

Universidad de **Cádiz**

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

**Diseño de un velero de 60' para regatas
oceánicas clase IMOCA OPEN 60**

Adrián VALIOS ARREGUI



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Marzo 2012



AVISO IMPORTANTE:

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

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

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

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

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

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

ÍNDICE:

1.	Introducción.....	5
2.	Especificaciones técnicas.....	7
3.	Reglamentaciones y normativas.....	9
3.1	Reglamentaciones y normativas internacionales.....	9
3.2	Reglamentaciones y normativas reguladas por la ISAF.....	11
4.	Estudio estadístico.....	25
4.1	Datos recopilados:	25
4.2	Parámetros comparativos:	26
4.3	Graficas de dispersión, curva de regresión y tendencias:	26
4.4	Principles of yacht design:	31
4.5	Análisis de datos:	33
4.6	Definición final de rangos de dimensiones:	34
5.	Diseño de la carena.....	36
5.1	Resistencia al avance y Número de Froude.	37
5.2	Coefficiente prismático optimo.	41
5.3	Posición longitudinal optima del centro de carena.	42
5.4	Elección de la eslora.....	42
5.5	Elección del francobordo.....	43
5.6	Pesos y desplazamientos.	44
5.7	Elección de la manga	46
5.8	Elección del calado.	46
5.9	Diseño de la carena en Maxsurf	47
5.10	Resumen de dimensiones finales.....	47
6.	Diseño de apéndices (quilla y timón).....	50
6.1	Definición de las orzas laterales antideriva.....	50
6.2	El sistema de las quillas pivotantes.....	51

6.3	Diseño del plano anti-deriva. orza.....	53
6.4	Dimensionamiento de la orza.	54
6.5	Centro de Resistencia Lateral. CRL.....	57
6.6	Definición de la sección de la orza y del bulbo.	58
6.7	Diseño de los timones.	61
6.8	Dimensionamiento de los timones.	61
6.9	Definición de la sección de los timones.	63
6.10	Cálculo de las mechas de los timones.....	64
7.	Diseño de interiores.....	67
7.1	Criterios de compartimentación estanca.	67
7.2	Distribución del espacio habitable mediante un esquema.	68
7.3	Mamparos y compartimentos estancos....	70
8.	Diseño de cubierta.....	73
8.1	Zona de bañera.	73
8.2	Zona de tránsito.	75
8.3	Zona de proa.	76
8.4	Zona de cabina.	77
9.	Diseño del plano vélico.....	80
9.1	Tipo de aparejo.	80
9.2	Tipos de mástiles en un Imoca Open 60.....	82
9.3	Diseño de la superficie velica.	83
9.4	Las 10 diferentes combinaciones velicas en un Imoca 60.....	86
9.5	Equilibrio velico.	89
9.6	Estimación del abatimiento.	90
9.7	Diseño de jarcia, botavara y mástil.	91
10.	Diseño estructural y cálculo de escantillonado.....	114
10.1	Elección de los materiales.	114

10.2	Disposición general de los elementos estructurales.	116
10.3	Cálculo de las presiones de diseño.	118
10.4	Cálculo de los espesores de los paneles.	122
10.5	Cálculo de los refuerzos estructurales.	126
11.	Motorización.....	135
12.	Sistemas de abordó y equipamientos.....	140
12.1	Sistemas de abordó.	140
12.2	Equipamiento de seguridad.	143
13.	Estimación de peso y cálculo del C.D.G.	150
13.1	Peso en rosca Pr.	150
13.2	Peso del laminado PL.	150
13.3	Peso de la máquinas y equipamientos Pmaq.	153
13.4	Peso del aparejo PApa.	153
13.5	Peso del lastre PLast.	153
13.6	Peso de la habilitación PHab.	154
13.7	Resumen del peso en rosca.	154
14.	Estudio de flotabilidad y estabilidad.....	156
14.1	Condición, peso y volumen.	156
14.2	Análisis de la estabilidad y normativa.	159
15.	Presupuesto preliminar.....	167
15.1	Costes propios de cada barco.	167
15.2	Precio final.	170
16.	Conclusiones generales.....	173
17.	Bibliografía.....	174

ANEXO I	Estudio Estadístico
ANEXO II	Planos
ANEXO III	Pesos y Centros de Gravedad
ANEXO IV	Equilibrio y Estabilidad

1-INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en el diseño y el proceso constructivo de un velero de 60 pies de eslora, incluido por la ISAF dentro de la clase “IMOCA OPEN 60” con el principal objetivo de poder participar en la regata transoceánica de la “BARCELONA WORLD RACE”. Estos barcos no pueden sobrepasar los 60 pies (18,29 metros) de eslora, los 4,5 metros de calado y una altura del palo de 28 metros sobre el nivel del agua.

El diseño debe cumplir también una serie de requisitos de seguridad que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

-Las normas de diseño estructural. Son las que obligan a disponer de compartimentos estancos, escotillas de salida, etc.

-Los requisitos de estabilidad. Son una serie de normas y pruebas que deben aplicarse a cada barco para garantizar su estabilidad y su capacidad de autoadrizamiento en caso devuelco.

Este barco debe estar especialmente diseñado para la navegación oceánica en solitario o en doble. Las formas de sus cascos y las características de su aparejo responden al promedio de dirección del viento y el oleaje que se dan en una vuelta al mundo en el sentido oeste - este. Como las condiciones son preferentemente de vientos portantes, los IMOCA OPEN 60 tienen cascos de formas planas para planear sobre las olas, condiciones con las que son capaces de alcanzar puntas de más de 25 nudos.

El objetivo principal es diseñar este velero para poder ser partícipe de dicha regata, sin necesidad de diseñarlo para quedar en la cabeza clasificatoria. Este barco debe estar lo suficientemente preparado para completar las 25.000 millas del recorrido en un tiempo inferior a 93 días, 22 horas, 20 minutos y 36 segundos, pero superior a 132 días, 4 horas, 58 minutos y 32 segundos (tiempos marcados respectivamente en la regata de 2010 por el “VIRBAC PAPREC” y el “WE ARE WATER”).

Por consiguiente, el barco debe mantener una velocidad media de navegación a vela inferior a 11,09 nudos pero superior a 7,88 nudos. Su diseño y construcción han de cumplir la normativa vigente establecida por la ISAF para la clase IMOCA OPEN 60 y las normas ISO correspondientes a pequeñas embarcaciones de recreo de eslora inferior a 24 metros que detallaremos en el capítulo siguiente.

En definitiva, vamos a diseñar un velero regatero capaz de participar en esta regata transoceánica, profundizando en los aspectos constructivos y las pruebas pertinentes para conseguir superar los requisitos de estabilidad obligatorios y poder obtener así, un barco preparado, seguro y rápido.

La **Federación Internacional de Vela** (conocida por sus siglas en inglés, **ISAF, International Sailing Federation**) es la entidad que se dedica a regular las normas del deporte de vela a nivel competitivo, así como de celebrar periódicamente competiciones y eventos en cada una de sus clases.

Fue fundada en 1907 en París (como la *International Yacht Racing Union*; en español, *Unión Internacional de Regatas de Yates*) por 12 naciones europeas:

Tiene su sede en la localidad de Southampton (Reino Unido). Cuenta en 2008 con la afiliación de 123 federaciones nacionales de los cinco continentes. Actualmente la ISAF reconoce 87 clases de embarcaciones deportivas de vela, desde la más pequeña, la Optimist hasta la más grande, la 60ft Multihull.

Respecto a la autonomía, la embarcación debe cumplir el requisito establecido por la ISAF, y contar con un espacio mínimo para el almacenamiento de combustible, por lo que mientras se navega el motor queda olvidado y se despliega el velamen dispuesto para ayudar a desplazarse.

Las dimensiones del barco han sido escogidas en función de los barcos que participaron en la regata de la “Barcelona World Race”, las cuales explicamos detalladamente en el capítulo 3 (estudio estadístico), y teniendo en cuenta que nuestro barco está pensado para participar en la regata y no para ganarla, a continuación se detallan las dimensiones principales del AV 60:

3-REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS

Las normativas a aplicar por este proyecto son múltiples y referentes a distintos aspectos dependiendo del organismo regulador que las propone y el ámbito de aplicación de las mismas y deben atender a los requisitos detallados en la especificación técnica. Como introducción a las mismas:

3.1 REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS INTERNACIONALES

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

- **UNE-EN ISO 8666:** *Pequeñas embarcaciones. Datos principales.*

Esta norma establece una uniformidad para las definiciones concernientes a las dimensiones principales, los datos relacionados con las mismas, las especificaciones de los pesos y las condiciones de carga. Es aplicable a embarcaciones con una eslora inferior a 24 m.

- **UNE-EN ISO 12215-3:** *Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 3: Materiales: Acero, aleaciones de aluminio, madera, otros materiales.*
- **UNE-EN ISO 12215-5:** *Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación de escotillón.*

Se aplica para la determinación de las presiones y las tensiones de diseño, y para la determinación de escantillonado, incluyendo los refuerzos de la estructura interior, de las pequeñas embarcaciones de un solo casco construidas de plástico reforzado con fibras, y las aleaciones de aluminio o acero, de madera encolada o de cualquier otro material conveniente para la construcción de embarcaciones de una eslora de casco comprendida entre 2,5 m y 24 m.

Sólo se debe aplicar a las embarcaciones que tengan una velocidad máxima menor o igual a 50 nudos.

- **UNE-EN ISO 12215-6:** *Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 6: Dispositivos estructurales y detalles de construcción.*
- **UNE-EN ISO 12215-9:** *Pequeñas embarcaciones. Construcción del casco y escantillonado. Parte 9: Veleros. Apéndices y puntos de amarre.*

- **UNE-EN ISO 12216:** *Pequeñas embarcaciones. Ventanas, portillos, escotillas, tapas ciegas y puertas. Requisitos de resistencia y estabilidad.*
- **UNE-EN ISO 12217-2:** *Pequeñas embarcaciones. Evaluación y clasificación de estabilidad y la flotabilidad. Parte2: Embarcaciones de propulsión a vela de eslora superior a 6 m.*

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

Esta evaluación permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C, o D), en nuestro caso esta categoría como ya mencionamos anteriormente será la categoría C.

Esta normativa es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela, incluso si disponen de motor auxiliar, de eslora comprendida entre 6 m y 24m.

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

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

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

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

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

- **American Bureau of Shipping (ABS O.R.Y):** *Spade rudder stock.*

Normativa utilizada para dimensionar la mecha del timón obtenida de la guía *Offshore Racing Yacht.*

- **Nordic Boat Standard (NBS):** *Rig Construction.*
- **Reglamento internacional para prevenir abordajes en la mar:** *Luces y marcas de navegación.*

3.2 REGLAMENTACIONES Y NORMATIVAS REGULADAS POR LA ISAF

Atendiendo a la normativa vigente establecida por la ISAF, que regula las bases de la clase IMOCA OPEN 60, este barco queda sometido a una serie de especificaciones técnicas de diversa índole entre las cuales encontramos:

ESTRUCTURA DEL BARCO

El barco será construido de tal forma que sean capaces de soportar, sin irreparables daños, las fuerzas de la naturaleza que están destinados a tener que soportar en el curso de la regata clasificados por la ISAF OSR en la categoría 0. 31

1.-Manparos estancos

Deberán:

- Dividir el barco en varios volúmenes de proa a popa
- Ser transversal, por lo menos 5 en el número 6 y crear compartimentos estancos, con un acceso de una persona
- No tener más de 5 metros
- Se estancos. El paso de varios cables, tuberías o conductos no tienen que poner en peligro el paso de agua característico de los compartimentos.

El primer mamparo estanco se encuentra dentro del 15% de la eslora total y a popa del extremo delantero de la línea de flotación.

2.-Caja

Una caja estanca, con relleno de espuma de celda cerrada, deberá estar provista en la proa, susceptible de ser destruido en una colisión frontal sin poner en peligro la integridad de la embarcación.

3.-Escotillas estancas

El barco deberá ser accesible de proa a popa a través de las escotillas estancas. Estas compuertas permitirán el acceso completo al barco, de proa a popa, e inversamente, con cualquiera de los compartimentos inundados y sin que ninguno de los otros compartimentos lo esté. Estas compuertas deben tener su mecanismo de cierre fijado de forma permanente.

4.-Escotillas de evacuación

El barco deberá tener dos salidas. Una salida estará situada a proa del mástil principal (excepto donde las características estructurales impidan su instalación). El segundo estará situado a popa, permitiendo el acceso y la salida de la embarcación. Esta eclosión se sitúa por encima de la línea de agua, sea cual sea la posición del barco,

y es provista de un sistema de cierre con controles interiores y exteriores para el funcionamiento del mismo bloqueo del mecanismo.

Dispositivos adecuados deberán estar diseñados para facilitar la salida del barco en la cubierta o el casco en el caso de zozobrar, y también volver al interior. Como sustituto de la escotilla de proa, se recomienda encarecidamente la instalación de una escotilla en el piso de la cabina siempre que sea posible. Esta eclosión se colocará de tal manera que cuando el barco está zozobrado, quedará abierto, sin permitir ninguna fuga en el casco permitiendo el paso de un miembro de la tripulación a través de él.

DISEÑO Y EQUIPOS

Una cubierta de trabajo es toda la zona de seguridad, donde cualquier miembro de la tripulación tiene la obligación de cruzar frecuentemente, o para ir a menudo con el fin de realizar las habituales maniobras necesarias para navegar con el barco. Puede haber varias cubiertas de trabajo, siempre que el paso entre las dos no supere los 500 mm.

1.-Púlpitos, candeleros y líneas de vida *norma ISO 15085*

No deben ser de fibra de carbono. Las embarcaciones deberán tener un púlpito (arco) en el denominado balcón de popa que no puede pasar por delante del estay de proa. Los rieles superiores de los púlpitos estarán por encima de las líneas de vida de la cubierta de trabajo (mínimo 600 mm) y, esencialmente, la misma altura sobre la línea de flotación, no excederá de apertura vertical de 380 mm de altura.

Las líneas de vida no tienen que estar fijas al púlpito de proa, si terminan o pasan a través de puntales arriostrados, con la condición de que la brecha entre la línea de vida superior y el púlpito de proa no sea superior a 150 mm.

Número y la altura:

-Habrá por lo menos dos guardwires:

- La línea de vida superior deberá estar a una altura de no menos de 600 mm (recomendación de 800 mm) por encima de la cubierta de trabajo.

- La línea de vida intermedia no deberá ser inferior a 230 mm por encima de la cubierta de trabajo.

- No podrá exceder de una apertura vertical de 380 mm.

Diámetro, el material necesario:

Las líneas de vida pueden ser de alambre trenzado de acero inoxidable de un mínimo de 5 mm, deberán estar recubiertas. Las líneas de vida hechas de materiales sintéticos (Spectra o Dynema) están permitidos.

Un amarre de cuerda sintética puede ser usado para asegurar las líneas de vida en cada extremo siempre que la brecha que se cierra no sea superior a 100 mm.

Todos los cables, conexiones, puntos de anclaje, las características y cuerdas de seguridad que en conjunto constituyen el sistema guardline deben en todos los puntos tener la resistencia a la rotura de la Guardwire necesaria.

2.-Jackstays

- Instalado en la cubierta, a babor y estribor de la línea central del yate.
- Atornillado o soldado a las planchas de cubierta
- Hecho de acero inoxidable 1x19 sin recubrimiento de diámetro mínimo: 5 mm, sin fundas o las cintas de resistencia equivalente (20kN carga de rotura).

3.-Luces de navegación

- Cumplir con COLREG 72
- Tiene que ser montado de manera que no se tapen por las velas o la escora de la embarcación
- Tiene que ser montado sobre el nivel del puente y deben estar a la altura de la línea de vida superior. Para los barcos con mástil rotatorio, las luces de tope de navegación están prohibidas, excepto si se mantienen de conformidad con el Reglamento de Abordajes 72.

4.-Gobierno de emergencia

Requiere que un timón de emergencia se pueda conectar a la mecha del timón. Esta regla se aplica sólo en el caso de un sistema de timón único.

Los equipos deberán estar al tanto de los métodos alternativos de dirigir el barco en cualquier condición de mar en el caso de pérdida del timón.

5.-Base del mástil

El talón de la quilla debe estar fijado firmemente a la base del mástil o la estructura adyacente.

6.-Literas

Dos literas a bordo

7.-Cocina

Una cocina de butano capaz de ser operada con seguridad en la mar.

8.-Agua potable

La cantidad de agua potable a bordo en el inicio de una regata serán las siguientes:

- Por lo menos 9 litros por persona por cada 1000 kilómetros en la ausencia de un potabilizador de agua
- Por lo menos 3 litros por persona por cada 1000 kilómetros, cuando una máquina de agua a bordo

INSUMERGIBILIDAD

En el caso de que todos los compartimentos estén totalmente inundados, el barco seguirá siendo imposible de zozobrar.

1.-Flotabilidad –distribución longitudinal de volúmenes-

Estos volúmenes fijos se distribuyen aproximadamente de forma proporcional en cada compartimento en las pruebas de agua.El capitán, o el / la representante, deberá proporcionar un diagrama de los volúmenes insumergibles.

2.-Lastre, quilla y orza

El uso de cualquier material con una densidad superior a 11,3 está prohibido (la quilla y / o bulbo) .Sólo uno de los ejes de movilidad está autorizado para las quillas. Los trimtabs, así como las superficies deformables voluntariamente están prohibidos para las quillas y orzas, a excepción de las quillas fijas que pueden tener un trimtab.

Las orzas simétricas pueden ser móviles o en dos ejes. Sólo uno de los ejes de movilidad está autorizado para orzas asimétricas.

3.-Quilla pivotante

Cuando el barco está equipado con una quilla pivotante, esta deberá ser capaz de ser manipulada manualmente desde el interior del barco, sea cual sea su posición en el agua. Un dispositivo deberá estar instalado a ambos lados de la quilla en todo momento para limitar el ángulo de la misma.

Estos dispositivos deben poder cerrarse herméticamente. Para los barcos que cuentan con un solo cilindro hidráulico, un dispositivo de bloqueo específico permitirá que la quilla se mueva a lo largo del eje de la embarcación.

6.-Orza

Las orzas deben pasar por un compartimento estanco del casco cuya apertura se encuentre por encima de la línea de flotación del barco estando este en una situación de flotación inicial sin escoras.

7.-Lastre

El barco puede ser equipado con tanques de agua y cañerías asociadas instaladas de forma permanente. Todos los tanques de lastre deberán encontrarse dentro del casco. Este lastre móvil deberá ser de agua de mar solamente, con exclusión de cualquier otro líquido.

Debe ser posible llenar, vaciar y transferir manualmente el agua en los tanques de lastre, en cualquier posición del barco en el agua.

VELAS

Materiales:

1-Poliámidas aromáticas, fibras de carbono y similares no deben utilizarse en un tormentín, pero espectros / dynema y materiales similares están permitidos.

2-El siguiente equipo es obligatorio:

Un trinquete de área inferior a 20 m², hecho de material resistente de color muy visible. Esta vela tiene:

- Láminas de posiciones en la cubierta.
- Un método eficaz de fijación. El uso de un tormentín con un grátil libre está autorizado.

NORMAS MÍNIMAS DE ESTABILIDAD

1.-Autoadrizables

Durante el proceso de medición, el capitán debe demostrar que el barco, una vez se volcó, es capaz de corregir por sí mismo sin ayuda externa.

Esta prueba es obligatoria para la expedición del certificado de medición en primer lugar.

2.-Ángulo de escora inicial

Desde el eje vertical, debido al desplazamiento de cambio de peso: la amplitud de un extremo a otro, medida como se describe en F-3 no excederá de 20 °.

3.-Ángulo de estabilidad nula (AVS)

Este ángulo no deberá ser inferior a 127,5 °. Este ángulo se calcula a partir de la curva teórica de la estabilidad, derivada de las mediciones tomadas durante la prueba de estabilidad y de información por parte del diseñador. El volumen de la torre, que puede ser hermético en todo o en parte, no se tiene en cuenta. El valor de la AVS, en cualquier caso será mayor o igual a 108 °.

4.-Curva de estabilidad

El área positiva bajo la curva de estabilidad será de al menos 5 veces mayor que el negativo

EQUIPOS DE NAVEGACIÓN

1.-Motor

El motor es de carácter exclusivamente diesel con una potencia de 37 HP.

a) Requisitos generales:

- El motor deberá estar cubierto con seguridad.
- El tubo de escape, sistemas de suministro de combustible y tanque de combustible son de instalación permanente.
- El motor tiene una protección adecuada para los efectos del mal tiempo

- Cuando un motor de arranque eléctrico sea el único método para arrancar el motor se facilitará una batería independiente cuyo principal objetivo es arrancar el motor.
- Cada tanque de combustible estará provisto de una válvula de cierre
- Depósito flexible no está permitido como un depósito de combustible.
- El combustible (a excepción de 20 litros,) se almacenan en depósitos fijos. La transferencia entre los tanques de combustible está estrictamente prohibido.

b) Propulsión a la unidad:

Que se encuentra por debajo de la línea de flotación, lo más cerca posible del eje de la embarcación. Se colocará de manera permanente en el flujo de agua a lo largo del casco. Su diámetro no debe ser inferior 425mm, hojas abiertas.

2.-Batería y Generador

a) Las baterías:

Deberán ser de un tipo resistente al agua o del tipo gel electrolito y que no se muevan durante la navegación. Éstas se fijarán firmes, sea cual sea la posición del barco en el agua. Los barcos son sellados en sus compartimentos en el inicio de una regata.

Todo tipo de cargador de batería está permitido, excepto aquellos que dependen de los materiales fisionables.

b) Generador:

Un generador independiente de energía eléctrica se puede instalar. Se han instalado de forma permanente de escape y sistemas de suministro de combustible y el tanque de combustible (s), con válvula de cierre (s). Tanques flexibles no están permitidos.

Un generador portátil nunca se pondrá en funcionamiento dentro de un yate.

3.-Compás

Una brújula marina, independiente de cualquier fuente de alimentación, deberá estar permanentemente instalada y correctamente ajustada, con tarjeta de desviación.

4.-Radio

El siguiente dispositivo de navegación de fijación de la posición, en buen estado de trabajo, se proporcionará:

- a) A 25W VHF radio marina equipada con una antena fija.
Una antena de emergencia se realizará a bordo.
- b) A sáb transceptor Com.
- c) Un equipo de radio capaz de recibir previsiones meteorológicas receptor.
- d) Un GPS.
- e) A, C estándar conectado con el GPS y equipadas con el software correspondiente para el sondeo y presentación de datos. Su antena debe estar conectada al menos 55 cm encima de la cubierta y sin obstáculos en un radio de 60 cm.
- f) Una ecosonda.
- g) Un indicador de velocidad.
- h) AIS obligatoria activo



5.-Documentación de navegación

Se proporcionarán cartas de navegación (no sólo electrónicas), la lista de la luz y el equipo gráfico de trazado.



6.-Anclas

Dos de tierra abordo, con uno de los cuales estará listo para su uso inmediato. El peso total de los dos amarres será superior a 75 Kg.

7.-Linternas

Se llevará a bordo:

- Linterna de alta potencia a prueba de agua o foco con baterías de repuesto y las bombillas.
- Linterna a prueba de agua, con pilas de repuesto y el bulbo.

8.-Herramientas y repuestos

Herramientas y piezas de repuesto, incluyendo los medios necesarios para la manipulación del casco si fuese necesario.

EQUIPOS DE SEGURIDAD

1.-Tabla de estiba duradera

Un diagrama de estiba duradera, se asegurará y se presentará en el alojamiento principal donde mejor se pueda observar, claramente marcado con la ubicación de los elementos principales de los equipos de seguridad.

