la encimera, cocina de cuatro fuegos y un horno en la parte superior de la nevera.

Bajo el fregadero existe un armario de cuatro puertas y junto al mamparo de más proa, disponemos de una cajonera con cuatro cajones.

- Módulo de Popa:

Se extiende desde donde termina el salón hasta el mamparo de popa. En esta zona se ubican dos dormitorios, uno a babor y otra a estribor con un cuarto de baño a estribor y el compartimiento del motor debajo de las escaleras de acceso al interior del barco. A los camarotes de popa se accede por la cocina y el salón. Disponen cada uno de ellos de una cama doble, bajo la cual existen varios tambuchos de estiba y acceso a los tubos de escape, agua de refrigeración del motor, toma de aire así como el eje del motor.

En cada camarote, a cada banda de uno de ellos, dispone de un armario con cajones y repisa, luz y un pequeño portillo en la parte superior de cada armario.

El baño situado a proa del camarote de estribor, es bastante amplio con respecto a los otros barcos de su clase y esta equipado: una ducha con agua caliente y fría, retrete marino y lavabo. Dispone de luz y un portillo en la parte superior del lavabo.

El calentador de agua es eléctrico y se halla en la parte abajo de los camarotes de popa.

El compartimiento del motor se halla centrado transversalmente bajo las escaleras de acceso de cubierta. Dispone de luz, y está insonorizado. A éste se accede fácilmente retirando las escaleras o desde los camarotes de popa.

9.2. Diseño de Cubierta

Cada diseño de yate tiene su propia cubierta característica, la cubierta va en función de las necesidades que se creen prioritarias como ese yate. Como aclaración ponemos un ejemplo: los requisitos de una embarcación de regata son muy diferentes a las de un crucero, por lo tanto la cubierta de uno es muy diferente a la del otro. Aunque siempre hay cualidades comunes, cada una de estas cualidades tiene su propia prioridad para ser satisfecha. Es decir, para una determinada cubierta, una cualidad será la más importante, mientras que para otra cubierta, la misma cualidad tendrá otra relevancia.

Normalmente la cubierta de un velero consta de las siguientes partes: bañera, pasillo y cubierta (propriadamente dicho).

Como ya se sabe, en el presente diseño, se emula a un velero clásico por lo que la cubierta debe ser sencilla, despejada, recta y con un número de cambios de nivel mínimo. Recordando que también podemos matizar más las características de la cubierta. Los accesorios reducidos a la mínima expresión para: a) aumentar la superficie en la que tomar el sol y b) permitir movimientos rápidos al facilitar el paso.

Todas la escotillas y portillos se encuentran en la cubierta por lo que deben proporcionar toda la luz y aire necesario en el interior. Para facilitar el gobierno de la embarcación se ha dispuesto de cuatro winches eléctricos alrededor de la bañera.

- Distribución de Cubierta:

A proa del mástil se aprecia una cubierta totalmente limpia, exceptuando dos escotillas y un portillo y, entre éstas, el acceso al camarote de la tripulación. Justo en la proa, se encuentra un espacio de estiba (ideal para utilizarlo como pañuel de vela) y el equipo de fondeo. Una de las escotillas ilumina y airea el camarote de proa, mientras que la otra escotilla ilumina la cocina y el salón.

Todas las escotillas tienen la visagra mirando a proa con objeto de minimizar posibles entradas del agua, ante esta decisión, la ventilación se ve mermada, pero es preferible la seguridad.

Gracias a este tipo de cubierta se consigue una cualidad antes no mencionada, que es la de un número mínimo de obstáculos para la vista del timonel.

A popa de la bañera se encuentra otra porción de cubierta libre de obstáculos debajo del cual se encuentra un gran espacio de estiba.

Los pasillos laterales unen la cubierta de proa, la bañera y la cubierta de popa.

- **Diseño de la Bañera:**

Dadas las dimensiones del velero, y por guardar similitudes con veleros de épocas pretéritas, se podría estar optar por una bañera central y otra en popa, cada uno con sus propios accesos al interior.

Para este último caso, la bañera se encuentra relativamente centrada junto a popa de la cabina. Con esta posición la cabina protege de los rociones típicos de cuando se navega de ceñida. En cuanto a las olas rompientes de popa no será un problema debido a la distancia existente desde popa hasta la propia bañera, además del propio respaldo que circunda la bañera sirve de barrera.

La bañera debe ser cómoda y útil para manejar todos los elementos necesarios para la navegación. Por ello debe permitir una gran versatilidad de posiciones. Como es la zona más empleada a bordo, es muy importante su correcto diseño, sobre todo de cara a la ergonomía y confort.

Debido a las magnitudes y a la situación de la bañera que se ha escogido, se debe disponer un aparato de gobierno hidráulico, ello también obliga a escoger la rueda como sistema de gobierno.

Los instrumentos de navegación se colocan aprovechando el pie que sustenta la rueda. De este modo situándolo junto a proa de la rueda, resulta más fácil que el timonel los maneje.

- Pasillos:

El propio nombre ya indica su función, pero dicho con otras palabras, son unos corredores para permitir la libre circulación. Esta libre circulación es muy importante. Durante una maniobra, la tripulación debe moverse con agilidad y rapidez, por lo que no pueden existir ni obstáculos ni peligro alguno.

La mayoría de diseñadores coincide en que la anchura mínima debe ser de unos 40 centímetros para circular sin temores. Por lo tanto, para que los pasillos resulten anchos, la distancia mínima desde la cabina hasta el trancanil, debe superar el medio metro.

- Jarcia de Labor:

El carril de escotero de mayor se sitúa a proa de la rueda, en la parte superior de la cabina. De este modo se consigue una mayor facilidad de navegación con poca tripulación y en regatas. Para facilitar la maniobra y evitar redes de cabos, dicha escota se envía al carril del escotero situado a cada banda de la bañera hasta la winches de la bañera.

A los lados de la bañera, en los pasillos, se distribuyen cuatro winches eléctricos: dos a babor y otras dos a estribor. Tales winches son de la casa Lewmar, modelo 66/3EST. Su función es la de cazar o soltar velas como mayor, foque, Génova o spinake.

Para izar las velas se emplearán winches eléctricos, Lewmar 64EST. Para tal fin se disponen dos unidades, ambas sobre la cabina, lo más a popa posible y simétricamente distribuida respecto a crujía.

Como ya se ha expuesto anteriormente, entre en el stay y la rueda se encuentra el equipo de fondeo. El molinete de dicho equipo es el modelo de la casa Lewmar y el ancla tiene una masa de 16 kilogramos perteneciente al modelo CQR de la casa Lewmar.

CAPITULO X

CALCULO DE RESISTENCIA Y MOTORIZACION

10.- Calculo de Resistencia y Motorización.-

La mayor razón para calcular la resistencia que ofrece una embarcación, no es otra que la de obtener el sistema propulsor de mejor rendimiento y prestaciones. Dadas las características del proyecto, la principal forma de propulsión es a vela, mientras que el motor representa una forma de propulsión secundaria o complementaria de la primera.

Por lo tanto, no se considera necesario realizar un estudio preciso de la resistencia ofrecida por la obra viva de este proyecto.

Para obtener el motor, reductora y hélice necesario se ha preferido recurrir a un método más sencillo. De la base de datos realizada anteriormente, se escogen aquellos valores más similares al presente diseño, sobre todo considerando la eslora de flotación y el desplazamiento, y a partir de esta solución, se deducen motor, reductora y hélice necesarios.

De este modo, el motor escogido pertenece a la casa VOLVO PENTA, concretamente se trata del modelo D2-75 DIESEL INTRABORDAS, para más información se detallan en el ANEXO H.

CAPITULO XI

EQUIPAMIENTOS

11.- Equipamientos.-

El equipamiento de esta embarcación está pensado basándose en el uso para el que está diseñada. Se ha buscado un equipamiento completo y de fácil manejo, pensando siempre en que pueda permitir navegar a dos personas sin problemas.

11.1.- Equipo de cubierta.-

Como ya se ha expuesto anteriormente, casi toda la maniobra esta reenviada a el piano de la caseta.

El piano se compone de cuatro stoppers dobles de la marca spinlock, modle XA (a ambos lados de la caseta babor y estribor). Los winches son de la marca Lewmar que se detallan en el capítulo VIII.

El tensor del backstay es de tipo hidráulico, se acciona con suma facilidad mediante palanca, y es muy bien recibido al momento de navegar.

Los controles del motor (indicador de revoluciones, presión de aceites, combustible, contacto y morse) se hallan en la banda de babor junto a la rueda del timón y son de fácil acceso.

11.2.- Electrónica.-

En este apartado es en el que quizás se haya escatimado menos en costes, dotando a la embarcación de un completo equipo que a continuación se detallan:

- a) Radio: Emisor-receptor de VHF marca President.
- b) Radar marca Autohelm, situado en el palo para una mejor recepción.
- c) Plotter.
- d) GPS marca GARmin modelo 65.
- e) Piloto automático principal Autohelm ST-5000 de brazo eléctrico controlable desde la bañera y la mesa de cartas.
- f) Piloto automático secundario Autohelm ST-4000 en la rueda del timón controlable desde la bañera.
- g) Sonda Store en la bañera.
- h) Sonda Apelco “fishfinder” en la mesa de cartas con pantalla gráfica.
- i) Corredera Autohelm ST-50.
- j) Equipo de viento Autohelm.

Los pilotos automáticos, radar, GPS, plotter, equipo de viento, y corredera están conectados entre sí, proporcionando una gran cantidad de datos para la navegación.

También podemos añadir el equipo de sonido, con lector de CD con altavoces interiores y exteriores.

11.3.- Equipos de emergencias.-

Vamos a agrupar los equipos de primeros auxilios, achique, contraincendios y salvamento.

- **Primeros Auxilios:** Botiquín completo.
- **Achique:** bomba eléctrica, bomba manual con accionamiento en la bañera.
- **Contraincendios:** Extintor manual bajo la mesa de cartas, extintor manual en tambucho de la bañera, y extintor pequeño en la cocina.
- **Medios de Salvamento:** chalecos salvavidas (6), Balsa salvavidas para seis personas, y aros de salvamento (3, 2 de tipo abierto). Detallado mas adelante.

11.4. Instalación eléctrica.-

De acuerdo con las tensiones de alimentación, las instalaciones eléctricas se clasifican en dos categorías:

- Categoría A: tensiones iguales o inferiores a 50 Voltio
- Categoría B: tensiones superiores a 50 Voltios

Las dos tensiones en bornes de los usuarios eléctricos instalados a bordo, no podrán exceder de:

- 250 V, para calefacción, alumbrado, fuerza motriz y aparejos fijos.
- 50 V, para aparatos portátiles

Todas las instalaciones eléctricas, serán se dos polos aislados sin torno por la masa, salvo el aparillaje eléctrico del motor.

En las instalaciones de Categoría A, se podrá admitir un conductor aislado, con retorno por cable de cobre estañado y puesto a masa, para combustible y casco no metálico.

La corriente alterna trifásica se podrán admitir tres conductores aislados ó cuatro conductores aislado con neutro a masa sin retorno por el paso.

El cargador de batería de 220 V esta situado debajo de la encimera de la cocina, utilizado para la recarga de las baterías mientras nos encontramos en puerto y tenemos un motor apagado.

El calentador de agua es también eléctrico, funciona a 220 V, es el tipo de resistencia, y esta ubicado en un tambucho de la bañera detrás del mamparo del cuarto de baño..

La reserva de agua potable es un depósito de 300 litros.

11.3. Sistema de Seguridad. Normativa aplicadas

Algunos de los equipamientos se realizan de acuerdo con el orden FOM/1144/2003, de 28 de Abril, por lo que se regulan los equipos de seguridad, salvamento, contra incendios, navegación y prevención de vertidos de aguas sucias, que debe llevar las embarcaciones de recreo.

Para saber cuales són los equipos necesarios, previamente debe conocerse la categoría de diseño y la zona de navegación .

El real decreto 297/98 transporte al derecho Español a Directiva Europea 95/25/CE, en cuyo anexo I se clasifican las embarcaciones dependiendo de las características constructivas. Han sido agrupadas en cuatros categorías en función de las condiciones de navegación (altura de olas y fuerza del viento) para las que han sido diseñadas. A continuación sólo se muestra la que atañe el presente proyecto.

- Categoría de diseño: A, Oceánica
- Fuerza del Viento: más de fuerza 8 en la escala de Beaufort.
- Altura de las Olas: mas de 4
- Definición de la categoría de navegación oceanicas: las embarcaciones deben estar diseñadas para viajes largos, en los que los vientos puedan superar fuerza 8 (escala Beaufort), y las olas puedan tener una altura significativa de 4 metros o más, las embarcaciones deber ser autosuficientes en gran medida.
- Zona de navegación: todas, es decir: 1,2,3,4,5,6 y 7

En el momento de expedición o renovación del Certificado de Navegabilidad, la Autoridad Marítima, teniendo en cuenta la actualización del equipo de seguridad realizada en la embarcación, le asigna la correspondiente zona de navegación, en función de la categoría de diseño. Aquí solo se muestra la que corresponde a la navegación oceanica.

- Categoría de diseño A, Oceanica.
- Zona 1

- Límites: Ningunos
- Navegación : Limitada

La titulación requerida para el gobierno de embarcaciones está en función de la navegación, eslora y potencia de los motores. Para navegar un velero de las presentes características se debe poseer el de Capitán de Yate

Dependiendo de la Clasificación asignada deberá llevar el equipo de seguridad, el cual se detalla el certificado de Navegabilidad de las embarcación. El material correspondiente a este velero se detalla en los siguientes apartados.

1. Equipo de Salvamento

- Balsas Salvavidas, con plazas para el 100% de las personas autorizadas a transportar (para 6 personas). Las balsas debe tener la homologación SOLAS (RD 809/99) o equivalente
- Chalecos Salvavidas, lo suficientes para el 100% de las personas autorizadas, más un 10% (en conclusión, para siete personas). Debe tener la homologación SOLAS (RD 809/99) o “CE”(Directivas 89 /686, RD I 407/92). Con la flotabilidad de 275 N
- Aros Salvavidas, dos unidades, como mínimo una de ellas con luz y rabiza, deben tener homologación SOLAS (RD 809/99) o “CE” (Directiva 89/686, RD I 407/93)
- Cohetes de luz roja y paracaídas, seis unidades que cumplan con la homologación RD 809/99
- Bengalas de mano, seis unidades que cumplan la homologación RD 809/99
- Señales fumígenas flotantes, dos unidades que cumplan la homologación RD 809/99

2. Luces de navegación.

Luces y marcas renavegación, cumpliendo la homologación COLREG 72 (en cualquier país de la CE), concretamente debe llevar luces a babor, estribor, tope, alcance y fondeo.

3. Equipo de navegación

Compás, dos unidades, uno de ellos de gobierno con eliminación y el otro de marcaciones. También debe tener una tabla de desvíos. Se requiere la homologación RD 809/99

- Corredera, bien de hélices, eléctrica o de presión con totalizador, o bien un GPS
- Sextante, una unidad con las tablas necesarias para la navegación astronómica
- Cronómetro una unidad
- Compás de puntas, una unidad
- Transportador, una unidad
- Regala de 40 cm, una unidad
- Prismático, una unidad.
- Cartas y libros náuticos, de los mares por los que se navegue. También es obligatorio el libro de faros y derrotero de la zona donde se navega. Al anuario de marcas (excepto en el mar mediterráneo), manual de primeros auxilios, reglamentos de radiocomunicaciones y código de señales.
- Bocina de niebla, a presión manual o accionada por gas en recipiente a presión
- Campanada banderas, como mínimo las banderas “C” y “N”, las dimensiones serán de 60 x 50 cm
- Linterna estanca, dos unidades, con bombillas y pilas de respeto
- Diario de navegación, una unidad.
- Espejo de señales
- Reflector de radar
- Código de señales, una unidad, juntamente con el aparato de radiocomunicaciones.
- Barómetro.

CAPITULO XVI

DATOS ECONÓMICOS

12. Datos Económicos.

En este apartado se pretende dar una idea de los costes (y variaciones de los mismos) a la hora de construir una embarcación recreo. Por tanto las cifras solo son orientativas.

Para este proyecto se ha elaborado partiendo de un supuesto encargo realizado por una persona casada. Una vez que el armador ha elegido el diseño (el presente proyecto), debe buscar el astillero donde construirlo. La elección del astillero es muy importante, se debe estar dispuesto a negociar y discutir tenazmente, bien por los plazos de entrega, bien porque se exija el pintado del casco en el propio astillero (coste bastante significativo). Como ejemplo de la importancia de buscar entre muchos astillero, comentar que unos situados en el centro de Europa puede resultar un 30 % más barato que unos Holandeses.

Básicamente se distinguen dos tipos de costes: por un lado los materiales y por otro lado la mano de obra. El coste del material varía en según el lugar donde se compre. Normalmente el mismo tipo de tejido (fibra de vidrio, carbono,...) es más barato en los países de este (comparados con los de Europa Occidental); esta diferencia de precio conlleva una diferencia de calidad, siendo de mejor calidad aquellos elaborados en occidente. Esta diferencia de precio y calidad están íntimamente relacionados con el nivel de desarrollo de la sociedad, más costosa resulta.

Sin olvidar lo comentado en el párrafo anterior, de debe decir que el coste del material en construir una embarcación de recreo supone un 60 % del total, mientras que el de la mano de obra supone un 30 %.

El coste total de la embarcación disminuye cuantas más unidades se construyan. Sin entrar en detalles como el nivel de mecanización de la producción, existen astilleros que empiezan a ganar dinero una vez vendida la tercera unidad.

Tras estos comentarios se procede a la elaboración de un presupuesto de los costes de construcción.

- Construcción del Molde: la construcción del molde es el más costoso. Sus precios rondan los 90 000 Euros, aunque si fabricamos una serie de 10 barcos, nos costara un 10% del total, es decir 9000 Euros.
- Materiales de Construcción: los materiales serán de resinas y fibras de vidrio un 90 % del total. En este apartado para este tipo de barcos, nos costaría unos 24 000 Euros.
- Equipos: los equipos de gobierno, equipos de emergencia, equipos de armamentos, ... para este tipo de proyecto rondan los 35 000 Euros.
- Motor: El motor que hemos seleccionad o para este velero es un Volvo Penta de 75 HP. Estos rondan sobre los 15 000 Euros.
- Habilitación: todo el interior del velero desde el mamparo pique de proa hasta el mamparo pique de popa, disponemos de una gran cantidad de elementos de habilitación. La suma de todos ellos suelen salir unos 30 000 Euros
- Mano de Obra: la mano de obra por hora es de 30 Euros/Hora. Nosotros calculamos unas 1000 horas de trabajo de construcción

CAPUTILO XVII

BIBLIOGRAFÍA

13. Bibliografía

Los documentos, libros y consultas que he utilizado para diseñar y proyectar este velero son:

- Libro: Principal Yacht Desing
- Notas y apuntes de las asignaturas de Teoría del Buque y Embarcaciones deportivas.
- Páginas Web, para consultar los barcos similares que se aproximen al velero Hill 14
- Libros de Teoría de Buque, Cálculo de Estructura, etc.

ANEXO A

Relación de Barcos

Nombre de Barcos	Diseñador	Loa	Lwl	B	Tt	Δ (Libras)	Lastre	SA	Loa/Lwl	Loa/B	B/Tc	Δ/Lwl	SA/Δ	M. de I.	F.C.	R.V.	P.B.	A.B.	Per/B	Vcasco	Vm/Vh
950 Power Sailer	Tanton	14,8	13	5	0	38570	0	104	1,14	2,98	0	221	15,74	28066667,83	32,6	1,87	3,6	0,10778	5,1	8,76	1,04
Alden 43-45	Alden	13,1	10,5	3,8	2,3	23000	10000	85	1,25	3,45	1,69	250	18,17	1139265,62	33,2	1,7	3,8	0,06911	6,15	7,87	1,1
Alden 44	Alden	13,4	10,4	3,7	1,5	24500	10000	82	1,29	3,64	2,47	276	16,85	1271971,26	36,9	1,61	4,3	0,05315	6,98	7,82	1,07
Alden 45	Alden	13,4	10,5	3,8	2,3	23000	10000	85	1,28	3,52	1,69	250	18,17	1139265,62	32,9	1,7	3,8	0,06911	6,15	7,87	1,1
Alden 46/50 Mk II	Alden	14,5	11,3	4,1	1,6	32000	13000	95	1,29	3,53	2,55	280	16,29	2026530,8	38,4	1,65	4,4	0,05817	6,78	8,16	1,05
Alden 48	Alden	14,9	11,3	4,1	2,3	32000	13000	95	1,32	3,61	1,8	280	16,29	2026530,8	38	1,65	4,4	0,05817	6,78	8,16	1,05
Baltic 43	Judel/Vrolijk	13,2	10,9	4,2	2,5	19754	8488	89	1,21	3,14	1,68	192	20,99	873763,81	24,3	1,98	3,8	0,14303	4,34	8,02	1,16
Baltic 47	Judel	14,5	12	4,4	2,7	24692	10141	114	1,21	3,31	1,66	179	23,24	128941406,3	26,1	1,91	3,1	0,12825	4,61	8,42	1,2
Bellatrix		13,5	9,9	3,7	2,2	28500	12700	82	1,36	3,66	1,66	371	15,27	1655850,34	44,2	1,53	5	0,03892	8,15	7,64	1,04
Beneteau Firt 42s7	Farr	13	10,9	4,1	2,3	18220	6283	72	1,19	3,15	1,78	177	17,88	758871,09	23,3	1,99	2,7	0,14989	4,22	8,02	1,1
Beneteau Firt 45f5	Farr	14,2	11,1	4,1	2,3	21500	8500	88	1,28	3,44	1,78	199	19,73	1012848,11	26,3	1,88	3,1	0,11419	4,84	8,08	1,14
Beneteau Firt 47.7	Farr	14,5	12,6	4,5	2,3	25353	8377	97	1,15	3,22	1,92	160	19,47	1350202,3	25	1,95	3	0,14426	4,36	8,62	1,13
Beneteau Oceanis	Farr/Briant	13,6	11,2	4,3	1,8	20944	6835	77	1,21	3,19	2,41	188	17,59	967605,42	24,6	1,97	2,9	0,14119	4,38	8,13	1,09
Beneteau Oceanis	Farr	14	11,9	4,2	1,8	20944	7496	84	1,17	3,3	2,4	156	19,17	967605,42	23,6	1,95	2,8	0,14548	4,31	8,38	1,13
Bennett 46	Bennett	13,9	11,4	4,2	2,4	21700	9000	88	1,22	3,27	1,74	185	19,51	1029336,62	25,3	1,93	3	0,13081	4,54	8,19	1,13
Bennett 46 mark II	Mark	14,3	11,9	4,2	2,3	23400	0	88	1,2	3,43	1,83	173	18,55	1174043,27	26,7	1,85	3,2	0,11298	4,88	8,39	1,11
Bennet 48 aft cock	s&s	14,7	11,8	4,3	2	32000	12000	130	1,24	3,44	2,15	245	22,36	2026530,8	35,4	1,71	4,1	0,07108	6,17	8,35	1,17
Bennet 48 Midship	s&s	14,6	11,9	4,4	1,9	34000	12000	0	1,23	3,36	2,31	256	0	2252531,53	36,5	1,71	4,1	0,07036	6,22	8,37	0
Bowman 46	Bowman	13,9	9,7	3,9	2,1	23500	9400	76	1,43	3,54	1,84	323	15,96	1182807,31	33,4	1,74	3,9	0,07049	6,12	7,57	1,06
Brewer 44	Brewer	13,4	10,7	4,1	1,4	29000	12000	81	1,26	3,26	3	302	14,76	1706843,71	37,1	1,7	4,1	0,06515	6,41	7,93	1,02
Bristol 45.5	Brewer	13,8	11,4	4,1	0	34660	13170	105	1,21	3,41	0	298	17	2329338,76	43	1,58	4,8	0,04772	7,47	8,18	1,07
Cal 2-46	Lapworth	13,9	11,4	3,8	1,5	30000	8000	69	1,21	3,64	2,5	254	12,38	1810802,62	40,2	1,56	4,6	0,04726	7,44	8,21	0,96
Cal 48		14,6	10,7	3,7	2	25000	9500	97	1,37	3,98	1,85	260	19,54	1317586,15	36,3	1,59	4,4	0,05081	7,13	7,93	1,13
Caliber 40	McCreary	13	12	3,9	1,5	21600	9500	69	1,08	3,35	2,54	156	15,3	1021078,16	28	1,76	3,3	0,09453	5,27	8,42	1,04
Caliber 47	McCreary	14,3	11	4	1,6	29000	12000	84	1,3	3,55	2,49	275	15,32	1706843,71	36,7	1,66	4,2	0,06102	6,6	8,05	1,04
Cambria 44-46	Walters	14	11,3	4,1	1,8	29400	12300	88	1,23	3,43	2,27	255	15,9	1748112,55	36	1,68	4,1	0,06549	6,38	8,17	1,05
Carija 48		14,6	11,2	4,2	2,2	32000	15500	102	1,31	3,5	1,9	289	17,58	2026530,8	37,8	1,67	4,3	0,06128	6,62	8,12	1,08
Catalina 470	Catalina Desi	14,2	12,8	4,3	2,4	27000	8000	94	1,11	3,32	1,79	163	18,03	1506850,1	28,6	1,81	3,4	0,10347	5,11	8,68	1,1
Centurion 48s	Dubois	14,6	12,5	4,5	2,5	35840	11870	110	1,17	3,24	1,8	232	17,5	2469388,61	35,5	1,74	4	0,07811	5,93	8,58	1,08
Cheoy Lee Pedrick	Pedric 47	14,3	11,4	4,2	1,9	36000	16000	97	1,25	3,43	2,21	305	15,33	2488646,48	42,2	1,61	4,7	0,5099	7,26	8,21	1,03
Colombia 43 MK II	Tripp	13,2	10	3,7	2,1	22000	10300	79	1,32	3,52	1,78	278	17,45	1054282,03	33,4	1,7	3,9	0,06622	6,27	7,76	1,09
Concordia 46	Judel	14,5	12,3	4,3	2	21275	9000	113	1,18	3,35	2,18	144	25,42	994434,48	22,6	1,98	2,7	0,16023	10,6	8,52	1,24
Contest 43	Zaal	13	11,1	4	1,8	28380	12716	70	1,17	3,23	2,28	265	13	1643710,23	37	1,67	4,1	0,06372	6,46	8,07	0,98
Contest 44	Zaal	13,4	11,6	4	2	28437	12740	107	1,15	3,33	2,06	228	19,8	1649472,03	35,4	1,67	4	0,06682	6,31	8,28	1,13
Contest 48	Zaal	14,8	12,4	4	1,6	40366	14400	114	1,19	3,7	2,57	269	16,81	3038526,69	47,2	1,48	5,4	0,03731	8,43	8,54	1,06