2.-Drenaje

El barco estará equipado con un sistema de dos bombas manuales de instalación permanente de achique, una se acciona por encima y la otra por debajo de cubierta, con una capacidad mínima por bomba de 4,5 litros por ciclo y con un sistema eléctrico de drenaje con una capacidad mínima total de 3000 litros por hora. Ambos sistemas deberán permitir el vaciado de cada compartimiento estanco desde el exterior, sea cual sea la posición del barco en el agua, excepto el compartimiento para las baterías, que se vaciarán con un sistema manual.

Las bombas de achique no deben estar conectadas a la bañera de desagües.

Las bombas de achique y las cajas de rasgueo deberán ser fácilmente accesibles para su mantenimiento y para borrar los escombros.

A menos que sea de instalación permanente, cada manija de la bomba de achique deberá estar provista de una cuerda de seguridad o un dispositivo similar para evitar la pérdida accidental.

Se llevarán a bordo dos cubos de construcción robusta, cada uno con al menos 9 litros de capacidad. Cada cubo tiene una cuerda de seguridad.

3.-Agua de emergencia

Por lo menos 9 litros de agua potable para uso de emergencia se proporcionará en un recipiente o contenedor sellado.

4.-Fijación de puntos de supervivencia

Se proporcionarán en las inmediaciones de la puerta de escape puntos de anclaje sólidos hacia atrás, lo que permite la unión de:

- La balsa salvavidas.
- El contenedor hermético.
- Bolsas de cuchara.
- Balizas de socorro.

5.-Balsas salvavidas

Dos balsas salvavidas deberán llevarse a bordo. Una de las dos balsas salvavidas debe ser accesible en cualquiera que sea la posición del barco en el agua.

El interior de una se puede pasar por todas las aberturas en los mamparos estancos. Las balsas salvavidas en el interior deberán ajustarse al menos OSR, con categoría 1, y se construye con un piso aislado y capaz de ser inflados a una temperatura de -15 ° C.

Cuando hay que correr con el equipo, la capacidad total de las dos balsas salvavidas deberá permitir la evacuación de toda la tripulación.

a) *Estiba:*

Las balsas salvavidas se estibarán según el SOLAS ya sea en un compartimiento rígido purpose-built, en la apertura o al lado de la cabina o la cubierta de trabajo, o a través del espejo de popa, ya que sólo contiene este una única tabla de salvación, o en la cabina, pero no antes de las escotillas de la cabina. En el caso de los compartimientos estancos deben ser impermeables y tener una cubierta capaz de abrirse fácilmente bajo la presión del agua.

b) El tiempo de implementación:

El fin de la balsa salvavidas estará permanentemente amarrado a un punto fuerte del barco.

c) Mantenimiento e inspección:

Cada balsa salvavidas deberá tener un certificado anual válido y un certificado (o copia) se llevará a bordo.

A pesar de los períodos de servicio especificados, las balsas salvavidas deberán ser inspeccionadas con frecuencia.



6.-Aros salvavidas

Estarán dentro del alcance del timonel y listo para su uso inmediato:

- Un aro salvavidas con una luz automática o un Lifesling con una luz automática (sin un ancla).
- Un aro salvavidas con un silbato, un embudo, una luz automática y un palo y la bandera. El palo y la bandera se adjuntará al aro salvavidas con 3 m de la línea de flotación. Deberán estar contruidos de manera que la bandera ondee al menos 1,8 m sobre el agua.
- Al menos uno de los aros salvavidas, dependerá de la cantidad de espuma para su correcta flotabilidad.
- En cada aro salvavidas inflable y cualquier otro dispositivo automático deberán ser probados por un servicio a intervalos, de acuerdo con las instrucciones de su fabricante.
- En cada aro salvavidas (o Lifesling) estarán equipados con material de grado marino retrorreflectante.

7.-Señales de pirotecnia

Las señales pirotécnicas se proporcionarán conforme al Convenio SOLAS LSA Código capítulo III Visual.

Se proporcionará:

- 6 paracaídas rojo
- 4 bengalas de mano rojas
- 4 bengalas de mano blancas (las normas SOLAS recomendado)
- 2 bengalas de humo naranja

8.-Chalecos salvavidas

El capitán deberá tener un chaleco salvavidas que se ajuste a su normativa nacional correspondiente, y cada chaleco salvavidas deberá ser como sigue:

- Equipado con un silbato
- Provisto de material de grado marino retrorreflectante
- Compatible con arnés de seguridad del usuario
- Si es inflable, inspeccionado periódicamente respecto a la retención del aire
- Disponer de una cápsula de aire de repuesto

9.- Arnés de seguridad y líneas de seguridad

Se llama la atención a las normas ISO 12401.

a) arnés de seguridad:

El capitán deberá tener un arnés de seguridad.

El chaleco salvavidas y el arnés del tripulante deberán ser compatibles.

c) Las líneas de seguridad (ata):

Cada arnés deberá estar equipado con una cuerda de seguridad, de no más de 2 m de largo con un gancho de seguridad en cada extremo. Además, al menos el 30% de la tripulación estará provisto de un cable de seguridad no más de 1 m de largo, o un gancho de seguridad del punto medio en una línea de seguridad de 2 metros. Por esta razón el uso de ganchos de seguridad con dispositivos de cierre positivo es muy recomendada

10.-Tapones de madera blanda

Tapones de madera blanda, cónicos y de un tamaño adecuado, se adjuntarán o guardarán para posibles imprevistos en la mar

11.-Extintores

Extintores de incendios, por lo menos dos deberán ser proporcionados, de fácil acceso en un recipiente adecuado y en diferentes partes del barco ,una de ellas estando cerca del motor.

12.-Radar y reflector de radar.

Se proporcionará el siguiente equipo, en buen estado de trabajo:

- a) Un radar instalado con un mínimo de 2KW. El equipo de radar se fijará a una altura de por lo menos 5 metros sobre el nivel del agua.
- b) Un transpondedor de radar activo fijo (9,2 a 9,5 Ghz).
- c) Un reflector de radar.

13.-RLS

El barco deberá estar equipado de dos COSPAS SARSAT de 406 MHz angustia RLS portátil, clasificados como de larga duración. Estos faros deberán:

- Incluir un transmisor de 121,5 MHz,
- Ser codificado y registrado con el nombre y el número MMSI de la embarcación,
- La prueba y un servicio a intervalos, de acuerdo con las instrucciones del fabricante,
- Estar equipados con una línea por lo menos 3 metros de largo de la tensión de rotura 1000 daN como mínimo.

14.-Transmisión de emergencia

El barco estará equipado con un dispositivo de emergencia que, sea cual sea la posición del barco en el agua, permite la construcción de una antena de VHF y las transmisiones de la baliza de socorro y el transpondedor de radar.

15.-VHF estanca de mano

Un VHF de mano resistente al agua, con baterías de repuesto, deberá llevarse a bordo.

16.-Transpondedor de radar portátil

Un faro de radar (9,2 a 9,5 GHz), portátil y autoalimentado debe llevarse a bordo. Este faro deberá estar provisto de una línea por lo menos de 3 metros de largo de 1000 daN de mínima resistencia a la rotura.

17.-Kit de primeros auxilios

En ausencia de un requisito de la Autoridad Nacional:

a) Guía médica internacional de a bordo, la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, o primeros auxilios en el mar, por Douglas Justins y Colin Berry, publicado por Adlard Coles Náutico, Londres, o guía de la médecine Le distancia, por Docteur JY Chauve, publicado por la distancia Asistencia - BP33 - La Baule Cedex, Francia. Una traducción al Inglés está disponible.

b) Botiquín de primeros auxilios:

Un botiquín de primeros auxilios se llevará a bordo. Se deberá reflejar las condiciones y la duración probable del paso, y el número de personas a bordo del yate. Se recomienda encarecidamente seguir la receta del Apéndice C de las Reglas de la Clase.

18.-Equipo de buceo

Una botella de buceo (por ejemplo, botellas de aire de repuesto) o su equivalente deberá estar a bordo.

19.-Equipo personal

El equipo que se llevarán a bordo para cada miembro de la tripulación:

- Un paquete de bengalas mini y una luz de localización personal (ya sea SOLAS o

estroboscópicas).

- Un traje de mal tiempo con capucha.
- Un cuchillo.
- Una linterna estanca.

20.-Equipo de supervivencia personal

Un juego de equipo de supervivencia deberá ser proporcionada para cada miembro de la tripulación que incluyen:

- Un traje de inmersión, de acuerdo con las normas del Convenio SOLAS 74/83 y prEN 1913, térmico con aislamiento sin revestimiento que deberá ser superior a 0,75 inmersos Clo.

21.-Contenedor hermético de emergencia

Un contenedor de emergencia estanca se lleva a bordo. Estará equipado con asas fuertes y con una línea de tensión de rotura 1000 daN mínimo.

Que deberá contener al menos:

- VHF marina a prueba de agua con baterías de repuesto
- Un Iridium de teléfonos móviles con baterías de repuesto
- Un GPS resistente al agua de mano con baterías de repuesto
- Una linterna a prueba de agua y foco de repuesto
- Un cuchillo
- Palos de luz química tipo cyalume
- Fluoresceína Seamark
- Luz estroboscópica a prueba de agua con baterías de repuesto
- 4 bengalas de socorro paracaídas
- 6 bengalas de mano (3 rojo / blanco 3)
- 2 de humo de color naranja
- Los alimentos de alta energía
- Una manta de supervivencia para cada miembro de la tripulación

22.-Número de vela

Para ayudar en la ubicación de SAR, el número de vela se presentará de una manera altamente visible, una en la cubierta y en cada lado del casco. El tamaño de los caracteres deberá ser no menor de:

- Altura: 900 mm
- Ancho: 600 mm
- Espesor: 120 mm
- Espacio entre caracteres: 180 mm.

23.-Pintura fluorescente

Para ayudar en la localización SAR:

- Quilla (s), el timón (s), y por lo menos un mínimo de 2 metros cuadrados de la parte inferior por debajo de la línea de flotación debe cubrirse en su totalidad con pintura fluorescente especial.

- Al menos 2 m² de la superficie de la cubierta deberá ser cubierta con un brillante de alta visibilidad de pintura de color.

ANEXO A LAS REGLAS DE LA CLASE

A - Disposiciones especiales

1 °) No obstante el artículo B.5.4, los barcos en marcha antes de Mayo del 2000 pueden estar equipados con sólo tres mamparos estancos, siempre que en este caso la embarcación disponga de un volumen insumergible de 145%, o con sólo 4 mamparos estancos, siempre que en este caso la embarcación disponga de un volumen de 137,5% insumergible.

2 °) No obstante el Artículo D.5, el área positiva de la curva de estabilidad de barcos en marcha antes del 1 de Enero de 1999 puede ser 4 veces mayor que el área negativa, en lugar de las 5 veces mayor a lo dispuesto en las reglas de la clase.

3 °) No obstante el artículo D.3, el ángulo de estabilidad nula de Barcos botados antes del 31 de Diciembre de 1996 puede ser menor que 127,5 °, siempre que tengan una GZ mayor que 1.375 m (GZ: distancia horizontal entre el centro de gravedad y el centro del casco por debajo de la línea de agua, según las pruebas realizadas a 90 °).

4 °) Sin perjuicio del artículo B.5.6, la escotilla de escape de popa, una disposición diferente puede ser aceptada para barcos puestos en marcha antes del 31 de Diciembre de 1994, y en el que la instalación de una compuerta es físicamente imposible. Estas autorizaciones se entregan sólo después de la solicitud por escrito al Comité Técnico.

B - Anexo a la dominación de clase E.1

Lista no exhaustiva de las marcas comerciales públicas con una potencia de 37HP mínimo:

Yanmar 3JH4

Lombardini LDW 14

Nani diesel 4.150

Volvo D2-40

4.-ESTUDIO ESTADÍSTICO

El estudio estadístico es el pilar fundamental en el que se basa la recopilación de datos que usaremos para el diseño de nuestro velero. Es fundamental ya que nos proporcionará una idea general de cual son las características principales de otros veleros del mercado que son la competencia del que estamos diseñando, y haciendo uso de la experiencia de nuestros competidores podremos adaptar las características de nuestro barco a las exigencias del mercado.

Los datos obtenidos del estudio estadístico serán usados como referencia a la hora de diseñar el velero y por supuesto nunca como una limitación.

Para aproximarnos lo máximo a las dimensiones técnicas en las que queremos introducir nuestro velero usaremos en el estudio estadístico veleros dedicados al transcurso y competición en regatas transoceánicas en solitario o a dos establecida por la ISAF en la categoría de barco IMOCA OPEN 60.

El estudio se ha realizado con los diferentes barcos que participaron en la última edición de la regata BARCELONA WORLD RACE entre los cuales encontramos los 12 siguientes barcos:

- GAES CENTROS AUDITIVOS
- VIRBAC-PAPREC 3
- HUGO BOSS
- GAMESA
- FONCIA
- MAPFRE
- GROUPE BEL
- RENAULT Z.E. sailing team
- ESTRELLA DAMM sailing team
- MIRABAUD
- NEUTROGENA
- CENTRAL LECHERA ASTURIANA

4.1 DATOS RECOPIRADOS

Los parámetros que hemos usado para el estudio estadístico son los siguientes:

Año de diseño, eslora total, eslora de casco, eslora de flotación, manga, calado en rosca mínimo, calado en rosca máximo, lastre, superficie velica mayor, superficie velica génova, superficie vélica solent o foque, superficie vélica trinqueta, superficie vélica tormentín, superficie vélica código 0, superficie vélica A2, superficie vélica A3, superficie vélica A5, superficie vélica A6, superficie vélica reacher, superficie vélica proyectada, I, J, P, E, altura de palo, capacidad de combustible, capacidad de agua, potencia de motor y categoría de diseño.

En el **Anexo I** se encuentra el estudio estadístico al completo.

4.2 PARÁMETROS COMPARATIVOS

Para poder comparar embarcaciones de distintas dimensiones usamos los denominados “parámetros comparativos” que relacionan diferentes dimensiones y nos dan como resultado las características de cada barco para esa relación estudiada independientemente del tamaño del barco.

Los parámetros comparativos que hemos estudiado con los barcos del estudio estadístico son los siguientes:

Loa/LWL, Loa/B, LWL/ $\Delta^{1/3}$, Lwl/T, B/T, Lastre/ Δ y Superficie velica proyectada/ Δ .

Velero	Loa/Lwl	Loa/Bmax	Lwl/ $\Delta^{1/3}$	Lwl/T	B/T	Last./ Δ	S.V./ Δ
GAES CENTROS AUDITIVOS	1,0111	3,1791	9,0400	4,0180	1,2780	0,4375	37,8000
VIRBAC-PAPREC 3	1,0156	3,207	9	4	1,267	0,45	37,33
HUGO BOSS	1,0156	3,2354	9	4	1,256	0,4375	37,5
GAMESA	1,0111	3,1517	8,894	4,018	1,289	0,4048	/
FONCIA	1,0111	3,1791	8,966	4,018	1,278	0,439	/
MAPFRE	1,0111	3,1248	8,692	4,018	1,3	0,4222	36,45
RENAULT Z.E.	1,0099	3,1517	8,702	4,022	1,289	0,389	35,45
GROUPE BEL	1,0111	3,3236	9,04	4,018	1,222	0,4625	40,23
ESTRELLA DAMM	1,0156	3,1248	8,752	4	1,289	0,4253	/
MIRABAUD	1,0156	3,2937	8,963	4	1,233	0,4321	38,4
NEUTRÓGENA	1,0156	3,2937	9	4	1,222	0,45	38,6
CENTRAL LECHERA ASTURIANA	1,0156	3,3236	9	4	1,278	0,475	37,71
MEDIA-->	1,01325	3,2157	8,921	4,01	1,267	0,435	37,72

4.3 GRÁFICAS DE DISPERSIÓN, CURVAS DE REGRESIÓN Y TENDENCIAS

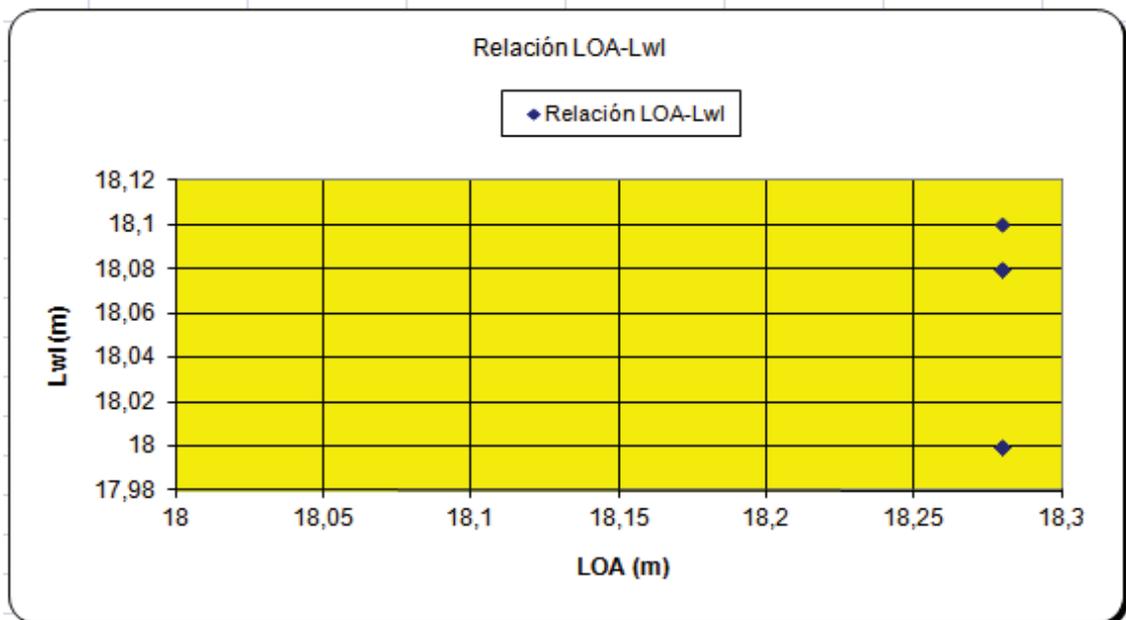
A continuación se exponen unas graficas de dispersión que incluyen la curva de regresión y tendencia para cada uno de los distintos parámetros comparativos estudiados en el apartado 4.2.

En estas graficas se representan los parámetros comparativos en el eje de ordenadas y la eslora total (Loa) en el eje de abscisas.

Las graficas que se muestran son las siguientes:

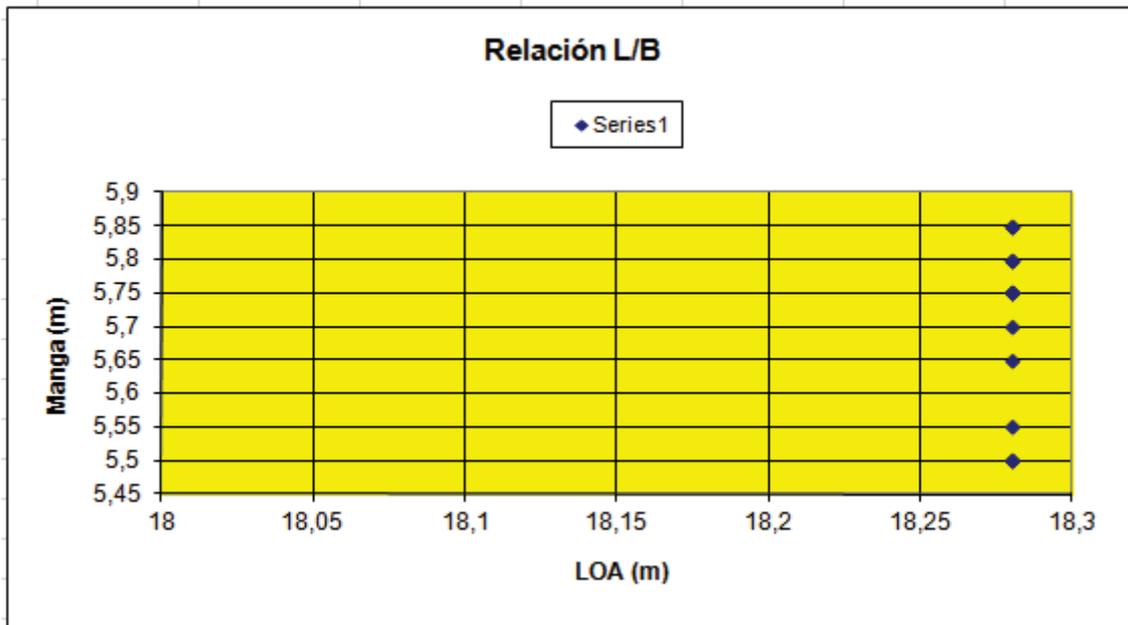
- **Eslora total/Eslora de flotacion:**

Como se observa en la grafica adjunta la relación eslora total-eslora de flotación varía muy poco entre los veleros estudiados, y oscila entre 1,0099 y 1,0156. Como resumen podríamos decir que la eslora de flotación es de entre un 0,98% y un 1,5% inferior a la eslora total y se debe a las formas tan plana que desarrollan estos barcos en sus cascos por el consiguiente objetivo de conseguir un régimen de desplazamiento de planeo continuo. Cuanto menor sea el peso y por consiguiente el desplazamiento del velero y más concentrado esté el reparto de peso en el periodo de cabeceo, su amplitud será menor por lo que podremos reducir los lanzamientos de proa y popa que ayudan a asimilar estos cabeceos y mejora la entrada en el agua de la proa y la popa consiguiendo formas más planas.



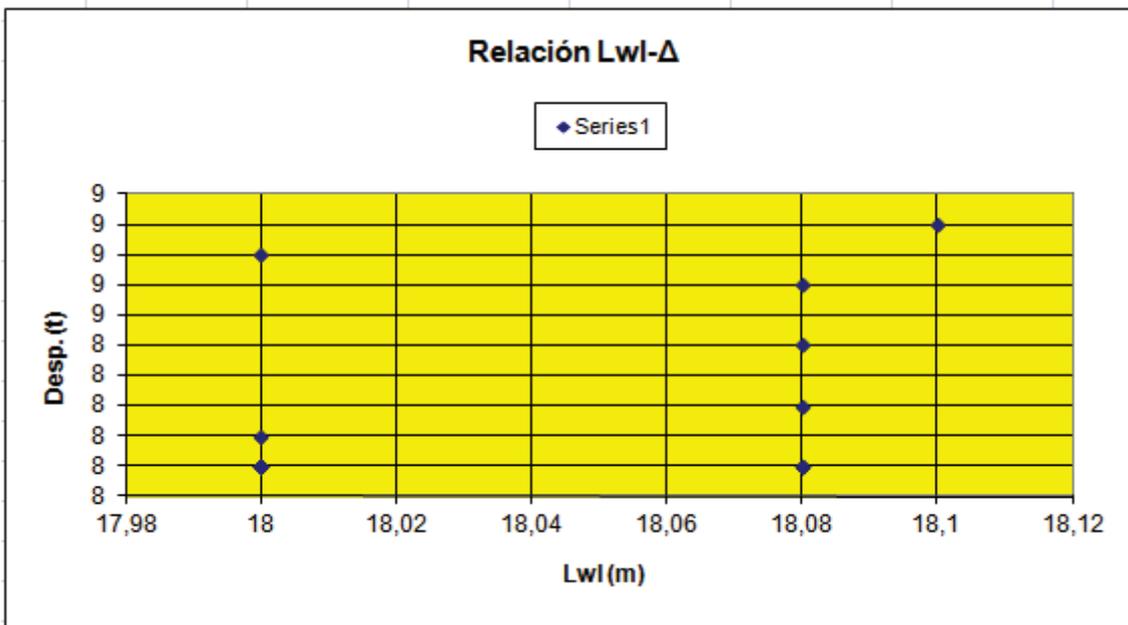
- **Eslora total/Manga máxima**

La relación eslora total-manga máxima puede ser una de las que afecte en mayor medida al comportamiento del velero en la mar. Esta determina en gran medida la resistencia al avance debido a que afecta de forma directa a la formación de olas. Cuanto mayor sea la relación eslora-manga más tarde se dará el caso de que la longitud de ola sea igual a la eslora, momento en el que la resistencia por formación de olas es mayor.



- **Eslora de flotación/Desplazamiento**

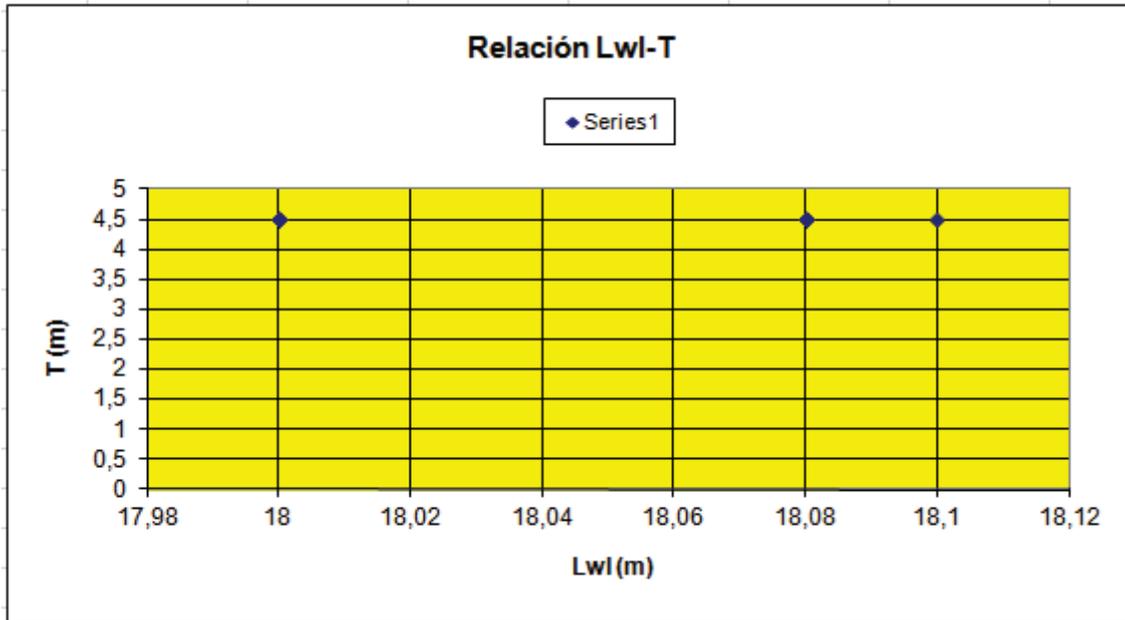
La relación eslora de flotación-desplazamiento nos da una idea del régimen de navegación que debe tener nuestro velero, teniendo que conseguirse números de Froude más altos cuanto menor sea esta relación. Indica si la embarcación es capaz de romper el punto crítico y pasar a navegar en régimen de semidesplazamiento.



- **Eslora de flotación/Calado**

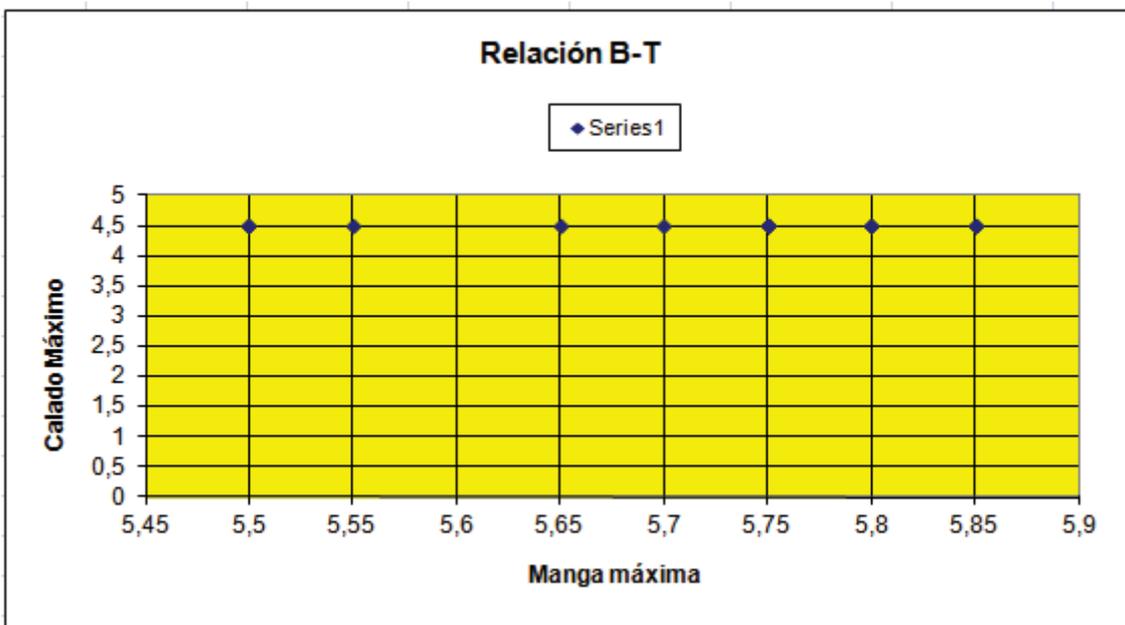
La relación eslora-calado debe ser proporcional siempre a la eslora total, pero al observar veleros de mayor tamaño vemos que esta llega un punto en el que no crece las

dimensiones de la orza al aumentar la eslora, esto se debe a posibles problemas de acceso a puertos deportivos, calas, zonas de navegación etc.



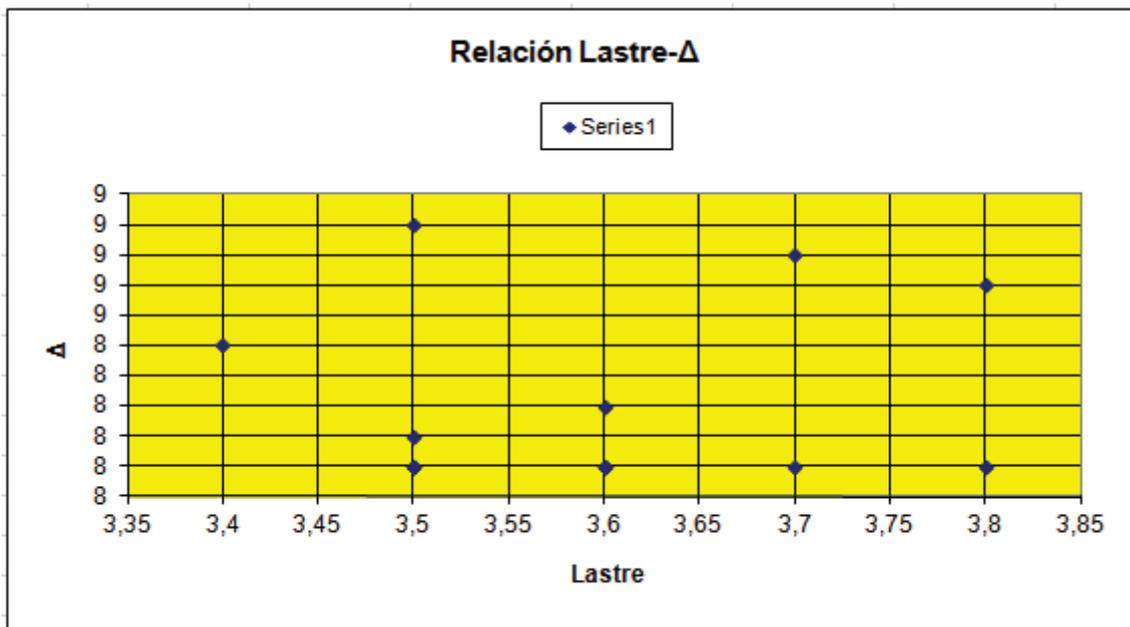
- **Manga/Calado:**

Para igual valor de eslora de flotación y desplazamiento el velero con menor relación B/T, se aproxima más a su forma cilíndrica, tiene menos superficie mojada, y por lo tanto menor resistencia. En contraposición para veleros de poco peso es decir, alta relación $Lwl/\Delta^{1/3}$, como el que estamos diseñando, cuanto mayor sea su manga en relación al calado más fácil será su entrada en régimen de planeo.



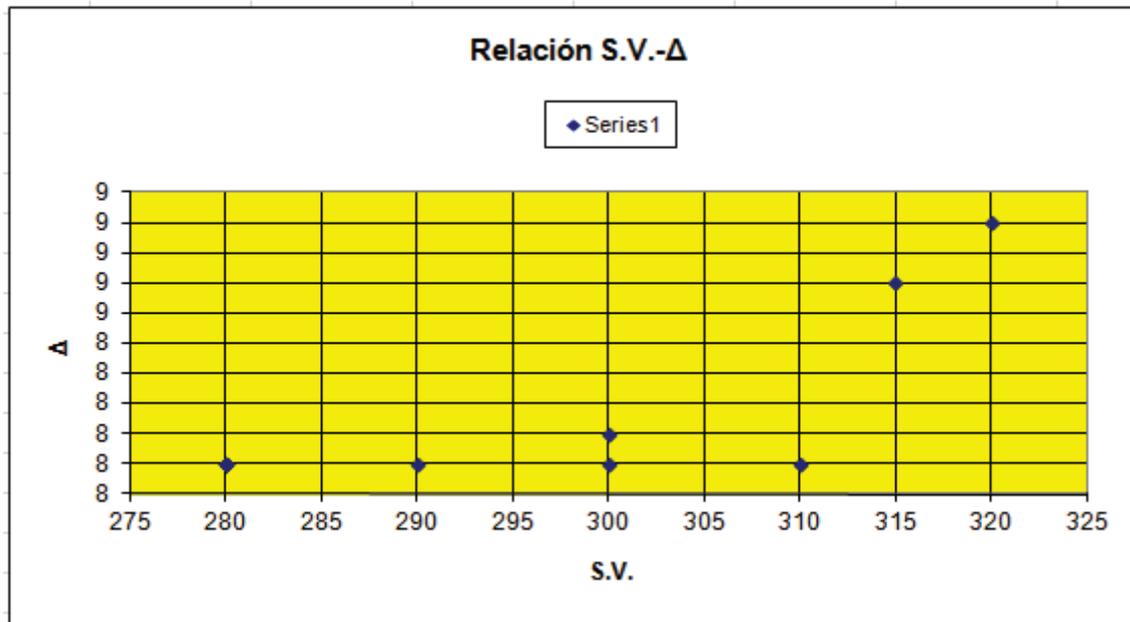
- **Relación de lastre (Lastre/Desplazamiento):**

La relación de lastre es uno de los aspectos más estudiados en el diseño de un velero. Su valor no fluctúa con la eslora, sino que se mantiene, según todas las publicaciones y estudios, entre valores del 0,3 al 0,5 es decir de entre un 30% y un 50% del peso del barco en rosca. Hay tendencia a aumentar esta proporción si el propósito del velero es la competición llegando a casos extremos como la *American's Cup* donde el lastre representa un 80% del peso total de la embarcación. En nuestro caso no es necesario, ya que nuestra regata al ser de altura no es necesario una embarcación con un lastre tan alto, ya que durante el transcurso de la regata podemos vernos sometidos a condiciones de mala mar con vientos y olas de un tamaño e intensidad peligrosos para la integridad física de la tripulación.



- **Relación de lastre (Superficie Véllica/Desplazamiento):**

Esta última relación nos indica la capacidad propulsora que tiene nuestro barco, y va a ser lo que nos determine en cierta medida el régimen de navegación debido a que la superficie velica va a ser nuestro modo de propulsión y debe estar diseñado y adaptado para un desplazamiento dado.



4.4 PRINCIPLES OF YACHT DESIGN

Además del estudio estadístico y las relaciones mostradas en el punto 4.2 y 4.3, se han usado las gráficas y consideraciones, que hace el libro *Principles of yacht design* de Larsson y Eliasson.

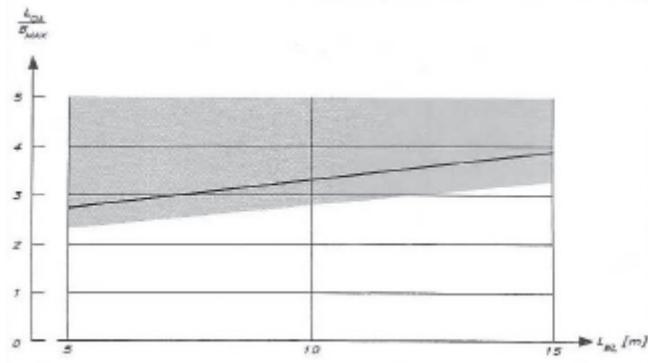
Las gráficas muestran por un lado la relación que se estudia y por otro lado la eslora de flotación para que podamos consultar esta gráfica entrando con el dato de nuestra eslora de flotación (Lwl). En nuestro barco entraremos con una eslora de flotación aproximada a 18,08 m que es el dato que hemos escogido en función de los parámetros presentes en el estudio estadístico.

Hay que tener en cuenta que la edición consultada del libro *Principles of yacht design* fue publicada en el año 2000 pero las gráficas están basadas en el estudio estadístico realizado por los autores en el año 1994, por lo que los datos pueden variar con respecto a la flota de embarcaciones actuales, así que al igual que nuestro estudio estadístico lo usaremos como complemento de información.

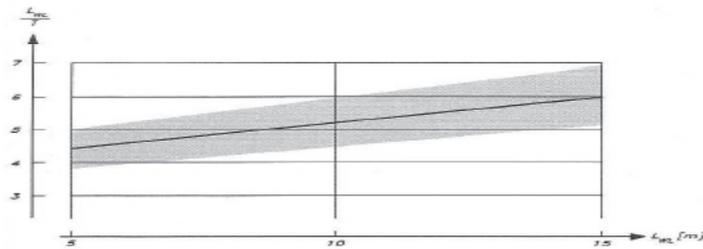
Los parámetros comparativos que tratan en este libro son los siguientes:

Eslora total/Manga máxima, Eslora de flotación/Calado, Eslora de flotación/Desplazamiento, Relación de lastre, Altura de francobordo a proa/Eslora total.

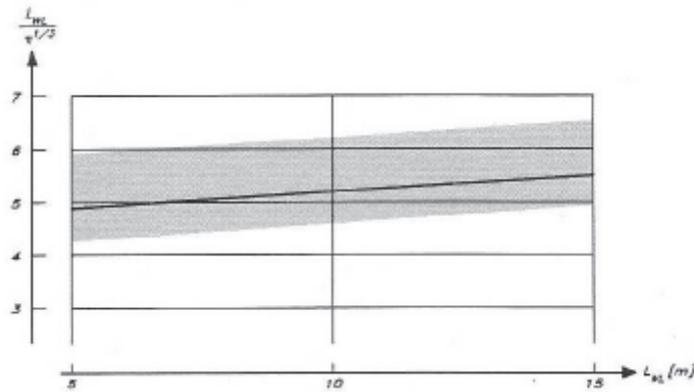
- **Eslora total/Manga máxima:**



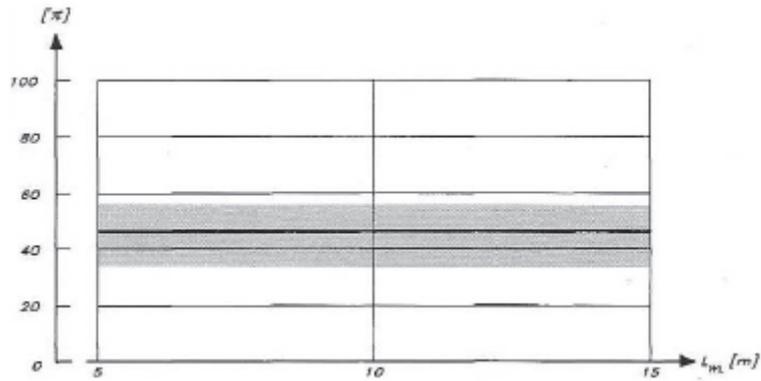
- Eslora de flotación/Calado:



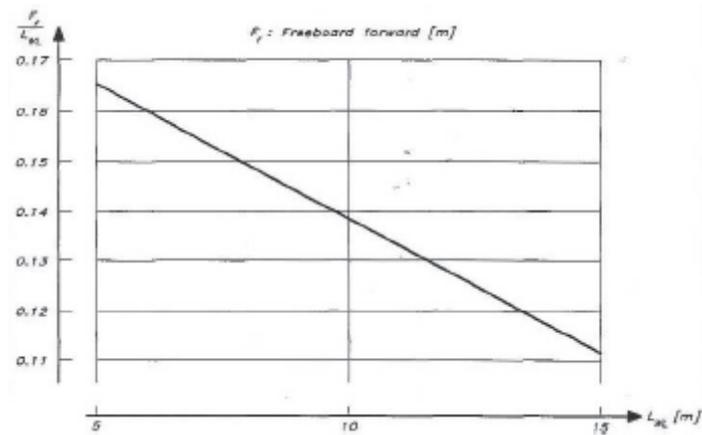
- Eslora de flotación/Desplazamiento:



- Relación de lastre:



- **Francobordo a proa/Eslora total:**



4.5 ANÁLISIS DE DATOS

En nuestro estudio de las dimensiones de veleros y las relaciones, hemos usado dos fuentes distintas, la primera la hemos basado en los datos obtenidos de un estudio estadístico realizado con un número de 12 veleros y por otro las gráficas y valores aconsejados por el libro *Principles of yacht design*.

Con el conjunto de datos del estudio estadístico y sus respectivas relaciones estudiadas en las gráficas de dispersión y curvas de regresión y tendencia obtenemos los siguientes resultados:

Loa (m)	18,28	S.V./ Δ	37,72
Lwl (m)	18,1	Calado casco (m)	0,3
B.max (m)	5,85	Loa/Lwl	1,01325
Calado (m)	4,5	Loa/Bmax	3,2157
Desplazamiento (Kg)	8.500	Lwl/Δ^{1/3}	8,921
Lastre fijo (Kg)	3500	Lwl/T	4,01
S.V. proyectada (m2)	311	B/T	1,267
Potencia motor (Hp)	37	Lastre/Δ	0,411 (41,1%)

Por otro lado se muestra en la siguiente tabla las recomendaciones sacadas de las gráficas del libro *Principles of yacht design* referentes a las relaciones de las dimensiones, que se pueden consultar en el apartado 4.5 de este proyecto.

Para poder sacar una conclusión de estas gráficas mostradas en el citado libro hay que entrar con el dato de eslora de flotación (Lwl), el cual lo hemos calculado a modo de referencia en el estudio estadístico, por lo que los resultados de estas gráficas serán también referenciales.

Loa/Lwl	1,01325
Loa/Bmax	3,2157
Lwl/Δ^{1/3}	8,921
Lwl/T	4,01
Relación lastre	41,10%

La eslora de flotación utilizada para la entrada en las graficas es de 18,08 m.

4.6 DEFINICIÓN FINAL DE RANGOS DE DIMENSIONES

Con todos los datos recogidos y haciendo un uso racional y meditado de cada uno de ellos para adaptarlo a nuestro diseño, se muestra a continuación una tabla resumen con los datos aproximados que se van a usar en el diseño del velero, una vez más se advierte que estos datos provienen de información orientativa y que nos servirán para ver cual son los rangos de valores de las diferentes dimensiones del velero, que nos ayudará a saber que trabajamos entre unos límites comunes al resto de la flota estudiada.

Loa (m)	18,28	S.V./ Δ	36,36
Lwl (m)	18,1	Calado casco (m)	0,3
B.max (m)	5,85	Loa/Lwl	1,01
Calado (m)	4,5	Loa/Bmax	3,216
Desplazamiento (Kg)	8.500	Lwl/$\Delta^{1/3}$	8,859
Lastre fijo (Kg)	3500	Lwl/T	4,02
S.V. proyectada (m2)	309,1	B/T	1,267
Potencia motor (Hp)	37	Lastre/Δ	0,411 (41,1%)

Estos valores pueden ser modificados en el diseño real de la carena, diseño de apéndice, diseño de interior, diseño de cubierta o diseño del plano velico para adaptarlo a las necesidades finales o a las decisiones que se crean convenientes.

El cambio de cada uno de estos valores con respecto a los mostrados en la tabla anterior será debidamente justificado en su apartado.

- LOA \rightarrow 18,28m
- Lcasco \rightarrow 18,28m
- Lwl \rightarrow 18,1m
- B \rightarrow 5,85m
- Tmax \rightarrow 4,5 m
- Δ \rightarrow 8.500 kg
- Altura mástil \rightarrow 28m
- I \rightarrow 27,5m
- J \rightarrow 19,5m
- P \rightarrow 27m
- E \rightarrow 12,2m
- Sup. vélica Mayor \rightarrow 165m²
- Sup. vélica Génova \rightarrow 145m²
- Sup. vélica Solent o Foque \rightarrow 65m²
- Sup. vélica Trinqueta \rightarrow 37m²
- Sup. vélica Tormentín \rightarrow 20m²
- Sup. vélica Código 0 \rightarrow 200m²
- Sup. vélica A2 \rightarrow 400m²
- Sup. vélica A3 \rightarrow 280m²
- Sup. vélica A5 \rightarrow 170m²
- Sup. vélica A6 \rightarrow 260m²

Cada medida será debidamente justificada en el apartado 5 de DISEÑO DE LA CARENA.

5.-DISEÑO DE LA CARENA

El diseño de la carena es uno de los aspectos más cuidados y tal vez el más complejo en el diseño de una embarcación de recreo de estas características. En este apartado del proyecto tendremos en cuenta una serie de requerimientos que debe cumplir el casco para satisfacer las demandas exigidas en un principio de *velocidad, comportamiento en la mar, estabilidad, habitabilidad reducida, reglamentación y zona de navegación*. Todo estos aspectos serán concretados basándonos en el estudio estadístico estudiado en el capítulo 3 de este proyecto, las diferentes normativas y también las recomendaciones de las diferentes publicaciones consultadas. A modo de resumen las características que debe cumplir son:

- **Velocidad:** Al ser una embarcación dedicada a la competición de altura sin escalas tiene que cumplir unos mínimos de velocidad, dotando al barco con unas formas lo más planas posibles. Esta cualidad del barco se consigue del estudio del medio de propulsión y las diferentes componentes de la resistencia y en especial la relacionada con la resistencia del casco. En otras palabras diseñar una carena que permita el máximo avance con el mínimo consumo de energía.
- **Comportamiento en la mar:** La embarcación debe estar diseñada para soportar las aceleraciones derivadas de la navegación, como son el balance, cabeceo y guiñadas; así como temporales pertinentes que puedan encontrar a lo largo de la vuelta al mundo a dos (vientos huracanados y olas de gran altura).
- **Estabilidad:** Una embarcación de este tipo aparte de el mal estado de la mar también sufre el efecto de las fuerzas aerodinámicas ejercidas en las velas y debe ser capaz de sobrellevarlas para ofrecer seguridad y velocidad aparte de cumplir los requisitos impuestos por la autoridad pertinente.
- **Habitabilidad reducida:** La carena debe ser lo suficientemente amplia como para albergar un espacio mínimo habitable para 2 personas, y dotar de provisiones (agua potable, pertrechos, tanques de lastre, equipamiento de regata y de seguridad) para dos personas. Este punto suele entrar en conflicto con otros como es el buen rendimiento hidrodinámico.
- **Zona de navegación:** Como vimos en la introducción este diseño está sujeto al cumplimiento de la normativa de estabilidad UNE-EN ISO 12217-2 pero también la relativa a su categoría de diseño que recordemos que es la "A". Esta normativa como vimos nos lo relaciona a su vez con una zona de navegación en la que se asumen unas condiciones de navegación sin límites ni de viento ni de olas. Estos datos nos dan una idea de las condiciones que se encontrará por lo que habrá que adaptar el diseño a la navegación en estas características.