Nombre de Barcos	Diseñador	Loa	Lwl	B	Tt	Δ (Libras	Lastre	SA	Loa/Lwl	Loa/B	B/Tc	Δ/Lwl	SA/Δ	M. de l.	F.C.	R.V.	P.B.	A.B.	Per/B	Vcasco	Vm/Vh
Creekmore		14,2	10,5	3,9	1,7	30000	11000	98	1,35	3,66	2,31	326	17,47	1810802,62	41,2	1,58	4,7	0,04656	7,51	7,87	1,08
CSY 44	Hamlin	13,4	11,1	4,1	2	33000	12000	84	1,21	3,31	2,05	308	14,15	2138257,27	42,1	1,6	4,7	0,05059	7,26	8,07	1
Dufour 43CC	Mortain & Ma	13	10,8	4,3	1,9	18750	5280	73	1,21	3,03	2,24	190	17,77	797785	22,8	2,05	2,6	0,16933	4	7,96	1,1
Dufour 45	Poncin	14	11,4	4,3	2,3	24250	8818	107	1,23	3,26	1,83	207	22,07	1249421,36	27,7	1,89	3,2	0,11455	4,86	8,19	1,18
Eclipse 43	Dixon	13	11	4,3	1,5	23000	8750	73	1,18	3,04	2,92	218	15,69	1139265,62	27,8	1,9	3,2	0,11763	4,79	8,05	1,05
Endeavour 45	Endeavour	14	11,3	4	1,5	26800	11300	80	1,23	3,47	2,64	232	15,53	1487437,5	33,5	1,71	3,9	0,07216	6,07	8,17	1,04
Ericson 43	King	13,3	11	4,1	2,1	22000	10000	81	1,2	3,22	1,93	207	17,84	1054282,03	27,7	1,86	3,2	0,1091	4,95	8,06	1,1
Fcs 45	Fox	13,8	12,4	4,2	2,1	24403	8600	105	1,11	3,26	1,99	162	21,63	1263201,47	26,9	1,85	3,2	0,116	4,82	8,55	1,17
Feeling 486	Harle/Mortai	14,5	10,8	4,5	2,1	22046	5732	89	1,35	3,23	2,16	224	19,63	1058129,5	24,4	2,03	2,9	0,15249	4,24	7,98	1,13
Finn Gulf 44	Sodergren	13,3	11,2	3,7	2,2	22660	9039	104	1,19	3,64	1,67	203	22,51	1110056,09	32,9	1,64	3,9	0,06341	6,38	8,13	1,19
Firefly	Paine	13,8	12,1	4,1	2,4	20500	0	93	1,14	3,41	1,66	147	21,44	932116,9	24,2	1,88	2,9	0,12662	4,59	8,43	1,17
First 45F5	Farr	14,1	11,1	4,3	1,5	21500	8500	88	1,27	3,31	2,8	199	19,76	1012848,11	25,1	1,95	3	0,13341	4,5	8,08	1,14
Freedom 45 AFT	Mull	13,5	10,5	4,1	2	22992	9500	92	1,29	3,29	2,08	252	19,67	1138574,62	29,7	1,84	3,4	0,096	5,28	7,86	1,13
Gale force 40	Kaiser	13,1	12,5	4,3	1,4	34600	8000	84	1,05	3,06	3,11	226	13,62	2322310,91	38,3	1,66	4,2	0,06538	6,43	8,57	0,99
Gibsea 472	Joubert	14,2	12	4,3	2	26000	8900	112	1,18	3,33	2,12	190	22,09	1410864,04	28,8	1,83	3,4	0,10367	5,11	8,41	1,17
Gozzard 44		13,4	11,4	4,3	1,6	30500	11700	107	1,18	3,14	2,64	263	18,96	1863762,49	35,7	1,73	4	0,0742	6,04	8,18	1,11
Grenada 44	Holtrop	13,4	11,1	4,9	1,5	21460	6000	70	1,21	2,75	3,2	200	15,6	1009564,04	21,4	2,23	2,4	0,23547	3,45	8,07	1,05
Gulfstar 37	Lazarra	13,4	12,5	3,7	1,7	22000	8000	62	1,16	3,14	2,46	266	13,61	854263,81	33,6	1,7	3,8	0,06661	6,21	7,58	1,01
Gulfstar 41	Lazarra	13	10,1	3,6	1,5	23000	8000	64	1,07	3,67	2,14	143	13,69	1054282,03	29,6	1,66	3,6	0,07438	5,89	8,58	1,01
Hallberg-Rassy 42	Frers	13,2	10,3	3,9	2	27940	10340	89	1,18	3,36	1,95	320	16,7	1599523,01	39	1,65	4,4	0,0554	6,9	7,8	1,07
Hallberg-Rassy 46	Frers	14,8	11,9	4,4	1,9	35840	14336	100	1,24	3,39	2,34	268	15,9	2469388,61	38,2	1,68	4,3	0,06435	6,5	8,38	1,04
Hallberg-Rassy 49	Rassy/Ender	14,9	12,5	4,4	2,2	39700	17900	111	1,2	3,38	2,01	257	16,43	2951632,55	40,2	1,65	4,5	0,0599	6,75	8,58	1,05
Hampton 43		13	10,9	3,7	1,5	34810	10043	106	1,19	3,51	2,42	344	17,2	2346947,98	51,6	1,43	5,7	0,03008	9,27	8	1,07
Hinckley 42	Mccurdy	13	9,5	3,8	2,1	24000	8500	76	1,37	3,42	1,79	353	15,79	1227043,76	37	1,68	4,2	0,05803	6,71	7,48	1,05
Holland 43	Holland	13	10,3	4	2	23780	9390	80	1,26	3,28	1,94	272	16,71	1207494,37	33	1,75	3,8	0,07586	5,91	7,8	1,07
Hunter 42	Huter Design	13	11,6	4,3	1,5	24000	7600	93	1,12	3,04	2,86	195	19,38	1227043,76	28,1	1,88	3,2	0,11497	4,85	8,26	1,13
Hunter 430	Huter Design	13	11,6	4,3	1,5	23800	7600	90	1,12	3,04	2,86	194	18,83	1209266,05	27,8	1,88	3,2	0,11666	4,81	8,26	1,12
Hunter 45	Huter Design	13,7	10,9	4,1	2,5	21200	0	93	1,26	3,38	1,6	210	20,97	988328,66	27,2	1,86	3,2	0,10735	4,98	8	1,16
Hunter 450	Huter Design	13,5	11,8	4,3	1,7	26000	9500	84	1,14	3,16	2,55	200	16,62	1410864,04	29,6	1,83	3,4	0,10183	5,15	8,34	1,07
Hunter 460	Huter Design	13,5	11,8	4,3	1,7	27000	9500	85	1,14	3,16	2,55	208	16,39	1506850,1	30,8	1,81	3,5	0,09534	5,32	8,34	1,06
Hunter Passge 450	Hunter Marine	13,5	11,8	4,3	1,7	26000	9500	84	1,14	3,16	2,55	200	16,62	1410864,04	29,6	1,83	3,4	0,10183	5,15	8,34	1,07
Hylas 44	Frers	13,4	10,6	4,1	1,8	22320	11020	80	1,26	3,29	2,23	234	17,51	1081170,82	28,9	1,84	3,3	0,09935	5,18	7,92	1,09
Hylas 46	Frers	14,1	12,2	4,2	1,8	27777	12346	120	1,16	3,37	2,28	194	22,54	1583284,2	31,4	1,75	3,7	0,08549	5,61	7,47	1,18
Hylas 49	s&s	14,9	11,6	4,4	1,8	32000	14500	98	1,29	3,42	2,38	262	16,75	2026530,8	34,7	1,74	4	0,076	5,98	8,25	1,06
Ims 45	c&c	13,8	11,9	4,2	2,6	18750	9800	117	1,16	3,28	1,62	141	28,65	797785	21,5	2,01	2,6	0,17065	3,97	8,37	1,29

Nombre de Barcos	Diseñador	Loa	Lwl	B	Tt	Δ (Libras)	Lastre	SA	Loa/Lwl	Loa/B	B/Tc	Δ/Lwl	SA/Δ	M. de I.	F.C.	R.V.	P.B.	A.B.	Per/B	Vcasco	Vm/Vh
J 46	Johnstone	14	12,3	4,2	1,9	24400	9350	95	1,14	3,36	2,25	164	19,5	1262930,65	27,4	1,83	3,2	0,10851	4,98	8,53	1,13
J/145	Johnstone	14,1	14	4	2	19000	0	120	1,01	3,56	2	88	29,21	816428,07	21	1,89	2,7	0,15191	4,17	9,08	1,3
J-130		13,1	11,6	3,9	2,6	15000	7200	88	1,12	3,33	1,52	120	25,06	540598,46	19,4	2,02	2,4	0,1847	3,78	8,28	1,24
J-44	Johnstone	13,5	11,8	4,1	2,4	21800	9000	97	1,15	3,26	1,7	169	21,53	1037623,43	25,8	1,88	3	0,12199	4,69	8,33	1,17
Jeanneau 44		13,4	10,6	4,2	2,1	22050	9130	72	1,26	3,15	1,99	234	15,79	1058464,35	27,3	1,92	3,1	0,11837	4,77	7,9	1,05
Jeanneau 45.2	Jeanneau De	13,8	11,7	4,5	1,6	20570	7110	73	1,18	3,07	2,83	162	16,88	937674,82	21,9	2,08	2,6	0,18719	3,82	8,3	1,08
Jeanneau 47 cc	Briand	14,4	11,7	4,5	1,6	27560	11192	90	1,23	3,23	2,81	217	16,99	1561775,46	29,2	1,87	3,4	0,10917	5	8,3	1,07
Jeanneau Odysse	Briand	14,4	11,7	4,5	2,1	26455	9634	89	1,23	3,23	2,12	209	17,42	1454203,52	28	1,9	3,3	0,11724	4,83	8,3	1,08
Jeanneau sun Kiss	Briand	13,2	11,3	4,4	2,2	25352	9039	86	1,17	3,01	1,96	219	17,14	1350109,43	28,6	1,9	3,2	0,11669	4,83	8,18	1,08
Jeanneau sun kiss	Briand	13,9	11,7	4,4	2,2	25852	9039	86	1,19	3,17	1,96	204	16,92	1396887,53	28,1	1,89	3,2	0,11626	4,84	8,3	1,07
Jeanneau sun Ody	Andrieu	13,2	11,4	4,1	2	20503	6515	87	1,16	3,21	2,08	175	20,07	932354,8	25,3	1,91	3	0,12745	4,58	8,19	1,14
Jonmeri	Nyman	14,6	12,2	4,4	1,8	36400	15700	104	1,19	3,3	2,46	252	16,4	2537070,06	37,7	1,69	4,2	0,06815	6,33	8,49	1,05
K-43	Kettenburg	13,1	8,8	3,4	1,9	19000	7750	73	1,48	3,91	1,8	348	17,84	816428,07	36,3	1,6	4,3	0,04652	7,33	7,22	1,1
Kanter 47	Empacher	14,4	11,6	4,3	2	39800	15900	97	1,24	3,37	2,15	319	14,4	2964611,06	44,8	1,59	5	0,04783	7,52	8,28	1,01
Lafitte 44	Perry	13,5	10,8	3,9	1,9	28000	11310	86	1,25	3,49	2,02	383	16,15	1605518,28	38,5	1,62	4,4	0,05388	6,98	7,97	1,06
Lager 45	Ladd	13,8	11,5	4,1	2,6	18900	7560	95	1,2	3,38	1,58	156	23,09	808948,8	23	1,95	2,8	0,14381	4,31	8,24	1,2
Legend 43	Hunter Design	13	10,1	4,3	1,5	23000	7600	79	1,28	3,04	2,86	278	16,78	1139265,62	29,3	1,9	3,3	0,10851	4,99	7,73	1,07
Legend 430	Luhrs/Hunter	13	11,6	4,3	1,2	23800	7600	78	1,12	3,04	3,41	194	16,27	1209266,05	27,8	1,88	3,2	0,11666	4,81	8,26	1,06
Little Harbor 42	Hood	13	9,5	3,8	2,1	24000	8500	76	1,37	3,42	1,79	353	15,79	1227043,76	37	1,68	4,2	0,05803	6,71	7,48	1,05
Malo 42	Ohlsen	13,1	10,4	4	1,9	25132	12125	87	1,26	3,29	2,11	283	17,54	1329742,73	34,3	1,73	3,9	0,07161	6,09	7,82	1,09
Mason 43	Mason	13,4	9,5	3,7	1,9	23960	8400	84	1,4	3,57	1,95	349	17,38	1223479,37	37,3	1,65	4,3	0,05445	6,91	7,5	1,09
Mason 44	Mason	13,4	9,7	3,7	1,8	27400	9400	84	1,38	3,57	2,05	377	15,89	1545996,93	42,2	1,58	4,8	0,04392	7,7	7,57	1,05
Mercer 44	Tripp	13,4	9,1	3,6	1,3	27000	8600	84	1,47	3,73	2,81	446	16,1	1506850,1	45,6	1,52	5,2	0,0354	8,51	7,34	1,06
Merry Dream	Bombicher	13,2	11,5	4	1,8	24200	11000	117	1,15	3,28	2,24	202	24,19	1244932,04	30,6	1,77	3,5	0,08737	5,52	8,23	1,21
Moody 44	Dixon	13,1	11	4,1	2	23000	8900	76	1,19	3,16	2,09	220	16,17	1139265,62	28,9	1,85	3,3	0,10363	5,09	8,04	1,06
Moody46	Dixon	14,1	12	4,4	2,1	29762	10362	88	1,18	3,21	2,12	219	15,81	1785822,83	31,9	1,8	3,6	0,09213	5,44	8,4	1,05
Moorings 463	Farr	13,7	11,9	4,1	1,7	21000	0	84	1,16	3,34	2,37	158	19,01	972124,97	24,8	1,89	3	0,12747	4,58	8,37	1,12
Moorings 505	Farr	14,9	13,5	4,5	1,7	28000	8600	98	1,11	3,31	2,6	145	18,47	1605518,28	26,2	1,89	3,1	0,12952	4,6	8,91	1,1
Morgan 44	Catalina/Morga	13,4	10,8	4,1	1,5	23500	8200	74	1,25	3,26	2,7	239	15,64	1182807,31	29,9	1,82	3,4	0,09482	5,31	7,96	1,05
Morgan 45	Nelson/Marek	13,7	11,1	4,1	2,3	24000	9000	83	1,24	3,36	1,81	222	17,26	1227043,76	30	1,8	3,5	0,0913	5,41	8,08	1,08
Morgan 45R	Nelson/Marek	13,5	11,2	4,1	2,5	21000	9000	87	1,21	3,34	1,6	188	19,73	972124,97	26,5	1,87	3,1	0,11282	4,86	8,13	1,14
Morgan 45R M	Nelson/Marek	13,7	11,2	4,1	2,4	21000	9000	87	1,22	3,36	1,7	188	19,73	972124,97	26,1	1,88	3,1	0,1165	4,79	8,13	1,14
Morgan 46	Morgan	14,2	12	4,1	2	33000	9000	88	1,18	3,44	2,08	243	14,76	2138257,27	38,4	1,63	4,4	0,0584	6,77	8,4	1,02
Morris 44	Paine	13,6	10,8	4	1,7	23500	8400	82	1,25	3,42	2,36	234	17,21	1182807,31	31,2	1,76	3,6	0,0811	5,71	7,98	1,08
Morris 46	Paine	14	10,8	4	1,7	23500	8630	82	1,29	3,53	2,36	234	17,21	1182807,31	30,9	1,76	3,6	0,0811	5,71	7,98	1,08

Nombre de Barcos	Diseñador	Loa	Lwl	B	Tt	Δ (Libras)	Lastre	SA	Loa/Lwl	Loa/B	B/Tc	Δ/Lwl	SA/Δ	M. de l.	F.C.	R.V.	P.B.	A.B.	Per/B	Vcasco	Vm/Vh
N/M 46 Perf Cruise	Marek	14,2	12,3	4,1	2,8	19750	11000	107	1,15	3,42	1,49	135	25,35	873455,27	22,4	1,95	2,7	0,15131	4,21	8,51	1,24
Najad 420	Karlsson	13	10,5	3,8	1,9	28600	10560	87	1,24	3,4	1,98	316	16,08	1665996,21	41,6	1,58	4,6	0,04698	7,46	7,85	1,05
Nauticat 43		13	9,8	4,2	1,9	33100	0	101	1,33	3,09	2,23	451	17,02	2149570,37	44,1	1,66	4,7	0,05197	7,2	7,58	1,07
Nelson/Marek 46	Nelson/Marek	14,2	11,9	4,1	2,8	18500	11000	109	1,19	3,48	1,46	137	26,93	779325,96	21,8	1,96	2,7	0,1548	4,15	8,39	1,27
Nicholson 476	Nicholson	14,4	11,8	4,2	1,8	29500	0	90	1,23	3,46	2,36	229	16,31	1758495,43	33,9	1,72	3,9	0,07428	6,01	8,33	1,06
Nordia 43	Van Dam	13,1	11,1	4	1,9	22046	9259	92	1,18	3,28	2,11	204	20,23	1058129,5	28,9	1,81	3,4	0,9607	5,25	8,08	1,14
Nordic 44	Ferry	13,4	10,8	3,9	2,1	23500	9350	86	1,24	3,4	1,84	236	18,07	1182807,31	31,8	1,74	3,7	0,07823	5,81	7,97	1,1
Nordic 46 Rs	Ferry	14	11,6	3,9	2,1	25000	9340	86	1,21	3,56	1,84	203	17,34	1317586,15	31,8	1,71	3,7	0,07538	5,92	8,26	1,08
One Design 48	Reichel/Pugh	14,8	12,5	4,3	3,1	17967	11000	137	1,18	3,41	1,41	117	34,56	740588,62	18,8	2,1	2,3	0,21782	3,53	8,57	1,38
Oyster 42	Holman	13	10,3	3,9	1,8	26543	8074	73	1,27	3,34	2,13	307	14,17	1462650,15	37,7	1,66	4,2	0,05841	6,71	7,79	1,01
Oyster 435	Holamn&Pye	13,3	11,2	4,2	1,8	27500	8760	80	1,18	3,18	2,28	244	15,16	1555850,5	33,5	1,76	3,8	0,08026	5,79	8,14	1,03
Oyster45	Holman	14	11,6	4,3	2	35000	11590	82	1,21	3,28	2,15	285	13,3	2369334,16	39,9	1,66	4,4	0,05954	6,74	8,26	0,98
Oyster 45 (1998)	Holamn	13,5	11,6	4,3	2	29982	11590	83	1,17	3,16	2,15	244	14,75	1808908,22	34,6	1,74	3,9	0,07799	5,89	8,26	1,02
Oyster 485	Holman	14,8	11,9	4,3	2,2	41000	13070	93	1,24	3,46	1,94	306	13,49	3122242,95	45	1,57	5	0,04649	7,62	8,38	0,98
Oyster 49 ph	Holman & Pye	14,9	12,5	4,3	2,1	42000	0	107	1,2	3,5	2	272	15,37	3256255,01	44,5	1,56	5	0,04674	7,6	8,58	1,03
Passage 42	Hunter Design	13	11,6	4,3	1,5	24000	7600	93	1,12	3,04	2,86	195	19,38	1227043,76	28,1	1,88	3,2	0,11497	4,85	8,26	1,13
Passage 450	Hunter Design	13,5	11,8	4,3	1,7	26000	9500	91	1,14	3,16	2,55	200	17,96	1410864,04	29,6	1,83	3,4	0,1083	5,15	8,34	1,1
Royal Passport 44	Perry	13,7	11,1	4,3	1,5	25611	9600	87	1,24	3,22	2,8	235	17,23	1374255,63	30,1	1,84	3,5	0,0986	5,24	8,1	1,08
Sabre 452	Taylor	13,8	11,7	4,3	2,3	26800	10500	96	1,18	3,21	1,83	211	18,51	1487437,5	30,2	1,82	3,5	0,0988	5,24	8,3	1,11
Saga 43	Perry	13,1	11,9	3,7	2	20000	8500	77	1,1	3,58	1,85	151	18,09	892828,32	28,1	1,71	3,4	0,08355	5,56	8,37	1,11
Sceptre 43	Driehuyzen	13,1	11	3,9	1,9	21500	8500	72	1,19	3,39	2,08	206	19,08	1012848,11	29,5	1,77	3,5	0,08686	5,5	8,04	1,06
Sequin 44	S&S	14	10,2	3,9	2,4	27400	10500	89	1,37	3,59	1,64	325	16,93	1545996,93	38,1	1,64	4,4	0,05477	6,93	7,76	1,07
Shannon 43	Schulz	13,4	11,2	4	2	27000	9720	88	1,2	3,38	2	246	16,96	1506850,1	35,3	1,68	4	0,06563	6,35	8,11	1,07
Sou'weter 43	Rhodes-Hinckl	13,4	9,7	3,8	1,5	24000	8500	76	1,38	3,51	2,5	330	15,79	12227043,76	36,2	1,68	4,1	0,05933	6,64	7,57	1,05
Spencer 46	Brandlmayr	14	11,2	4	2,1	25000	10000	51	1,25	3,54	1,86	226	10,35	1317586,15	32,1	1,72	3,8	0,07526	5,93	8,12	0,91
Spirit 46	Macmillan	14	10,3	2,5	2	7000	0	67	1,36	5,54	1,28	80	31,54	143094,4	17,2	1,68	2,5	0,0883	4,99	7,8	1,37
Stevens 47	Stevens	14,3	11,5	4,4	1,8	32000	14500	98	1,24	3,27	2,38	265	16,75	2026530,8	35,3	1,74	4	0,0758	5,99	8,24	1,06
Sun Odyssey 44	Jeanneau De	13,3	10,6	4,2	2,1	22050	9130	72	1,26	3,14	1,99	236	15,79	1058464,35	27,4	1,92	3,1	0,11803	4,78	7,89	1,05
Sun Odyssey 45.2	Jeanneau De	14,1	11,7	4,5	2	21208	8102	91	1,21	3,16	2,23	197	20,48	988979,18	22,4	2,06	2,7	0,17748	3,93	8,3	1,15
Sunbeam 44	Schoechl	13,2	12,9	3,7	0	20900	8380	105	1,03	3,55	0	124	23,82	964066,01	27,1	1,71	3,3	0,08994	5,37	8,7	1,21
Swan 43	Holland	13,1	10,4	4	2,5	23400	9000	83	1,26	3,27	1,62	263	17,49	1174043,27	32	1,77	3,6	0,08111	5,72	7,82	1,09
Swan 44	Frers	13,1	10,6	4,1	2,5	24500	7700	83	1,24	3,17	1,66	262	16,95	1271971,26	31,5	1,81	3,6	0,08946	5,47	7,89	1,08
Swan 44 Mk II	Frers	13,7	10,6	4,2	2,2	27300	8400	83	1,3	3,29	1,9	292	15,77	1536170,26	34,2	1,76	3,9	0,07644	5,93	7,89	1,05
Swan 46 Mk II	Frers	14,4	11,6	4,4	2,7	31300	11400	94	1,24	3,25	1,63	257	16,39	1949848,86	33,8	1,78	3,8	0,08381	5,71	8,25	1,06
Swan 48	Frers	14,8	12,5	4,3	2,4	30900	12100	106	1,18	3,44	1,81	200	18,63	1906598,45	32,6	1,74	3,8	0,08229	5,74	8,58	1,1

Nombre de Barcos	Diseñador	Loa	Lwl	B	Tt	Δ (Libras)	Lastre	SA	Loa/Lwl	Loa/B	B/Tc	Δ/Lwl	SA/Δ	M. de I.	F.C.	R.V.	P.B.	A.B.	Per/B	Vcasco	Vm/Vh
Sweden Yachts45	Norlin/Ostman	13,8	11,9	4,2	2,3	26500	10900	128	1,16	3,31	1,83	199	24,89	1458520,21	30,7	1,78	3,6	0,09048	5,45	8,37	1,22
Sydney 46 CR/GP	Murray	14,2	12,3	4,1	2,8	19750	0	105	1,16	3,48	1,46	135	24,84	873455,27	22,8	1,92	2,8	0,142	4,34	8,51	1,23
Tanton 42	Tanton	13	11,9	4	1,6	29617	9270	98	1,1	3,27	2,57	223	17,71	1770676,67	37,1	1,64	4,2	0,06151	6,57	8,37	1,09
Tanton 45	Tanton	13,4	12	4,2	1,2	25920	9270	85	1,12	3,21	3,34	189	16,73	1403301,8	30,1	1,79	3,5	0,09501	5,32	8,41	1,07
Tartan 46	Jackett	14,1	12,1	4,4	2,7	24000	8500	94	1,16	3,22	1,61	173	19,58	1227043,76	25,8	1,92	3	0,13116	4,55	8,43	1,13
Tartan 4600	Jackett	14,1	12,1	4,4	2,7	24000	8500	94	1,16	3,22	1,61	173	19,58	1227043,76	25,8	1,92	3	0,13116	4,55	8,43	1,13
Tawell 44 CC	Dixon	13,4	10,8	4,2	1,9	29000	9600	80	1,25	3,21	2,21	294	14,62	1706843,71	36,2	1,73	4	0,06998	6,2	7,96	1,02
Trintella 47	Holland	14,4	11,6	4,5	2	35840	11200	109	1,25	3,2	2,28	294	17,29	2469388,61	37,6	1,74	4,2	0,07222	6,16	8,25	1,07
Turner 45	Tripp	13,7	11,7	4,2	2,7	18500	8500	100	1,18	3,24	1,54	147	24,82	779325,96	21,3	2,03	2,6	0,17694	3,9	8,29	1,23
Vagabond		14,2	10,9	4,1	1,6	40000	12000	94	1,3	3,48	2,53	389	13,88	2990640,92	50	1,52	5,5	0,03684	8,51	8,02	0,99
Vagabond 47	Garden	14,2	11	4,1	1,7	40000	12000	111	1,29	3,48	2,44	383	16,49	2990640,92	49,8	1,52	5,5	0,03705	8,49	8,04	1,05
Westerly 43	Dubois	13,3	10,9	4,2	1,8	29762	12125	95	1,21	3,16	2,34	287	17,33	1785822,83	36,5	1,72	4,1	0,07018	6,19	8,03	1,07
Whisper	Tanton	14,4	11,9	4,1	1,7	31900	11600	98	1,21	3,56	2,33	240	16,93	2015499,05	37,9	1,62	4,4	0,05767	6,8	8,37	1,07
X-442 MK II	Jeppesen	13,5	11,2	4,1	2,3	21300	9480	96	1,21	3,28	1,8	194	21,59	996473,32	26,4	1,88	3,1	0,1167	4,79	8,11	1,17
X-482	Jeppesen	14,6	12,5	4,3	2,5	26455	11023	111	1,17	3,4	1,72	171	21,62	1454203,52	28	1,83	3,3	0,1079	5,01	8,58	1,16