Para satisfacer el primero de los puntos mencionados anteriormente referente a la velocidad se expone aquí una pequeña introducción de la resistencia al avance que nos servirá para entender la elección de otros parámetros.

5.1 RESISTENCIA AL AVANCE Y NÚMERO DE FROUDE

La resistencia total al avance de un velero se divide en cinco grupos de resistencias distintos:

- **Resistencia de origen viscoso:** Supone más del 40% de la resistencia total y se debe al gasto energético al pasar del régimen laminar al turbulento y se subdivide en tres resistencias distintas que son: *Resistencia de fricción*, *resistencia por presión viscosa* y *resistencia debida a la rugosidad de la carena*. A su vez la *resistencia de fricción* es la que más supone en el conjunto de la resistencia de origen viscoso siendo es sola un 34% de la resistencia total.
- **Resistencia debida a la escora:** En un velero la escora es algo habitual y esto provoca una deformación de las líneas de agua que se vuelven asimétricas de forma que se genera un empuje o sustentación y en consecuencia una resistencia inducida debida a dicha sustentación. Esta resistencia tan solo supone un 6,5% de la resistencia total.
- **Resistencia inducida:** Debida al abatimiento del barco que provoca la navegación a vela, esto produce de nuevo un empuje y por lo tanto la resistencia que siempre va unida a cualquier sustentación. Supone un 8% de la resistencia total.
- **Resistencia añadida en olas:** Debido al gasto de energía producido por los movimientos de balanceo y cabeceo. Supone un 9% de la resistencia total.
- **Resistencia por formación de olas:** Supone un 35,5% de la resistencia total. Se debe al reparto desigual de las presiones del fluido a lo largo de la carena formándose crestas y senos en puntos distintos. La longitud de ola que se genera depende del Número de Froude, que a su vez está condicionado por la velocidad de navegación y la eslora del barco. A partir de un F_n (Numero de Froude) de más d 0,45 este tipo de resistencia, la de formación de olas, crecerá de forma alarmante, pero en el diseño de veleros no es tan preocupante debido a que pocos veleros se diseñan para este régimen de navegación denominado régimen de plano. A continuación pasamos a ver con mayor detalle las dos componentes de resistencia que afectan en mayor medida a la resistencia total del velero que son la *resistencia de origen viscoso* y la *resistencia por formación de olas*. También fijaremos algunos aspectos del diseño del velero relacionado con la resistencia. La resistencia por formación de olas tendrá una gran importancia debido a que nuestro barco va a contar con un régimen de desplazamiento adaptado al planeo, por lo que lo vamos a dotar con unas formas planas y un calado del casco sin apéndice bastante pequeño, para que pueda salir al planeo con facilidad.

Resistencia de origen viscoso:

Como se ha comentado con anterioridad la resistencia de origen viscoso está compuesta a su vez por tres componentes que pasaremos a estudiar con más detalle. Estas componentes son la resistencia de fricción, resistencia por presión viscosa y la resistencia debida a la rugosidad de la carena.

- **Resistencia de fricción:**

Depende fundamentalmente de la superficie mojada, la velocidad del casco y por último del régimen. Supone un 34% de la resistencia total.

Una menor superficie mojada reduce notoriamente la resistencia por fricción, por lo que optaremos por un casco separado de la orza como los veleros actuales en contraposición de los clásicos que utilizaban quilla corrida para evitar el abatimiento.

El régimen que puede ser laminar o turbulento afecta ya que cuando es laminar, es decir, la velocidad del fluido con respecto al casco es menor, la resistencia es menor, por lo tanto cuanto más a popa se encuentre el punto de transición de laminar a turbulento menor será la superficie que este afectada por el régimen turbulento y por lo tanto menor la resistencia de fricción.

- **Resistencia de presión viscosa:**

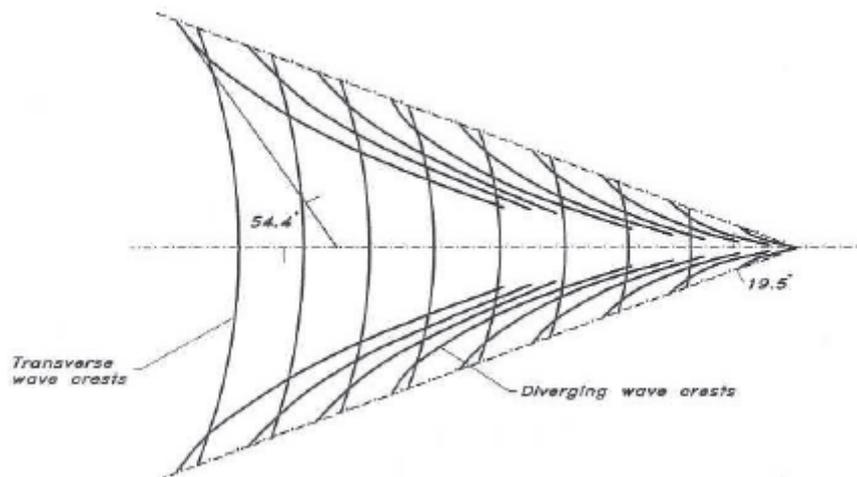
Supone un 3,5% de la resistencia total, y se debe a la diferencia de presiones entre la proa y la popa. La separación de la capa límite en la zona de popa hace que el fluido se deforme creando una depresión y por lo tanto una succión. Hay que intentar que la entrada del fluido en la zona de proa y la zona de salida del fluido en la zona de popa sea lo más progresiva posible.

- **Resistencia debido a la rugosidad de la carena:**

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

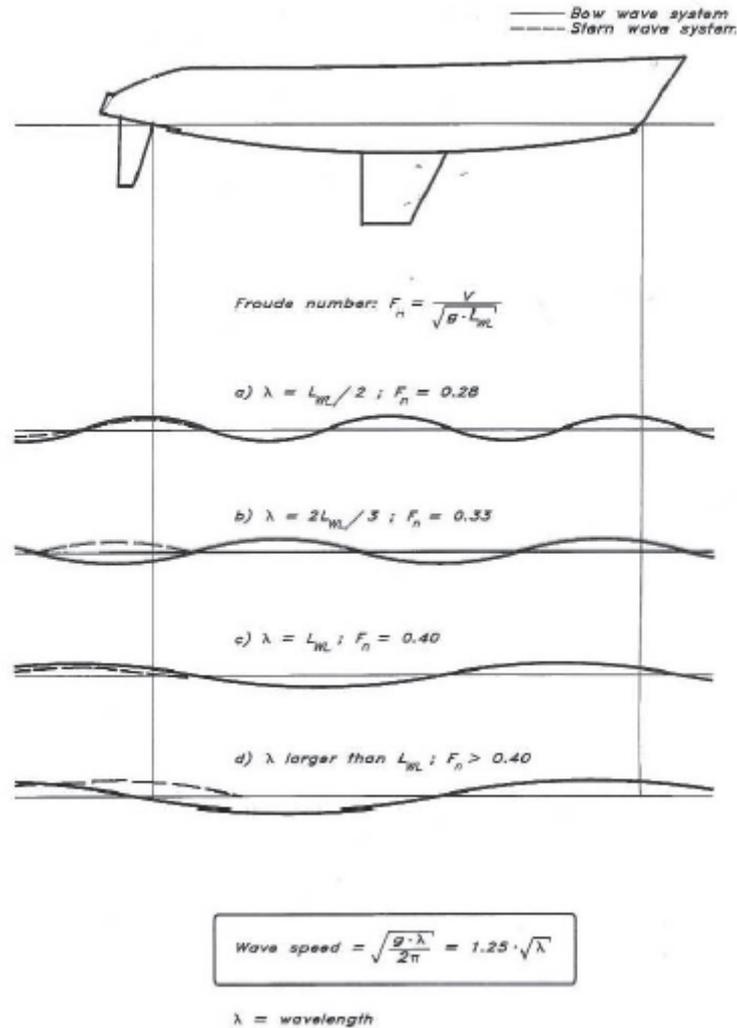
Resistencia por formación de olas:

Como vimos anteriormente este tipo de resistencia es la que más afecta en el conjunto total de la resistencia y es más acusado cuanto mayor sea la velocidad al estar relacionado gracias al Número de Froude. Se produce al haber diferencias de presión del fluido a lo largo de la eslora del barco que se propaga en forma de olas. El sistema de olas que se crea es idéntico en todos los barcos y se conoce como el *Sistemas de olas Kelvin*. Este sistema está formado por dos olas, por un lado las divergentes que se mueven de forma lateral, y por otro lado las transversales que se mueven en ángulos rectos.



La velocidad a la que se mueva la embarcación está relacionada con la longitud de ola a través del Numero de Froude como se muestra en la imagen.

En esta imagen vemos que cuando el tren de olas de proa coincide con el tren de olas de popa, o lo que es lo mismo, la longitud de ola es igual a la eslora, la resistencia por formación de olas crece de forma alarmante. Esto sucede para F_n superiores a 0,40. Se debe a que es en este momento cuando existe la mayor diferencia de presiones entre popa y proa.



Número de Froude y conclusiones de la resistencia:

Como conclusión del estudio de las distintas resistencias observamos que en primer lugar tenemos que fijar una velocidad a la que queremos que navegue nuestro barco y su eslora. Tras conocer estos parámetros observaremos cual es la resistencia que afecta en mayor medida a nuestro diseño.

En nuestro barco se trata de un velero de 18,08 m aproximadamente de eslora de flotación ya que este parámetro no ha sido fijado del todo y a una **velocidad de diseño de 20 nudos**, la cual no es siempre así debido a que en ocasiones tendremos más velocidad, y en otras menos, lo que significa que su **Número de Froude irá de 0,44 hasta alcanzar valores de 0,77** cuando se encuentre en pleno régimen de planeo, obtenido de la expresión $F_n = v/\sqrt{g \cdot L}$, siendo “v” la velocidad expresada en metros partido de segundos, “g” la aceleración de la gravedad y “L” la eslora de flotación o Lwl.

Una vez que conocemos F_n podemos clasificar la embarcación en régimen de planeo que según el libro *Principles of yacht design* oscila a partir de 0,44 al encontrarse desde 0,44 consideraremos que es un barco que va a estar en constante régimen de

planeo continuo, es decir, cuando haya condiciones óptimas el barco planeará sin problema dependiendo del velamen desplegado.

Según los estudios, para una reducción de la resistencia viscosa, las formas de popa deben tener una salida progresiva, para ello se recomienda coeficiente prismático (C_p) de valores próximos a 0,6 y por último una posición longitudinal del centro de carena (LCB) a proa de la maestra. Sin embargo esto provocaría un aumento considerable de la resistencia por formación de olas.

Al observar el F_n y ver que nos encontramos en régimen de planeo constante y observar en la imagen mostrada anteriormente que la longitud de ola es próxima a la eslora de la embarcación, nos damos cuenta que la resistencia más importante a tener en cuenta es la resistencia por formación de olas.

Para reducir la resistencia por formación de olas tenemos que evitar el asiento apopante que toma la embarcación al aproximarse a valores de F_n de 0,40 debido al seno de la ola. Esto se consigue por un lado haciendo que la embarcación tenga un desplazamiento ligero y por otro lado diseñando formas con suficiente volumen en la popa además de un fondo plano en la zona de salida del fluido, es decir, a popa, que favorece la transición de semidesplazamiento a planeo ya que aumenta el efecto de la fuerza hidrodinámica vertical, lo que conlleva una elevación de la popa del casco reduciéndose la resistencia por fricción.

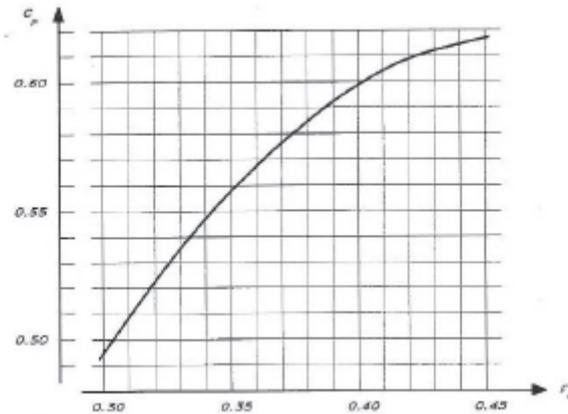
A continuación vamos a estudiar el coeficiente prismático (C_p) y la posición longitudinal del centro de carena (LCB) óptimo para nuestro velero. Esto significa que con el Número de Froude calculado anteriormente vamos a ver cual son los valores idóneos de estos dos parámetros.

5.2 COEFICIENTE PRISMÁTICO OPTIMO (C_p)

El coeficiente prismático se define como la relación entre el volumen de la carena y el volumen de un cilindro cuya base tiene igual área que la sección maestra.

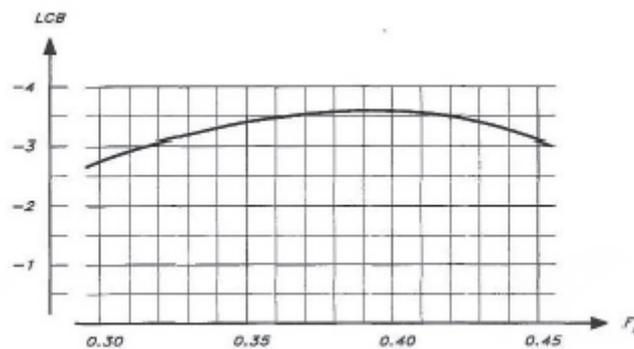
Según la gráfica mostrada a continuación obtenida de las pruebas realizadas en el canal de experiencia hidrodinámica de Delft en Holanda, el coeficiente prismático óptimo para nuestro diseño entrando con un F_n de 0,44 es de 0,614 (esto sería para el barco a una velocidad bastante menor a la de diseño), por lo que conforme aumentamos la velocidad del barco necesitaríamos un F_n mayor y por tanto un C_p también mayor.

En conclusión, debemos dotar al barco de suficiente volumen en popa para favorecer el paso de agua por el costado y la entrada del barco en régimen de planeo. Nuestro C_p variará en función de lo que retrasemos la posición longitudinal del centro de carena, ya que cuanto más a popa mas formas de planeo poseerá nuestro barco y por consiguiente, mayor C_p .



5.3 POSICIÓN LONGITUDINAL ÓPTIMA DEL CENTRO DE CARENA

La posición longitudinal del centro de carena o LCB del inglés, longitudinal centre of buoyancy, es el punto donde se aplica el empuje creado por las fuerzas hidrostáticas al tener sumergido parte de la carena. Es de gran importancia la elección de este punto debido a que su posición a proa o a popa nos creara un asiento apopante o aproante. Como vimos en las conclusiones del apartado 4.1, hay que conseguir que el velero tenga formas en popa llenas para evitar el asiento apopante y esto se consigue retrasando el LCB a popa de la maestra. Esta conclusión se ve ratificada por la gráfica que se expone a continuación.



Entrando en la gráfica con un F_n de 0,44 podemos obtener una posición longitudinal del centro de carena de -3,25% a popa de la sección maestra. Este dato será orientativo, debido a que a la hora de diseñar la carena debemos de tener en cuenta que conforme el barco vaya entrando en régimen de planeo la posición longitudinal del centro de carena irá desplazándose hacia proa, debido a que la mayor parte del volumen se encontrará en popa.

5.4 ELECCIÓN DE LA ESLORA

La eslora total viene fijada desde el comienzo del proyecto que a su vez fue

elegida por ser la eslora más común entre veleros de esta categoría y que ofrecía la ventaja de que no se convertiría en un velero muy caro de construir.

Una vez fijada la eslora total (loa) en 18,28 m, hay que elegir la eslora de flotación o Lwl basándonos en los datos técnicos y estudios estadísticos. Finalmente se escoge una Lwl de 18,08 m.

Con respecto a las formas de proa, estas serán totalmente rectas, a una eslora de 18,28 m y tendrás una ligera elevación sobre el agua para dar como resultado la eslora de flotación escogida anteriormente. Estas formas se han escogido por tres razones, la primera es una razón hidrodinámica, al tener elevación para superar las pequeñas olas que nos podemos encontrar, la segunda es una razón de navegabilidad, para poder soportar toda la superficie velica que va a contener este barco y por último por una razón de normativa ya que la ISAF obliga a todos los barcos de la clase a no superar los 60 pies o 18,28 m de eslora.

5.5 FRANCOBORDO

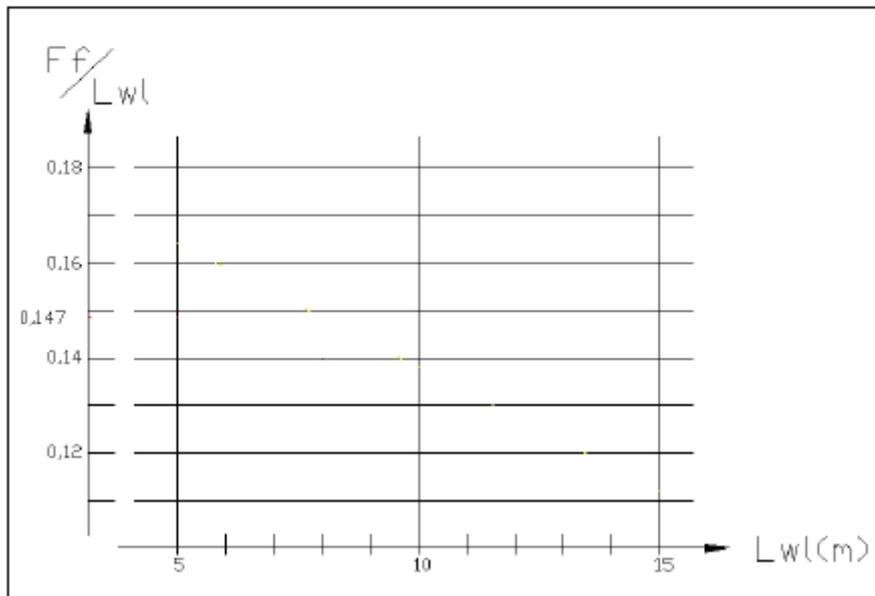
Llamamos francobordo a la distancia vertical que hay entre la línea formada por el agua en el casco cuando se encuentra en máxima carga la embarcación y la parte más alta del casco.

Esta distancia no debe ser muy elevada por motivos de estabilidad y de recuperación, ya que si se diera el caso de que nuestro barco zozobraría debido al mal estado de la mar, la quilla basculante deberá autoadrizar el barco sin ayudas externas, por lo que cuanto menor sea la altura de francobordo, más facilidad tendrá el barco de estabilizarse de nuevo.

Sabemos que la relación francobordo/eslora de flotación va disminuyendo proporcionalmente con el aumento de la línea de flotación ya que una vez sobrepasado la medida mínima exigida por las alturas interiores, ya no parece necesario seguir aumentando el francobordo

Tenemos que tener en cuenta los efectos del francobordo como:

- Mayor abatimiento de la embarcación
- Aumento de la estabilidad por formas positivas a grandes ángulos de escora
- Riesgo de elevación del centro de gravedad



Entrando en la gráfica anterior con una eslora de flotación previamente calculada anteriormente de 18,08 m, obtenemos una relación de $Ff/Lwl=0,095$ por lo que obtendremos un valor preliminar de francobordo de 1,7 metros.

5.6 PESOS Y DESPLAZAMIENTOS

El cálculo de pesos y desplazamiento es de vital importancia a la hora de diseñar la carena ya que es uno de los datos esenciales que tenemos que ajustar en el diseño cuando usemos algún software de diseño asistido por ordenador.

En primer lugar hemos de estimar el desplazamiento en rosca que tendrá nuestra embarcación. En este caso usaremos el dato expuesto en la tabla de la página 21, es decir 7.672kg. Aunque en el estudio estadístico obtenía un dato inferior de desplazamiento en rosca, he preferido usar este de 7.672kg ya que se ajusta más a los barcos destinados a un uso de regata.

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

Peso Muerto:

- Tripulantes con sus respectivos pertrechos: $2 \cdot 100\text{Kg} = \mathbf{200\ Kg}$
- Combustible: 80 Litros = **80 Kg**
- Potabilizadora eléctrica que da 5,6 Litros de agua/Hora = **11,2 Kg**
- Agua dulce emergencia 9 Litros = **9 Kg**
- La normativa nos obliga a llevar con potabilizadora en el inicio de la regata 3 litros de agua por persona por cada 1000 km, como la regata consta de 25.000 millas náuticas (46.300 Km) tendremos que llevar a bordo: **277,4 Kg**
- Equipo de seguridad y supervivencia: **50 kg**
- Lastre móvil (cuando sea necesario): **400 Kg**

Total: 828 kg

**Cabe hacer una consideración sobre el poco combustible que hemos dado a nuestro barco, debido a que una de las principales normas en regatas transoceánicas es que queda terminantemente prohibido el encender el motor durante el transcurso de la regata a excepciones de entrada y salida a puerto, roturas o problemas con aparejo y retirada de la regata.*

Desplazamiento máximo (Δ_{max}):

- Peso muerto (828kg)+Peso en rosca (7672kg)

Total (Δ_{max}): 8.500kg

Desplazamiento de diseño (Δ_d):

Es la media aritmética entre el desplazamiento en rosca y el desplazamiento máximo.

- (Desplazamiento en rosca + Desplazamiento máximo)/2

Total (Δ_d): 8.086kg

Desplazamiento de la quilla y del bulbo (Δ_o):

El desplazamiento de la quilla es un valor que necesitamos estimar en este punto del proyecto aunque en el capítulo 5 se desarrollará con más detalle. Este valor lo necesitamos ya que restado al desplazamiento de diseño obtenemos el desplazamiento que debe tener nuestra carena o casco.

Este desplazamiento se calcula obteniendo el volumen que tiene un peso dado de hoja de quilla sabiendo que el material del que está fabricada es de fibra de carbono y obteniendo el volumen que tiene un peso dado de bulbo sabiendo que el material del que está fabricad es de plomo. Se elige el plomo para el bulbo ya que al ser un material con una densidad muy alta lo que hará que con relativamente poco volumen nos dará un alto peso, bajando el centro de gravedad y por lo tanto aumentando la estabilidad.

Finalmente escogemos un peso para la hoja de la quilla de 600 kg (fibra de carbono) y un peso para el bulbo de 2900 kg (plomo) que es el valor que obtuvimos en el capítulo anterior del estudio estadístico.

- Peso de la hoja de la quilla: 0,6T
- Densidad de la fibra de carbono: 1,75T/m³
- Volumen de la quilla: 0,343m³
- Peso del bulbo: 2,9 T

- Densidad del plomo: 11.340 T/m³
- Volumen del bulbo: 0,256 m³

Total (Δ_o): 614kg

Desplazamiento de la carena sin apéndices (Δ_c):

Es el resultado de restar el desplazamiento que genera la orza al desplazamiento de diseño. Este valor es de especial importancia ya que junto con los valores elegidos anteriormente como es el coeficiente prismático, posición longitudinal del centro de carena, la eslora total, la eslora de flotación y otros valores que tomaremos de forma no tan estricta como es el valor de la manga máxima sacada del estudio estadístico o el calado, podremos diseñar finalmente las formas de nuestra carena en el software de diseño asistido por ordenador.

- Desplazamiento de diseño (Δ_d) – Desplazamiento de la orza (Δ_o)

Total (Δ_c): 7.770kg

5.7 ELECCIÓN DE LA MANGA

Con el valor de 5,85 m de manga máxima obtenido del estudio estadístico y los parámetros comparativos estudiados decidimos diseñar el velero en el Maxsurf contando con este dato ya que es una dimensión que preliminarmente nos ofrece buena estabilidad junto con un desplazamiento bajo así como una cómoda y rápida navegación.

Finalmente la manga máxima como se muestra en la tabla anterior es de 5,85m ya que es la que obtuvimos al diseñar y la que más se adoptaba a las formas que queríamos.

5.8 ELECCIÓN DEL CALADO

El calado al igual que sucedió con la manga máxima, se obtiene como resultado de diseñar el velero en tres dimensiones y adaptándolo a las formas deseadas. Se obtiene un valor de 0,173 m ya que para dotar al barco de las formas más planas posibles ha sido necesario disminuir el calado y aumentar la manga en flotación y en el pantoque.

5.9 DISEÑO DE LA CARENA CON SOFTWARE INFORMÁTICO MAXSURF

Para el diseño de la carena propiamente dicho, usaremos el software informático de diseño en tres dimensiones específico para ingeniería naval Maxsurf, en el moldearemos nuestra carena partiendo de una única superficie de un velero adjunto al software.

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

Una vez que hemos elegido la eslora total, la eslora de flotación, el desplazamiento de carena, el coeficiente prismático, la posición longitudinal del centro de carena y contando con los parámetros del resto de dimensiones obtenido del estudio estadístico empezamos a adaptar la superficie mencionada anteriormente a las características y especificaciones técnicas requeridas.

Finalmente, después de modificar la superficie obtenemos los siguientes datos:

Como podemos comprobar, hemos disminuido la eslora en flotación para dotar de una mayor manga en flotación el barco y así poder contar con una mayor estabilidad y un GM más alto, la posición longitudinal del centro de carena que hemos fijado está más a popa de la que en un principio hemos propuesto, al igual que el C_p que es un poco más alto que el propuesto, debido a que al contener mayor volumen en popa que en proa y un centro de carena más a popa de lo normal, conseguiremos establecer una relación de planeo lo suficientemente alta para conseguir establecernos en nuestra velocidad de diseño (alrededor de 20 nudos) de manera rápida y sin complicaciones.

De esta manera, debido al cambio de asiento que se producirá por la aparición de fuerzas hidrodinámicas de planeo, retasarán más aún el XC (ó LCB) y aumentarán el C_p .

Loa	18,28 m
Lwl	18,069 m
Bmax	5,85 m
Puntal	2 m
Calado	0,173 m
LCB	-7,52%
C_p	0,672
Δ_c	7,681 T

5.10 RESUMEN DE DIMENSIONES FINALES

A modo de resumen se expone en este punto la tabla de las hidrostáticas que nos ofrece Maxsurf.

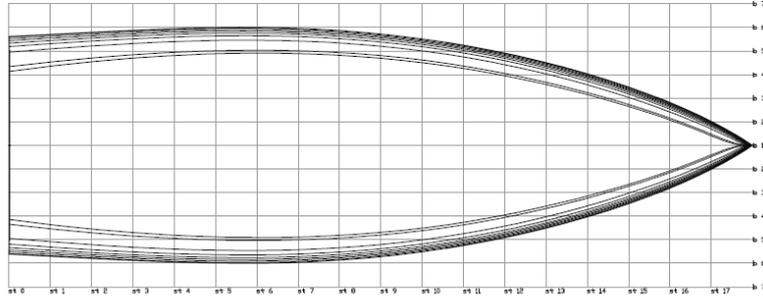
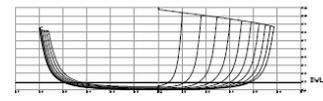
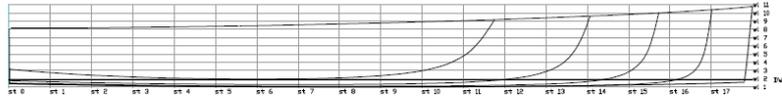
Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	7,681	tonne
2	Volume	7,493	m ³
3	Draft to Baseline	4,379	m
4	Immersed depth	0,173	m
5	Lwl	18,07	m
6	Beam wl	4,57	m
7	WSA	63,198	m ²
8	Max cross sect area	0,617	m ²
9	Waterplane area	62,591	m ²
10	Cp	0,672	
11	Cb	0,525	
12	Cm	0,792	
13	Cwp	0,758	
14	LCB from zero pt. (+	-1,359	m
15	LCF from zero pt. (+	-1,54	m
16	LCB from zero pt. (+	-7,518	%
17	LCF from zero pt. (+	-8,524	%
18	KB	4,312	m
19	KG	0	m
20	BMt	11,254	m
21	BMI	162,284	m
22	GMt	15,566	m
23	GMI	166,596	m
24	KMt	15,566	m
25	KMI	166,596	m
26	Immersion (TPc)	0,642	tonne/c
27	MTc	0,708	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	2,087	tonne.

Density: 1.025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

*Nota: Al final del tomo se adjunta el anexo de planos, **Anexo I**, con el plano de formas del velero, que corresponde al **plano N° 1**.



Características de Diseño	
DESPLAZAMIENTO D.C.	7,681 T
LWL	18,07 m
Cp	0,672
Cb	0,525
LCB desde la maestra	-1,359 m (a popa)
Gmt	15,556 m

6.-DISEÑO DE APÉNDICES (ORZA, ORZAS ANTIDERIVA Y TIMONES)

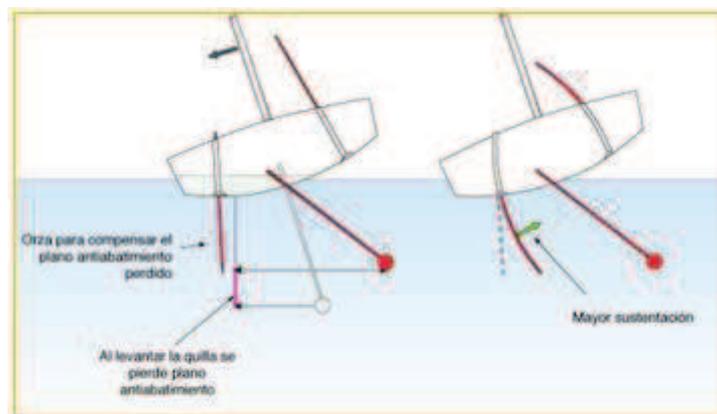
Los apéndices que vamos a tratar en este capítulo son la orza, las orzas antideriva y los timones. La orza es una pieza sumergida que cumple dos funciones claramente diferenciadas; por un lado generar fuerza hidrodinámica que contrarreste el abatimiento y deriva del velero y una función adrizante; esta quilla va a tener en el fondo un bulbo que es donde se va a concentrar la mayor parte del lastre fijo del barco, quedando una relación de bulbo \rightarrow 2900 kg y lamina de quilla \rightarrow 600 kg, situando más bajo el centro de gravedad y disminuyendo la escora. Por otro lado el timón nos dará capacidad de gobierno sobre la embarcación. Las orzas antideriva tienen una única función en rumbos de ceñida y través por el hecho de conseguir ángulo más cerrados al viento y aumentar la capacidad de ceñida en nuestro barco. A continuación veremos que fuerzas se generan a la hora de navegar a vela y como actúa la quilla y el timón.

6.1 DEFINICIÓN DE LAS ORZAS LATERALES ANTIDERIVA

Las orzas sirven para contrarrestar la fuerza lateral del viento sobre el casco e impedir que éste se vaya de lado. Se usan preferentemente en rumbos contra el viento. Cuando van levantadas, las orzas destacan espectacularmente sobre la cubierta. Hay dos grandes familias: las curvas y las rectas. No está clara la superioridad de un tipo sobre otro.

Las orzas son imprescindibles para compensar la pérdida de plano de antiabatimiento (superficie de resistencia al desplazamiento lateral del barco) cuando la quilla se eleva.

Las primeras orzas fueron rectas y simétricas; enseguida se pasó a las asimétricas que pueden trabajar cerca de la vertical cuando el barco está escorado (ver gráfico) aprovechando así la máxima que oponer al abatimiento.



Las orzas proporcionan plano de antiabatimiento para compensar la elevación de la quilla.

Últimamente, los diseños de VPLP y Guillaume Verdier han desarrollado las orzas curvadas, que permiten aprovechar el efecto “foil” que produce su perfil y que genera una fuerza de sustentación que empuja el casco hacia arriba - fuera del agua - del mismo modo que el ala sostiene un avión en el aire.

El cálculo de las dimensiones de nuestras orzas lo hemos hecho a partir de la superficie proyectada de la orza obtenida en el diseño de la quilla, hemos obtenido una superficie proyectada de la orza de 1,546 m² para cada una (babor y estribor), ambas con un calado $T_k = 2,5\text{m}$, y realizando el mismo proceso que con la quilla u orza central, hemos obtenido los siguientes valores

$$C1 = 0,618 \text{ m}$$

$$C2 = 0,618 \text{ m}$$

Por tanto, tendremos 2 orzas asimétricas y rectas, con las dimensiones anteriormente mencionadas, para ayudar a compensar el plano antiabatimiento de nuestro barco cuando se proceda a elevar la quilla.

6.2 EL SISTEMA DE LAS QUILLAS PIVOTANTES

La quilla pivotante es una palanca con punto de apoyo en la intersección quilla/casco. A un lado, la orza con el bulbo; en el otro extremo, una fuerza. Los primeros modelos accionaban la orza pivotante mecánicamente, los actuales se valen de la hidráulica.

Las quillas pivotantes pasaron a ser competitivas en el momento que se comenzó a utilizar la hidráulica en su accionamiento. Gracias a ello hoy existen sistemas que pueden desplazar la quilla en todo su abanico (40° a cada costado) en unos 20/30 segundos. Aquello que antiguamente se maniobraba con winches y desmultiplicaciones, hoy queda en manos de la misma aplicación que permite levantar edificios y mover palas excavadoras....

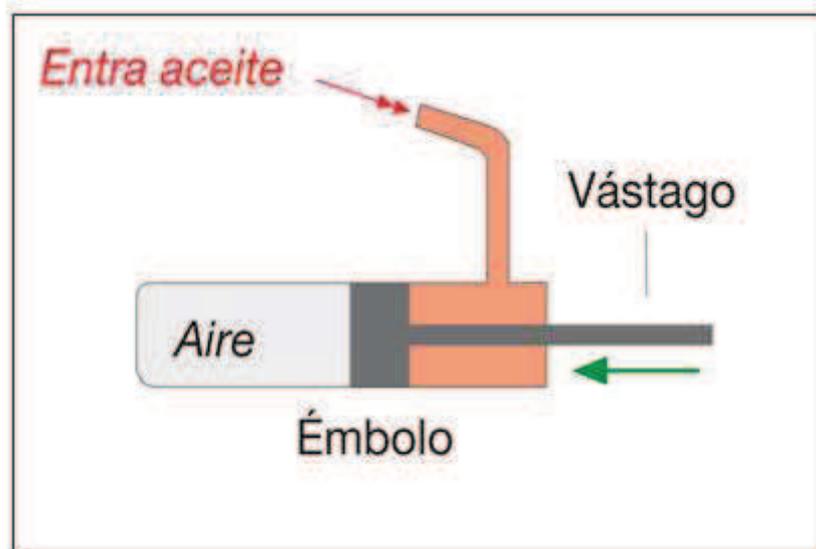
Una quilla de IMOCA Open 60 consiste en una resistente espada con un bulbo de unas cuatro toneladas asido en su extremo. Esta espada está dotada de un punto de rotación a unos 7/8 de su longitud apoyado en el fondo del casco. Para que el sistema sea operativo sólo basta mover el costado interior de la espada hacia una banda utilizando un sencillo pistón hidráulico. Ese movimiento en la parte superior origina el desplazamiento del bulbo a la banda contraria.

El pistón hidráulico

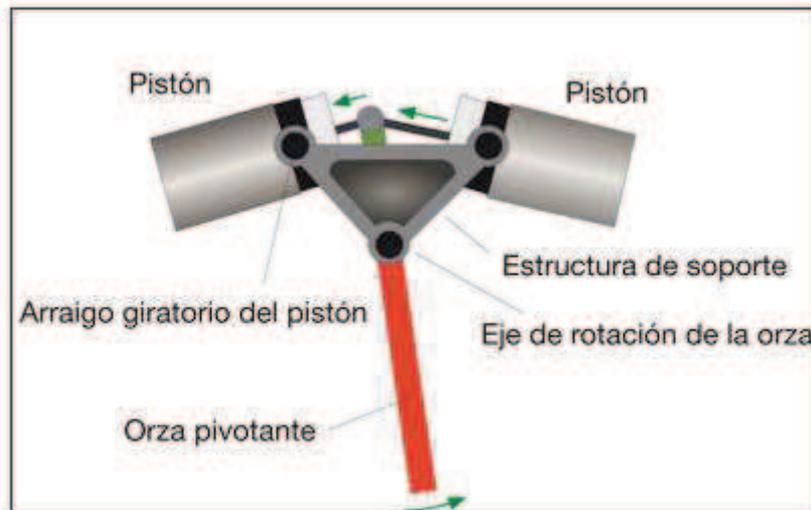
El pistón hidráulico de la quilla funciona de manera similar que el de los frenos de un automóvil. Al accionar el interruptor, (el pedal del freno en el coche) una bomba introduce aceite en el sistema. El aceite bombeado desplaza el émbolo del pistón, y éste, a través de un vástago, la quilla. A medida que se inyecta aceite, el vástago desplaza el extremo interior de la quilla pivotante, por lo que el bulbo se moverá en sentido contrario.

En cualquiera de los casos uno de los puntos más críticos del sistema es su estanqueidad. Como puede suceder con los frenos de automóvil, cualquier pérdida de

líquido, ya sea por rotura de alguna pieza o a través de cualquier junta, impide el correcto funcionamiento. En ese caso es imperioso el reemplazo de la pieza defectuosa y volver a rellenar de aceite el sistema.



Esquema de funcionamiento de una quilla pivotante.



Esquema de funcionamiento del pistón.

6.3 DISEÑO DEL PLANO ANTI-DERIVA. ORZA

Una vez que ya hemos visto como se generan las fuerzas de sustentación en los perfiles hidrodinámicos y que conocemos los principios de la navegación a vela y sus consecuencias, podemos pasar a describir con detalle el plano anti-deriva y a diseñar el nuestro.

La orza como hemos visto en el apartado 5.2 debe cumplir dos funciones para contrarrestar los efectos indeseados de la propulsión a vela que son:

- **Función Hidrodinámica:** Generar fuerza de sustentación para evitar la deriva con el menor ángulo de ataque posible y la menor resistencia.
- **Función Adrizante:** Debe servir para disminuir el KG, o lo que es lo mismo, para bajar el centro de gravedad y así contrarrestar el par escorante.

Para cumplir con estos dos propósitos podemos definir la orza como un cuerpo hidrodinámico que genere una sustentación equivalente a la fuerza aerodinámica lateral que hace derivar a nuestro barco, con la mínima resistencia al avance y con un volumen suficiente para albergar el lastre que deseamos que como obtuvimos en el capítulo 4 será de aproximadamente 3.500Kg.

La orza está definida por un gran número de parámetros que se relacionan entre sí y que definirán la forma de la misma. Estos parámetros son, la superficie proyectada de la orza (S_p), el calado de la orza (T_k), la relación de aspecto ($A R$), la relación de aspecto efectiva ($A R_e$), la cuerda media (C_m), el desplazamiento de la orza (A_o), el ángulo de barrido (Sweep angle), la relación de afinamiento (T_r), así como otros parámetros que si bien no son propios de la orza, condicionaran su diseño, como es el *Angulo de Dellenbaugh* y la superficie velica proyectada.

6.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA ORZA

La orza como hemos visto está diseñada para solucionar los problemas inherentes a la navegación a vela, por lo tanto debe estar diseñada adaptándose a la dimensión de nuestro plano velico y el rango de velocidades de navegación, estilo de navegación etc.

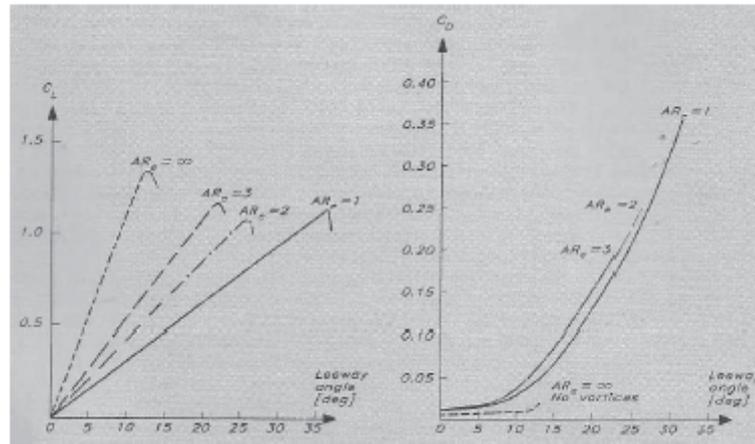
La **Superficie Proyectada (Sp)** de la orza es uno de los primeros parámetros que tenemos que fijar y este está directamente relacionado con la superficie velica. Aunque aún no se ha definido el plano velico al completo, ya que esto se verá en el capítulo 8, si sabemos cuánto será la superficie velica con la que se dotará a la embarcación que es de 309,1 m². La superficie proyectada de la orza es el valor del área de la orza medido desde su vista de perfil y que se puede calcular como la cuerda media (Cm) multiplicado por el calado de la orza (Tk).

Siguiendo las recomendaciones que nos ofrece el libro *Principles of yacht design* la superficie proyectada de la orza debe rondar valores de 3,5% de la superficie velica en cruceros, aunque en veleros de regata este valor es menor llegando a casos extremos como los COPA AMÉRICA donde la superficie proyectada de la orza alcanza valores de hasta 1,5 % de la superficie velica. Nuestro barco al ser regatero, puede incluirse en este apartado, teniendo en cuenta los consejos de Larsson y Eliasson de que esta relación tan baja puede causar graves problemas cuando la quilla lleva la mayor parte del peso como ocurre en la mayoría de barcos de regata, pero contamos que nuestro barco lleva un 41,1% del desplazamiento total del barco y contará con un bulbo que será el principal portador del lastre fijo en el barco, por tanto obtendremos una superficie proyectada de la orza de 6,182 m² para la superficie velica anteriormente fijada usando un porcentaje del 2 %. Debemos de tener en cuenta que esta superficie proyectada de la orza debe repartirse entre la quilla y las 2 orzas laterales antideriva, por lo que tendremos una superficie proyectada de la orza central o quilla de 3,091 m².

Por otro lado el **Calado de la Orza (Tk)** es un parámetro que podremos fijar sabiendo la zona de navegación y comparando con otros veleros del mismo rango de navegación. El calado total de la embarcación dijimos en un principio que no queríamos que superara los 4,5 metros por lo que fijando en 4,379 metros el calado total y sabiendo que el calado del casco es de 0,173m obtenido en el capítulo 5 del diseño de la carena, obtenemos un calado de la orza Tk de 3,7 metros.

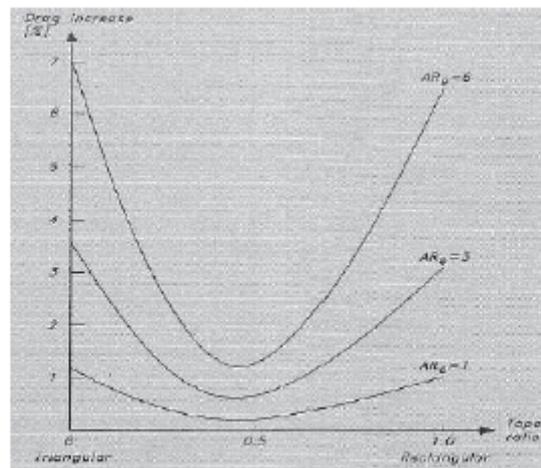
La **Cuerda Media (Cm)** se puede calcular sabiendo el área proyectada de la orza, que en nuestro caso es 3,091 m², y sabiendo el calado que es 3,7 metros, por lo que la cuerda media es el resultado de dividir 3,091 m²/3,7m por lo que obtenemos 0,835m.

La **Relación de Aspecto (AR)** se define como el calado de la orza entre la cuerda media: $AR = Tk/Cm$; que en nuestro caso es de 3,7m/0,835m, obteniéndose una relación de aspecto de 4,431. Una vez que tenemos la relación de aspecto podemos calcular la **Relación de Aspecto Efectiva (A Re)** que nos será útil para el cálculo a continuación de la relación de afinamiento optima: $A Re = 1,5 * A R$, por lo que se obtiene una A Re de 6,647.



En las gráficas se puede observar que para nuestra relación de aspecto efectiva nos da para un ángulo de abatimiento o de ataque de 5° un coeficiente de empuje C_L comparable con el de otras relaciones de aspecto superiores y sin embargo un coeficiente de resistencia C_D muy bajo.

Otro parámetro que tenemos que fijar es la **Relación de Afinamiento (Taper ratio, Tr)** que viene definida como la cuerda extremo (C_2) entre la cuerda base (C_1): $Tr = C_2/C_1$. Basándonos en la gráfica que exponemos a continuación donde se relaciona por un lado el incremento de la resistencia en tanto por ciento, y por otro lado la relación de afinamiento y entrando con una relación de aspecto efectiva calculada previamente podemos elegir cuál es el Tr óptimo. Este será donde la curva de la relación de aspecto sea mínima.



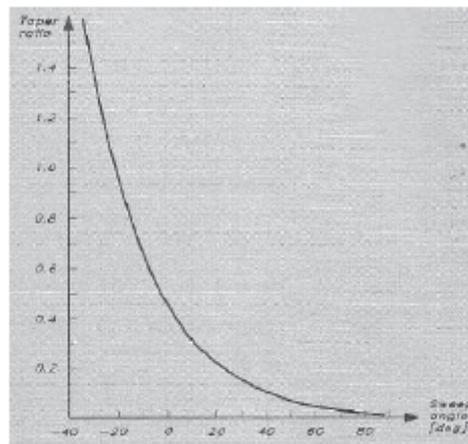
Con una relación de aspecto efectiva de 6,647 el punto donde el incremento de resistencia es más bajo es donde la relación de afinamiento es de 0,5, pero entonces subiríamos mucho el centro de gravedad de la orza que nos interesa que sea lo más bajo posible, como estamos hablando de incrementos de resistencia muy bajo, podremos usar una relación de afinamiento de 1 y así bajar el centro de gravedad cómo hacen otros diseños de veleros de regata como los IMS.