ANEXO B

Relación de Barcos Habilitación

Nombre del Barco	Diseñador	Loa (mst)	Ratio Des/Loa	Signifiado	Ratio Des	Significado	Literas	Fuel(Litros)	Agua(litros)	Motor(Hp)	Agua/Literas
Nort Wind 43	Nort Win	13,1	0,1	Crucero-Regata	33,70%	Crucero ligero	6	400	600	51	100
Oceanic 440	Beneteau	13,16	0,07	Crucero-Regata	33,33%	Crucero ligero	9	200	510	60	56,7
Oceanic 44 cc	Beneteau	13,2	0,108	Crucero-Regata			6	360	660	80	110
HR 42	Hallberg Ras	13,22	0,143	Crucero-Regata	3,76%	Regata		420	685	76	
Hunter 430	Hunter	13,23	0,061	Crucero-Regata	36,64%	Crucero ligero		190	549	23	
North Wind 45	North Wind	13,3	0,071	Crucero-Regata	70,18%	Crucero pesado	8	600	800	59	100
Feeling 446	Feeling	13,3									
Norfolk 43	Sakia	13,42					6	23,76	31,68	35	5,3
Taswell 44	Ta Shing	13,42	0,121	Crucero-Regata	33,11%	Crucero ligero	4	450		75	
Hunter 450	Hunter	13,49	0,058	Crucero-Regata	57,57%	Crucero pesado	8	378	757	78	94,6
X 442 MKII	X-Yachts	13,5	0,049	Crucero-Regata	79,63%	Crucero pesado	8	180	300	51	37,5
Oyster 45	Oyster	13,51	0,129	Crucero-Regata	0,00%	Regata		450	636	59	
Feeling 486	Feeling	13,68	0,101	Crucero-Regata	26,00%	Regata	12	260	780	50	65
Frist 45 F5	Beneteau	13,7	0,05	Crucero-Regata	56,72%	Crucero pesado	8	160	650	48	81,3
Hunting 45	Hutting	13,7	0,076	Crucero-Regata	63,41%	Crucero pesado	5	640	750	75	150
Swan 44 MKII	Swan	13,75	0,118	Crucero-Regata	34,55%	Crucero ligero	6	250	380	50	63,3
Oceanic 461	Beneteau	13,76	0,071	Crucero-Regata			8	200	550		68,8
Bavaria 47	Bavaria	13,95	0,055	Crucero-Regata	60,81%	Crucero pesado	6	230	600	78	100
Sequin 44'S		13,957	0,442	Crucero-Regata	62,13%	Crucero pesado	8				
Gran Solell 46	Gran Solell	13,98	0,056	Crucero-Regata	55,41%	Crucero pesado	8	200	450	62	56,3
45 Clasis	Dufour	14	0,06	Crucero-Regata	57,14%	Crucero pesado	10	280	700	59	70
J-46	J-Boats	14,02	0,07	Crucero-Regata	40,87%	Crucero ligero		327	425	76	
Moody 46	Moody	14,06	0,099	Crucero-Regata	34,81%	Crucero ligero	7	413	772	78	110,3
Sun Odtset	Jeanneau	14,15	0,073	Crucero-Regata	39,52%	Crucero ligero	10	205	600	59	60
North wind 47	Nortch Wind	14,335									
X-482	X-Yachts	14,5	0,045	Crucero-Regata	71,43%	Crucero pesado	10	250	450	75	45
J 45	J-Boats	14,64	0,05	Crucero-Regata	43,95%	Crucero ligero					
Bavaria 47	Bavaria	14,65			32,17%	Crucero ligero				60	
48 Prestige	Dufour	14,7	0,088	Crucero-Regata	32,59%	Crucero ligero	10	280	625	80	62,5
HR 46	Hallberg Ras	14,71	0,13	Crucero-Regata	4,00%	Regata		600	1000	95	
Belliur 48	bellire	14,75	0,125	Crucero-Regata			6	3500	1000	450	166,7
Oyster 485	Oyster	14,78	0,146	Crucero-Regata				550	750	80	
Bavarian 46	Bavaria	14,8	0,081	Crucero-Regata	32,17%	Crucero ligero	8	230	600	59	75
Swan 48	Swan	14,83	0,091	Crucero-Regata	39,29%	Crucero ligero		300	450	60	
Oyster 49	Oyster	14,93	0,124	Crucero-Regata				910	955	80	
Bavaria 50	Bavaria	14,98	0,079	Crucero-Regata	33,08%	Crucero ligero	10	270	730	78	73
Beneteau 50	Bneteau	14,98	0,067	Crucero-Regata	30,18%	Crucero ligero	12	500	1000	80	83,3
50 classic	Dufour	14,99	0,087	Crucero-Regata	30,00%	Regata	12	500	700	60	58,3
Gran Solell 50	Gran Solell	14,99	0,056	Crucero-Regata	56,47%	Crucero pesado	8	300	500	62	62,5

ESTUDIO ESTADISTICO

Concepto	Valores Intermedios	Datos Diseño
Eslora total (Loa)	13,0 m - 14,9 m	14,00 m
Eslora en la flotación (Lwl)	8,80 m - 13,5 m	12,00 m
Manga máxima (B)	3,60 m - 4,90 m	4,20 m
Calado máximo (T)	1,20 m - 2,80 m	2,20 m
Calado en el casco (Tc)	0,51 m - 0,96 m	0,45 m
Desplazamiento rosca (Δr)	3175 Kg - 19000 Kg	10500 Kg
Lastre	2394 Kg - 8119 Kg	4200 Kg
S.V. ceñida (SA)	51 m ² - 137 m ²	98,630 m ²
Potencia (Hp)	23 Hp - 93 Hp	75 Hp
Capacidad de combustible	160 L - 910 L	300 L
Capacidad agua	300 L - 1000 L	500 L
Nº Pasajeros	4 Per - 12 Per	6 P
Superficie mojada (Sm)	32000 - 46000	43,562 m ²
Número de Froude (Fn)	0,35 - 0,40	0,357
Posición centro carena (LCB)	4,6 m - 6,2 m	5,270 m
Coefficiente prismático (Cp)	0,52 - 0,59	0,565
Desplazamiento de diseño (Δd)	12500	12500 Kg
Francobordo de proa (FBpr)	1,5	1,374 m
Vcasco (Nudos)	7,22 - 9,08	7,523 nudos
Relación (Loa/Lwl)	1,01 - 1,48	1,167
Relación (Loa/B)	2,75 - 5,54	3,350
Relación (Lwl/T)	13,00 - 27,00	19,000
Relación (Lwl/Tc)	5,10 - 6,20	5,450
Relación (Lwl/ Δ)	4,80 - 6,40	5,200
Relación (Fpr/Lwl)	0,123 - 0,132	0,128
Relación (Lastre/ Δr)	35,00 - 55,01	45,000
Relación (B/Tc)	1,28 - 3,41	9,333
Relación (Δ /Lwl)	80 - 451	201,603
Relación (SA/ Δ)	10,35 - 34,56	18,618
Relación M.I.	143094,4 - 128941406,3	1561556,341
Relación F.C.	17,2 - 51,6	18,200
Relación R.V.	1,43 - 2,23	1,560
Relación P.B.	2,30 - 5,70	3,500
Relación A.B.	0,03008 - 0,96070	0,600
Relación (PB/B)	3,45 - 10,6	4,500

Medidas

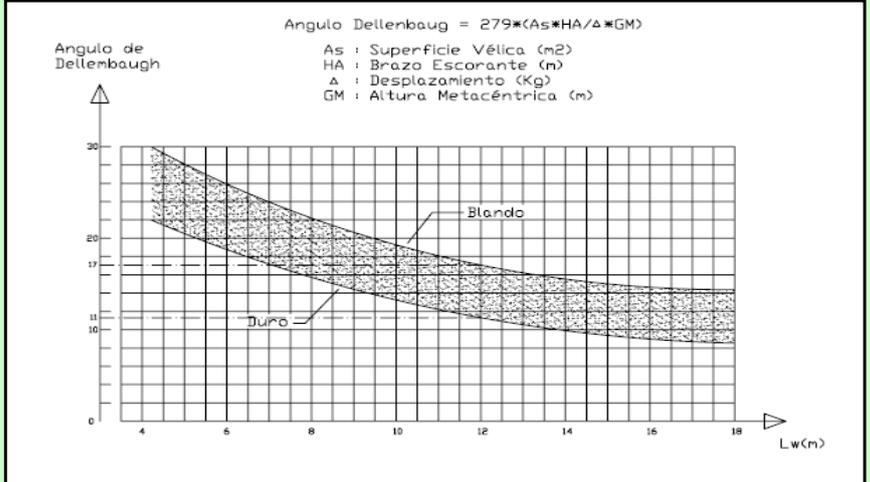
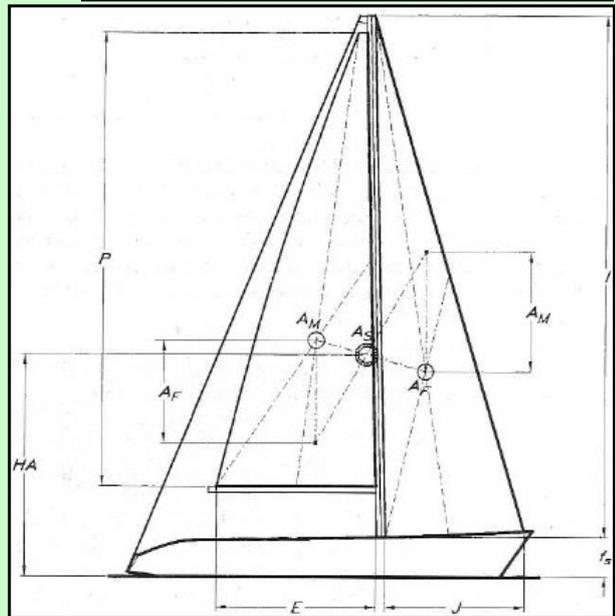
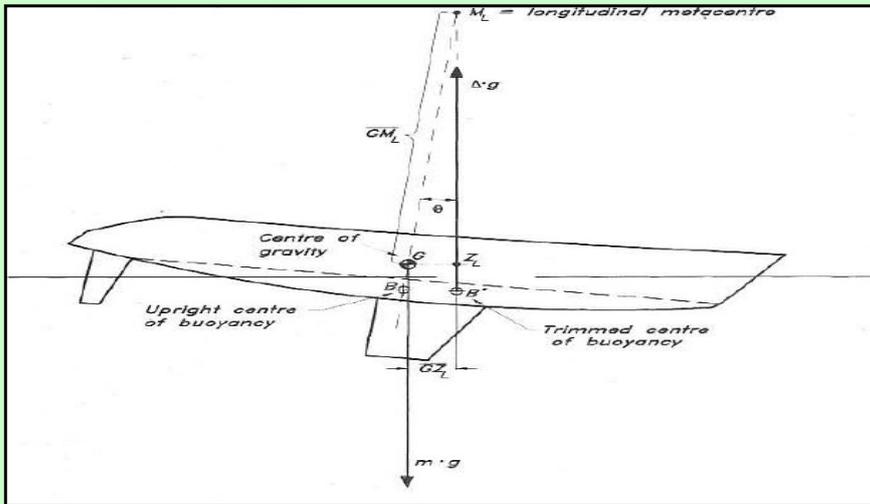
1 Libra=	0,45359237 Kg
1 milla=	1852,40 m
1 nudo=	0,5144444 m/s
1 pies=	12 pulgadas
1 pies=	0,3048 m
1 pulg=	2,54 cm

MAXSURF

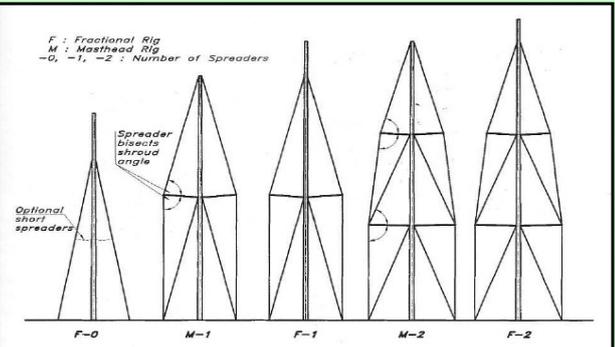
Desplazamiento	12387,08 kg
Volumen	12,085 m ³
Calado del Casco (Tc)	0,515 m
Calado Maximo (T)	2,215 m
Eslora flotación (Lwl)	12,105 m
Manga Flotación (Bwl)	3,851 m
WSA	43,562 m ²
Max. Area trans.	2,003 m ²
Área flotación	33,259 m ²
Cp	0,50
Cb	0,12
Cm	0,24
Cwp	0,71
LCB from zero pt	5,27 m
LCF from zero pt	5,06 m
KB	0,27 m
KG	1,20 m
BMt	2,54 m
BMI	21,91 m
GMT	1,61 m
GMI	20,97 m
KMt	2,81 m
KMI	22,17 m
Immersion (TPc)	0,341 tonne/cm
MTc	0,216 tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(347,6480 kg.m
Precision	Medium 50 stations

Modelos de Barcos	Loa	I	J	E	P
Oceania 461	13,760	15,044	4,770	4,449	13,760
Bavaria 47 Ocean J46	13,950	13,576	4,588	4,868	14,044
Sun Odssey 452	14,020	17,810	5,040	6,070	16,310
North Wind 47 J45	14,150	15,600	4,9	5,000	14,040
Bavaria 47	14,335	16,426	5,575	4,579	15,530
Bavaria 50	14,640	19,200	5490,000	6250,000	17,750
	14,650	13,576	4588,000	4868,000	16,571
	14,980	19,698	6,134	5,072	17,929

I = 16,90 Sv mayor(m^2) = 45,15
 J = 5,97 Sv proa(m^2) = 50,45
 E = 6,00 Svt(m^2) = 120,82
 P = 15,05 Agénova(150%) 75,67
 Aspnaiker(m^2) = 148,00



A. Dellenbaug = $279 \cdot (As \cdot HA) / (\Delta \cdot GM) = 12,38254788$
 As → Superficie Vélca = 120,82
 HA → Brazo Escorante = 8,6
 Δ → Desplazamiento = 12387,08
 GM → Altura Metacéntrica = 1,89



Cálculo de la Jarcia Firme

Tipo de Aparejo	Caso 1			Caso 2		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
M-2/F-2 (1)	0	0	T ₁	T _{bu}	Th ₁	Th _u
M-2/F-2 (2)	0	0	3592,11	3278,72	2390,64	0

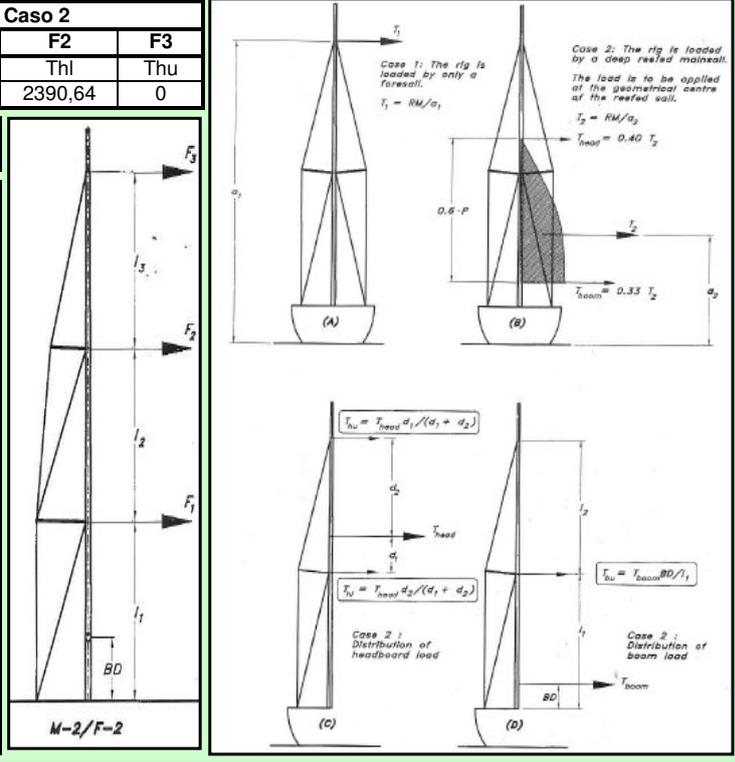
(1) Si $BD + 0,6 P > l_1 + l_2$ Tipo A. (2)
 (2) Si $BD + 0,6 P < l_1 + l_2$ Tipo A. (2)
 BD = 1,58 $l_1 + l_2 = 11,24$

$RM_{30^\circ} = \Delta \cdot GZ = 64945,43$ N·m $a_1 = l + fr = 18,08$
 $GZ_{30^\circ} = 0,54$ $a_2 = fr + 1,455 + 0,6P/3 = 5,65$
 $T_1 = RM/a_1 = 3592,11$ $l_1 = 5,62$
 $T_2 = RM/a_2 = 11504,95$ $l_2 = 5,62$
 $T_{bu}(N) = T_{boom} \cdot BD/l_1 = (0,33 \cdot T_2) \cdot BD/l_1 = 1067,38$ $l_3 = 5,60$
 $T_{th1} = T_{head} \cdot d_2 / (d_1 + d_2) = (0,4 \cdot T_2) \cdot d_2 / (d_1 + d_2) = 2211,34$ $d_1 = 6,40$
 $T_{th2} = T_{head} \cdot d_1 / (d_1 + d_2) = (0,4 \cdot T_2) \cdot d_1 / (d_1 + d_2) = 2390,64$ $d_2 = 5,92$
 $d_3 = 5,60$
 $fr = 1,18$

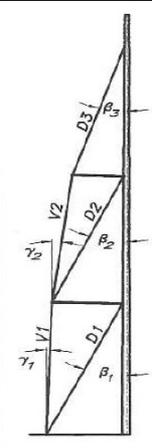
M-2/F-2 (2) Caso 1: F1 = 0 F2 = 0 F3 = T₁
 M-2/F-2 (2) Caso 2: F1 = T_{bu} + Th₁ F2 = Th_u F3 = 0

Shroud Tensión → Dimensión Load →

$D_3 = F_3 / \text{sen } \beta_3$ $P \cdot D_1 [N] = 2,5 \cdot D_1$
 $V_2 = F_3 / (\text{cos } \gamma_2 \cdot \text{tang } \beta_3)$ $P \cdot D_2 [N] = 2,3 \cdot D_2$
 $D_2 = (F_2 + C_2) / \text{sen } \beta_2$ $P \cdot D_3 [N] = 3 \cdot D_3$
 $C_2 = F_3 - V_2 \cdot \text{sen } \gamma_2$ $P \cdot V_1 = 3,2 \cdot V_1$
 $D_1 = (F_1 + C_1) / \text{sen } \beta_1$ $P \cdot V_2 = 3 \cdot V_2$
 $V_1 = (F_2 + C_2) / (\text{cos } \gamma_1 \cdot \text{tang } \beta_2) + V_2 (\text{cos } \gamma_1 / \text{cos } \gamma_2)$
 $C_1 = F_2 + C_2 + (V_2 \cdot \text{sen } \gamma_2) - (V_1 \cdot \text{sen } \gamma_1)$
 $\beta_1 = 18,00$ $\gamma_1 = 1,00$
 $\beta_2 = 19,00$ $\gamma_2 = 5,00$
 $\beta_3 = 15,00$



	Caso 1	Caso 2
F ₁	0,00	3278,72
F ₂	0,00	2390,64
F ₃	3592,11	0,00
D ₃	13878,87	0,00
V ₂	966,18	0,00
D ₂	10774,72	7342,97
C ₂	3507,91	0,00
V ₁	11158,98	6943,98
C ₁	3397,36	2269,45
D ₁	10994,10	10610,17
P D ₁	27485,25	26525,41
P D ₂	24781,86	16888,84
P D ₃	41636,60	0,00
P V ₁	35708,72	22220,72
P V ₂	2898,54	0,00



Shroud Tension (D#, V#)

$$D3 = F3 / \sin \beta_3$$

$$V2 = F3 / (\cos \gamma_2 \tan \beta_3)$$

$$C2 = F3 - V2 \sin \gamma_2$$

$$D2 = (F2 + C2) / \sin \beta_2$$

$$V1 = (F2 + C2) / (\cos \gamma_1 \tan \beta_2) + V2 \cos \gamma_1 / \cos \gamma_2$$

$$C1 = F2 + C2 + V2 \sin \gamma_2 - V1 \sin \gamma_1$$

$$D1 = (F1 + C1) / \sin \beta_1$$

F₁, F₂, F₃ see Fig 11.4

Dimensioning Load (P#)

F_{D1} = 2.8 · D1 [N] Single Lower Shrouds
 F_{D1} = 2.5 · D1 [N] Double Lower Shrouds
 F_{D2} = 2.3 · D2 [N]
 F_{D3} = 3.0 · D3 [N]
 F_{V1} = 3.2 · V1 [N]
 F_{V2} = 3.0 · V2 [N]

Foremost Sail carrying forestay → P fo = 15·RM / (l + fs) [N] = **53881,72087**
 Aft Stay → Pa = P fo · sen α / sen α_a [N] = **43129,068**
 Trinqueta → P f₁ = 12·RM / (l + fs) [N] = **43105,377**
 Francobordo → f_s = **1,18**
 α = **19**
 α_a = **24**
 RM = **64945,43**

The foremost sail carrying forestay shall have a breaking strength (P_{fo}) of at least:
 $P_{fo} = 15 \cdot RM / (l + f_s)$ [N]

The inner forestay shall have a breaking strength (P_{f1}) of at least:
 $P_{f1} = 12 \cdot RM / (l + f_s)$ [N]

The aft stay shall have a breaking strength (P_a) of at least:
 $P_a = P_{fo} \cdot \sin \alpha / \sin \alpha_a$ [N] Masthead rigs
 $P_a = 2.8 \cdot RM / (l + f_s)$ [N] Fractional rigs

Momento de Inercia para el Mastil:

l_x = K₁ · m · PT · l l₁ = **5,62** Panel 1 → PT₁ = 1,5 · (RM / b) = **49958,02633**
 l_y = K₂ · K₃ · PT · h² l₂ = **5,62** Panel 2 → PT₂ = PT₁ - D₁ cos β₁ = **39502,01587**
 PT = 1,5 · RM / b l₃ = **5,60** Panel 3 → PT₃ = PT₂ - D₂ cos β₂ = **29314,31561**

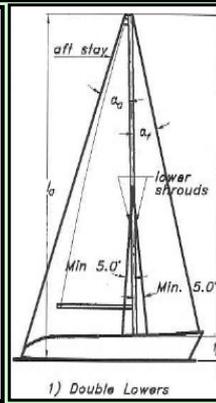
m = 1 Aluminio
 m = 7,25 Madera
 m = 70500/E Otro Material

l(n) = long panel actual
 K₃ = 1,35 mastil hasta cubierta
 K₃ = 1 mastil hasta quilla
 h = 16,90 long desde cub, a parte alta
 b = 1,95

Panel 1 → l_x = 2,7 · K₃ · m · PT₁ · l₁ = **758063,0915** l_y = 0,9 · K₃ · PT · h² = **1284,17** cm⁴
 Panel 2 → l_x = 3,8 · m · PT₂ · l₂ = **843605,0509** l_x = K₁ · m · PT · l = **222,55** cm⁴
 Panel 3 → l_x = 3,8 · m · PT₃ · l₃ = **623808,6362**

K2	M-2
Double lowers	0,9

K1	Panel 1	Panel 2 y 3
M-2	2,7·K3	3,8



Momentos de las Crucetas:

Cruceta 1:
 l₁ = 0,8 · C₍₁₎ · S² / (E · cos c) = **68,397754** cm⁴
 SM₁ = K · S₍₁₎ · V₍₁₎ · cos c = **15490,784** mm³
 M_{s1} = 0,16 · S₍₁₎ · V₍₁₎ · cos δ = **3253064,7** N·mm
 E → M. Elasticidad Cta. = **72400** N/cm²
 C₍₁₎ = **3397,36**
 S₍₁₎ → Longitud de Cta. = **1822** mm
 c → ángulo horizontal Cta. = **0**
 k = 0,16 / (σ_{0,2}) = **0,0007619**
 σ_{0,2} (minimo) = **210** N/mm²
 V₍₁₎ → V₁ cruceta baja = **11158,976**

Cruceta 2:
 l₍₂₎ = 0,8 · C₍₁₎ · S² / (E · cos c) = **57,560676** cm⁴
 SM₁ = K · S₍₂₎ · V₍₂₎ · cos c = **15702,945** mm³
 M_{s1} = 0,16 · S₍₂₎ · V₍₂₎ · cos δ = **3297618,5** N·mm
 E → M. Elasticidad Cta. = **72400** N/cm²
 C₍₂₎ = **3507,91**
 S₍₂₎ → Longitud de Cta. = **1485** mm
 c → ángulo horizontal Cta. = **0**
 k = 0,16 / (σ_{0,2}) = **0,0007619**
 σ_{0,2} (minimo) = **210** N/mm²
 V₍₂₎ → D₃ cruceta alta = **13878,87**

Typical properties for aluminum extrusions

Mast	sqm (mm)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	J _x (cm ⁴)	J _y (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/ (m)	SM _x (cm ³)	SM _y (cm ³)
Oval	120/95	160	75	5,45	2,43	2,43	23,6	17,6	21,5
	130/95	217	130	7,85	3,75	3,75	32,0	26,3	29,7
	140/95	274	191	10,25	5,07	5,07	40,4	35,0	38,9
	150/110	359	260	13,70	6,41	6,41	50,1	45,2	50,6
	160/110	459	345	18,10	8,75	8,75	65,7	59,6	66,6
	180/130	936	700	37,00	17,50	17,50	131,4	119,2	133,2
Delta	120/95	160	75	5,45	2,43	2,43	23,6	17,6	21,5
	130/95	217	130	7,85	3,75	3,75	32,0	26,3	29,7
	140/95	274	191	10,25	5,07	5,07	40,4	35,0	38,9
	150/110	359	260	13,70	6,41	6,41	50,1	45,2	50,6
	160/110	459	345	18,10	8,75	8,75	65,7	59,6	66,6
	180/130	936	700	37,00	17,50	17,50	131,4	119,2	133,2
Furl	120/95	160	75	5,45	2,43	2,43	23,6	17,6	21,5
	130/95	217	130	7,85	3,75	3,75	32,0	26,3	29,7
	140/95	274	191	10,25	5,07	5,07	40,4	35,0	38,9
	150/110	359	260	13,70	6,41	6,41	50,1	45,2	50,6
	160/110	459	345	18,10	8,75	8,75	65,7	59,6	66,6
	180/130	936	700	37,00	17,50	17,50	131,4	119,2	133,2
Boom	60/29	60	25	1,80	0,75	1,16	11,0	7,7	9,7
	70/36	100	45	3,00	1,20	1,91	18,0	12,6	15,6
	80/43	150	75	4,50	1,80	2,86	27,0	18,9	23,4
	90/50	210	110	6,30	2,70	4,29	37,8	26,7	33,1
	100/57	270	150	8,10	3,60	5,78	49,5	35,6	44,1
	110/64	340	200	10,20	4,50	7,71	63,0	45,8	57,0
Spinn	30/14	30	12	0,54	0,22	0,35	6,3	4,4	5,5
	40/19	50	20	0,90	0,36	0,58	10,5	7,3	9,1
	50/25	75	30	1,35	0,54	0,87	15,8	10,9	13,6
	60/32	110	40	1,98	0,72	1,25	21,6	14,8	18,5
	70/39	150	50	2,70	0,90	1,74	29,7	19,7	24,7
	80/46	210	70	3,60	1,26	2,34	40,5	26,6	33,2
Hole	30/14	30	12	0,54	0,22	0,35	6,3	4,4	5,5
	40/19	50	20	0,90	0,36	0,58	10,5	7,3	9,1
	50/25	75	30	1,35	0,54	0,87	15,8	10,9	13,6
	60/32	110	40	1,98	0,72	1,25	21,6	14,8	18,5
	70/39	150	50	2,70	0,90	1,74	29,7	19,7	24,7
	80/46	210	70	3,60	1,26	2,34	40,5	26,6	33,2