Con este dato de relación de afinamiento podemos calcular la **cuerda extremo (C2)** y la **cuerda base (C1)**. Haciendo el siguiente sistema de ecuaciones:

- $C_m = (C_1 + C_2)/2 = 0,835$
- $Tr = C_2/C_1 = 1$

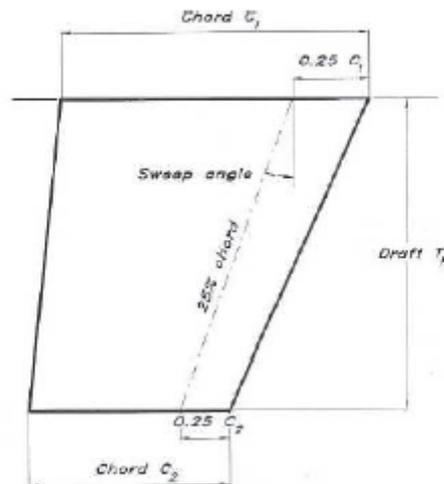
Obtenemos que C1 vale 0,835m y C2 vale 0,835m.

El **Ángulo de Barrido (Sweep Angle)** viene optimizado gracias a una gráfica publicada en el libro *Principles of yacht design*, en la que se relaciona dicho ángulo con la relación de afinamiento, así que conociendo Tr podremos obtener el ángulo de barrido.



Entrando con una relación de afinamiento de 1 se obtiene un ángulo de barrido de 15 grados hacia atrás.

El ángulo de barrido se mide como se indica en la imagen, midiendo el ángulo que forma la línea que une el 25% de la cuerda base (C1) y un 25% de la cuerda extremo (C2) y el eje vertical.



En nuestro caso al tomar el 25% de C_1 nos da una medida de 0,209m y el 25% de la cuerda extremo C_2 con una medida de 0,209 m y unirlos mediante una línea que forme 0 grados con la vertical nos da como resultado una orza de un diseño único al haber sido optimizada para que nos ofrezca el mayor coeficiente de empuje C_L con el menor C_D , a la vez que tenga una relación de afinamiento que ofrezca la mínima resistencia y a la vez mantenga el centro de gravedad de la orza bajo.

6.5 CENTRO DE RESISTENCIA LATERAL.

Con estos datos podemos calcular donde está situado el punto de aplicación de la fuerza hidrodinámica lateral que es el propósito del diseño de la orza. Este punto denominado Centro de Resistencia Lateral (CRL) se puede calcular situándose en la misma línea que unía el 25% de C_1 y el 25% de C_2 y a una distancia vertical de la flotación que sea igual al 45% del calado del total, según las indicaciones del profesor K. Nomoto. Como sabemos que el calado total es de 4,5 metros, el 45% de este calado es 2 metros. Como se indica en la figura el CRL estará a 2 metros por debajo de la flotación y en la línea 25% C_1 -25% C_2 .

Como resumen se expone una tabla donde se resumen las dimensiones principales de la orza antes de pasar al apartado de la elección del perfil.

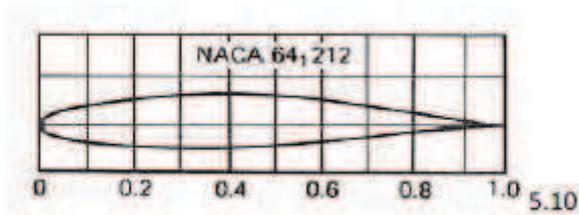
Superficie Proyectada: Sp	4,637 m ²
Calado de la orza: Tk	3,7 m
Cuerda media: Cm	1,253 m
Relación de aspecto: AR	2,953
AR efectiva: ARe	4,43
Relación de afinamiento: Tr	0,9
Cuerda base: C1	1,319 m
Cuerda extremo: C2	1,187 m
Angulo de barrido: Sweep Angle	15 °
Peso: P	3.500 kg
Desplazamiento: Δo	614 kg

6.6 DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DE LA ORZA Y EL BULBO

Uno de los factores determinantes en el buen diseño de la orza es la elección de la sección del perfil hidrodinámico. Una buena o mala elección de este perfil nos ofrecerá mayor o menor coeficiente de empuje y mayor o menor resistencia. Para elegir la sección más apropiada a nuestro diseño tenemos que saber cuánto empuje queremos generar, con que ángulo de ataque queremos conseguir dicho empuje y la velocidad con la que vamos a hacer trabajar al perfil, todo ello lógicamente con la menor resistencia posible.

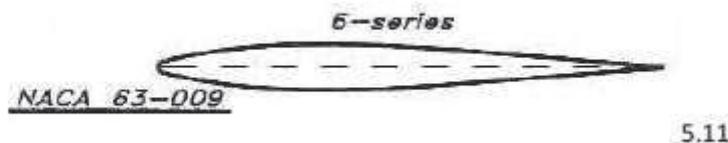
La sección viene definida por varios factores como es la relación entre su grosor y la cuerda media, la posición longitudinal del punto de mínima presión o máxima velocidad o lo que es lo mismo, de máximo grosor, el coeficiente de sustentación en el caso de tenerlo y la posición del centro de presión. Por otro lado cada perfil tiene un comportamiento que lo define y estos son; la posición donde el fluido pasa de régimen laminar a turbulento y el ángulo de ataque máximo a partir del cual se entra en pérdida.

En 1929 se empezaron a desarrollar unos perfiles por la asociación estadounidense NACA, siglas del Comité Nacional de la Aeronáutica entre los que destacan para el uso en timones y orzas son la serie 63 y 65. Para entender la nomenclatura de los perfiles NACA se expone la siguiente grafica detallando a que corresponde cada uno de los dígitos.



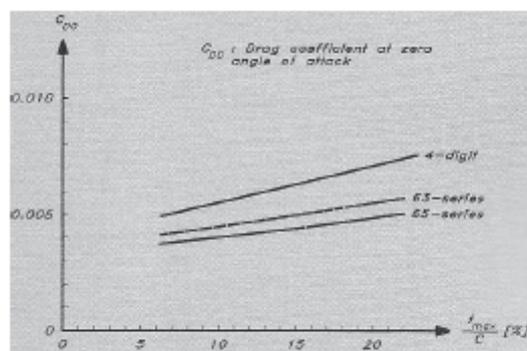
En este perfil NACA 641-212 se describe un perfil no simétrico donde su primer dígito el 6 nos indica que es de la serie-6, el segundo dígito nos indica la posición longitudinal del punto de mínima presión en 1/10% de la cuerda, en este caso esta como se ve en la imagen al 40% de la longitud de la cuerda. El subíndice 1 nos indica que la resistencia se mantiene 0,1 por arriba y por abajo del coeficiente de empuje de sustentación. El cuarto dígito que en nuestro caso es un 4 indica el coeficiente de sustentación por 1/10, en este caso CL es de 0,2. Para terminar los 2 últimos números que en nuestro caso son el 10 indica la relación de grosor de la sección, o lo que es lo mismo, el espesor máximo Tmax entre la cuerda que en este caso es del 10%.

En el diseño de orzas y timones no queremos que sean asimétricos las secciones porque en ese caso crearían empuje sin necesidad de un ángulo de ataque. Para explicar estas secciones se expone a continuación un ejemplo de una sección simétrica.

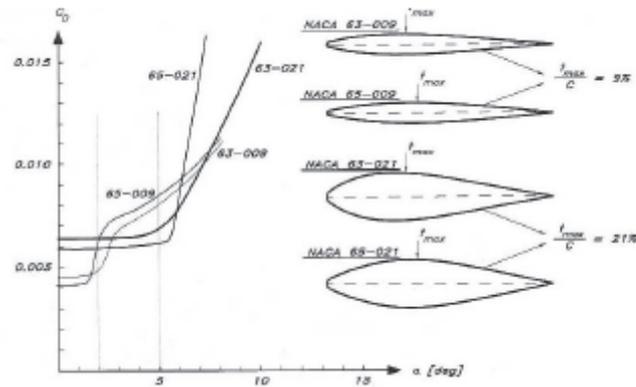


En esta sección de la serie 6, el punto de mínima presión se encuentra al 30% de la cuerda, tiene un coeficiente de sustentación CL de 0 y nos indica por ultimo con los dígitos 09 que la relación de espesor T max/C es del 9%.

Las secciones más usadas en las orzas son la serie de 63 y 65 a diferencia de la serie de 4 dígitos ya que esta ultima tiene más resistencia para un ángulo de ataque de 0 grados. Para elegir la más propicia se expone a continuación la siguiente grafica donde se relaciona la resistencia en función del espesor para un ángulo de ataque de 0 grados.

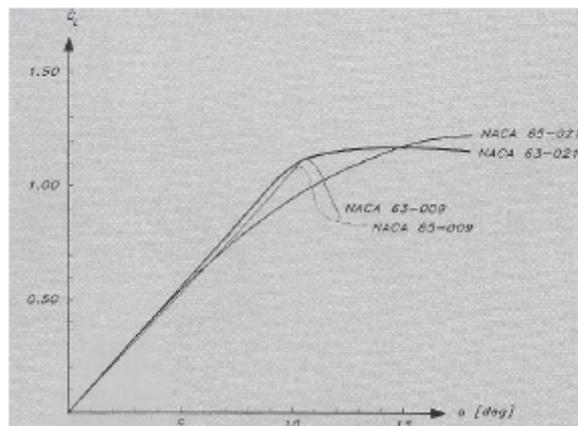


Para ángulos de ataque muy pequeños de entre 0 a 6 grados como los que se usan para crear el empuje por la orza es preferible usar la serie 65 a la 63 ya que reduce la resistencia como se observa en la siguiente gráfica.



A partir de 6 grados es preferible usar la serie 63 ya que retrasa la separación del fluido y la entrada en régimen turbulento. De lo que se deduce que para el timón usaremos la serie 63 ya que sabemos que los ángulos en los que trabajará el timón son mayores que los de la orza y por supuesto mayores de 6 grados.

Como se muestra en la siguiente gráfica, la sustentación depende de la sección y el ángulo de ataque.



Para pequeños ángulos de ataque de hasta 11 grados tanto la serie 63-021 como la serie 63-009 o 65-009 tiene un coeficiente de empuje similar entrando en barrena estos dos últimos con un espesor del 9% para ángulos de ataque superiores a 11 grados.

Por todo esto podemos concluir que en el caso de la orza es preferible usar una sección de la serie 65 ya que tiene menos resistencia para ángulos nulos o muy pequeños y usar una relación de espesor de entre el 9% donde la resistencia aumenta mucho para ángulos menores a 2 grados y mayores a 11 y relaciones de espesores menores de 21%. Además tenemos que saber que la orza debe contener el lastre que calculamos previamente, por lo que tiene que tener un volumen de 316kg, Por lo que finalmente escogemos una sección **serie-65-010**.

Para el bulbo usaremos una sección NACA 65-015 que nos va a permitir un bulbo con unas dimensiones grandes y relación de peso sobreelevada, para así poder albergar en éste la mayor parte del peso que posee el conjunto de la orza (3500 kg).

El conjunto hoja de quilla-bulbo está unido por una soporte de metal adaptado al molde de ambas partes para así conseguir una uniformidad mayor.

A continuación se detallan las dimensiones del bulbo:

Eslora	2,5 m
Manga	0,5m
Puntal	0,5m
Volumen	0,251 m ³
Densidad Plomo	11,4 T/m ³
Peso	2.900 Kg

6.7 DISEÑO DE LOS TIMONES

El timón es un perfil hidrodinámico que nos permite maniobrar la embarcación. Este tiene muchas similitudes con la orza ya que ambos deben generar una fuerza de sustentación o empuje aunque con propósitos distintos. Si bien la fuerza de sustentación de la orza era para evitar que el barco derivara, la fuerza hidrodinámica lateral que cree el timón servirá para maniobrar el velero y para en conjunción con la orza evitar la deriva del barco.

El timón es un apéndice móvil a diferencia de la orza y este trabajará con ángulos de ataque respecto al fluido mayor que la orza, de entorno a unos 20 grados a cada banda. En condiciones de mal tiempo y fuerte oleaje hay que estar constantemente corrigiendo el rumbo para capear el temporal, pero como nuestro diseño se basa en un velero para navegación costera se decide diseñar un timón que cree menos sustentación.

Los IMOCA Open 60 llevan dos palas de timón. Están dispuestas de forma asimétrica, como las orzas, para que trabajen en una posición cercana a la vertical cuando el barco está escorado.

6.8 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TIMONES

Nuestro barco va a disponer de 2 timones situados uno a cada banda en la bañera del barco, se usan 2 timones debido a que nuestro barco al navegar en régimen constante

de planeo la mayor parte del tiempo, va escorado y levanta una de las dos bands un cierto ángulo, por lo que si solamente tuviéramos un timón en crujía, este no tendría el 100% de dominio en el gobierno del barco. Por tanto, al haber dos timones, cuando una de las bandas de levanta, queda la otra totalmente sumergida y por tanto será con este timón con el que podremos tener gobierno total sobre nuestro barco, quedando el otro libre para cuando el barco escore hacia la banda contraria.

Los timones que tenemos que diseñar no tienen que crear mucha sustentación por lo que las dimensiones de los mismos no serán muy grandes. Las dimensiones que definen los timones son muy parecidas a las de la orza, entre las que se encuentra la superficie proyectada (Sp), la relación de aspecto (AR), la relación de aspecto efectiva (ARE), la cuerda media (Cm), la relación de afinamiento (Tr), el calado (Tk) y el ángulo de barrido (Sweep Angle).

Según las recomendaciones publicadas la **superficie proyectada del timón** debe oscilar entre el 1% y el 2% de la superficie velica. Como hemos dicho que no queremos que cree mucha sustentación por el estilo de navegación, usaremos un valor del 1,2% de la superficie velica, por lo que obtenemos un Sp de 3,71 metros cuadrados que deberemos repartir entre los dos timones, por lo que cada timón contará con una Sp de 1,855 metros.

El **calado de los timones** que se usará no puede ser superior al de la orza ya que el calado total del velero lo marcaba el calado de la orza, y este se encuentra en 4,5 metros, siendo el calado de la orza y el bulbo de 4,2 metros, por lo que se propone un timón de 2,5 metros del calado.

Las **cuerdas medias de los timones** las estimaremos de la misma forma que lo hicimos con la orza, sabiendo que la superficie de cada timón es de 1,855 m² y el calado de los mismos es de 2,5 m, se consigue una cuerda media de 0,742 m.

La **relación de aspecto** es un factor fundamental que determina la resistencia y el empuje. Recordamos que la relación de aspecto es $AR = Tk/Cm$, obtenemos una relación de aspecto AR de 3,369. De esta relación de aspecto se obtiene una **relación de aspecto efectiva** de 5,054 ya que $ARE = 1,5 * AR$.

La **relación de afinamiento** la situamos en 0,8, con este dato podemos acceder a la grafica numero 5.8 de este mismo capítulo expuesta con anterioridad para el diseño de la orza, y obtenemos un **Ángulo de Barrido** de 20 grados hacia popa.

Con todos estos datos y haciendo un sistema de ecuaciones podemos calcular las **cuerdas base de los timones Lu** y las **cuerdas extremo de los timones Li**.

- $Cm = (Lu+Li)/2 = 1,48$
- $Tr = Li/Lu = 0,8$

Obtenemos que Lu vale 0,824 m y Li vale 0,66 m.

Uniendo el 25% de Lu y el 25% de Li podremos introducir el ángulo de barrido

(Sweep angle) de 20 grados a popa.

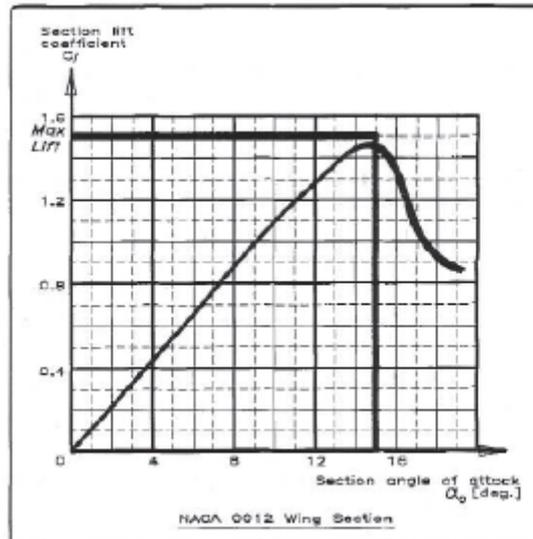
A continuación se muestra una tabla recogiendo todos los parámetros que compondrán nuestros timones:

Sp	1,855 m ²
Tk	2,5 m
Cm	0,742 m
AR	3,369
Are	5,054
Ángulo de barrido	20 ° popa
Lu	0,824 m
Li	0,66 m

6.9 DEFINICIÓN DE LA SECCIÓN DE LOS TIMONES

Cómo el timón opera a grandes ángulos de ataque, una sección idónea para la mayoría de los veleros es la serie de cuatro dígitos NACA 0010, con unas relaciones de espesor del 12 al 15%, que consiguen el máximo de sustentación posible. Nosotros emplearemos una sección NACA 0012 al 13% de espesor.

En la siguiente gráfica podemos observar como para una sección como la que hemos elegido, la NACA 0010, se relaciona el coeficiente de empuje en relación con el ángulo de ataque, observando que el C1 aumenta proporcionalmente con el ángulo de ataque hasta los 15° bajando notablemente a partir de ahí.

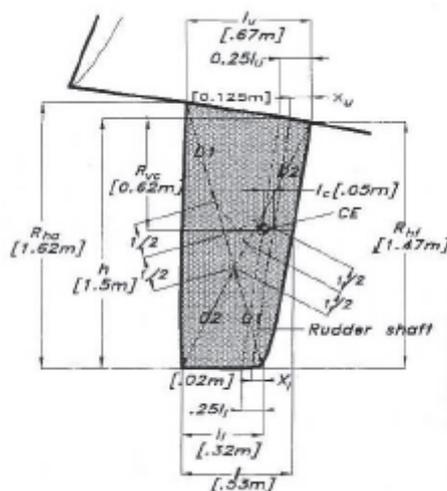


6.10 CÁLCULO DE LAS MECHAS DE LOS TIMONES

La mecha del timón es una piza cilíndrica con libertad para girar en torno a ella y que tiene una doble función, por un lado es la pieza que acciona el timón y hace que este gire, y por otro lado mantiene unido el timón al casco.

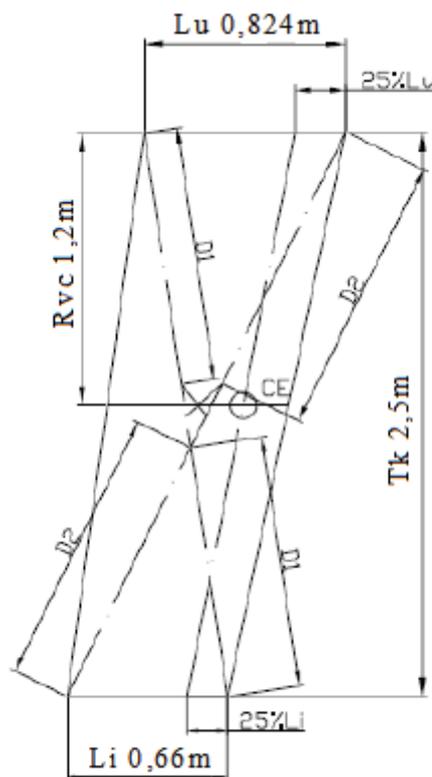
Para calcular la mecha del timón volveremos a usar la normativa del *American Bureau of Shipping (ABS)*, ya que es la que se usa para su cálculo en el libro *Principles of Yacht Design*.

Para ello primero tendremos que conocer algunos parámetros más del timón que vienen representados en la siguiente figura:



- **Rvc:** Es la altura del centro de de empuje CE al borde alto del timón. En nuestro caso valdrá 1,2m.
- **Clr:** Vale 1,5 siempre y cuando H/L sea mayor que 2 y menor que 6 y T/L sea mayor del 6%. En nuestro caso T/L es del 29% y H/L es 3,034.
- **N:** Vale 1 siempre y cuando $0,001 \cdot \Delta / (0,01 \cdot Lwl)^3$ sea mayor que 4304, en nuestro caso vale 1438 por lo que usamos $N = \frac{2,85 \cdot Lwl^2}{\sqrt[3]{m^2}}$ por lo que N valdrá 2.
- **I:** Distancia del borde de ataque al de salida medido en la horizontal del centro de resistencia lateral en cm. Vale 71,4 cm.
- **Xlc:** Distancia del borde de ataque a la prolongación de la mecha del timón en cm. Vale 9 cm
- **lc:** Vale $0,33 \cdot I - Xlc$, en nuestro caso 14,56 cm
- **Air:** Área proyectada total del timón en m2 que es igual a Sp.

A continuación se expone un esquema del timón donde se muestra el centro de empuje CE y otros parámetros que necesitaremos a la hora de calcular la mecha del timón.



El CE o centro de empuje se ha calculado gracias a el 25% de Lu y Li y al centro del área proyectada del timón, calculado con D1 y D2 y trazando una horizontal.

Para conocer los parámetros redactados anteriormente y gracias a este esquema del timón se expone la siguiente tabla resumiendo con todos los parámetros de los timones.

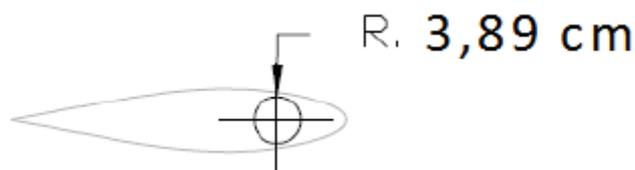
Rvc	1,2 m
Cir	1,5
N	2
I	71,4 cm
Xlc	9 cm
lc	14,56 cm

Por último pasamos a exponer las ecuaciones que nos propone ABS para el cálculo de la mecha del timón:

- $Fr = 984 * C_{ir} * L_{wl} * A_{ir} * N$; $Fr = 99005,36 \text{ N}$.
- $Tr = Fr * l_c$; $Tr = 14415,18 \text{ Ncm}$.
- $Mr = R_{vc} * Fr$; $Mr = 1188,06 \text{ Nm}$.
- $d = ((32/\pi * \sigma_c) * (0,5 * Mr + 0,5 * (Mr^2 + 4 * Tr^2)^{0,5}))^{1/3}$; $d = 7,785 \text{ cm}$

Por lo tanto concluimos que la mecha del timón tendrá un diámetro de 7,785 cm de diámetro o 3,89cm de radio, tal y como se muestra en el siguiente esquema.

Además la mecha se construirá de acero hueco de 2,5 mm de espesor.



***Nota:** Al final del tomo se adjunta el anexo de planos, **Anexo II**, con el plano de la orza y el plano del timón, que corresponde al **plano N° 2** y **plano N° 3**.

7.-DISEÑO DE INTERIORES

Uno de los aspectos más cuidados en el diseño de una embarcación de regata es el diseño de la carena y la superficie velica pero también tenemos que contar con unos interiores que alberguen el suficiente espacio para almacenar los víveres y pertrechos de 2 personas durante 3 meses, todo muy organizado y simplificado, un interior totalmente diferente al de un crucero de las mismas dimensiones. En este proceso de diseño se despliega la mayor creatividad para adaptar cualquier hueco y hacerlo útil y cómodo para los tripulantes.

Reducido espacio para la navegación y la vida a bordo que centraliza el peso y reduce al mínimo los movimientos de los navegantes en el interior. El centro neurálgico es el ordenador, los instrumentos de navegación y de comunicaciones. Normalmente el asiento permite ser usado también como litera para dormir. Se dispone de una pequeña cocina de hornillo con desalinizadora. Algunos barcos disponen de una zona adyacente para dormir, pero muchos patrones disponen de pufes deformables y literas plegables. El sistema de estiba es modular para permitir trasladar los pesos a la banda de barlovento con la máxima facilidad.

A continuación se van a explicar el desarrollo de cada uno de los espacios y el aprovechamiento de estos.

7.1 CRITERIOS DE COMPARTIMENTACIÓN ESTANCA

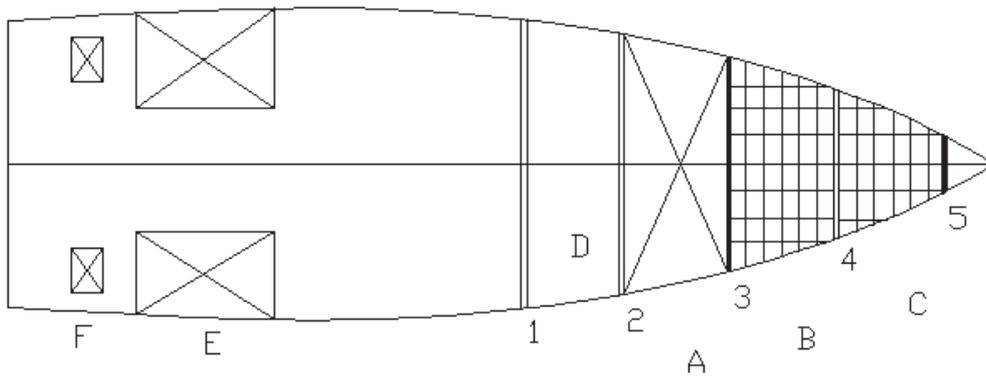
Como requisito nuestro barco dispone de 5 mamparos, 3 de ellos estructurales y dos estancos, los cuales vemos representados en el siguiente esquema, junto con los tanques de lastre móvil y los de combustible, quedando representado de la siguiente manera:

Mamparos:

- 1→ Estructural
- 2→ Estructural
- 3→ Estanco
- 4→ Estructural
- 5→ Estanco

Tanques:

- A→ Lastre móvil de proa
- B→ Compartimento estanco
- C→ Compartimento estanco
- D→ Compartimento para guardar las velas
- E→ Lastre móvil de banda
- F→ Tanque de combustible

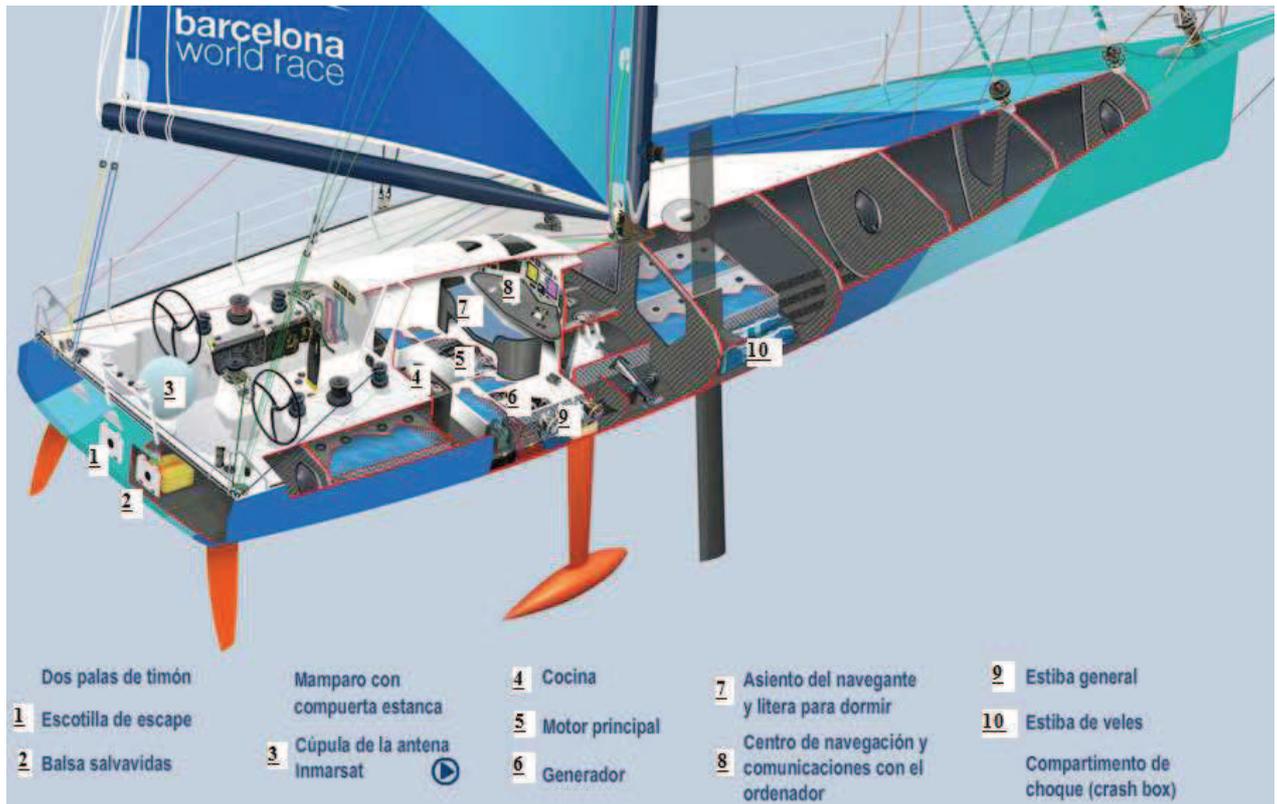


Disponemos de dos compartimentos estancos rellenos de espuma de poliestireno para que en caso de inundación de los compartimentos esta espuma absorba todo el volumen y no el agua entrante para dotar de más volumen al barco. De esta manera conseguiremos dotar de más volumen al barco para que en caso de inundación el volumen total de insubmersibilidad del barco sea el mayor posible para evitar una inundación del mismo, dándole mayor empuje que el peso del barco en caso de inundación.

7.2 DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO HABITABLE MEDIANTE UN ESQUEMA

Vamos a clasificar el interior de nuestro barco mediante un esquema del interior del barco con las diferentes partes y accesorios que se encuentran en un espacio reducido debido a que estos barcos cuentan con mamparos estancos de choque y preparados para albergar lastre.

A continuación presentamos el interior del barco con su pequeño espacio habitable:



1-Escotilla de escape

Debe permitir a los tripulantes salir del barco en caso de zozobra, estando el barco en cualquier situación.

2-Balsa salvavidas

Es obligatorio según la clase reglamentaria ISAF llevar a bordo dos balsas salvavidas, por lo que nuestro barco llevará una SOLAS fuera en una posición fija en un contenedor estanco y la otra debe ser transportada en el interior.

3-Cúpula de la antena Inmarsat

Esta cúpula alberga la tecnología de las comunicaciones. Tiene 1,5 m de diámetro y pesa unos 100 kg, últimamente se están buscando otras soluciones alternativas a sus dimensiones y peso.

4-Cocina

Es un área muy reducida que cuenta con un hornillo y un fregadero de carbono para así llevar el mínimo peso obligatorio posible a bordo.

5-Motor principal

Pequeño, ligero, robusto y de bajo consumo para albergar el mínimo peso de combustible necesario a bordo.

6-Generador

Cada vez son más los barcos que desarrollan fuentes alternativas de energía, pero nosotros hemos optado por un generador tradicional.

7-Asiento del navegante y litera para dormir

Cuenta nuestro barco con un cómodo asiento para los navegantes ya que es donde pasan la mayor parte del tiempo que están dentro, frente al centro de navegación y comunicaciones, a la izquierda encontramos una litera en un espacio bastante reducido para dormir, debemos tener en cuenta que en estos barcos el confort y el espacio no son dos términos acordes.

8-Centro de navegación y comunicaciones en el ordenador

Los regatistas pasan muchas horas frente al centro de navegación y el ordenador de comunicaciones, por ello la ergonomía es esencial, y a medida que la tecnología ha ido avanzando esta zona se ha vuelto mucho más compacta y ligera desde los comienzos de la clase IMOCA. Desde aquí podremos controlar el análisis del rendimiento y la meteorología, las comunicaciones y la conexión a internet.

9-Estiba general

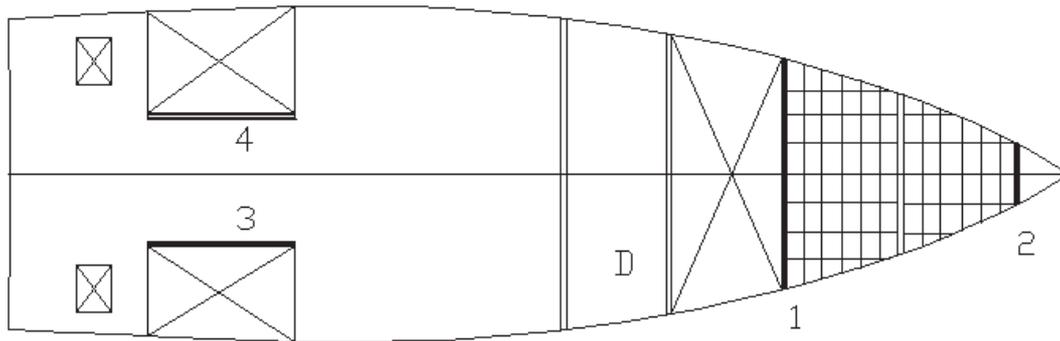
Es un espacio modular, con bolsas y cajas de plástico apiladas fácilmente transportables.

10-Estiba de velas

Debido al peso de las velas (50 a 60 kg cada una) estas las estibaremos en barlovento para mejorar el par de adrizamiento.

7.2 MAMPAROS Y COMPARTIMENTOS ESTANCOS

Nuestro barco cuenta con una serie mamparos y compartimentos estancos preparados para albergar lastre (agua de mar) en regata. En concreto, en proa encontramos 2 mamparos con compuerta estanca, y otros 2 en popa, uno en cada banda de dimensiones inferiores a los de proa.



Estos compartimentos estancos están preparados para que el barco sufra cualquier avería que permita la entrada de agua en el casco sin que afecte o pase el agua a los demás compartimentos.

Vemos a continuación un esquema de cómo están distribuidos los mamparos a lo largo del barco con su consiguiente explicación:



1-Mamparo con compuerta estanca

La compuerta estanca nos garantiza que todo el compartimento quede sellado en caso de inundación y permita así mantener el barco a flote.

2-Compartimento de choque (crash box)

Es un compartimento invisible desde el exterior que se puede destruir en el caso de que hubiera una colisión en proa.



***Nota:** Al final del tomo adjunta el anexo de planos, **Anexo II**, con el plano de la disposición general de los interiores que corresponde al **plano No 8**.

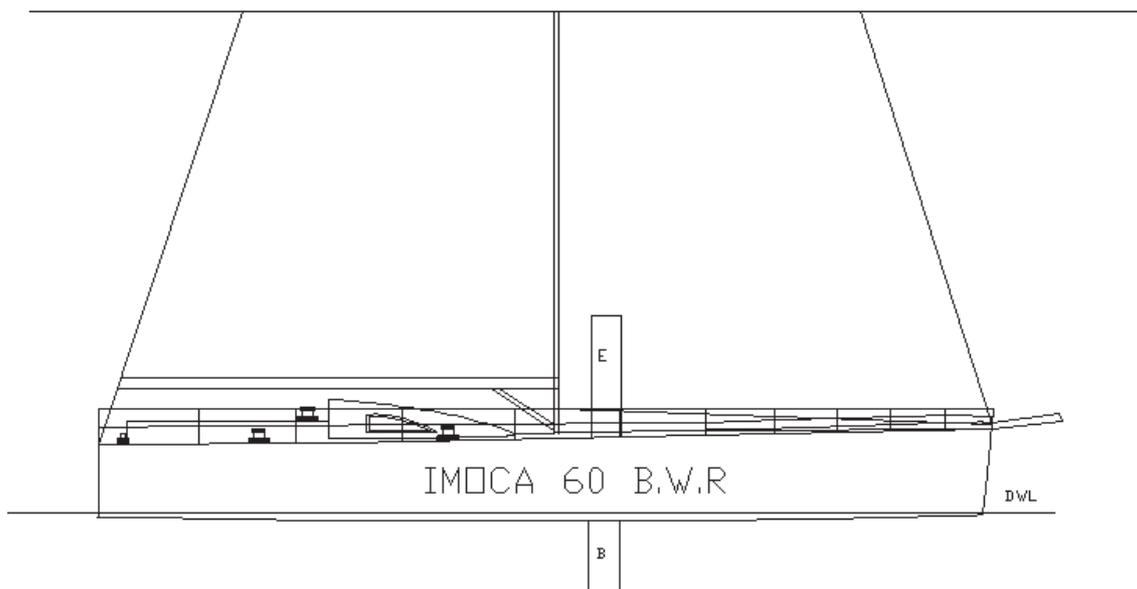
8.-DISEÑO DE CUBIERTA

El diseño de la cubierta consiste en la distribución de los espacios exteriores, es decir la división de la cubierta en distintas zonas que hagan el barco aparte de cómodo de navegar sea habitable.

Principalmente dividiremos la cubierta en cuatro zonas distintas; zona de **bañera**, una zona de **tránsito** de proa a popa, una **zona de proa** y la zona de la **cabina**. Además de la distribución de los espacios, el diseño de la cubierta incluye la colocación de los elementos de navegación como es el timón o las winches, colocar elementos de fondeo y amarre y por último la colocación de ventanucos y escotillas.

Las velas deben proporcionar la máxima potencia y ser fáciles de usar: las velas de proa, de diferentes tipos y tamaños, van enrolladas y se usan en diferentes combinaciones en función de la velocidad y ángulo del viento. Los aparejos pueden ser de palo fijo con varios pisos de crucetas, de palo rotatorio con un piso de crucetas y palo rotatorio de perfil de ala con outriggers; en nuestro caso nos hemos decantado por utilizar un mástil fijo con varios pisos de crucetas.

Lo fundamental en la maniobra de cubierta es controlar la máxima potencia velica desde una pequeña superficie de la bañera, minimizar el esfuerzo, optimizar la seguridad y evitar que el patrón tenga que ir a la cubierta a maniobrar.



8.1 ZONA DE BAÑERA

Esta es la zona que se encuentra en la popa de barco a un nivel inferior que los pasillos o zonas de tránsito proa-popa y también a un nivel inferior a la cabina.

En esta zona es donde se realiza la vida fuera del interior del barco, y donde está el puesto de mando, es decir donde están los timones o la escota de la mayor así como desde donde se trabaja la mayoría de la jarcia de labor aunque dichos elementos no estén dentro de esta zona.

En esta zona se ha colocado los siguientes elementos:

Puesto de mando:

Está situado en la zona central de la bañera para poder dar acceso a la zona de baño, y a la entrada y salida del velero. Está compuesto por la bitácora donde se colocan las ruedas de los timones una a cada banda y conectadas entre sí para poder permitir al timonel sentarse a barlovento y así tener una mejor visión de las olas y la mar, el compas de navegación cuya principal función es la confirmación del rumbo electrónico, las antenas para satélite esenciales para los sistemas de navegación y seguimiento y los instrumentos que nos indican la dirección del viento con respecto al barco, la velocidad del viento aparente y la velocidad del barco.



Jarcia firme:

Respecto a la jarcia firme de la zona de la bañera únicamente mencionar que es dónde termina el extremo bajo del backstay.

Jarcia de labor:

En esta zona solo se ha colado la escota de la mayor que tiene su extremo en el suelo de la cubierta, dónde se ha colocado un carro de escota. La escota propiamente dicha se reenvía hacia el mástil donde vuelve por encima de la cabina hasta el extremo más cercano a la bañera de la cabina.

Aunque los demás elementos de la jarcia de labor no se encuentren en la bañera si que se trabaja desde ella así que aunque estos estén en la zona de tránsito o en la zona de cabina estarán muy próximos a la bañera.

8.2 ZONA DE TRÁNSITO

Son las dos zonas que quedan a cada uno de los lados, tanto estribor como babor, de la cabina y la bañera. Esta zona debe tener un ancho suficiente como para dejar paso desde la bañera a la proa, debe tener una pequeña inclinación hacia los lados de estribor y babor respectivamente para desalojar el agua del oleaje.

Jarcia firme:

En esta zona es dónde se colocan los cadenotes donde van a terminar los obenques. Estos se sitúan lo más al extremo de la cubierta para reducir al máximo el esfuerzo que debían realizar los obenques.



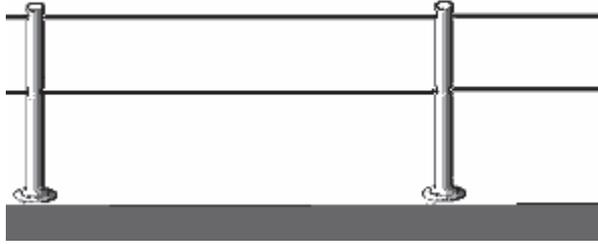
Jarcia de labor:

En la zona de tránsito es donde se colocan, a la altura de los obenques aproximadamente, los carros de la escota de genova, solent, trinqueta y tormentín estos van entre la mitad del pasillo y la zona más cercana a la cabina. Además a la altura de la bañera se colocan los winches que trabajaran estas velas.

También en esta zona se sitúan dos winches para las escotas de los spis, los asimétricos y los distintos códigos (A2, A3, A5, A6) además de sus respectivas poleas para el reenvío de la escota desde popa al winche.

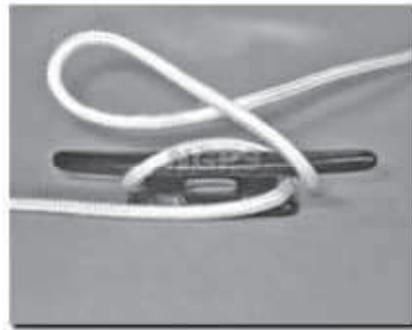
Elementos de seguridad:

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



Amarres:

A lo largo de la eslora en varios puntos de la regala se situaran unos pasacabos y unas cornamusas para amarrar el velero a un muelle o pantalán.



8.3 ZONA DE PROA

La zona de proa es el triángulo definido por el vértice de la proa hasta la cabina. Es un hueco despejado que se usa para colocar los elementos de fondeo y es la zona donde trabajará el tripulante encargado del izado y arriado de las velas de proa.

Jarcia firme:

Con respecto a la jarcia firme hay que decir que es en esta zona donde se une la estructura del caso con el stay de proa.

Fondeo:

Es donde se coloca la tapa de la caja de cadena del fondeo y donde se coloca el molinete de arriado del ancla. Además se colocaran unos refuerzos metálicos con una rueda que facilite el elevado del ancla y donde quedará apoyada mientras no se esté fondeado.

Dos anclas de tierra abordo, con uno de los cuales estará listo para su uso inmediato, se llevará abordo. El peso total de los dos amarres será superior a 75 Kg.



Elementos de seguridad:

Se colocara el pulpito de proa donde terminan los pasamanos y hará de estructura rígida para poder agarrarse mientras se trabaje en la proa.

Amarre:

Se colocaran de nuevo dos pasacabos para poder pasar los cabos de amarre.

Bauprés:

Un bauprés de no más de 1,83 m de largo y de carbono irá situada en el extremo de proa, separando los spinnaker del resto de velas.



8.4 ZONA DE CABINA

También denominada *roof*, es la estructura que sobresale por encima del resto de la cubierta y es la que proporciona mayor espacio a la habitabilidad interior. En veleros de regata hay que intentar que sea lo más baja posible para facilitar el paso de

tripulantes de una a otra banda, por lo que en nuestro este caso, al no necesitar un gran espacio habitable, hemos dado una altura bastante baja.

Mástil y acastillaje:

En la zona del roof es donde se sitúa la entrada del mástil de la cubierta al fondo del barco. Este “agujero” debe asegurar la estanqueidad mediante unas juntas de goma. Además se colocarán justo al pie del mástil encima de la caseta el acastillaje y poleas que enviarán todos los cabos de las drizas y otros cabos de la jarcia de labor.



Jarcia de labor:

Está compuesta en este caso por dos winches de tamaño medio, colocadas encima de la cabina a cada uno de los lados del portillo de entrada al interior. A estos winches se les dará un uso compartido entre las drizas, y la escota de mayor.

Para terminar de conformar los elementos de la jarcia de labor se coloca sobre la cabina un elemento que se llama piano, este es un conjunto de mordazas que sujetaran en tensión los cabos, drizas y escotas mientras no se estén variando de tensión con los winches o los winches estén siendo usados.



***Nota:** Al final del tomo adjunta el anexo de planos, **Anexo II**, con el plano de la disposición general de la cubierta que corresponde al **plano No 7**.

9. –DISEÑO DEL PLANO VELICO

En este capítulo vamos a diseñar todo el conjunto de sistemas que permiten que el barco navegue con propulsión a vela. Esto consiste en el dimensionamiento de la superficie velica y el diseño de la jarcia firme, así como la botavara y mástil. También consiste en distribuir la superficie velica a lo largo de la eslora del barco para que la navegación que nos ofrezca finalmente el barco sea lo más rápida y cómoda posible.

En nuestro caso el diseño del aparejo, que comprende las velas, la jarcia de labor, la jarcia firme, la botavara, el mástil y en definitiva todos aquellos sistemas que nos permiten navegar a vela, se diseñaran con un único fin; la navegación de regata. Este tipo de navegación nos exige una arboladura más agresiva, con una altura del mástil considerable y una gran superficie velica.

Tendremos que tener en cuenta e intentar llegar a un acuerdo por lo tanto entre los siguientes puntos:

- **Estabilidad de la embarcación:** Para que la embarcación no tenga una gran escora debido a la fuerza aerodinámica lateral, la altura del centro de presión velica estará limitada CPV.
- **Resistencia de la embarcación:** Debemos diseñar un plano velico de acuerdo con la resistencia que tenga nuestro barco al avance. Esto consiste en diseñar una superficie velica suficientemente grande como para propulsar el barco.
- **Zona de navegación:** Según la zona de navegación limitaremos la superficie velica del velero para adaptarlo al viento de dicha zona. Debido a que nuestro barco recorrerá el mundo en 3 meses y puede encontrarse con condiciones climatológicas de todo tipo de diversidades, nuestra superficie velica estará preparada para vientos flojos y para viento muy fuertes.

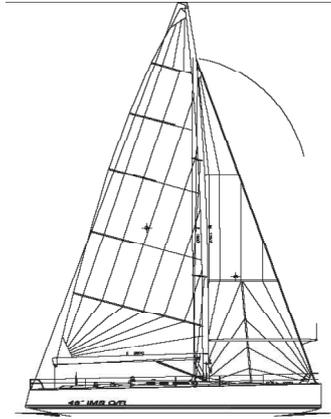
Como vimos en el capítulo 6 del diseño de apéndices donde se explicó la fuerza aerodinámica, la vela funciona como un perfil aerodinámico que genera una sustentación, por ello si deseamos que el velero navegue bien en rumbos de ceñida se le deberá dotar a este perfil aerodinámico de una relación de aspecto elevada, sabiendo que por lo tanto el centro velico subirá.

9.1 TIPO DE APAREJO

Antes de poder diseñar la jarcia, botavara y mástil debemos conocer como es el aparejo que vamos a montar a nuestro barco. Para ello se explica a continuación cual son los tipos de aparejos que existen, cual es el que mejor se adapta a nuestras necesidades y por lo tanto cual vamos a utilizar.

- **Aparejo Tipo Sloop:** Es el más utilizado hoy en día y este a su vez se divide en dos tipo a su vez:

-Aparejo Fraccionado: Se trata de una subdivisión del aparejo Sloop que básicamente consiste en dos velas, una mayor y un foque, dónde el extremo del foque no llega al tope del palo. El objetivo de un aparejo fraccionado es facilitar la maniobra del foque y permitir que pase más rápidamente de una banda a otra en las viradas y por otro lado emplear mayor superficie velica en la mayor.