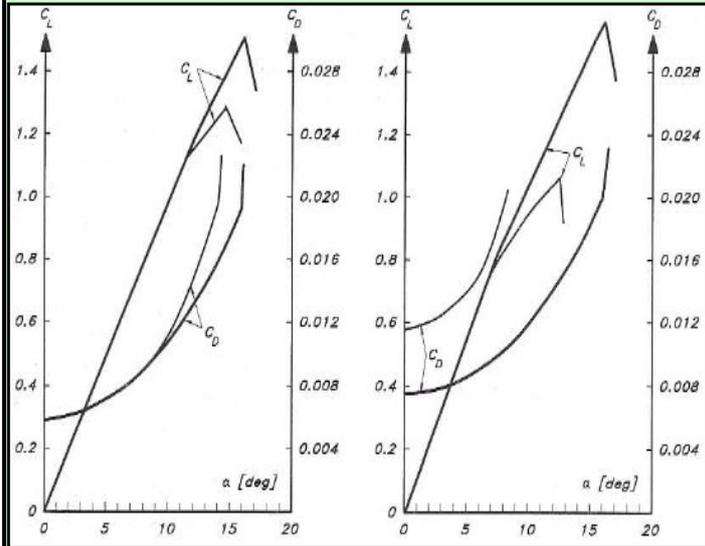
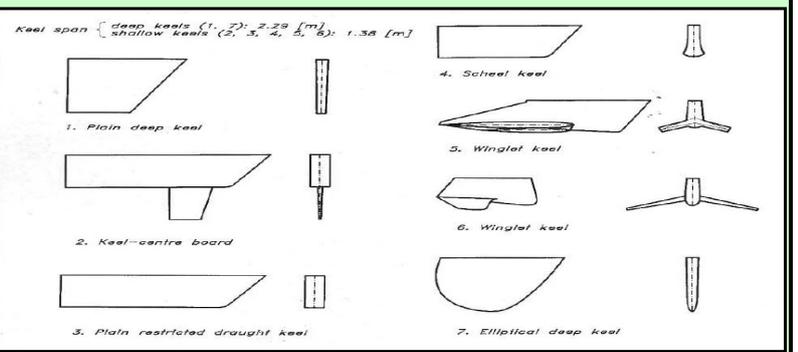
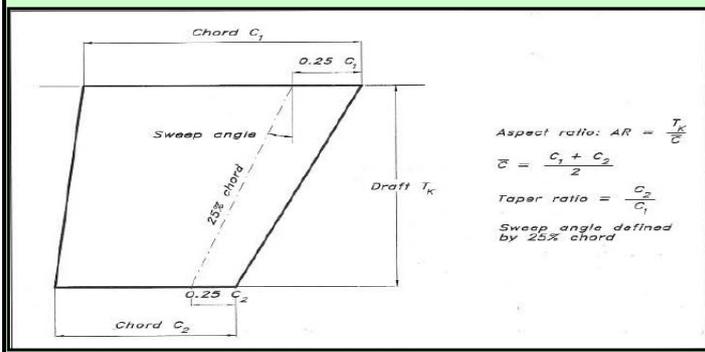
Módulo requerido para la botavara:

F_H = RM/2 · E / (HA · d₁) = **14338,851**
 HA = **8,6**
 E = **6**
 d₁ = **1,58**
 σ = 0,2 (minimo) = **210** N/mm²
 SM_v = 600 · RM · (E - d₁) / (σ · 0,2 · HA) = **95,368378** cm³
 SM_H = 50% de SM_v = **47,684189** cm³

Matching components made of stainless steel, type AISI-316

1x19 Wire	Rigging Screw	Chainplate lug (see fig.)						
Diam. (mm)	Br. Str	Diam. (mm)	Br. Str	a	b	c	d	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
3	7700	0.040	1/4	14700	20.0	3.0	12.0	8.9
4	13600	0.075	5/16	22600	22.0	6.0	13.0	10.0
5	21600	0.113	3/8	33400	25.0	8.0	16.0	12.0
5.5	25700	0.139	7/16	46100	30.0	10.0	18.0	14.0
6	30000	0.165	7/16	46100	30.0	10.0	21.0	14.0
7	40900	0.225	1/2	66700	30.0	12.0	24.0	16.0
8	53800	0.327	3/8	83200	40.0	13.0	28.0	18.0
10	69100	0.475	3/4	123000	48.0	14.0	27.0	18.0
11	84700	0.648	3/4	123000	50.0	14.0	30.0	18.0
12	120200	0.820	7/8	187000	60.0	18.0	36.0	22.0
14	180100	1.000	1	218000	68.0	22.0	38.0	25.0

GENERAL	ELEMENTOS	Área (m ²)	Peso (Kg)	CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DEL PLANO VÉLICO Y APAREJOS							
Plano Vélido	Vela M. (650 g/m ²)	45,15	29,35	l _x (cm ⁴)	l _y (cm ⁴)	Dimensiones	SM _x (cm ³)	SM _y (cm ³)	e (mm)		
	Vela F. (650 g/m ²)	50,45	32,79								
	Genova (650 g/m ²)	75,67	49,19								
	Spinaquer (650 g/m ²)	148,00	96,20								
	TOTAL →	319,27	207,52								
Aparejos Vélidos	Mastil	Mayor	66,7152	191	413	155/104	36,7	45,9	3,05		
		Botabara	32,16	325	1190	200/117	55,5	112	2,8		
		Cruceta 1	4,68	205	122	121/92	28,9	26,5	3		
		Cruceta 2	5,93	205	122	121/92	28,9	26,5	3		
		Cables	Peso (Kg)								
	Jarcias firmes	D1	1,06	6	30000	7/16 (in)	46100 N	a=36	b=10	c=21	d=14
		D2	0,82	5,5	25700	7/16 (in)	46100 N	a=30	b=10	c=18	d=14
		D3	1,83	8	53500	5/8 (in)	93200 N	a=40	b=13	c=25	d=16
		V1	1,37	7	40900	1/2 (in)	66700 N	a=38	b=12	c=24	d=16
		V2	0,23	3	7700	1/4 (in)	14700 N	a=20	b=5	c=12	d=8,5
TOTAL →		114,79									



Cálculo de la Quilla

Larssón → 2,75 % - 3,5 % de SA → 3,32 m² 4,23 m²

S. Vélica → 120,82 m²

Datos → Area Quilla = 4,23 m²

Calado Quilla = 1,70 m

Calado Casco = 0,52 m

Calado Total = 2,22 m

% S.A. = 3,50 %

C.Sp.	C.In.	R.C.
2,30	1,76	0,77
2,40	1,66	0,69
2,50	1,56	0,62
2,54	1,52	0,60
2,60	1,46	0,56
2,70	1,36	0,50
2,80	1,26	0,45

Relación de Convergencia (Tk) = Cinf/Csup

Arg = Calado/Cm **Arg = 1,09**

Are = 2 · Arg **Are = 2,18**

(Cinf + Csup) = (2 · Area Quilla / Calado Quilla) = **4,97**

Cm = (Csup + Cinf) / 2 **Cm = 2,03**

Escantillonado de los pernos de la Orza

Ar = root area = Cs · t root · 0,62 = **0,38** m² **Dkb = √(2,55 · Wk · Yk / (Sli · Sy))**

At = tip area = Ci · t tip · 0,62 = **0,18** m² **Dkb = 8,81**

Yk = (tk · (Ar + 2 · √(Ar · At) + 3At)) / (4 · (Ar + At + √(Ar · At))) = **265,00** mm

Vk = (tk · (Ar + √(Ar · At) + At)) / 3 = **0,53** m³ t root = **0,2423**

Sy = Tensión mínima de Rotura = **35,3** Kg/(mm²) t tip = **0,1917**

Sli = Sumatoria de distancias transversales desde c. pernos al eje orza = **1035**

Peso de la orza = **4200** Kg

ABS Keelbolt dimensioning

Minimum diameter of each keelbolt at the bottom of the thread:

23) $d_{kb} = \sqrt{\frac{2,55 \cdot W_k \cdot Y_k}{\sum l_i \cdot \sigma_y}}$ [21 mm] ABS O.R.Y

W_k = total weight of ballast keel [kg]

Y_k = distance in mm from the centre of gravity of the keel to the top of the keel

σ_y = minimum yield strength of bolt material [kg/mm²]

$\sum l_i$ = summation of distances from the centre of bolts on one side of the keel to the edge of the keel on the other side [mm]

T_c [1.5 m]

Y_k [0.6 m]

Root area (A_R): [0.230 m²]

$A_R = C_{ROOT} \cdot t_{ROOT} \cdot 0,62$

Keel volume (V_k): [0.288 m³]

$V_k = T_k \cdot (A_R + \frac{\sqrt{A_R \cdot A_T} + A_T}{3})$

Keel CG-dist (Y_k): [0.6 m]

$Y_k = \frac{T_k \cdot (A_R + 2 \cdot \sqrt{A_R \cdot A_T} + 3 \cdot A_T)}{4 \cdot (A_R + \sqrt{A_R \cdot A_T} + A_T)}$

Tip area (A_T): [0.158 m²]

$A_T = C_{TIP} \cdot t_{TIP} \cdot 0,62$

Cálculo del Timón

Larssón → 2,00 % de SA → 1,208 m² 2,42 m²

S. Vélica → 120,82 m²

Datos → Area Timón = 1,68 m²

Calado Timón = 2,26 m

% S.A. = 1,39 %

C.Sp.	C.In.	R.C.
0,85	0,55	0,65
0,85	0,64	0,75
0,90	0,59	0,65
0,95	0,54	0,56
1,00	0,49	0,49
1,10	0,39	0,35
1,20	0,29	0,24

Relación de Convergencia (Tk) = Cinf/Csup

Arg = Calado/Cm **Arg = 1,43**

Are = 2 · Arg **Are = 2,87**

(Cinf + Csup) = (2 · Area Timón / Calado Timón) = **1,49**

Cm = (Csup + Cinf) / 2 **Cm = 1,55**

Mecha del Timón

Alr = 1,68 Radio de la Mecha del Timón:

C timón = 2,26 Are = 2 (Rhu + Rhf) / (C.sup + C.Inf) = 6,15214

Rhu = 2,26 C = 0,11 / (1 + (32/Are)) = **0,02**

Rhf = 2,05 Clr = C · ao = **0,33**

ao = 18,75 Fr = 0,5 · p · V² · Alr · Clr = **5694,00**

Vcasco = 4,46 Tr = lc · Fr = **1067,06**

lc = 0,19 Mr = Rvc · Fr = **5067,66**

Rvc = 0,89 d = 32 / (π · σc) · ((Mr/2 + Mr² + 4 · Tr²)^{1/2})^{1/3} = **5,3404**

l_u [0.67m]

0.25 l_u

x_u [0.125m]

R_{hu} [1.52m]

R_{hf} [1.47m]

R_{vc} [0.62m]

l_{c1} [0.05m]

CE

Rudder shaft

Effective Aspect Ratio (AR_e): [6.2]

$AR_e = 2 \frac{R_{hu} + R_{hf}}{l_u + l_i}$

Rudder Lift Coefficient (C_{lr}):

$C_{lr} = c \cdot a_0$ [1.5]

$c = \frac{0,11}{1 + 2/AR_e}$ [0.08]

a_0 = angle of attack for max lift [18.75 deg]

Rudder Lateral Area (A_{lr}):

$A_{lr} = 0,25 \cdot (R_{hu} + R_{hf}) \cdot (l_u + l_i)$ [0.765 m²]

Rudder Sideforce (F_r):

$F_r = 0,5 \cdot p \cdot V_s^2 \cdot A_{lr} \cdot C_{lr}$ [9934 N]

Rudder Bending Moment (M_r):

$M_r = R_{vc} \cdot F_r$ [6159 Nm]

Rudder Torsional Moment (T_r):

$T_r = l_{c1} \cdot F_r$ [497 Nm]

R_{vc} = vertical dist. from top to CE

l_{c1} = horizontal dist. from shaft to CE

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

Rudder torsional moment (T_r):

20) $T_r = F_r \cdot l_{c1}$ [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]

$l_{c1} = 0,33 \cdot l - x_{1p}$ l_{c1} is not to be taken less than 0.125 · l

l = the horizontal length of the rudder, in cm, at the centroid of the projected area, as shown in Fig 12.13

x_{1p} = 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 $h/l_1 \geq 0,05$

h, l, l_1 are distances according to Fig 12.13 in cm

A_{lr} = the total projected rudder area in m²

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]

$N = \frac{2,65 \cdot L_{WL}^2}{\sqrt{m^2}}$ where ; $\frac{0,001 \cdot m}{(0,01 \cdot L_{WL})^3} < 4304$

m = maximum estimated displacement in kilograms

$\sigma_c = \sigma_y$ or $\sigma_u / 1,75$, whichever is lesser, for metals

σ_y = yield strength, σ_u = ultimate tensile strength in N/cm²!!

h_0 [90 cm]

h_b [153cm]

Cálculo del peso

ESCANTILLONADO		Peso (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Peso·LCG	Peso·VCG	Peso·TCG
Elementos del escantillonado	Laminación del Casco Fondo	369,59	5,70	1,17	0,00	2107,74	433,15	0,00
	Laminación del Casco Costado	292,27	5,56	0,27	0,00	1626,19	78,33	0,00
	Laminación de la Quilla	129,25	7,00	0,00	0,00	904,75	0,00	0,00
	Varengas (R. Transversales)	827,75	5,70	1,17	0,00	4720,65	970,12	0,00
	Cuadernas (R Transversales)	185,13	5,56	0,27	0,00	1030,07	49,62	0,00
	Longitudinales de Fondo (Ref. Long.)	441,76	5,70	1,17	0,00	2519,38	517,75	0,00
	Longitudinales de Costado (Ref. Long)	92,44	5,56	0,27	0,00	514,36	24,78	0,00
	Bularcamas del centro	222,96	5,70	1,17	0,00	1271,53	261,31	0,00
	Bularcamas del costado	101,96	5,56	0,27	0,00	567,30	27,33	0,00
	Laminación de la Cubierta	228,66	5,56	2,10	0,00	1271,34	480,18	0,00
	Baos en la Cubierta	101,90	5,56	2,10	0,00	566,54	213,98	0,00
	Vagras en la cubierta	286,36	5,56	2,10	0,00	1592,13	601,35	0,00
	TOTAL→	3280,02	5,70	1,12	0,00	18692,00	3657,88	0,00
HABILITACION		Peso	LCG	VCG (m)	TCG (m)	Peso·LCG	Peso·VCG	Peso·TCG
Camarote de Proa	Mamparos divisorios	39,08	7,89	1,10	0,00	308,23	42,99	0,00
	Camas	20,00	10,67	0,72	0,00	213,40	14,38	0,00
	Asientos	6,00	8,99	0,40	-9,96	53,95	2,40	-59,77
	Armarios Estribor	10,00	9,62	1,17	0,99	96,22	11,70	9,86
	Armario Babor	10,00	8,25	1,13	-1,41	82,49	11,32	-14,05
	Paneles laterales camas	3,00	9,86	1,31	0,00	29,58	3,92	0,00
	Paneles frontales cama	3,00	11,86	1,26	0,00	35,58	3,78	0,00
	Puertas	5,00	7,89	1,10	-0,47	39,43	5,50	-2,36
	Escotillas	8,00	9,03	2,10	0,00	72,26	16,78	0,00
	TOTAL→	104,08	8,95	1,08	-0,64	931,16	112,76	-66,32
Baño de Proa Estribor	Suelo y Plataforma Ducha	13,00	8,67	0,20	0,66	112,66	2,60	8,63
	W.C. y Tuberías	19,00	8,39	0,50	0,83	159,46	9,50	15,80
	Lavabo	5,00	8,98	0,79	0,97	44,91	3,93	4,84
	Mamparos divisorios	5,00	9,24	0,93	0,25	46,20	4,66	1,25
	Puertas	5,00	8,36	1,10	0,30	41,78	5,50	1,51
TOTAL→	47,00	8,62	0,56	0,68	405,01	26,19	32,02	
Salón Comedor Estribor	Suelo	22,00	5,26	0,20	0,42	115,71	4,40	9,21
	Sofá	15,00	6,35	0,25	1,15	95,25	3,68	17,22
	Mesas	15,00	6,35	0,25	0,42	95,25	3,68	6,28
	Armario de Proa	10,00	7,76	1,10	0,93	77,62	11,00	9,34
	Escotillas	4,00	6,38	2,20	0,38	25,50	8,80	1,54
	Portillos	4,00	6,34	1,94	1,49	25,36	7,75	5,94
	Panel lateral	5,00	6,26	1,34	1,65	31,29	6,72	8,27
TOTAL→	75,00	6,21	0,61	0,77	465,99	46,04	57,79	
Cocina Babor	Suelo	22,00	5,89	0,20	-0,54	129,50	4,40	-11,87
	Encimera	62,00	6,58	1,00	-1,34	407,69	62,00	-83,09
	Nevera	15,00	5,60	0,59	-1,37	84,03	8,89	-20,54
	Horno	10,00	5,60	1,17	-1,37	56,02	11,66	-13,70
	Fregadero	5,00	6,99	1,00	-1,34	34,95	5,00	-6,71
	Panel Frontal	5,00	6,88	1,33	-1,63	34,39	6,66	-8,15
	Cajonera	10,00	6,99	0,59	-1,34	69,91	5,93	-13,43
	Escotillas	4,00	5,60	1,50	0,00	22,41	6,00	0,00
	Portillos	4,00	6,58	1,16	-1,49	26,32	4,66	-5,94
TOTAL→	137,00	6,32	0,84	-1,19	865,23	115,19	-163,43	
Mesa de Cartas Babor	Mamparo divisorio	47,10	5,29	1,20	-1,60	249,16	56,52	-75,30
	Sillon de estudio	2,00	4,48	0,64	-1,30	8,96	1,28	-2,60
	Mesa de carta de Navegación	10,00	5,11	0,87	-1,40	51,14	8,73	-14,00
	Esteria	5,00	4,78	1,29	-1,76	23,88	6,46	-8,80
	Portillos	3,00	4,59	1,94	-1,58	13,76	5,81	-4,74
TOTAL→	67,10	5,17	1,17	-1,57	346,90	78,79	-105,44	
Camarote de Popa Babor	Mamparos de división	27,32	3,89	1,10	-1,22	106,14	30,05	-33,41
	Armarios	10,00	3,53	0,93	-1,83	35,32	9,33	-18,33
	Camas	20,00	1,84	0,70	-0,81	36,78	14,00	-16,11
	Puertas	5,00	3,89	1,10	-0,73	19,43	5,50	-3,65
	Panel lateral	3,00	3,03	1,15	-1,60	9,10	3,46	-4,80
	Panel Frontal	3,00	0,64	1,23	-0,93	1,91	3,70	-2,80
TOTAL→	68,32	3,05	0,97	-1,16	208,67	66,04	-79,11	
Camarote de Popa Estribor	Mamparos de división	27,32	3,88	1,10	0,73	106,13	30,08	19,96
	Armarios	10,00	3,21	1,23	1,81	32,14	12,32	18,07
	Camas	20,00	1,84	0,70	0,81	36,76	14,00	16,11
	Puertas	5,00	3,88	1,10	0,73	19,42	5,51	3,65
	Panel lateral	3,00	1,74	1,28	1,60	5,22	3,84	4,80
	Panel Frontal	3,00	0,63	1,28	0,93	1,90	3,84	2,80
TOTAL→	68,32	2,95	1,02	0,96	201,58	69,59	65,40	
Baños de Estribor	Suelo y Plataforma Ducha	8,00	4,31	0,20	1,50	34,45	1,60	11,99
	W.C. y Tuberías	15,00	3,91	0,30	1,69	58,59	4,50	25,40
	Lavabo	5,00	4,80	0,75	1,68	24,00	3,73	8,41
	Mamparos divisorios	5,00	4,32	1,10	1,11	21,60	5,51	5,54
	Puertas	5,00	4,32	1,10	1,11	21,60	5,51	5,54
	Portillos	3,00	4,59	1,94	1,58	13,76	5,81	4,74
TOTAL→	41,00	4,24	0,65	1,50	174,01	26,65	61,63	

LASTRE		Peso	LCG	VCG (m)	TCG (m)	Peso·LCG	Peso·VCG	Peso·TCG
Orza	Orza	4200,00	5,64	-0,74	0,00	23683,38	-3108,00	0,00
EQUIPOS-ARMAMENTOS-MAQUINAS		Peso	LCG	VCG (m)	TCG (m)	Peso·LCG	Peso·VCG	Peso·TCG
Cámara de Maquina	Motor Volvo Penta D2-75	264,00	3,69	0,29	0,00	973,63	75,50	0,00
	Bateria de Servicio	408,00	5,06	0,53	-1,39	2065,30	215,75	-569,04
	Bateria de Arranque	64,00	2,63	0,46	0,00	168,40	29,53	0,00
	Generador	260,00	7,64	0,59	-1,24	1985,67	154,05	-321,41
	Bomba de Presión	24,00	5,97	0,13	0,00	143,21	3,17	0,00
	Pala de timón	22,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-22,00	0,00
	Mecanismo hidraulico	28,00	1,00	0,50	0,00	28,00	14,00	0,00
	Mecha del timon	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Bombas de Achique	12,00	2,63	0,46	0,00	31,58	5,54	0,00
	Calentador	20,00	1,90	0,46	0,00	38,09	9,23	0,00
	TOTAL→	1126,00	4,83	0,43	-0,79	5433,88	484,77	-890,45
Equipos	Angla	16,00	13,50	1,40	0,00	216,00	22,36	0,00
	Cadena	70,00	12,20	1,26	0,00	854,00	88,20	0,00
	Caja de Cadena	12,00	11,78	1,26	0,00	141,36	15,12	0,00
	Molinete	88,00	12,10	1,45	0,00	1064,80	127,60	0,00
	TOTAL→	186,00	12,24	1,36	0,00	2276,16	253,28	0,00
Carga	Tanque de Combustible	500,00	6,30	1,13	0,40	3149,50	563,50	200,00
	Tanques de Agua Dulce	300,00	10,65	0,00	0,48	3195,90	0,00	143,70
	Tanque de Aguas Grises	200,00	7,33	0,67	0,40	1466,00	133,60	80,00
	Personas	450,00	1,84	2,22	1,00	828,00	999,00	450,00
	Provisiones	280,00	5,62	0,84	-1,00	1573,60	235,20	65856,00
	TOTAL→	1730,00	5,90	1,12	0,51	10213,00	1931,30	873,70
Pertrechos	Pertrechos de Camarote de Proa	45,00	8,95	1,08	-0,64	402,59	48,75	-28,67
	Pertrechos de Baños de Proa Estr.	45,00	8,62	0,56	0,68	387,77	25,08	30,66
	Pertrechos Salón Comedor Estr.	45,00	6,21	0,61	0,77	279,59	27,62	34,68
	Pertrechos Cocina Babor	45,00	6,32	0,84	-1,19	284,20	37,84	-53,68
	Pertrechos Mesa de Carta Babor	45,00	5,17	1,17	-1,57	232,64	52,84	-70,71
	Pertrechos Camarote de Popa Babor	45,00	3,05	0,97	-1,16	137,44	43,49	-52,10
	Pertrechos Camarote de Popa Estr.	45,00	2,95	1,02	0,96	132,77	45,83	43,07
	Pertrechos Baños de Estribor.	45,00	4,24	0,65	1,50	190,99	29,25	67,64
	TOTAL→	360,00	5,69	0,86	-0,08	2047,99	310,71	-29,12
Vela y Aparejos	Mastil Mayor	66,72	6,62	10,75	0,00	441,49	717,12	0,00
	Jarcias, Crucetas y Anclajes	15,91	6,62	9,00	0,00	105,33	143,20	0,00
	Botavara de Mayor	32,16	3,62	3,22	0,00	116,33	103,70	0,00
	Vela Mayor	29,35	4,62	8,24	0,00	135,50	241,85	0,00
	Vela Foque	32,79	8,38	6,38	0,00	274,75	209,22	209,22
	Escalera de baño	10,00	1,50	1,32	0,00	15,00	13,20	13,20
	Rueda y pedestal	14,00	1,42	1,84	0,00	19,86	25,76	25,76
	Genova y Spinaquer	145,39	1,50	1,84	0,00	218,08	267,51	267,51
	4 Winches Bañera	223,00	2,16	1,79	0,00	480,65	398,50	398,50
	Carro Mayor	35,00	3,28	2,23	0,00	114,74	78,05	78,05
	Carro genova	30,00	6,42	1,70	0,00	192,73	51,00	51,00
	TOTAL→	634,31	3,33	3,55	1,64	2114,47	2249,11	1043,24
Desplazamiento Willy 14		Peso (Kg)	LCG (m)	VCG (m)	TCG (m)	Peso·LCG	Peso·VCG	Peso·TCG
Rosca	Escantillonado + 10% de margen	3608,02	5,70	1,12	0,00	20561,20	4023,67	0,00
	Habilitación + 10% de margen	668,61	5,38	0,81	-0,30	3598,53	541,25	-197,46
	Lastre	4200,00	5,64	-0,74	0,00	23683,38	-3108,00	0,00
	Camara de maquina	1126,00	4,83	0,43	-0,79	5433,88	484,77	-890,45
	Equipos + 10% de margen	204,60	12,24	1,36	0,00	2503,78	278,61	0,00
	Velas y aparejos + 5% margen	666,03	3,33	3,55	1,64	2114,47	2249,11	1043,24
	TOTAL→	10473,26	5,53	0,43	0,00	57895,23	4469,41	-44,67
Carga	Carga	1730,00	5,90	1,12	0,51	10213,00	1931,30	873,70
	Petrechos	360,00	5,69	0,86	-0,08	2047,99	310,71	-29,12
	TOTAL→	2090,00	5,87	1,07	0,40	12260,99	2242,01	844,58
m_{MTL}	Carga máxima total	2090,00	5,87	1,07	0,40	12260,99	2242,01	844,58
m_{LCC}	Condición de peso en rosca	10473,26	5,33	0,39	0,00	55798,42	4078,30	-44,67
m_{LDC}	Peso del desplazamiento en carga $m_{LCC} + m_{MTL}$	12563,26	5,42	0,50	0,06	68059,41	6320,31	799,91
m_L	Personas	450,00	1,84	2,22	1,00	828,00	999,00	450,00
	Pertrechos	360,00	5,69	0,86	-0,08	2047,99	310,71	-29,12
	Provisiones	280,00	5,62	0,84	-1,00	1573,60	235,20	-280,00
	Peso tanque agua dulce	300,00	10,65	0,00	0,48	3195,90	0,00	143,70
	Peso tanque aguas grises	200,00	7,33	0,67	0,40	1466,00	133,60	80,00
	Peso tanque de combustible	500,00	6,30	1,13	0,40	3149,50	563,50	200,00
m_{MOC}	Peso Condición mínima operativa $m_{LCC} + m_{L}$	11563,26	5,21	0,49	0,01	60248,01	5623,21	96,21
m_{LDC}/m_{MOC}		1,09	Si la relación de m_{LDC} / m_{MOC} es mayor de 1.15, entonces se deben satisfacer los requisitos tanto en la condición de desplazamiento en carga como en la mínima					

Lloyd's Register of Shipping

	Gc		Gc
Tela de hebra desbastada	0,340	Tela de mechas unidireccionales	0,540
Tela de mechas tejida	0,500	Tejido de loma	0,500

Calado Total = 2,20

Tipos de fibras con sus correspondientes espesores

CSM → 300	$t = W / 3072 \cdot (2,56 / Gc - 1,36) = 0,602$
CSM → 600	$t = W / 3072 \cdot (2,56 / Gc - 1,36) = 1,205$
CSM → 450	$t = W / 3072 \cdot (2,56 / Gc - 1,36) = 0,904$
WR → 450	$t = W / 3072 \cdot (2,56 / Gc - 1,36) = 0,551$
WR → 800	$t = W / 3072 \cdot (2,56 / Gc - 1,36) = 0,979$

$t = W / 3072 \cdot 2,56 / (Gc - 1,36)$ (mm)

W = peso de la capa de refuerzos (g/mm²)

Gc = fibra de vidrio contenida en la capa

Tipos de fibra

CSM → 0,34 (contenido de vidrio por peso)

WR → 0,50 (contenido de vidrio por peso)

Peso del casco laminado para veleros (interpolación)

Peso del laminado para el fondo	4475 gr/m ²
Peso del laminado para el costado	3375 gr/m ²
Peso del laminado para la quilla	7400 gr/m ²
Espaciado entre refuerzos	415 mm
Pesos de la aleta y la popa	5424 gr/m ²

Esloras, 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

Requisitos

Velocidad no excede los 35 nudos	V = 7,52
Velocidad o proporción esloras V/√L _{WL} no exc. de	V/√L _{WL} = 1,11
El desplazamiento de la embarcación con una V/L _{WL} de 3,6 no es más grande que 0,094 · (L ₂ - 15,8) Tn.	V/√L _{WL} = 1,12
La esloras L, no excede de 30 metros, L = (L _{0a} + L _{WL}) / 2	L = 13,053

Laminación del casco

Laminación del fondo

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,205	1,20
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
TOTAL	6850			10,70

Peso mínimo necesario (gr/m ²) = 4475
Gc = 2,56 / (3072 · T/W + 1,36) = 0,42
Kw = 2,8 · Gc + 0,16 = 1,3239
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 5924

Área (m ²)	Espesor	Peso Fondo
34,055	10,70	369,59 Kg

Cumple

Laminación del Costado

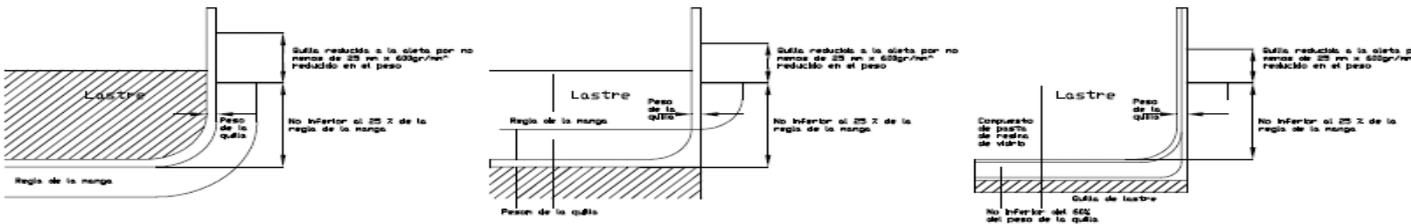
Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,205	1,20
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	600	0,34	1,205	1,20
WR	800	0,5	0,979	1,00
TOTAL	4500			7,20

Peso mínimo necesario (gr/m ²) = 3375
Gc = 2,56 / (3072 · T/W + 1,36) = 0,408
Kw = 2,8 · Gc + 0,16 = 1,3023
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 4395

Área (m ²)	Espesor	Peso Costado
40,796	7,20	292,27 Kg

Cumple

Laminación de la quilla



Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	0,340	1,20
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,540	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,540	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,602	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,540	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,540	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,540	1,00
CSM	450	0,34	0,500	0,90
WR	800	0,5	0,904	1,00
CSM	600	0,34	0,551	1,20
WR	800	0,5	0,979	1,00
TOTAL	10750			16,70

Peso mínimo necesario (gr/m ²) = 7400
Gc = 2,56 / (3072 · T/W + 1,36) = 0,417
Kw = 2,8 · Gc + 0,16 = 1,3289
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 9834
Manga de Quilla (mm) = 560

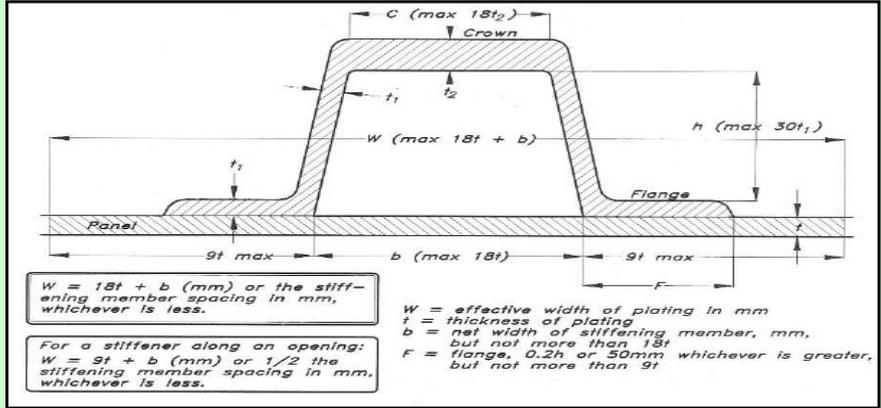
Área (m ²)	Espesor	Peso Quilla
7,60	16,70	129,25 Kg

Cumple

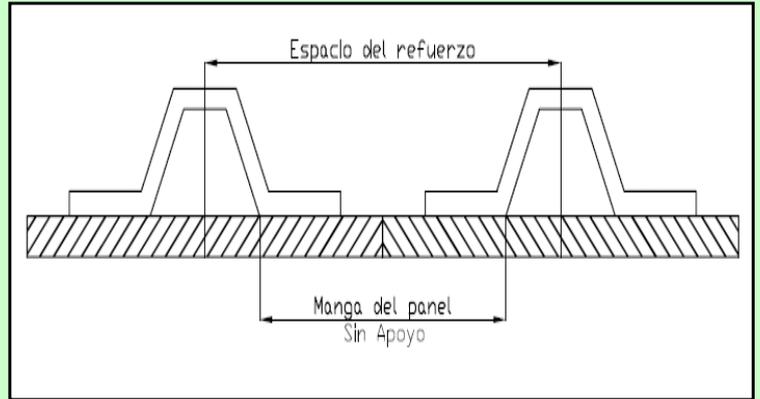
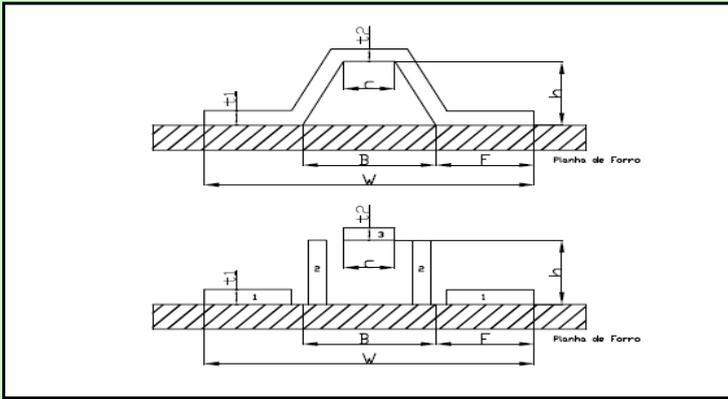
Refuerzos del Casco

Refuerzos transversales:

Propiedades de los materiales:	
Fuerza límite de tensión	85 (N/mm ²)
Módulo de tensión	6350 (N/mm ²)
Fuerza límite de flexión	152 (N/mm ²)
Módulo de flexión	5206 (N/mm ²)
Fuerza límite de compresión	117,2 (N/mm ²)
Módulo de Compresión	6000 (N/mm ²)
Fuerza límite de corte	62 (N/mm ²)
Módulo de Corte	2750 (N/mm ²)
Fuerza interlaminar de corte	17,25 (N/mm ²)



Resumen Laminado				
Zona	espesor t'	Peso W(gr/m)	Solâpam.	Ancho
Fondo	10,70	6850,00		
Costado	7,20	4500,00		
Quilla	16,70	10750,00		560



Varengas

t (mm) = 10,7	c (mm) = 50	W (mm) = 385
t ₁ (mm) = 8	h (mm) = 50	F (mm) = 240
t ₂ (mm) = 8		M. Necesario = 35000 mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 3840,00	t + t ₁ / 2 = 14,70	56448,00	10240,00	840025,60
2	2 · h · t ₁ = 800,00	t + h / 2 = 35,70	28560,00	83333,33	1102925,33
3	t ₂ · c = 400,00	t+h+t ₂ /2 = 64,70	25880,00	2133,33	1676569,33
4	w · t = 4121,64	t/2 = 5,35	22050,77	39323,88	157295,52
Total	9161,64	Y L _{neutral} = 14,51	132938,77		3776815,79

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{Lneutral})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 1847825,167 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 14,51 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 40005,19 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 46,19 \text{ mm}$
 $Gc(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,42$ Área de la sección → 5,04
 $KI = 1/15(Gc)^2 - 6 \cdot Gc + 1,45 = 1,03$ Longitud del Refuerzo → 106,4394
 Modulo Interpolación [mm³] = 35000 Peso del Refuerzo → 827,7494108
 Modulo Requerido = **36139,41**
36139,41 < 40005,19 Cumple

Calado, D, mm.	Espacio básico del refuerzo, mm.	Modulo de Varenga cm ³	
		Varenga de centro	Cuaderna de costado
1,25	1,75	380	35
1,75	2,25	395	80
2,25	2,00	410	150
2,65	3,35	425	245
3,00	3,75	440	375
3,50	4,25	455	560
4,00	4,75	470	785
4,50	5,25	485	1060
5,00	5,75	500	1395

Cuadernas

t (mm) = 7,2	c (mm) = 35	W (mm) = 259
t ₁ (mm) = 6	h (mm) = 35	F (mm) = 115
t ₂ (mm) = 6		M. Necesario = 15000 mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 1380,00	t + t ₁ / 2 = 10,20	14076,00	2070,00	145645,20
2	2 · h · t ₁ = 420,00	t + h / 2 = 24,70	10374,00	21437,50	277675,30
3	t ₂ · c = 210,00	t+h+t ₂ /2 = 45,20	9492,00	630,00	429668,40
4	w · t = 1866,24	t/2 = 3,60	6718,46	8062,16	32248,63
Total	3876,24	Y L _{neutral} = 10,49	40660,46		885237,53

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{Lneutral})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 458722,8293 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 10,49 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 14466,04 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 31,71 \text{ mm}$
 $Gc(\text{costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t' / w) + 1,36) = 0,41$ Área de la sección → 2,01
 $KI = 1/15(Gc)^2 - 6 \cdot Gc + 1,45 = 0,99$ Longitud del Refuerzo → 59,6924
 Modulo Interpolación [mm³] = 15000 Peso del Refuerzo → 185,1318001
 Modulo Requerido = **14799,53**
14799,53 < 14466,04 Cumple

Refuerzos longitudinales: Longitudinales del fondo, vagras

t (mm)= 10,7 t ₁ (mm)= 9 t ₂ (mm)= 9	c (mm)= 100 h (mm)= 100	w (mm)= 385 F (mm)= 162 M. Necesario = 140000 mm ³
--	----------------------------	---

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 2916,00	t + t ₁ / 2 = 15,20	44323,20	9841,50	683554,14
2	2 · h · t ₁ = 1800,00	t + h / 2 = 60,70	109260,00	750000,00	7382082,00
3	t ₂ · c = 900,00	t+h+t ₂ /2 = 115,20	103680,00	6075,00	11950011,00
4	w · t = 4121,64	t/2 = 5,35	22050,77	39323,88	157295,52
Total = 9737,64		Y L_{neutral} = 28,68	279313,97		20172942,66

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{L_{neutral}})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 12161114,74 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 28,68 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 148277,25 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 82,02 \text{ mm}$
 $Gc(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t / w) + 1,36) = 0,42$ Área de la sección → 5,62
 $KI = 1 / 15 (Gc)^2 \cdot 6 \cdot Gc + 1,45 = 1,03$ Longitud del Refuerzo → 50,9796
 Modulo Interpolación [mm³] = 140000 Peso del Refuerzo → 441,763112
 Modulo Requerido = **144557,65**
144557,65 < 148277,25 Cumple

Longitudinales del Costado

t (mm)= 7,2 t ₁ (mm)= 6 t ₂ (mm)= 6	c (mm)= 100 h (mm)= 100	w (mm)= 259 F (mm)= 115 M. Necesario = 92500 mm ³
---	----------------------------	--

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 1380,00	t + t ₁ / 2 = 10,20	14076,00	2070,00	145645,20
2	2 · h · t ₁ = 1200,00	t + h / 2 = 57,20	68640,00	500000,00	4426208,00
3	t ₂ · c = 600,00	t+h+t ₂ /2 = 110,20	66120,00	1800,00	7288224,00
4	w · t = 1866,24	t/2 = 3,60	6718,46	8062,16	32248,63
Total = 5046,24		Y L_{neutral} = 30,83	155554,46		11892325,83

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{L_{neutral}})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 7097232,595 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 30,83 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 92927,11 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 76,37 \text{ mm}$
 $Gc(\text{Costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t / w) + 1,36) = 0,41$ Área de la sección → 3,18
 $KI = 1 / 15 (Gc)^2 \cdot 6 \cdot Gc + 1,45 = 0,99$ Longitud del Refuerzo → 18,8404
 Modulo Interpolación [mm³] = 92500 Peso del Refuerzo → 92,4449443
 Modulo Requerido = **91263,79**
91263,79 < 92927,11 Cumple

Bulárcamas:

Bulárcamas del Centro

t (mm)= 10,7 t ₁ (mm)= 13 t ₂ (mm)= 13	c (mm)= 200 h (mm)= 200	w (mm)= 385 F (mm)= 162 M. Necesario = 725000 mm ³
--	----------------------------	---

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 4212,00	t + t ₁ / 2 = 17,20	72446,40	29659,50	1275737,58
2	2 · h · t ₁ = 5200,00	t + h / 2 = 110,70	575640,00	8666666,67	72390014,67
3	t ₂ · c = 2600,00	t+h+t ₂ /2 = 217,20	564720,00	36616,67	122693800,67
4	w · t = 4121,64	t/2 = 5,35	22050,77	39323,88	157295,52
Total = 16133,64		Y L_{neutral} = 76,54	1234857,17		196516848,43

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{L_{neutral}})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 102001770,6 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 76,54 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 760295,34 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 134,16 \text{ mm}$
 $Gc(\text{Fondo}) = 2,56 / ((3072 \cdot t / w) + 1,36) = 0,42$ Área de la sección → 12,01
 $KI = 1 / 15 (Gc)^2 \cdot 6 \cdot Gc + 1,45 = 1,03$ Longitud del Refuerzo → 12,0293
 Modulo Interpolación [mm³] = 725000 Peso del Refuerzo → 222,9572533
 Modulo Requerido = **748602,12**
748602,12 < 760295,34 Cumple

Bulárcamas laterales

t (mm)= 7,2 t ₁ (mm)= 10 t ₂ (mm)= 10	c (mm)= 145 h (mm)= 145	w (mm)= 259 F (mm)= 115 M. Necesario = 290000 mm ³
---	----------------------------	---

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 2300,00	t + t ₁ / 2 = 12,20	28060,00	9583,33	351915,33
2	2 · h · t ₁ = 2900,00	t + h / 2 = 79,70	231130,00	2540520,83	20961581,83
3	t ₂ · c = 1450,00	t+h+t ₂ /2 = 157,20	227940,00	12083,33	35844251,33
4	w · t = 1866,24	t/2 = 3,60	6718,46	8062,16	32248,63
Total = 8516,24		Y L_{neutral} = 57,99	493848,46		57189997,13

Inercia respecto línea neutra = $I_b - (Y_{L_{neutral}})^2 \cdot \text{suma}(\text{áreas}) = 28552205,64 \text{ mm}^4$
 Altura L_{neutral} = $\text{Suma}(A \cdot Yg) / \text{Suma}(A) = 57,99 \text{ mm}$
 Modulo resistente real = $L_{LN} / Y_{max} = 303066,66 \text{ mm}^3$
 $Y_{max} = 94,21 \text{ mm}$
 $Gc(\text{Costado}) = 2,56 / ((3072 \cdot t / w) + 1,36) = 0,41$ Área de la sección → 6,65
 $KI = 1 / 15 (Gc)^2 \cdot 6 \cdot Gc + 1,45 = 0,99$ Longitud del Refuerzo → 9,9366
 Modulo Interpolación [mm³] = 290000 Peso del Refuerzo → 101,9589558
 Modulo Requerido = **286124,32**
286124,32 < 303066,66 Cumple

Eslera L, m	Espacio basico del refuerzo, mm.	Módulo de Longitud. cm ³	
		$V \sqrt{L_w} \leq 3,6$	
		Fondo	Costado
6	380	70	50
8	390	90	60
10	400	110	70
12	410	130	85
14	420	150	100
16	430	175	110
18	440	195	125
20	450	220	140
22	460	245	160
24	470	270	175
26	480	295	190
28	490	325	210
30	500	350	230

Eslera L, m	Módulo de Bulárcamas cm ³		
	$V \sqrt{L_w} \leq 3,6$		
		Centro	Costado
6	125	60	
8	250	105	
10	405	165	
12	595	235	
14	855	345	
16	1150	465	
18	1490	610	
20	1915	785	
22	2385	985	
24	2900	1200	
26	3510	1455	
28	4565	1735	
30	4865	2030	

Cubierta superior:

Laminado de cubierta.

Tipo de fibra	Peso W (gr/m ²)	Gc	espesor t (mm)	espesor t' (mm)
CSM	600	0,34	1,205	1,20
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
CSM	450	0,34	0,904	0,90
WR	800	0,5	0,979	1,00
TOTAL	3100			5,00

Eslera, L, m.	Espacio básico del bao, m.	Peso de la cubierta, g/m ²
6	380	1850
8	390	1950
10	400	2050
12	410	2150
14	420	2250
16	430	2350
18	440	2500
20	450	2600
22	460	2700
24	470	2800
26	480	2900
28	490	3000
30	500	3150

Peso laminado de cubierta:	2200 g/m ²
Espaciado básico del Bao:	415 m

Peso mínimo necesario (gr/m ²) = 2200
Gc = 2,56 / (3072 · T/W + 1,36) = 0,41
Kw = 2,8 · Gc + 0,16 = 1,2951
Peso necesario · Kw (gr/m ²) = 2849

Área (m ²)	Espesor	Peso Cubierta
46,2564	5,00	228,66 Kg

Cumple

Baos de Cubierta

t (mm) = 5	c (mm) = 70	w (mm) = 180
t ₁ (mm) = 5	h (mm) = 70	F (mm) = 87
t ₂ (mm) = 5		M. Necesario = 32000 mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 870,00	t + t ₁ / 2 = 7,50	6525,00	906,25	49843,75
2	2 · h · t ₁ = 700,00	t + h / 2 = 40,00	28000,00	142916,67	1262916,67
3	t ₂ · c = 350,00	t+h+t ₂ /2 = 77,50	27125,00	729,17	2102916,67
4	w · t = 900,00	t/2 = 2,50	2250,00	1875,00	7500,00
Total	2820,00	Y L_{neutra} = 22,66	63900,00		3423177,08

Eslera, L, m	Espacio básico del bao, mm.	Modulo del bao (cm ³) Eslera del Bao
6	380	25
8	390	27
10	400	28
12	410	31
14	420	33
16	430	35
18	440	37
20	450	40
22	460	43
24	470	45
26	480	48
28	490	51
30	500	54

Inercia respecto línea neutra = I_b - (Y L_{neutra})² · suma (áreas) = 1975230,275 mm⁴
 Altura L_{neutra} = Suma(A·Yg)/Suma(A) = 22,66 mm
 Modulo resistente real = L_{LN} / Y_{max} = 37738,14 mm³
 Y_{max} = 52,34 mm
 Gc(Costado) = 2,56 / ((3072 · t' / w) + 1,36) = 0,41 Área de la sección → 1,92
 KI = 1/15(Gc)² · 6 · Gc + 1,45 = **0,97** Longitud del Refuerzo → 34,3944
 Modulo Interpolación [mm³] = 32000 Peso del Refuerzo → 101,8954737
 Modulo Requerido = **31085,12**
31085,12 < 37738,14 Cumple

Vagras de Cubierta

t (mm) = 5	c (mm) = 105	w (mm) = 180
t ₁ (mm) = 5	h (mm) = 105	F (mm) = 87
t ₂ (mm) = 5		M. Necesario = 725000 mm ³

Sección	Area	Yg	Area · Yg	Ip=1/12 · b · h ³	Ib=Ip + Area · Yg ²
1	2 · F · t ₁ = 870,00	t + t ₁ / 2 = 7,50	6525,00	906,25	49843,75
2	2 · h · t ₁ = 1050,00	t + h / 2 = 57,50	60375,00	482343,75	3953906,25
3	t ₂ · c = 525,00	t+h+t ₂ /2 = 112,50	59062,50	1093,75	6645625,00
4	w · t = 900,00	t/2 = 2,50	2250,00	1875,00	7500,00
Total	3345,00	Y L_{neutra} = 38,33	128212,50		10656875,00

Eslera, L, m	Módulo de Vagra (cm ³) Longitud Vagra
6	65
8	68
10	72
12	75
14	79
16	82
18	85
20	89
22	93
24	96
26	99
28	103
30	106

Inercia respecto línea neutra = I_b - (Y L_{neutra})² · suma (áreas) = 5742541,62 mm⁴
 Altura L_{neutra} = Suma(A·Yg)/Suma(A) = 38,33 mm
 Modulo resistente real = L_{LN} / Y_{max} = 80124,31 mm³
 Y_{max} = 71,67 mm
 Gc(Fondo) = 2,56 / ((3072 · t' / w) + 1,36) = 0,41 Área de la sección → 2,45
 KI = 1/15(Gc)² · 6 · Gc + 1,45 = **0,97** Longitud del Refuerzo → 75,9032
 Modulo Interpolación [mm³] = 77000 Peso del Refuerzo → 286,3550689
 Modulo Requerido = **74798,56**
74798,56 < 80124,31 Cumple

Mamparos

Mamparos	Ancho (m)	Alto (m)	Tipo de Nucleo	Espesor			Total	Peso
				núcleo	lam. Popa	lam. Pro		
Pique de proa	0,94	1,53	PVC H115	12,00	1,75	1,75	15,50	22,99
Pique de popa	3,66	0,91	PVC H130	10,00	3,00	3,00	16,00	54,64
Camrote de popa	4,18	2,20	PVC H64	3,00	1,00	1,00	5,00	47,10
Camarote de proa	3,50	2,18	PVC H64	3,00	1,00	1,00	5,00	39,08

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D2-75

55 kW (75 CV) potencia al cigarral según ISO 8665



Nueva generación del D2 para confort realzado del yate

La nueva generación del D2 de Volvo Penta esta diseñada para cumplir con la legislación ambiental más rigurosa – US EPA Tier 3.

Un nivel de ruido reducido y un bajo régimen de revoluciones a la velocidad de crucero brinda una marcha silenciosa y de bajas vibraciones. El alternador de 115A con sensor de carga incorporado proporciona cargas rápidas para las necesidades de corriente a bordo.



D2-75 con cola 150S



La base de motor ha sido desarrollada desde las aplicaciones industriales y ha sido marinizada respondiendo a las más altas demandas marinas. Esto garantiza un motor fiable y de máxima duración.

Confort

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

Este nuevo motor, con cámaras de combustión reajustadas y menor régimen de funcionamiento – 2700–3000 rpm – junto con un nuevo silenciador de toma de aire, para conseguir un mayor confort a bordo. El nivel de ruido se ha reducido hasta en 3 dBA, partiendo desde niveles ya bajos.

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

El motor tiene instrumentos EVC y interfase NMEA que permite visualizar datos en la pantalla del plotter.

Ambiente

La nueva generación del D2 cumple la legislación ambiental más rigurosa del mundo – US EPA Tier 3. Las emisiones de partículas nocivas son reducidas hasta en un 25%.

El D2-75 se certifica según BSO, EU RCD y US EPA Tier 3.

El turbo

El motor es sobrealimentado con un turbocompresor propulsado por los gases de escape.

El turbo es controlado por una válvula de descarga y produce un par considerablemente elevado a bajas revoluciones.

El turbo actúa también como un silenciador adicional, tanto para la admisión como en el escape.

Postenfriador

El postenfriador enfría el aire de admisión después de ser comprimido por el turbo, ofreciendo un mejor rendimiento en el llenado de los cilindros y consiguiéntemente obteniendo mayor eficacia del proceso de combustión.

Duración

D2-75 tiene como equipo de serie refrigeración por agua dulce, lo que reduce la formación de corrosión en el interior del motor permitiendo a éste trabajar a temperatura óptima y constante en cualquier circunstancia.

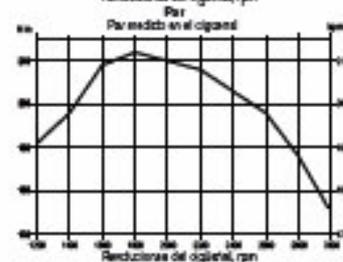
Para evitar la corrosión galvánica el motor lleva un original sistema de aislamiento eléctrico entre el motor y la cola.

Capacidad de carga

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

Transmisiones

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



**VOLVO
PENTA**

D2-75

Descripción técnica:

Motor y bloque

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

Tacos para el motor

- Tacos de goma ajustables para delante y detrás

Sistema de lubricación

- Filtro de paso total tipo "spin-on"
- Tubo separado para el vaciado de aceite
- Ventilación del cárter tipo cerrado
- Un tapón de llenado de aceite encima del motor y otro a un costado

Sistema de combustible

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

Sistema de admisión y escape

- El colector de escape está refrigerado por agua dulce y el codo por agua salada
- Turbocompresor tipo válvula de descarga

Sistema de refrigeración

- Por agua dulce, de control termostático
- Cambiador de calor tubular y depósito de expansión incorporado
- Bomba de agua salada rodete fácilmente accesibles

Sistema eléctrico

- 12V, protegido contra corrosión
- Alternador de 115A adaptado a uso marino
- Opcionalmente con sistema eléctrico y alternador de 24V
- Regulador de carga con sensor electrónico para compensar pérdidas de tensión
- Bujía de incandescencia para arranques en frío sin problemas
- Motor de arranque eléctrico (potencia 2,0 kW)
- Faro eléctrico
- Cables de prolongación con conexión rápida de diferente longitud

Instrumentos EVC

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

Opciones:

- Instrumentos separados para:
 - Nivel de combustible
 - Temperatura de refrigerante
 - Voltímetro
- Panel LCD con multisensor
- Interfase NMEA permite visualizar datos en la pantalla del plotter

Opciones de transmisión:

HS25A hidráulico - inversor con eje de salida en ángulo de 8°. Kit de trolling valve disponible como opción.

- Ratio: 2,29:1/2,29:1 (Giro dcha/izq.) y 2,7:1/2,7:1:1 (Giro dcha/izq.)

MS25A mecánico - inversor con eje de salida en ángulo de 8°.

- Ratio: 2,23:1/2,74:1 (Giro dcha/izq.) y 2,74:1/2,74:1 (Giro dcha/izq.)

MS25L mecánico - inversor con salida recta.

- Ratio: 2,27:1/2,10:1 (Giro dcha/izq.) y 2,74:1/2,72:1 (Giro dcha/izq.)

Cola 150S. La cola puede instalarse con el motor inversor. Ratio 2,10:1. La cola es también disponible en versión SR.

Accesorios

- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha
- Mandos del motor y sistema de dirección
- Kit extra de alternador
- Batería e interruptor
- Sistema para agua caliente
- Depósitos de expansión separados
- Toma de agua de refrigeración, filtro de agua marina y mangueras
- Sistema de escape y piezas de paso para el mismo
- Sistema de combustible, incl. filtro, tuberías, etc.
- Poleas y consolas universales para toma de fuerza
- Sistema de ejes para hélices y hélices
- Productos químicos - pinturas, aceites, detergentes, etc.

Contáctese a su concesionario Volvo Penta para más información.

No todos los modelos, equipamiento de serie y accesorios están disponibles en todos los países. Las especificaciones pueden modificarse sin previo aviso. Las especificaciones del motor ilustrado pueden diferir algo de las de serie.

Datos Técnicos

Modelo.....	D2-75
Potencia al cigüeñal, kW (CV).....	55 (75)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV).....	53 (72)
Revoluciones, rpm.....	2700-3000
Cilindrada, l.....	2,2
Número de cilindros.....	4
Diámetro cilindros/carrera, mm.....	84/100
Relación de compresión.....	23,3:1
Peso en seco con inversor HS25A/MS25, kg.....	264/258
Peso en seco con cola 150S, kg.....	264

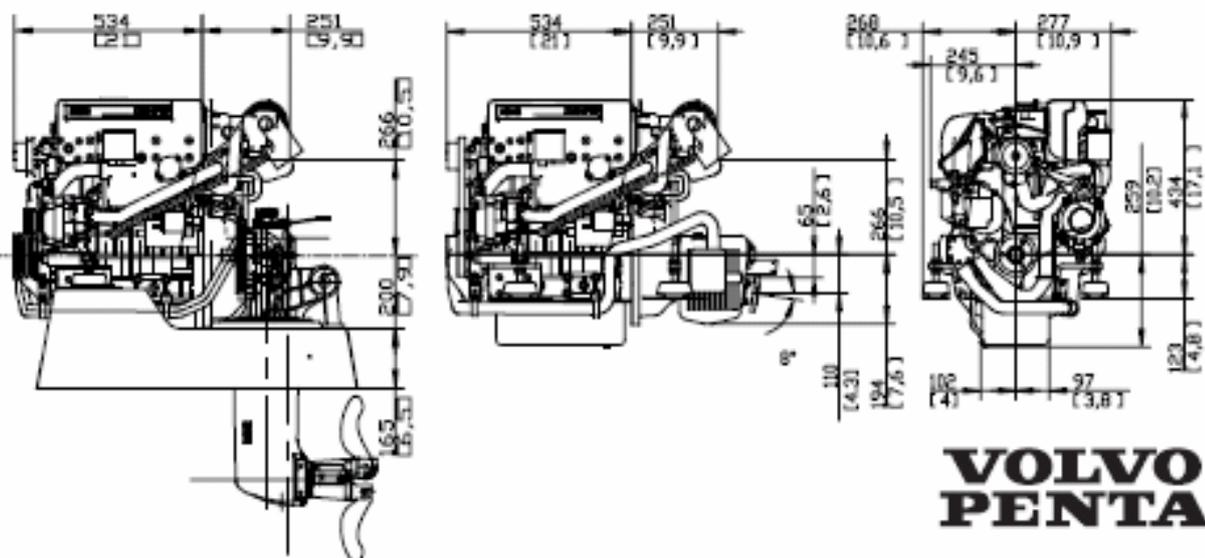
Potencia: R3

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influye la potencia y el consumo de combustible.

El motor se certifica según ISO, EU RCD y US EPA Tier 2.

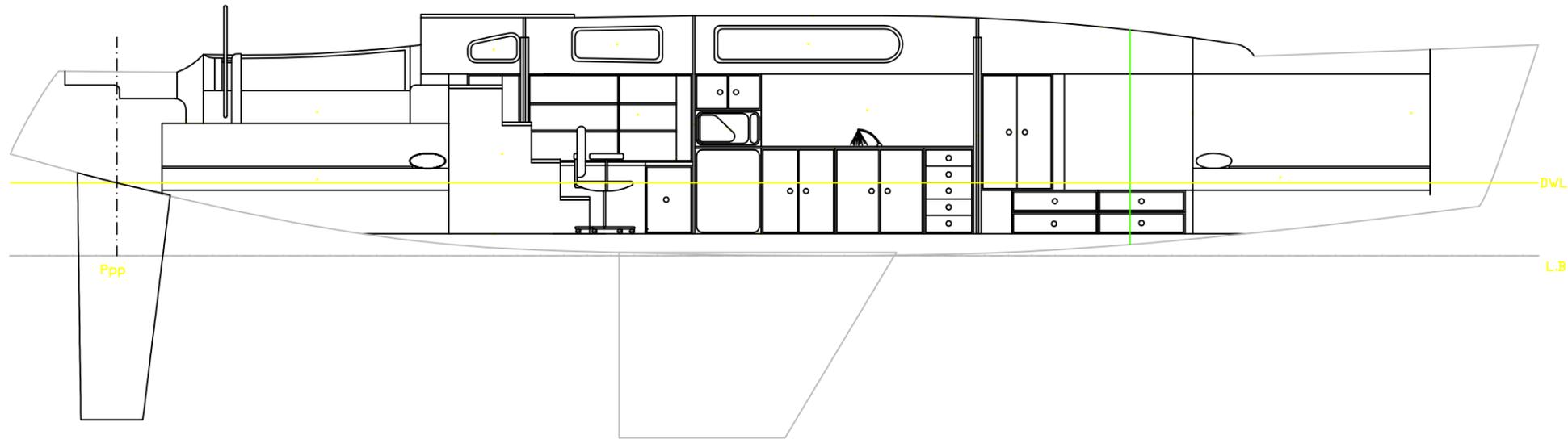
Dimensiones D2-75/150S/MS25A

No para instalación

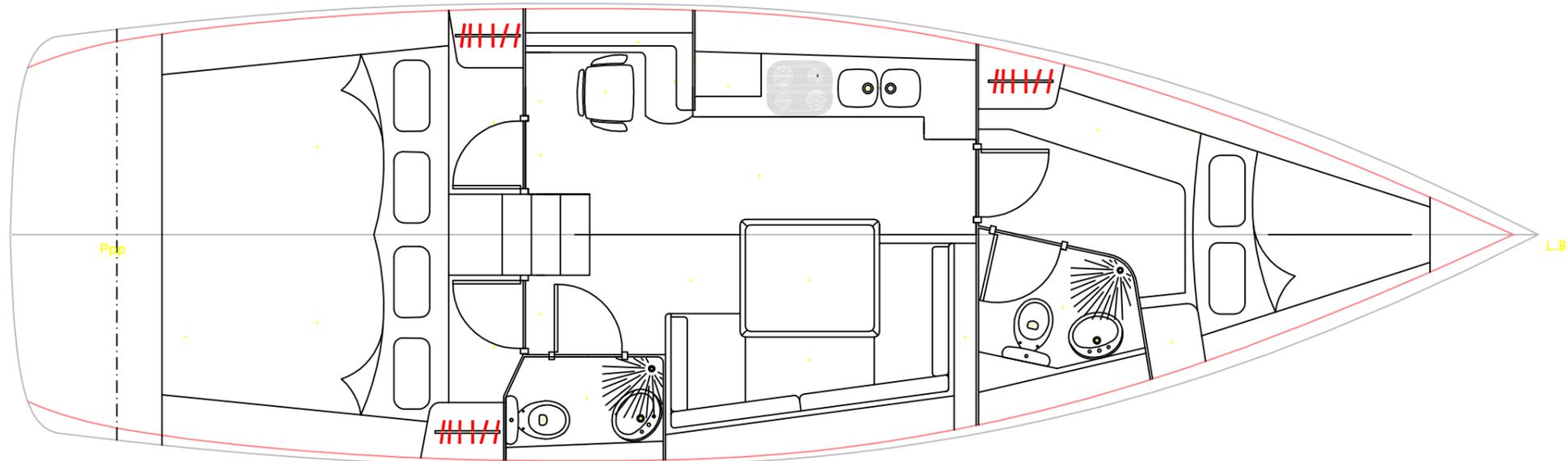


VOLVO PENTA

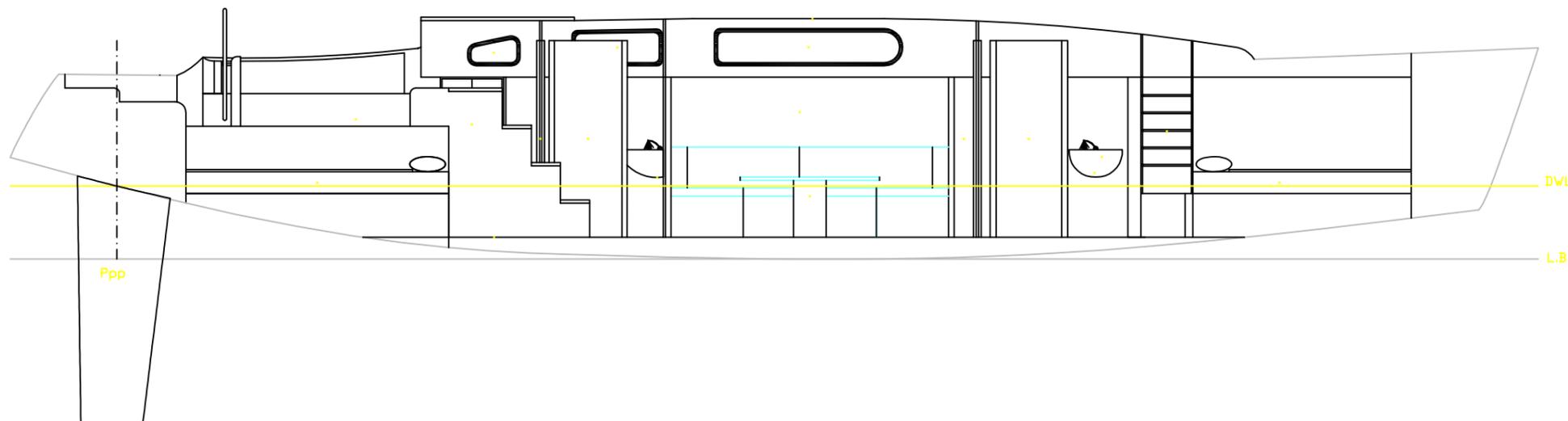
AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.abvolvopenta.com



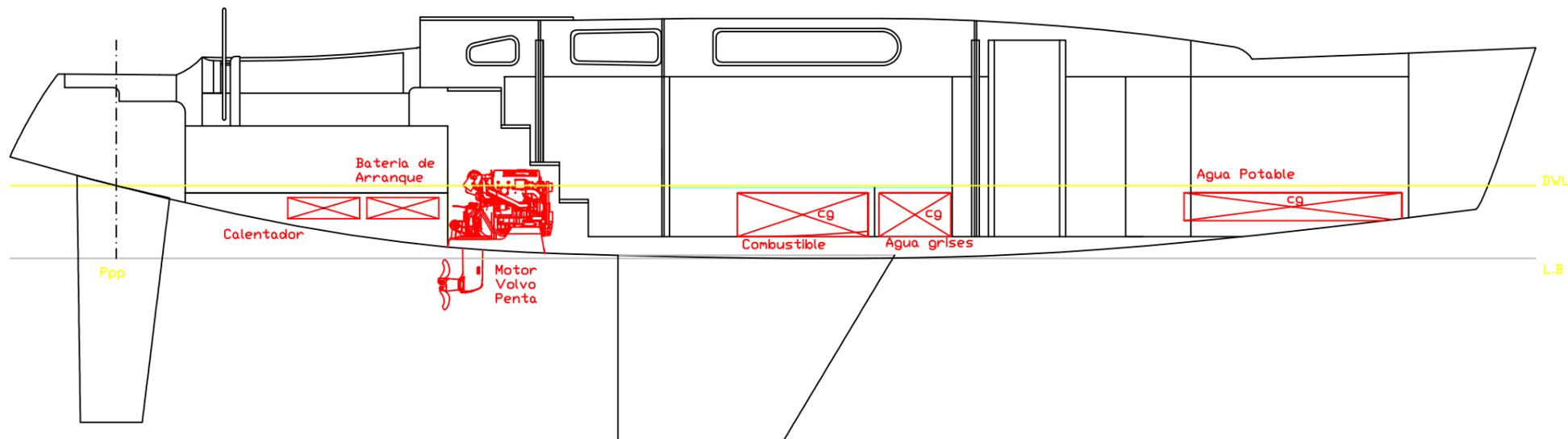
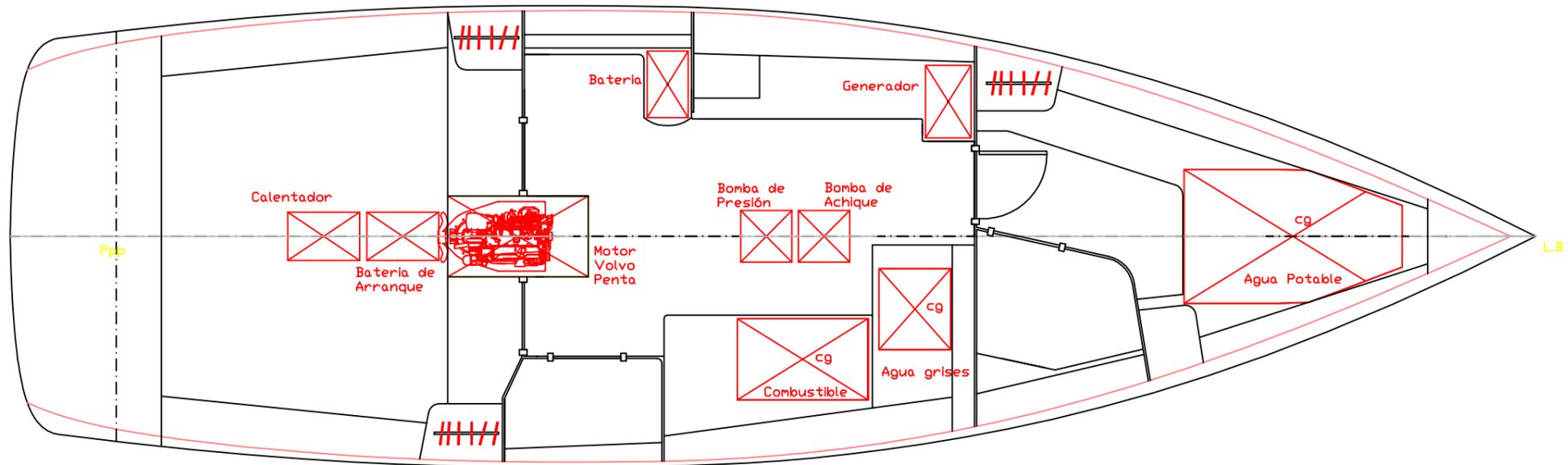
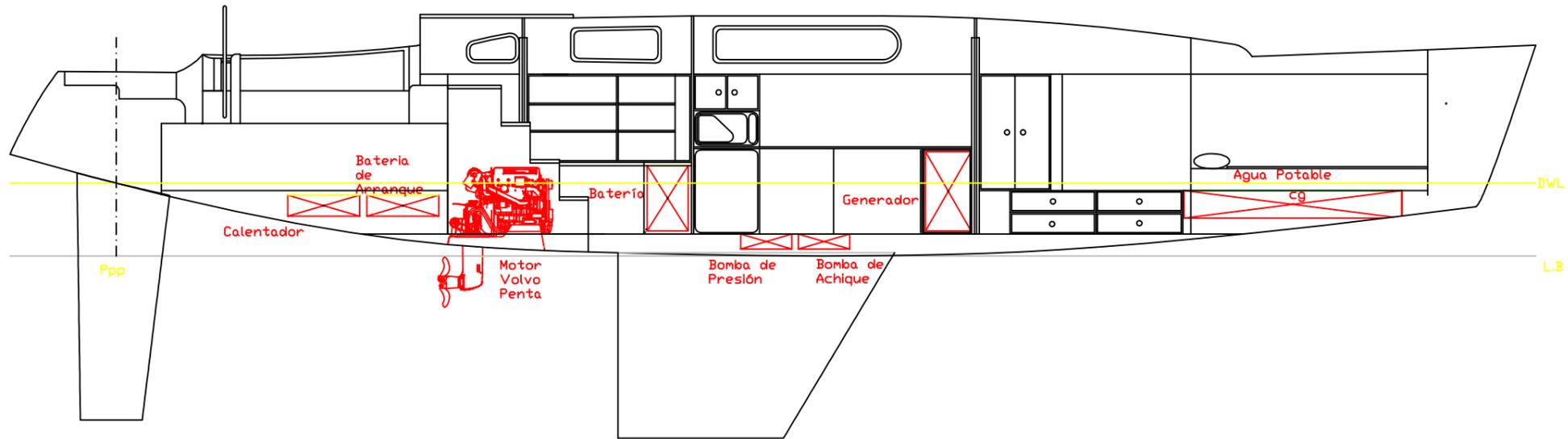
HABILITACIÓN	Peso	LCG	TCG	VCG
Mamparos divisorios	39,08	7,89	1,10	0,00
Camas	20,00	10,67	0,72	0,00
Asientos	6,00	8,99	0,40	-9,96
Armario Estribor	10,00	9,62	1,17	0,99
Armario Babor	10,00	8,25	1,13	-1,41
Paneles laterales camas	3,00	9,86	1,31	0,00
Paneles frontales cama	3,00	11,86	1,26	0,00
Puertas	5,00	7,89	1,10	-0,47
Escotillas	8,00	9,03	2,10	0,00
TOTAL --	104,08	8,89	1,08	-3,64
Suelo y Plataforma Ducha	13,00	8,67	0,20	-0,66
W.C. y Tuberías	19,00	8,39	0,50	0,83
Lavabo	5,00	8,98	0,79	0,97
Mamparos divisorios	5,00	9,24	0,93	0,25
Puertas	5,00	8,39	1,10	0,30
TOTAL --	47,00	8,62	0,58	0,68
Suelo	22,00	5,26	0,20	0,42
Sofá	15,00	6,35	0,25	1,15
Mesas	15,00	6,35	0,25	0,42
Armario de Proa	10,00	7,76	1,10	0,93
Escotillas	4,00	6,39	2,20	0,38
Portillos	4,00	6,34	1,94	1,49
Panel lateral	5,00	6,26	1,34	1,65
TOTAL --	76,00	6,21	0,61	0,77
Suelo	22,00	5,89	0,20	-0,54
Encimera	62,00	6,58	1,00	-1,34
Nevera	15,00	5,90	0,59	-1,37
Horno	10,00	5,60	1,17	-1,37
Fregadero	5,00	6,99	1,00	-1,34
Panel Frontal	5,00	6,88	1,33	-1,63
Cajonera	10,00	6,99	0,59	-1,34
Cajonera	4,00	5,90	1,50	0,00
Escotillas	4,00	6,58	1,16	-1,49
Portillos	4,00	6,58	1,16	-1,49
TOTAL --	137,00	6,32	0,84	-1,19



HABILITACIÓN	Peso	LCG	TCG	VCG
Mamparo divisorio	47,10	5,29	1,20	-1,80
Sillon de estudio	2,00	4,48	0,64	-1,30
Mesa de carta de Navegación	10,00	5,11	0,87	-1,40
Estanteria	5,00	4,78	1,29	-1,76
Portillos	3,00	4,59	1,94	-1,58
TOTAL --	67,10	5,17	1,17	-1,87
Mamparos de división	27,32	3,89	1,10	-1,22
Armarios	10,00	3,53	0,93	-1,83
Camas	20,00	1,84	0,70	-0,81
Puertas	5,00	3,89	1,10	-0,73
Panel lateral	3,00	3,03	1,15	-1,80
Panel Frontal	3,00	0,64	1,23	-0,93
TOTAL --	68,32	3,05	0,97	-1,16
Mamparos de división	27,32	3,88	1,10	0,73
Armarios	10,00	3,21	1,23	1,81
Camas	20,00	1,84	0,70	0,81
Puertas	5,00	3,88	1,10	0,73
Panel lateral	3,00	1,74	1,28	1,80
Panel Frontal	3,00	0,63	1,28	0,93
TOTAL --	68,32	2,95	1,02	0,96
Suelo y Plataforma Ducha	8,00	4,31	0,20	1,50
W.C. y Tuberías	15,00	3,91	0,30	1,69
Lavabo	5,00	4,80	0,75	1,68
Mamparos divisorios	5,00	4,32	1,10	1,11
Puertas	5,00	4,32	1,10	1,11
Portillos	3,00	4,59	1,94	1,58
TOTAL --	41,00	4,24	0,85	1,50

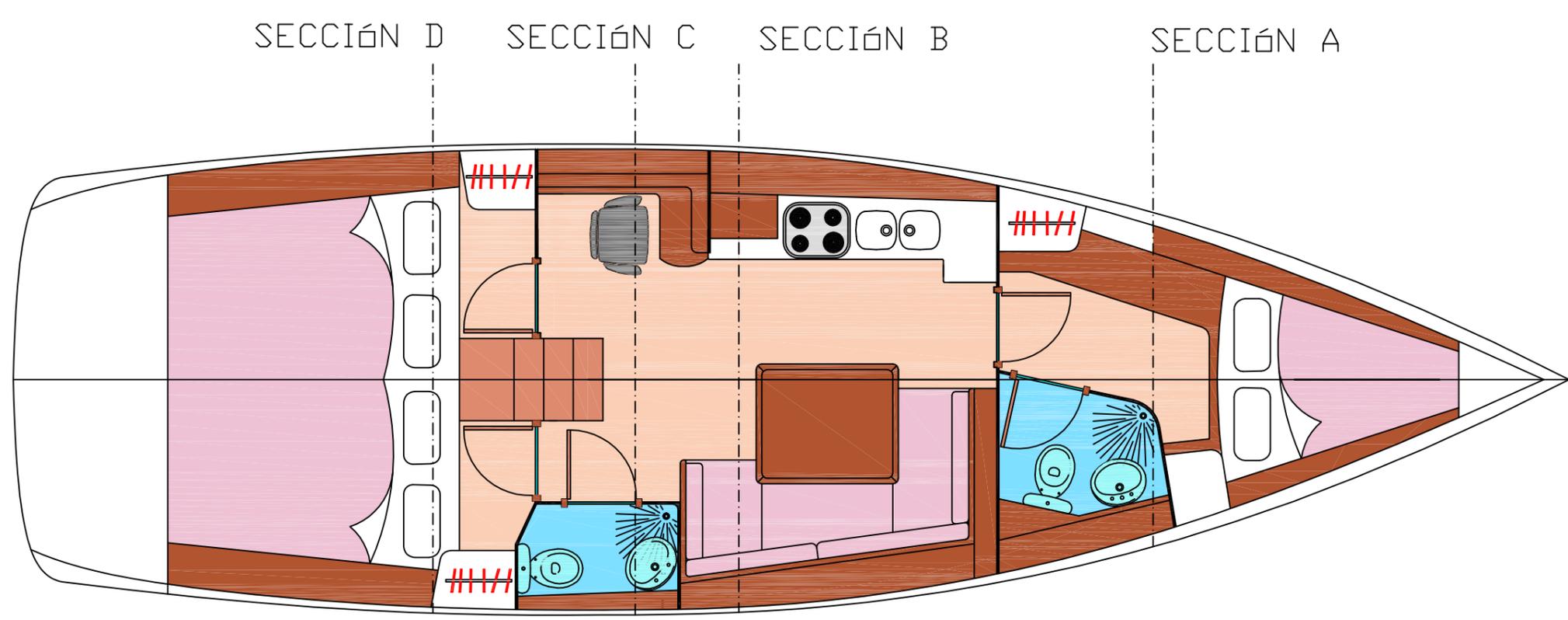
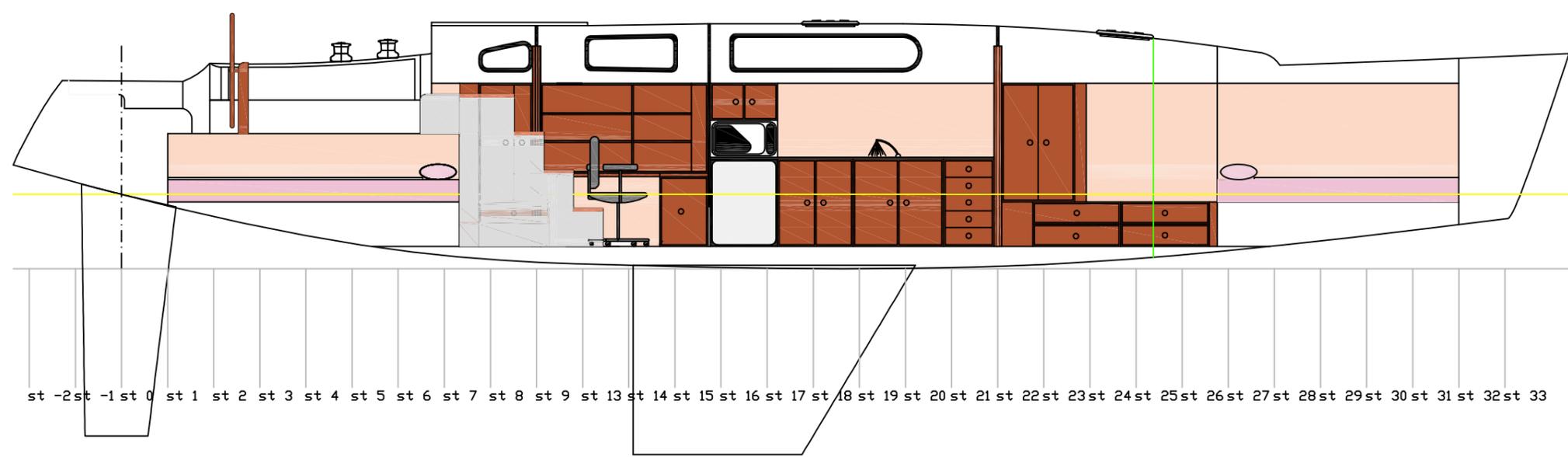


E.U.I.T.NAVAL			
ESCALA	A3	DIBUJADO	
1/50	FECHA	16.02.09	
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ.	
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"			
____ PLANO CENTRO DE GRAVEDAD 1 DE 2 ____			



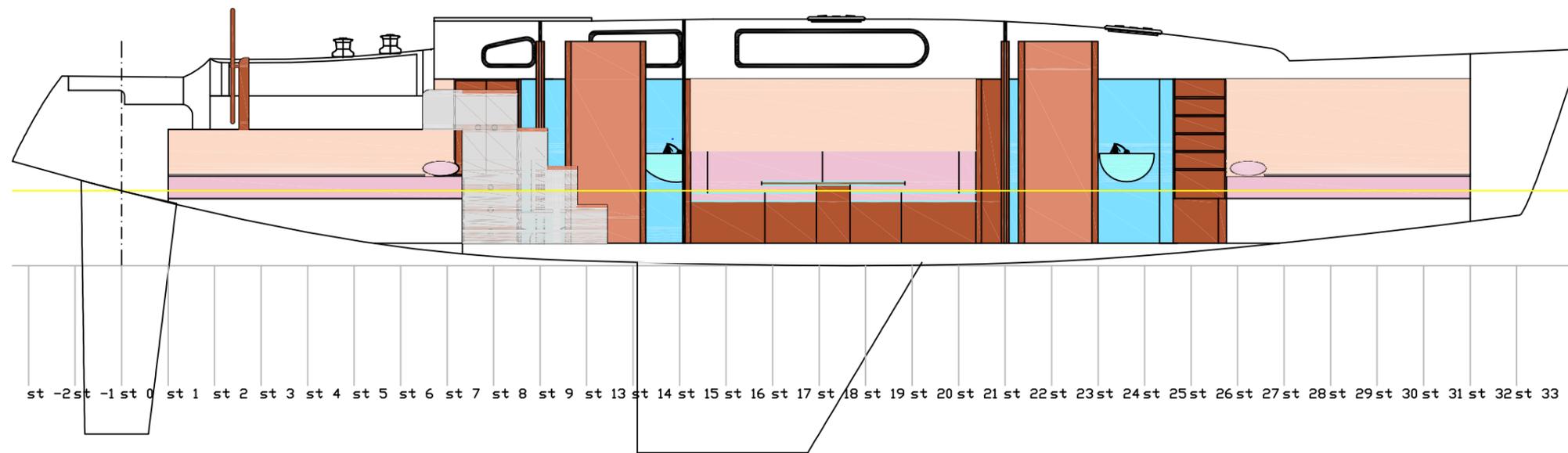
EQUIPOS-ARMAMENTOS-MAQUINAS		Peso	LCG	YCG	VCG
Cámara de Máquina	Motor Volvo Penta D2-75	264.00	3.69	0.29	0.00
	Bateria de Servicio	408.00	5.06	0.53	-1.39
	Bateria de Arranque	64.00	2.63	0.46	0.00
	Generador	260.00	7.64	0.59	-1.24
	Bomba de Presión	24.00	5.97	0.13	0.00
	Pala de timón	22.00	0.00	-1.00	0.00
	Mecanismo Hidraulico	28.00	1.00	0.50	0.00
	Mecha del timon	24.00	0.00	0.00	0.00
	Bombas de Achique	12.00	2.63	0.46	0.00
	Calentador	20.00	1.90	0.46	0.00
TOTAL	1126.00	4.83	0.43	-0.79	
Equipos	Angia	25.00	13.50	1.40	0.00
	Cadena	70.00	12.30	1.26	0.00
	Caja de Cadena	12.00	11.78	1.26	0.00
	Molinete	88.00	12.10	1.45	0.00
TOTAL	195.00	12.30	1.36	0.00	
Carga	Tanque de Combustible	500.00	6.30	1.13	0.40
	Tanques de Agua Dulce	300.00	10.85	0.00	0.48
	Tanque de Aguas Grises	200.00	7.33	0.67	0.40
	Personas	450.00	1.84	2.22	1.00
	Provisiones	280.00	5.62	0.84	-1.00
TOTAL	1730.00	6.90	1.12	0.51	

E.U.I.T.NAVAL		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ.
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"		
____ PLANO CENTRO DE GRAVEDAD 2 DE 2 ____		

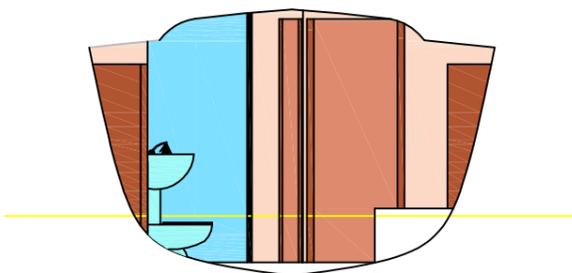


SECCIÓN D SECCIÓN C SECCIÓN B SECCIÓN A

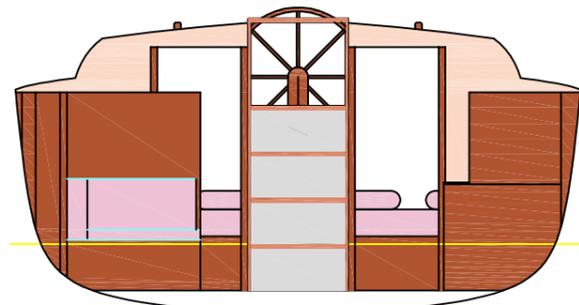
E.U.I.T.NAVAL		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	Guillermo Casado Rodriguez.
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"		
<u>PLANO DE DISTRIBUCIÓN 1 DE 2</u>		



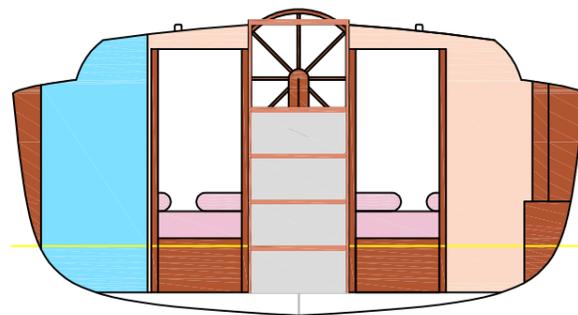
SECCIÓNES TRANSVERSALES



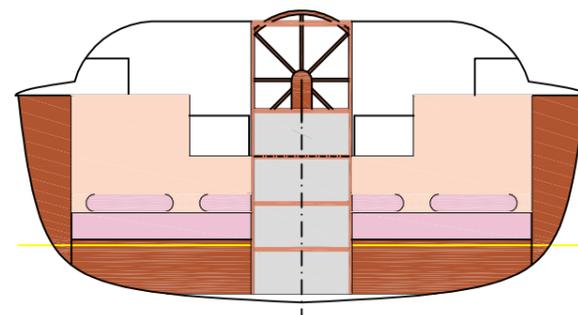
SECCIÓN A



SECCIÓN B

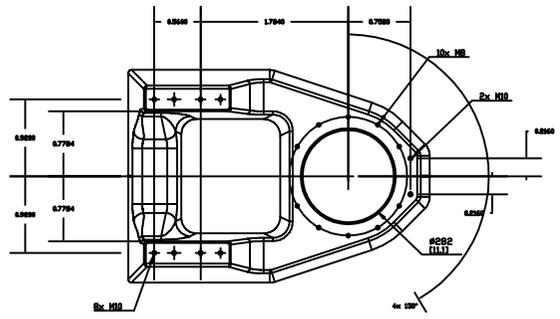
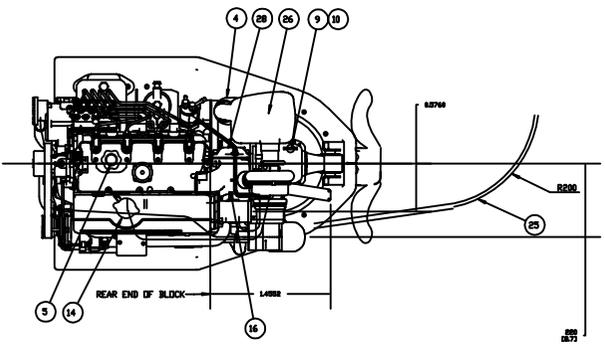
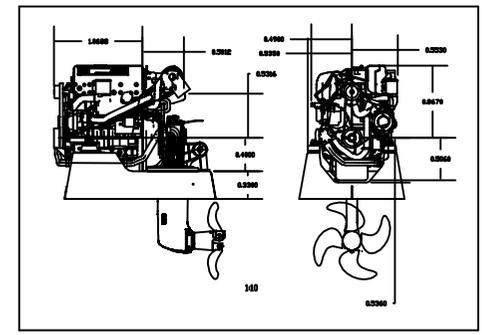
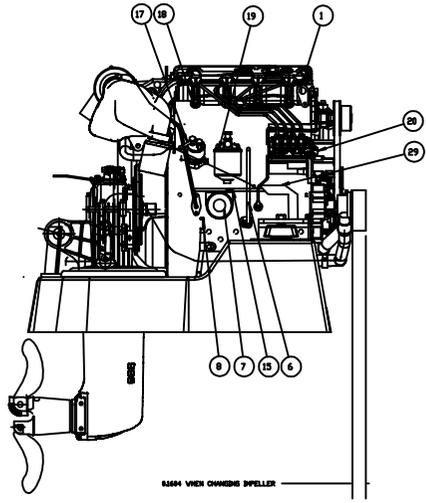
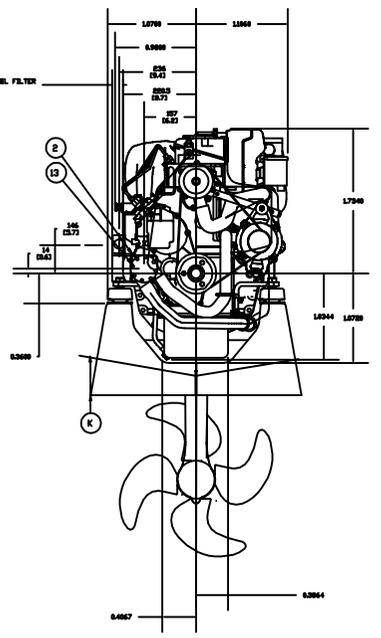
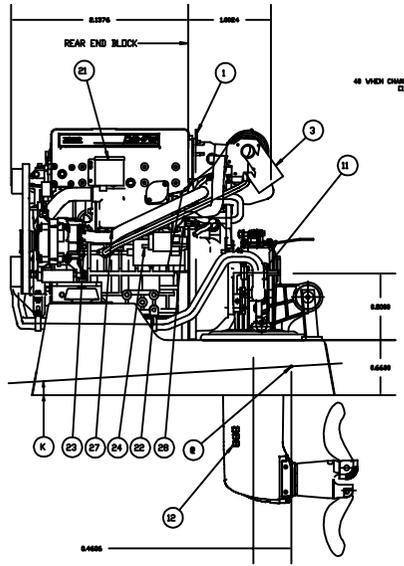


SECCIÓN C

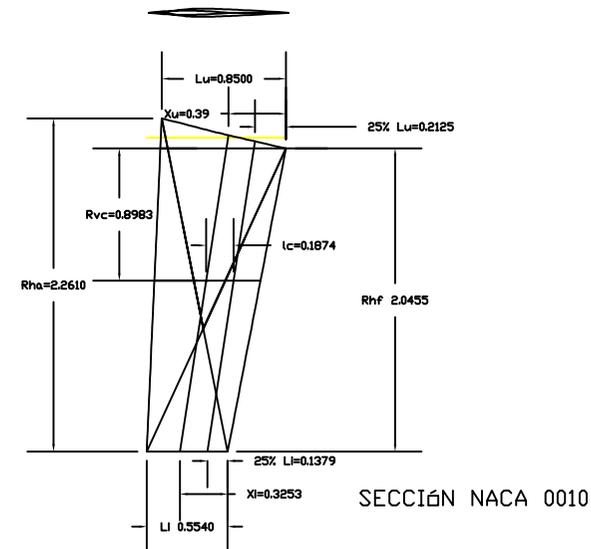
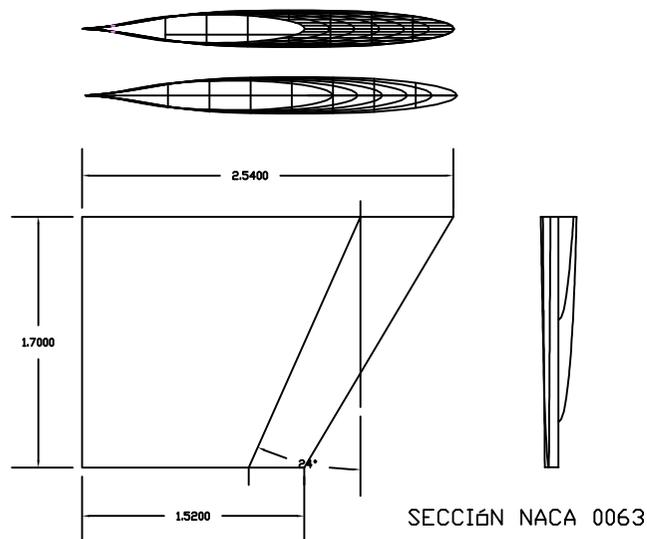


SECCIÓN D

E.U.I.T.NAVAL		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	Guillermo Casado Rodriguez.
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"		
<u>PLANO DE DISTRIBUCIÓN 2 DE 2</u>		



- (K) LOWER EDGE TO BE CUT ACC. TO HULL FROM
 - (A) REF. POINT SEE DIST HANDBOOK PUBL. NO. 7740008
 - (1) LIFTING DEVICE
 - (2) WATER INLET, SEA WATER PUMP FOR HOSE ID 32
 - (3) EXHAUST ELBOW FOR HOSE LB 09
 - (4) AIR FILTER
 - (5) OIL FILLING
 - (6) OIL DIPSTICK ENGINE
 - (7) OIL FILTER
 - (8) OIL BRUSH FOR PUMP, ENGINE
 - (9) OIL DIPSTICK S-BREVE
 - (10) OIL FILLER CAP S-BREVE
 - (11) WATER OUTLET, SEA COCK FOR HOSE ID 32
 - (12) WATER INLET
 - (13) SEA WATER PUMP
 - (14) WATER FILLER CAP FRESH WATER
 - (15) HEAT WATER OUTLET
 - (16) HEAT WATER INLET
 - (17) FUEL CONNECTION FOR HOSE LB 9
 - (18) FUEL RETURN CONNECTION FOR HOSE LB 9
 - (19) FUEL FILTER
 - (20) SPEED CONTROL LEVER
 - (21) CONNECTION BOX FOR EXTENSION CABLE
 - (22) BATTERY NEGAS (-) CONNECTION
 - (23) PLUS (+) CONNECTION FOR CHANGING DISTRIBUTOR
 - (24) STARTER BATTERY PLUS (+) CONNECTION
 - (25) GEAR SHIFT CONTROL CABLE
 - (26) AIR INLET SILENCER
 - (27) WATER BRUSH, FRESH WATER
 - (28) WATER BRUSH, SEA WATER
 - (29) THROTTLE CONTROL CABLE
- SCALE 1:5



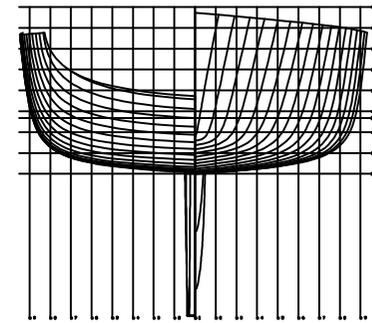
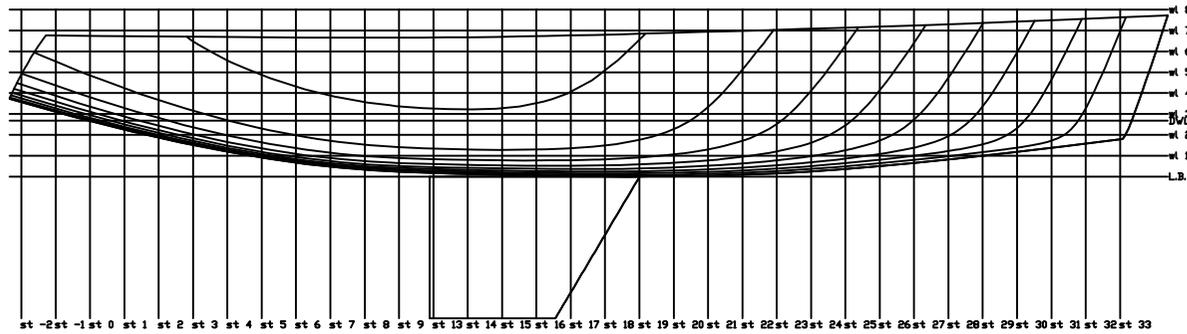
Cálculo de la Quilla	
Larssón→ 2,75 % - 3,5 % de SA→	3,32 m ² 4,23 m ²
S. Véllica→	120,82 m ²
Datos→	Area Quilla= 4,23 m ²
	Calado Quilla= 1,70 m
	Calado Casco= 0,52 m
	Calado Total= 2,22 m
	% S.A.= 3,50 %
Relación de Convergencia(Tk) = Cinf/Csup	
Arg = Calado/Cm	Arg = 1,09
Are = 2 · Arg	Are = 2,18
(Cinf + Csup) = (2 · Area Quilla / Calado Quilla)	4,97
Cm = (Csup + Cinf) / 2	Cm = 2,03
Escantillado de los pernos de la Orza	
Ar = root area = Cs · t root · 0,62 =	0,38 m² Dkb = √(2,55 · Wk · Yk / (Sli · Sy))
At = tip area = Ci · t tip · 0,62 =	0,18 m² Dkb = 8,81
Yk = (tk · (Ar + 2√(Ar · At) + 3At)) / (4 · (Ar + At + √(Ar · At)))	= 265,00 mm
Vk = (tk · (Ar + √(Ar · At) + At)) / 3 =	0,53 m³ t root = 0,2423
Sy = Tensión mínima de Rotura =	35,3 Kg/(mm²) t tip = 0,1917
Sli = Sumatoria de distancias tranversales desde c. pernos al eje orza =	1035
Peso de la orza =	4200 Kg

C.Sp.	C.In.	R.C.
2,30	1,76	0,77
2,40	1,66	0,69
2,50	1,56	0,62
2,54	1,52	0,60
2,60	1,46	0,56
2,70	1,36	0,50
2,80	1,26	0,45

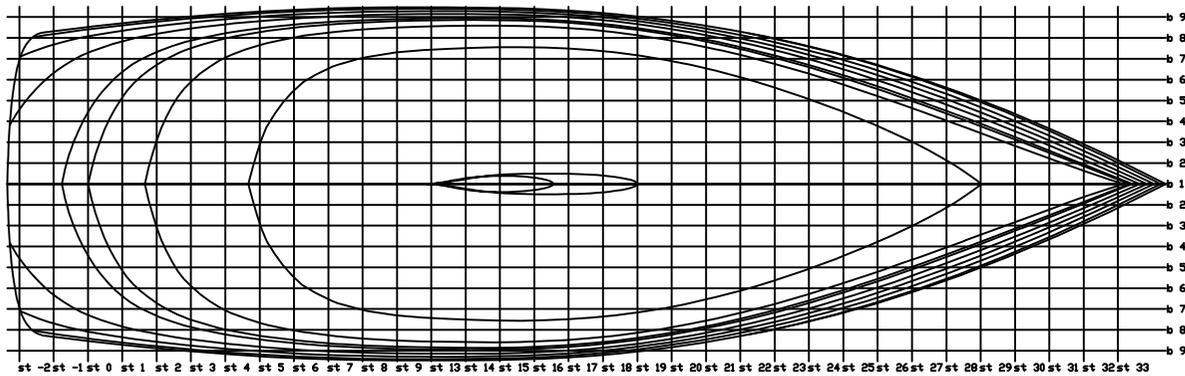
Cálculo del Timón		
Larssón→ 2,00 % de SA→	1,208 m ²	2,42 m ²
S. Véllica→	120,82 m ²	
Datos→	Area Timón= 1,68 m ²	
	Calado Timón= 2,26 m	
	% S.A.= 1,39 %	
Relación de Convergencia (Tk) = Cinf/Csup		
Arg = Calado/Cm	Arg = 1,43	
Are = 2 · Arg	Are = 2,87	
(Cinf + Csup) = (2 · Area Timón / Calado Timón)	1,49	
Cm = (Csup + Cinf) / 2	Cm = 1,55	
Mecha del Timón		
Alr = 1,68	Radio de la Mecha del Timón:	
C timón = 2,26	Are = 2 (Rhu + Rhf) / (C.sup + C. Inf) =	6,1521
Rhu = 2,26	C = 0,11 / (1 + (32 / Are)) =	0,02
Rhf = 2,05	Clr = C · αo =	0,33
αo = 18,75	Fr = 0,5 · ρ · V ² · Alr · Clr =	5694,00
Vcasco = 4,46	Tr = lc · Fr =	1067,06
lc = 0,19	Mr = Rvc · Fr =	5067,66
Rvc = 0,89	d = 32 / (π · σc) · ((Mr / 2 + Mr ² + 4 · Tr ²) ^{1/2}) ^{1/3} =	5,3404

C.Sp.	C.In.	R.C.
0,85	0,55	0,65
0,85	0,64	0,75
0,90	0,59	0,65
0,95	0,54	0,56
1,00	0,49	0,49
1,10	0,39	0,35
1,20	0,29	0,24

E.U.I.T.NAVAL		
SCALE	A4	DEBUNDO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"		
PLANO APENDICES		

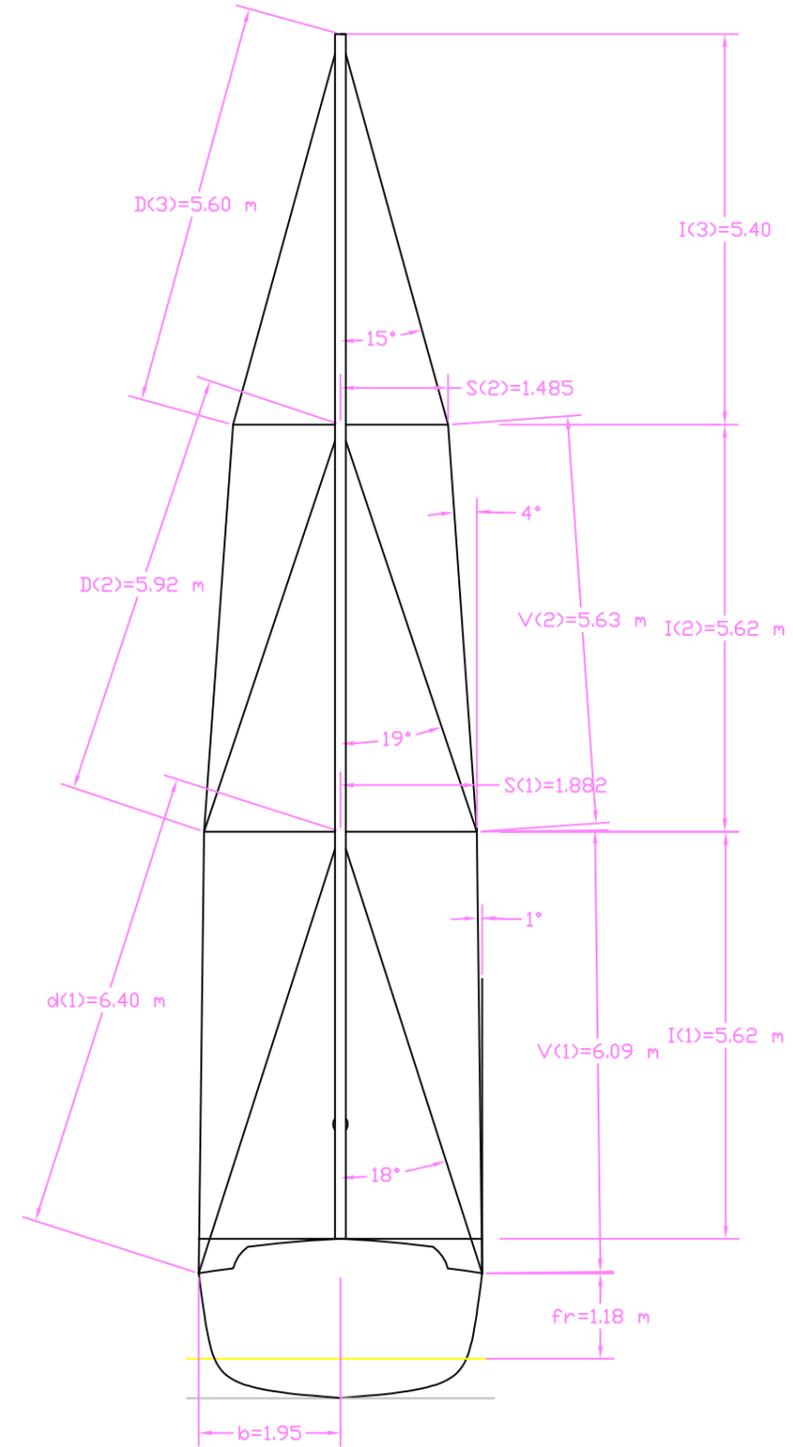
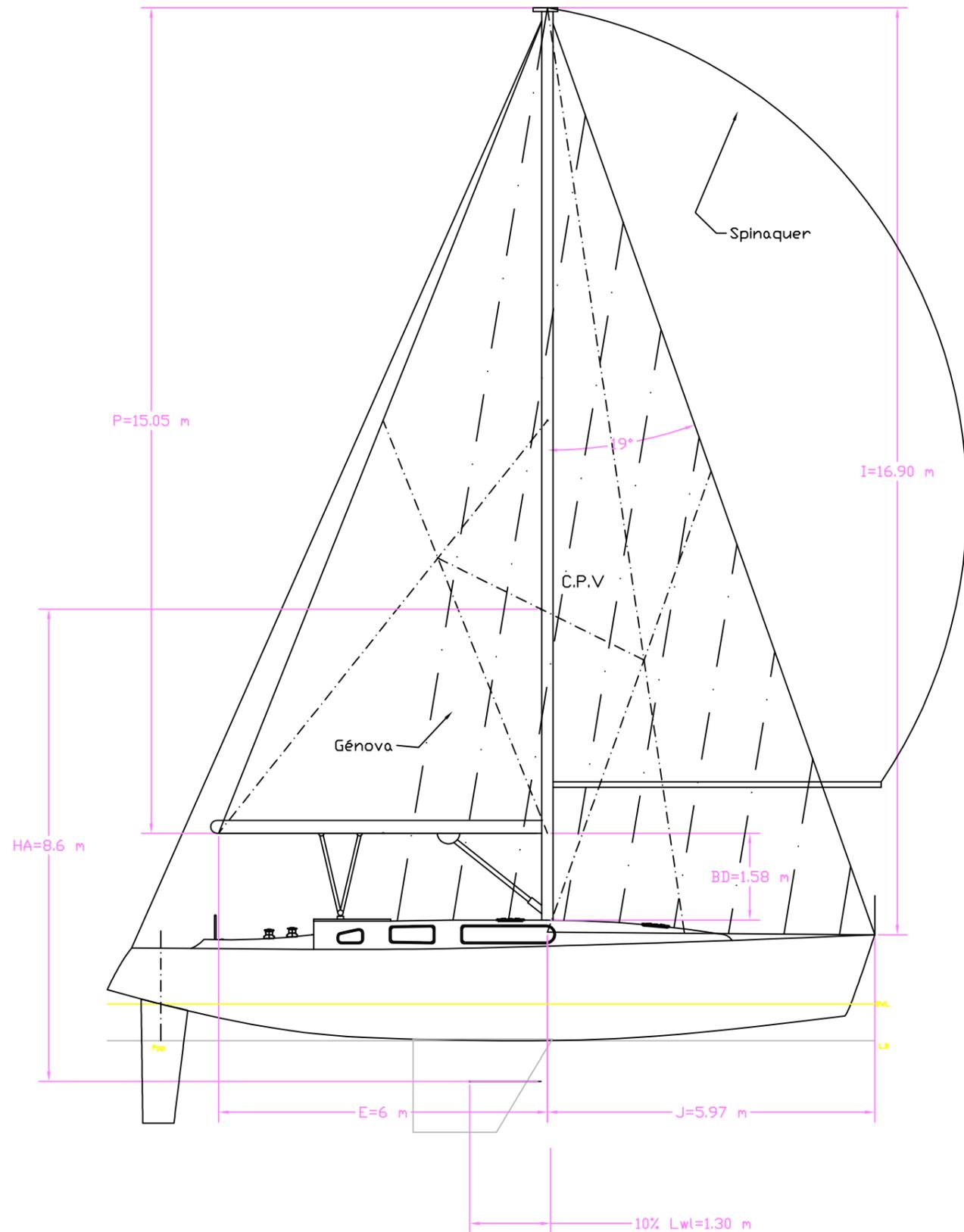


SEPARACIÓN DE CUADERNAS 415 MM
 SEPARACIÓN DE LINEA DE AGUA 250 MM
 SEPARACIÓN DE LINEAS LONGITUNALES 250 MM



Concepto	Valores Intermedios	Datos Diseño
Esloza total (Loa)	13,0 m - 14,9 m	14,00 m
Esloza en la flotación (Lwl)	8,80 m - 13,5 m	12,00 m
Manga máxima (B)	3,60 m - 4,90 m	4,20 m
Calado máximo (T)	1,20 m - 2,80 m	2,20 m
Calado en el casco (Tc)	0,51 m - 0,96 m	0,45 m
Desplazamiento rosca (Δr)	3175 Kg - 19000 Kg	10500 Kg
Lastre	2394 Kg - 8119 Kg	4200 Kg
S.V. ceñida (SA)	51 m ² - 137 m ²	98,630 m ²
Potencia (Hp)	23 Hp - 93 Hp	75 Hp
Capacidad de combustible	160 L - 910 L	300 L
Capacidad agua	300 L - 1000 L	500 L
Nº Pasajeros	4 Per - 12 Per	6 P
Superficie mojada (Sm)	32000 - 46000	43,562 m ²
Número de Froude (Fn)	0,35 - 0,40	0,357
Posición centro carena (LCB)	4,6 m - 6,2 m	5,270 m
Coefficiente prismático (Cp)	0,52 - 0,59	0,565
Desplazamiento de diseño (Δd)	12500	12500 Kg
Francoabordo de proa (FBpr)	1,5	1,374 m
Vcasco (Nudos)	7,22 - 9,08	7,523 nudos

E.U.I.T.NAVAL		
ESCALA	A4	DIBUJADO
1/100	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14" __PLANO DE FORMAS__		



GENERAL	ELEMENTOS	Área (m ²)	Peso (Kg)	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DEL PLANO VÉLICO Y APAREJOS						
Plano Vélido	Vela M. (650 g/m ²)	45,15	29,35	I (cm ⁴)	I (cm ⁴)	Dimensiones	SM (cm ³)	SM (cm ³)	e (mm)	
	Vela F. (650 g/m ²)	50,45	32,79							
	Génova (650 g/m ²)	75,67	49,19							
	Spinaquer (650 g/m ²)	148,00	96,20							
	TOTAL →	319,27	207,52							
Aparejos Vélidos	Mastil	Mayor	66,7152	191	413	155/104	36,7	45,9	3,05	
	Botabara	32,16	325	1190	200/117	55,5	112	2,8		
	Cruceta 1	4,68	205	122	121/92	28,9	26,5	3		
	Cruceta 2	5,93	205	122	121/92	28,9	26,5	3		
	Jarcias firmes	Cables	Peso (Kg)	Diam (mm)	Br. Str	Rigging Svrew	Chainplate lug (mm)			
		D1	1,06	6	30000	7/16 (in) 46100 N	a=36	b=10	c=21	d=14
		D2	0,82	5,5	25700	7/16 (in) 46100 N	a=30	b=10	c=18	d=14
		D3	1,83	8	53500	5/8 (in) 93200 N	a=40	b=13	c=25	d=16
		V1	1,37	7	40900	1/2 (in) 66700 N	a=38	b=12	c=24	d=16
		V2	0,23	3	7700	1/4 (in) 14700 N	a=20	b=5	c=12	d=8,5

E.U.I.T.NAVAL.

ESCALA
1/100

A3

FECHA

NOMBRE

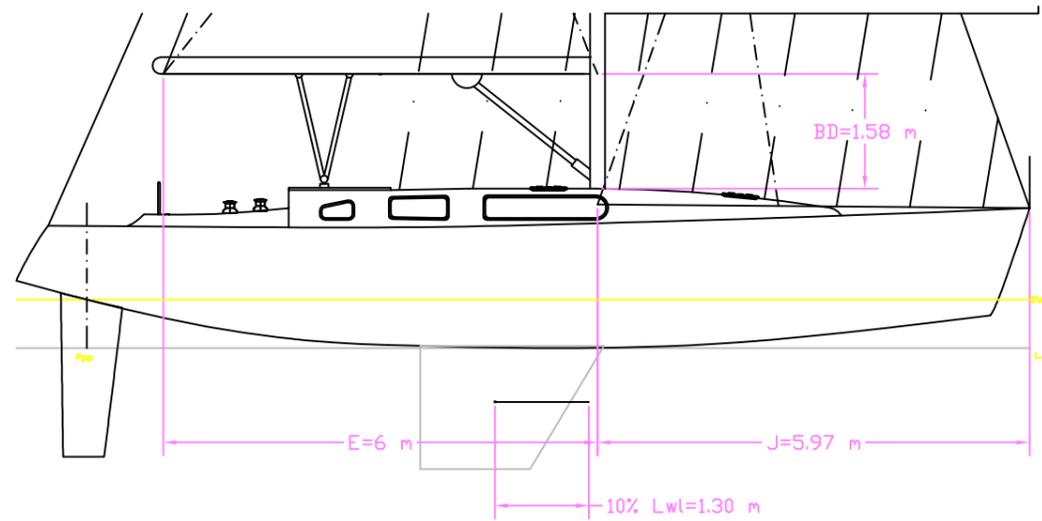
DIBUJADO

16.02.09

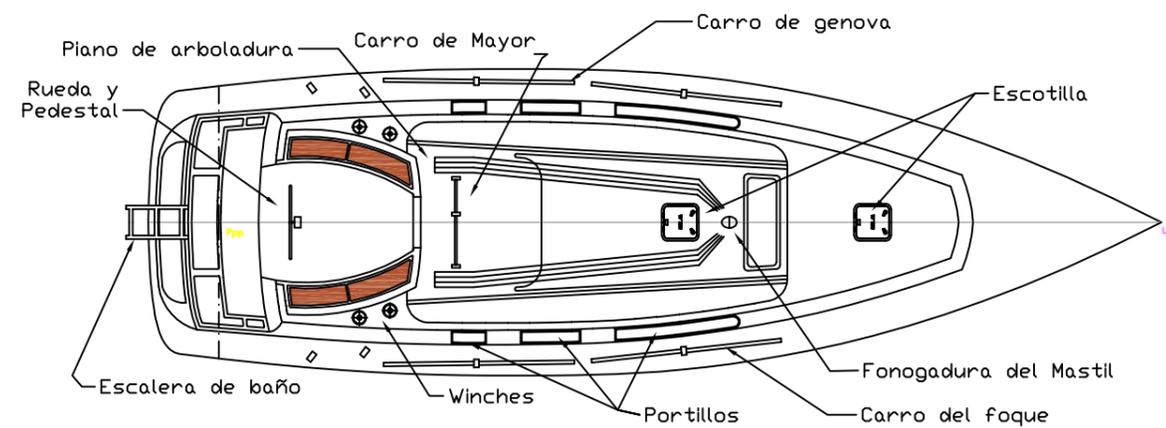
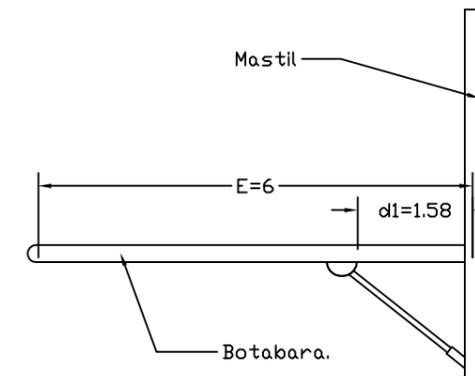
GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ

PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"

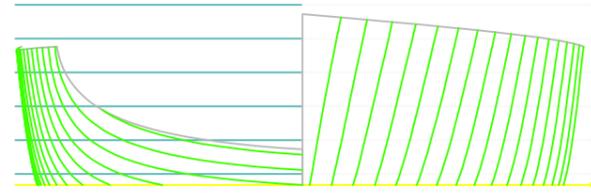
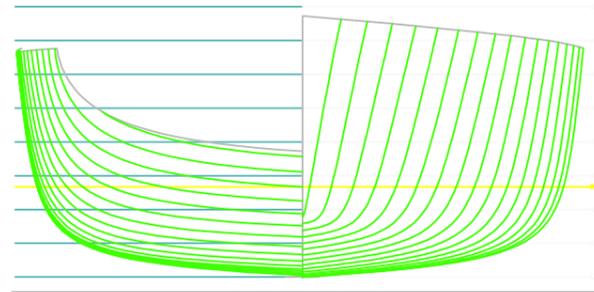
PLANO VÉLICO Y APAREJOS 1 DE 2



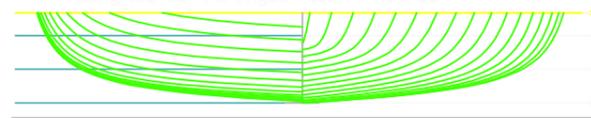
DETALLE DE BOTAVARA



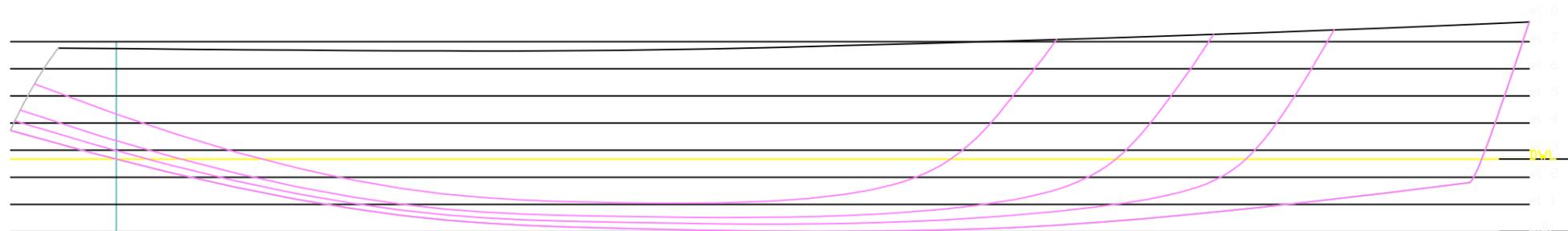
E.U.I.T.NAVAL.		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/100	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14" <u>PLANO VÉLICO Y APAREJOS 2 DE 2</u>		



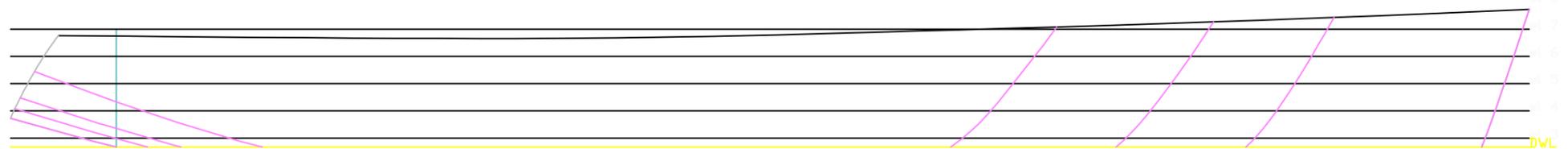
Longitud de Cuadernas 59,69 metros



Longitud de Varesas 116,44 metros



Longitud de Dulas 133,663 metros



Longitud de Costados 18,84 metros



Longitud de Fondos 31,98 metros

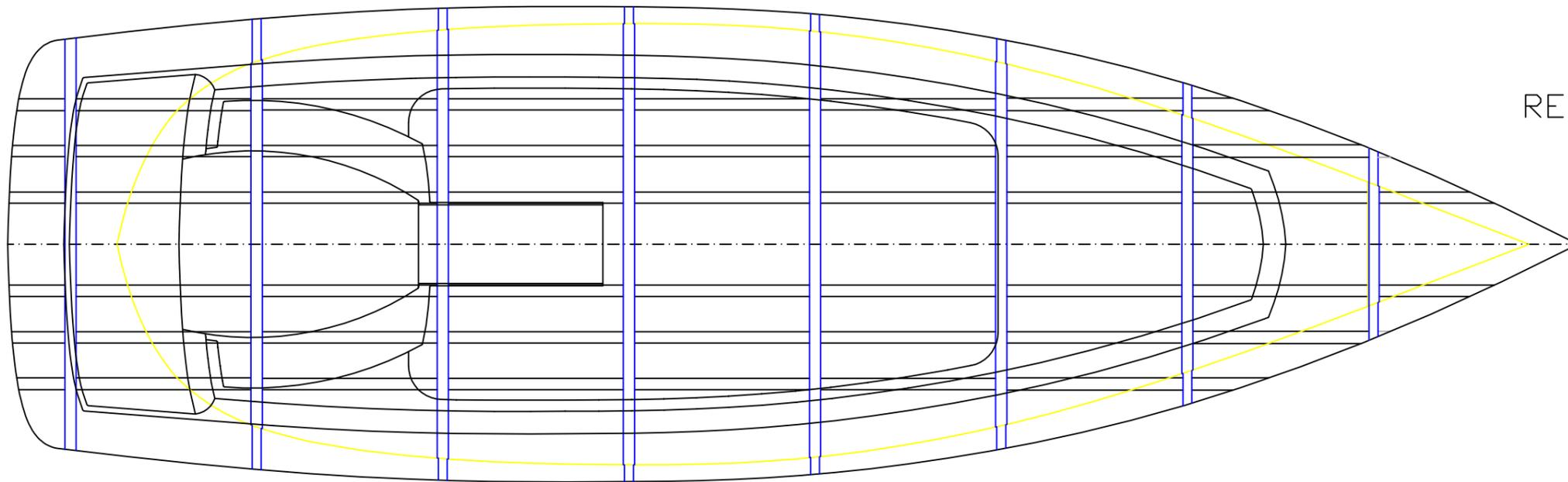
VARENGA	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	5,04 106,44 827,75
CUADERNAS	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	2,01 59,69 185,13
LONGITUDINALES DEL FONDO	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	5,62 50,98 441,76
LONGITUDINALES DEL COSTADO	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	3,18 18,84 92,44
BULARCAMAS DEL CENTRO	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	12,01 12,03 222,96
BULARCAMAS LATERALES	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	6,65 9,94 101,96
BAOS DE CUBIERTA	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	1,92 34,39 101,90
VAGRAS DE CUBIERTA	Área de la sección→ Longitud del Refuerzo→ Peso del Refuerzo→	2,45 75,90 286,36

E.U.I.T. NAVAL

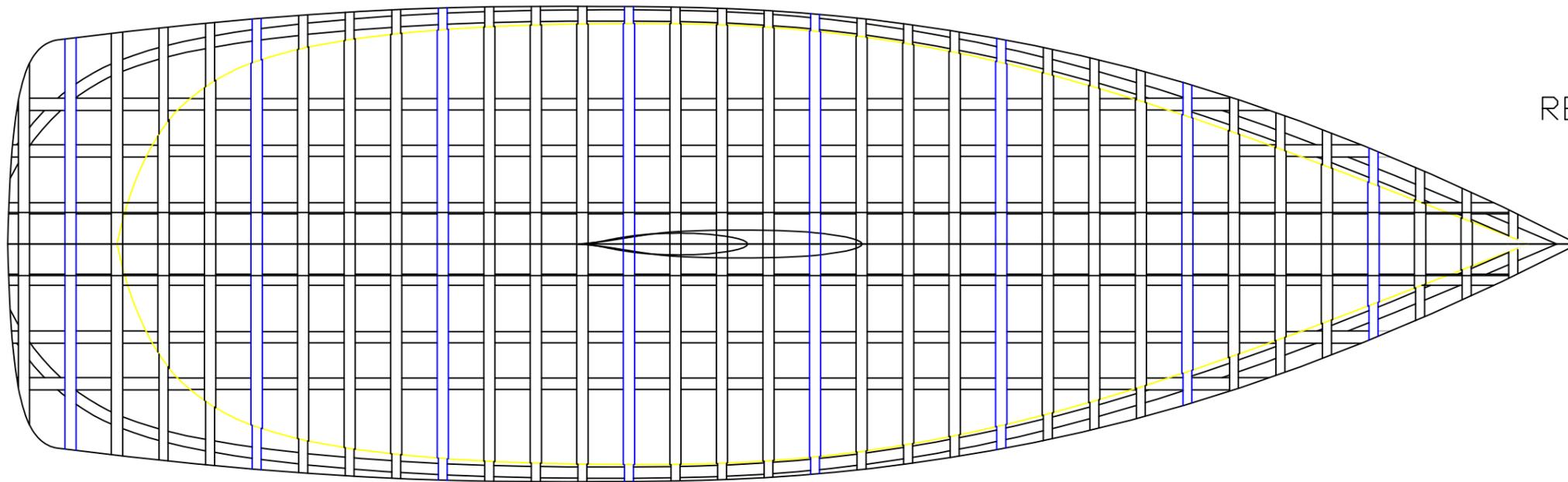
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ.

PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"

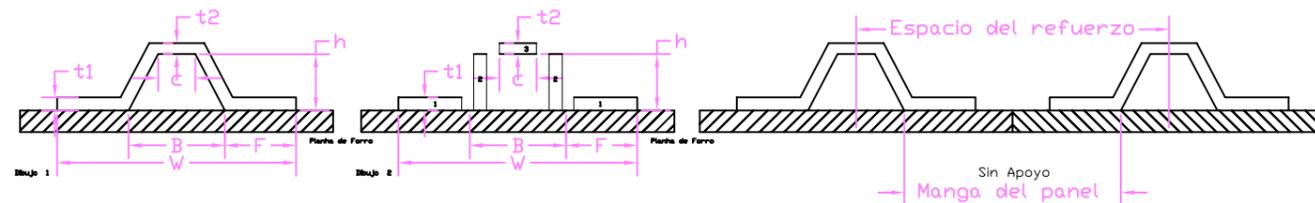
PLANO DE REFUERZOS 1 DE 2



REFUERZOS DE CUBIERTA

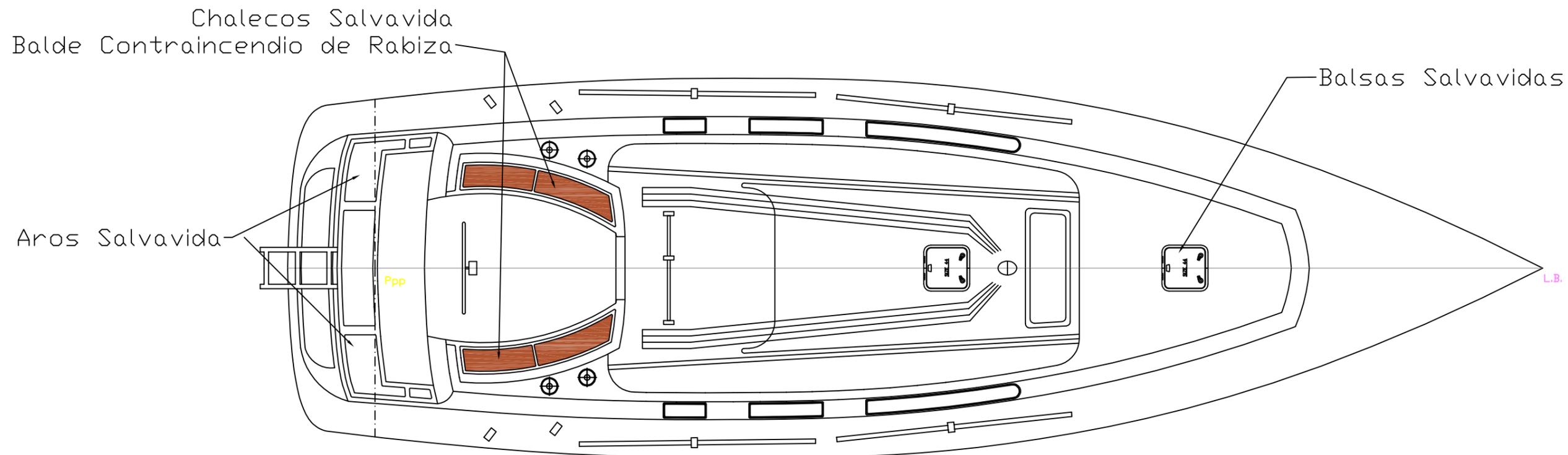
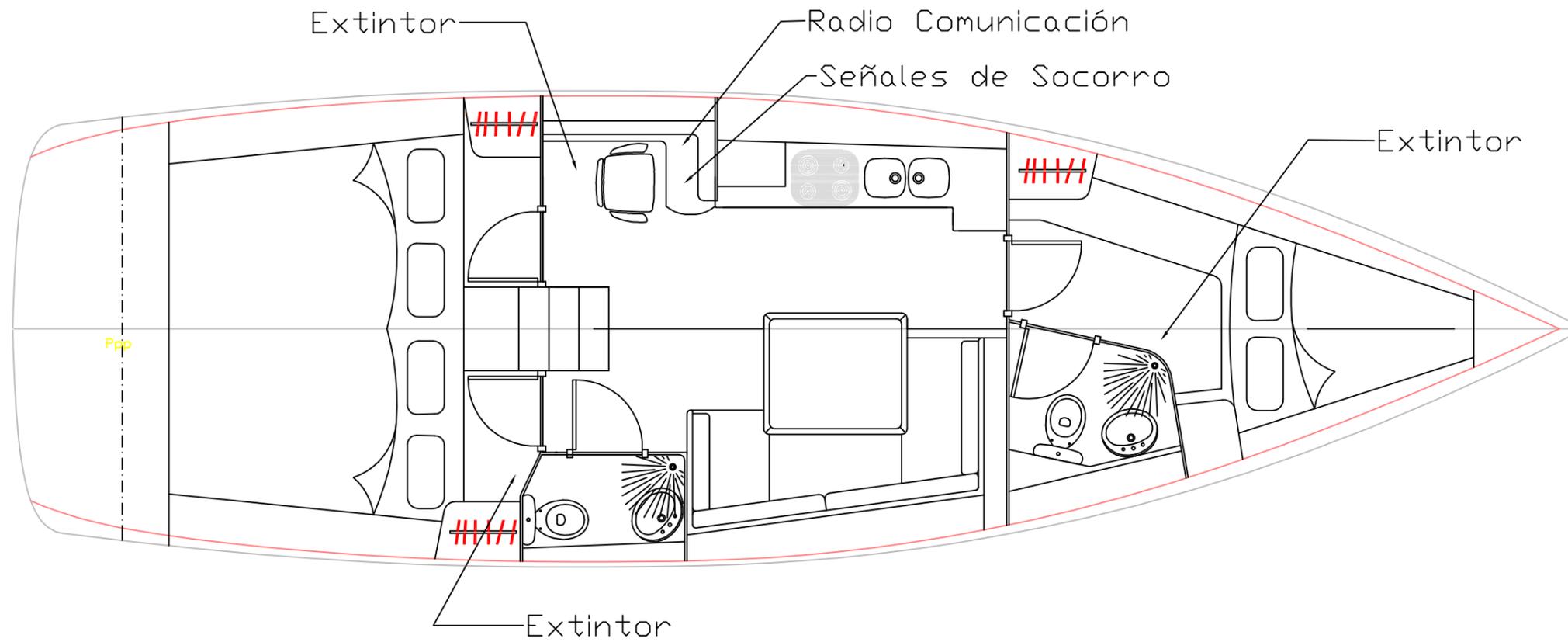


REFUERZOS DEL CASCO



Varengas				Bulárcamas del Centro			
t (mm)= 10,7	c (mm)= 50	W (mm)= 385		t (mm)= 10,7	c (mm)= 200	W (mm)= 385	
t (mm)= 8	h (mm)= 50	F (mm)= 240		t (mm)= 13	h (mm)= 200	F (mm)= 162	
t (mm)= 8		M. Necesario = 35000	mm ³	t (mm)= 13		M. Necesario = 725000	mm ³
Cuadernas				Bulárcamas laterales			
t (mm)= 7,2	c (mm)= 35	W (mm)= 259		t (mm)= 7,2	c (mm)= 145	W (mm)= 259	
t (mm)= 6	h (mm)= 35	F (mm)= 115		t (mm)= 10	h (mm)= 145	F (mm)= 115	
t (mm)= 6		M. Necesario = 15000	mm ³	t (mm)= 10		M. Necesario = 290000	mm ³
Longitudinales del fondo, vagras				Baos de Cubierta			
t (mm)= 10,7	c (mm)= 100	W (mm)= 385		t (mm)= 5	c (mm)= 70	W (mm)= 180	
t (mm)= 9	h (mm)= 100	F (mm)= 162		t (mm)= 5	h (mm)= 70	F (mm)= 87	
t (mm)= 9		M. Necesario = 140000	mm ³	t (mm)= 5		M. Necesario = 32000	mm ³
Longitudinales del Costado				Vagras de Cubierta			
t (mm)= 7,2	c (mm)= 100	W (mm)= 259		t (mm)= 5	c (mm)= 105	W (mm)= 180	
t (mm)= 6	h (mm)= 100	F (mm)= 115		t (mm)= 5	h (mm)= 105	F (mm)= 87	
t (mm)= 6		M. Necesario = 92500	mm ³	t (mm)= 5		M. Necesario = 725000	mm ³

E.U.I.T. NAVAL		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ.
PROYECTO FIN DE CARRERA "VELERO WILLY 14"		
PLANO DE REFUERZOS 2 DE 2		



REV.		
ESCALA	A3	DIBUJADO
1/50	FECHA	16.02.09
	NOMBRE	GUILLERMO CASADO RODRIGUEZ

PASSENGER SAILING VESSEL SEA CLOUD HUSSAR
PLANO DE EQUIPO S.O.S.