-Aparejo a Tope: Consiste en que el extremo superior del foque llegue al extremo más alto del mástil. Se emplea principalmente en las embarcaciones de crucero para reducir el tamaño de la mayor y dotar a la embarcación de una mayor facilidad de navegación y seguridad.



- **Aparejo Tipo Ketch:** La ventaja fundamental del aparejo Ketch es la de dividir la superficie velica en tres superficies más pequeñas con lo cual se baja mucho el CPV y aumenta la estabilidad. Es comunmente usada en las embarcaciones de crucero especialmente en zona de navegación oceánica ya que permite varias configuraciones dependiendo de la intensidad del viento.



Para nuestro diseño nos decantamos por la primera de las configuraciones, la tipo Sloop con aparejo a tope debido al enfoque de regata que se le pretende dar y la necesidad de aprovechar la mayor parte de la superficie velica

9.2 TIPOS DE MÁSTILES EN UN IMOCA OPEN 60

De unos 29 metros de altura, los palos son lo que más diferencia a los barcos visualmente. Básicamente hay tres tipos que conviven durante la última década sin que ninguno se haya impuesto con claridad.

Palo fijo con dos, tres o cuatro pisos de crucetas.

Es, para algunos, la opción más fiable, aunque el perfil del tubo del palo ofrece un menor rendimiento aerodinámico, desventaja que se nota más entre el descuartelar y el través (viento con un ángulo de incidencia entre 60 y 90°). A su favor está su superior rendimiento en ceñida (45° de incidencia del viento). El Hugo Boss (4 pisos de crucetas), el Virbac-Parec 3 (2 pisos) y Mirabaud (3 pisos) llevan este tipo de palo

El palo giratorio de perfil de ala con outriggers.

El palo de perfil de ala giratorio ofrece ventajas aerodinámicas en los ángulos más abiertos que en los de ceñida. Este aparejo se distingue fácilmente por sus espectaculares outriggers, dos perchas que sobresalen lateralmente (parecen “cuernos” o “antenas”) y separan los obenques para lograr sostener mejor el enorme palo. Este sistema reduce las necesidades de jarcia firme lo que favorece la ligereza del aparejo y la disminución de las clásicas averías por fatiga.

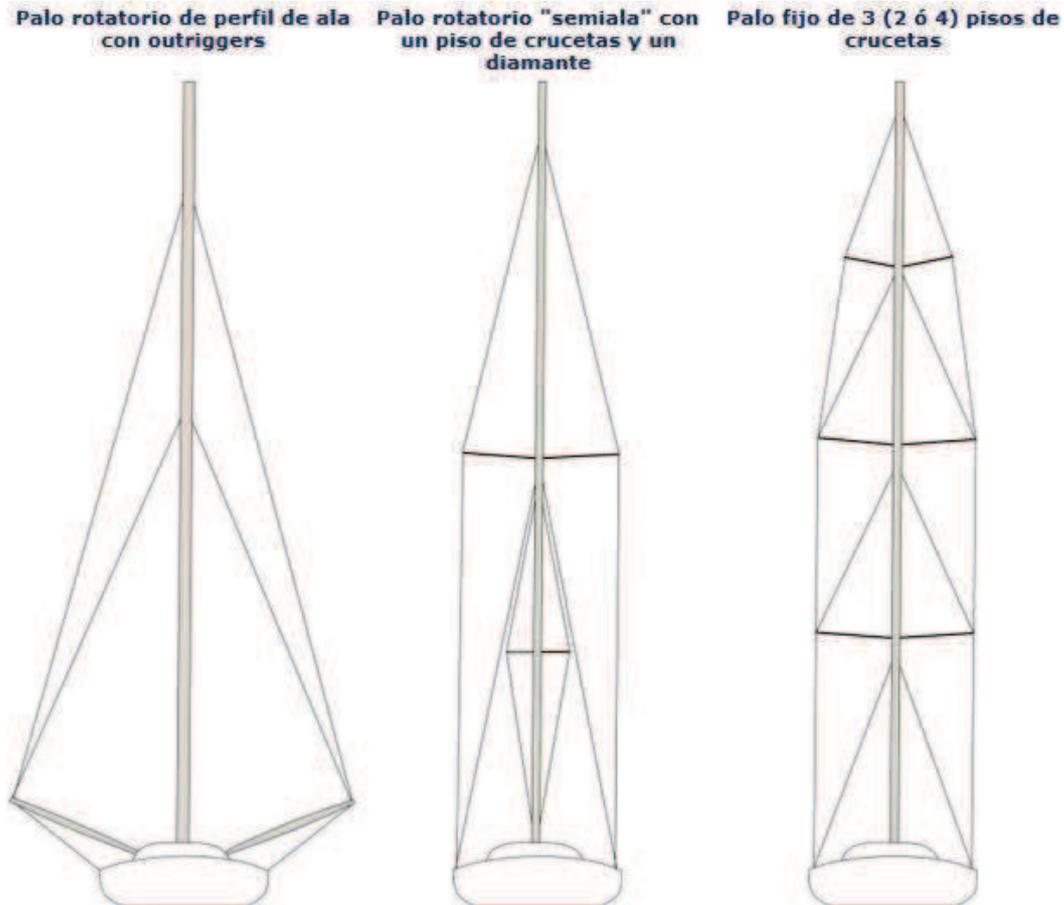
Los outriggers de estos palos permiten también abrir el ángulo para cazar las velas de proa más allá de la manga, por lo que se aumenta el rendimiento de estas velas entre los 60 y los 100° de incidencia del viento. Estos palos tienen que construirse al límite de la ligereza, ya que su mayor masa así lo impone, lo que, para algunos, es un riesgo. Foncia, Groupe Bel, Movistar y Neutrogena tienen este tipo de aparejo.

Palos giratorios de perfil de ala más estrecho, con un piso de crucetas articuladas y un diamante.

Son, de media, unos 25 kilos más pesados que los clásicos de tres pisos de crucetas, pero tienen la ventaja de un centro de gravedad del aparejo más bajo. También

han demostrado tener una adecuada relación riesgo / rendimiento, ya que mejoran la aerodinámica respecto a los tradicionales y no obligan a la máxima ligereza en su diseño y construcción como los de perfil de ala con outriggers. GAES Centros Auditivos, Estrella Damm y Préndent lo incorporan.

TRES FAMILIAS DE PALOS EN LA BARCELONA WORLD RACE



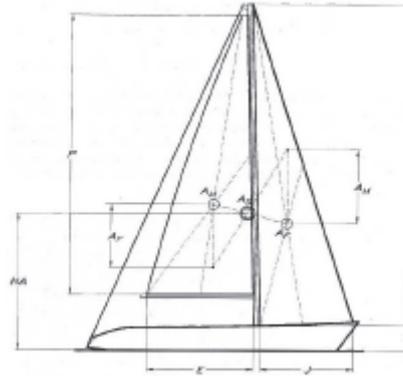
En nuestro caso hemos optado por tomar un mástil fijo con 2 pisos de crucetas, debido a que nuestro objetivo es terminar la regata sin incidentes, por lo que tomamos la fiabilidad de éstos mástiles en base a sus años de experiencias en regatas transoceánicas.

9.3 DISEÑO DE LA SUPERFICIE VELICA

Una vez que ya hemos decidido el tipo de aparejo, decidiremos la superficie velica que vamos a emplear en este diseño, la cual la obtenemos del estudio estadístico y las recomendaciones de los libros consultados. Este parámetro está fijado en el capítulo 4 y lo usamos también para diseñar la orza y el timón en el capítulo 5 por lo que queda de ésta forma fijado en 309,1m².

Dado que el rumbo más complicado al que se debe enfrentar una embarcación a vela es el rumbo de ceñida, es decir cuando forma un ángulo menor de 45 grados con respecto al viento, debido a que es en el que se navega por la sustentación creada por el perfil aerodinámico y no por el empuje del viento como puede ser el rumbo de popa, diseñaremos para este rumbo el plano velico.

Para introducirnos en la nomenclatura del diseño de la vela se expone el siguiente dibujo donde se expone el foque o vela de proa y la mayor como dos triángulos rectángulos:



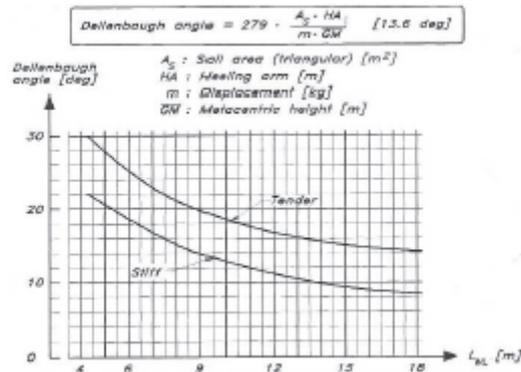
Donde se detalla los siguientes parámetros:

- **I:** Es la distancia vertical entre el punto inferior del foque hasta su punto más alto.
- **J:** Es la distancia horizontal entre el punto más a proa del foque hasta su punto más a popa.
- **P:** Es el equivalente a la I pero esta vez de la vela mayor, es decir la distancia vertical desde la base de la mayor hasta su punto más alto que se encontrará en el extremo del mástil.
- **E:** Es en la vela mayor el equivalente a la J del foque, es decir la distancia horizontal desde el extremo más a proa de la vela mayor, al extremo más a popa.

Como hemos dicho que vamos a diseñar el plano velico para rumbos de ceñida empezaremos definiendo la superficie velica en ceñida, que es la suma de las superficies velica proyectada cuando se navega de ceñida. Para resumir los cálculos ésta es la suma de la superficie velica proyectada del foque y la superficie velica proyectada de la mayor.

- $A_s = A_f + A_m$
- Superficie velica del foque $A_f = 0,5 \cdot I \cdot J$
- Superficie velica de la mayor $A_m = 0,5 \cdot P \cdot E$

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



Sabiendo que nuestro estilo de navegación es de regata y nuestra eslora de flotación es de 18,08m obtenemos un ángulo de Dellenbaugh de 10 grados al ser el punto donde nuestra eslora de flotación coincide con la curva *Stiff* que indica un comportamiento duro ante la escora.

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

$$\text{Angulo de Dellenbaugh} = \frac{279 \cdot \text{Superficie vélica} \cdot \text{Brazo escorante}}{\text{Desplazamiento} \cdot \text{GM}}$$

Para poder despejar el HA o brazo escorante es necesario conocer la superficie velica, el desplazamiento, ángulo Dellenbaugh y GM.

- Ángulo Dellenbaugh: 10°
- GM: 15,566m (Sacado de las hidrostáticas).
- Superficie velica: 309,1m².
- Desplazamiento: 8.500kg.

Obtenemos un brazo escorante HA de 15,34m. Esto no significa que haya que situar el CPV a esa altura, sino que ese sería el punto de máxima altura donde se podría situar. Este resultado de HA es tan elevado debido al GM tan grande de nuestro velero lo que indica que tiene mucha estabilidad inicial por formas. En conclusión decidimos tomar una altura del centro de presión velica a 15m del CRL.

Con este valor de la altura del CPV respecto al CRL volvemos a irnos a la ecuación del ángulo de Dellenbaugh pero en esta ocasión para obtener un ángulo entrando con HA, As, Desplazamiento y GM.

- HA: 15m.
- As: 309,1m².
- Desplazamiento: 8500kg.
- GM: 11,232m.

Angulo Dellenbaugh: 9,78°.

Entrando con este dato en la gráfica que nos daba Dellenbaugh, podemos concluir que nuestro velero tendrá un comportamiento algo más duro de lo normal, pero hay que tener en cuenta que la flota utilizada para este estudio es antigua y que nuestro barco tiene formas más planas en el fondo debido a las formas de planeo que se buscaba lo que da a un GM elevado. Por todo ello se concluye que el barco estaría dentro de los cánones actuales de los barcos de regata y de comportamiento duro.

Una vez que ya tenemos situado la altura del CPV de nuestro barco podemos, mediante tanteo en un plano, decidir I,J,P,E que nuestro caso queda así:

- I: 27,5m.
- J: 10,5m.
- P: 27m.
- E: 12,2m.

Con un total de superficie velica proyectada de 309,1m² distribuidos entre el génova que tiene 145m² y la mayor con 165m².

9.4 LAS 10 DIFERENTES COMBINACIONES VELICAS EN UN IMOCA OPEN 60

Las 10 velas que permite tener como máximo el reglamento dan mucho juego pues están concebidas para responder a cualquier intensidad del viento y ángulo de incidencia. No hay una regla universal en cuanto a combinaciones de velas; aquí bien vale el dicho de que “cada maestrillo tiene su librillo” y tampoco todos los barcos llevan exactamente las mismas velas, pero en líneas generales existen una serie de configuraciones básicas que nos pueden orientar.

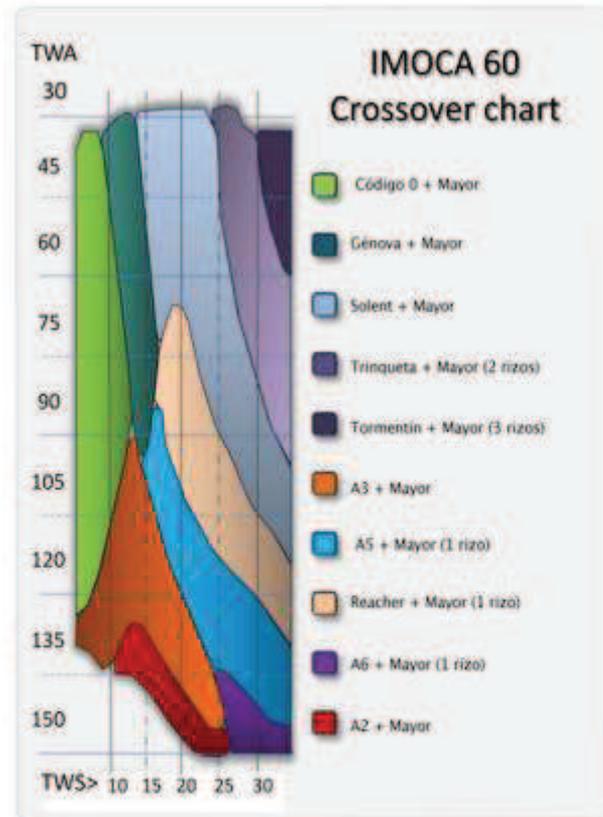


Gráfico que muestra qué combinación de velas debe usarse en función del ángulo de incidencia del viento real (eje vertical) y de su velocidad (eje horizontal). © North Sails España

- **Mayor (vela mayor).** Se embarca una y es la única vela que está trabajando toda la regata. Tiene 165 m² y se puede rizar (reducir la superficie) hasta cuatro veces veces (150, 115, 75 y 20 m² respectivamente).
- **Génova.** Es la vela triangular que se larga en el primer estay y va enrollada a él. Tiene 145 m².
- **Solent o Foque.** Es una vela triangular alta y estrecha que se enrolla en el segundo estay. No pasa de los 65 m².
- **Trinqueta.** Se denomina así a la vela que se dispone detrás del solent en un tercer estay al que puede ir enrollada o no. Tiene 37 m².
- **Tormentín.** Vela de proa para mucho viento, pequeña y gruesa, de 20 m² que se iza en el estay de la trinqueta.
- **Código 0.** Vela ligera de 200 m² para poco viento que se larga en el interior del bauprés.
- **A2.** Spi asimétrico que se larga en el extremo del bauprés y se iza al tope del palo. Es la vela más grande: tiene 400 m².

- **A3.** Asimétrico más plano que el A2 que se usa en ángulos más cerrados que éste. Tiene 280 m2.
- **A5.** Asimétrico que se iza fraccionado (más abajo del tope del palo) y se larga en la parte interior del bauprés. Llega hasta los 170 m2.
- **A6.** Asimétrico para rumbos muy abiertos y viento fuerte. Se iza fraccionado (más abajo del tope del palo) y se larga en el extremo del bauprés. Tiene 260 m2

10 CONFIGURACIONES DE BASE DE NUESTRO AV 60



Mayor con génova. Para ceñidas y rumbos algo más abiertos con viento de 10 a unos 15 nudos.

Mayor con código 0. Una combinación para vientos muy ligeros (no más de 12 nudos) apta para un amplio ángulo de incidencia (de 40° a 120°)

Una Mayor con solent. Idónea para vientos de proa entre 15 y algo más de 20 nudos.



Mayor con dos rizados y trinqueta. Para vientos fuertes de proa (más de 25 nudos)

Mayor con tres rizados y tormentín. Se usa con vientos duros, de más de 30 nudos, de proa.

Mayor con un rizo y reacher. Muy usada en traveses de 20 a 30 nudos.



Mayor con A2. La combinación típica para los rumbos más abiertos (a partir de 135°) y viento de 12 a no más de 25 nudos.

Mayor con A3. El A3 usa aproximadamente con el mismo intervalo de fuerza del viento que el A2 pero con ángulos más cerrados (hasta los 100°)

Mayor con un rizo y A5. El A5 se usa con los mismo ángulos que el A3 pero con más viento ya que se suele aguantar hasta más de 30 nudos.

9.5 EQUILIBRIO VELICO

En este apartado vamos a tratar la colocación del centro de presión velica CPV en el eje longitudinal del barco, es decir donde ira situado a lo largo de la eslora, dando por supuesto que situaremos el CPV en crujía.

Es de vital importancia la buena colocación del centro de presión velica ya que su posición en conjunción con la posición del centro de resistencia lateral tratado en el capítulo de diseño de apéndices, nos indicara la tendencia del barco a arribar o a orzar, en resumen nos marca el equilibrio velico del barco.

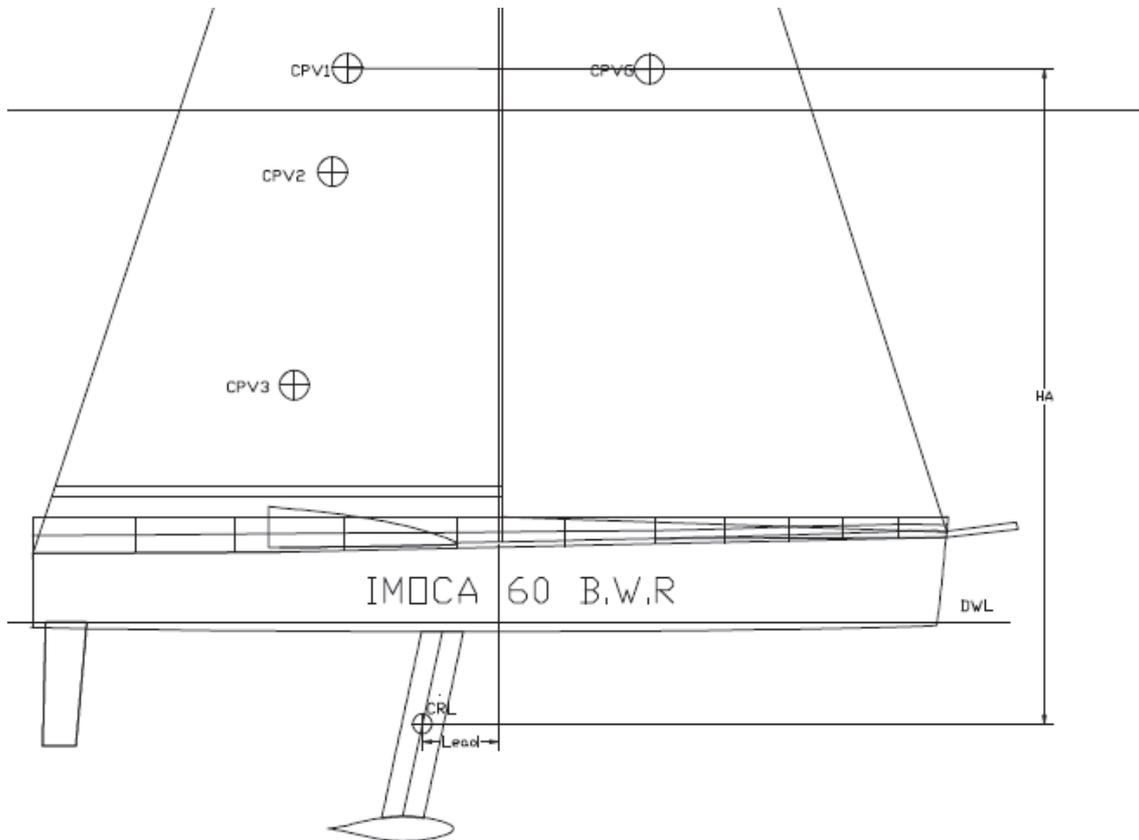
Para situar el CPV hay que tener en cuenta que:

- CPV a proa de CRL, la embarcación tiende a arribar, es decir separar la proa del viento.
- CPV a popa de CRL, la embarcación tiende a orzar, es decir a acercar la proa al viento.
- CPV en la vertical de CRL, la embarcación tiene equilibrio velico.

Hay que tener en cuenta también que cuando el barco escora debido a la acción del viento, el centro de carena suele desplazarse a popa produciéndose así un trimado hacia proa y tanto más se desplaza a popa el centro de carena cuanto más a popa se encuentre la manga máxima y por lo tanto el CRL se desplazara a proa. Por lo que a la hora de equilibrar la posición del centro velico hay que tener en cuenta el avance del CRL. Es por eso que al CPV longitudinalmente se le dotara de un avance o LEAD para dotar al velero de estabilidad de rumbo.

El Lead óptimo para una embarcación moderna de aparejo a tope ronda entre el 5% y 9% de la eslora de flotación Lwl. En nuestro caso vamos a usar un LEAD del 7% del Lwl que da como resultado un avance de 1,265m.

Por lo tanto una vez situado el CRL que como se indica en el capítulo 6 está situado a en la línea que une el 25% de C1 y el 25% C2 es decir a 0,20875m del borde de ataque, y a un 45% del calado total es decir a 1,97m de la flotación, y hayamos colocado la orza en el barco habrá que avanzar la posición del CPV 0,468m a proa tal y como se muestra en este esquema extraído del plano de formas.



9.6 Estimación del abatimiento

En el capítulo número 5, vimos el diseño de la orza y concluimos que la orza es la que crearía la fuerza hidrodinámica lateral que hará que el velero no abata, o que su deriva sea la menor posible. También dijimos que para crear la fuerza de sustentación necesaria la orza debía tener un ángulo de ataque, pero este ángulo de ataque no lo pudimos calcular debido a que necesitábamos numerosos datos del plano velico que aun no estaba diseñado, es por ello que se incluye en este capítulo del plano velico el cálculo del abatimiento.

Sabemos que la fuerza hidrodinámica lateral (F_{hl}) que tiene que crear el barco tiene que ser igual a la fuerza aerodinámica lateral (F_{al}). Para calcular la fuerza hidrodinámica por lo tanto tenemos que calcular previamente la fuerza aerodinámica lateral que viene definida por la siguiente expresión:

$$\bullet \text{ Fuerza aerodinámica lateral} = \frac{\text{Desplazamiento} \cdot \text{GM} \cdot \sin(\text{ángulo Dellenbaugh})}{\text{Brazo escorante}}$$

Datos:

- Desplazamiento: 8500 kg.
- GMt: 15,566 m (sacado de la tabla de la hidrostática del capítulo 5).
- Ángulo Dellenbaugh: 9,78°.
- Brazo escorante: 15 m.

Fuerza aerodinámica lateral = 1498,34 kg.

La fuerza aerodinámica lateral es de 1498,34kg o lo que es lo mismo 14699 N, por lo que la fuerza hidrodinámica lateral que debe ser capaz de crear el barco es de 14699 N.

En este velero el 65% de la Fhl la crea la orza y el 35% restante lo crea el caso y el timón, por lo que 9554,35 N de los 14699 N lo debe generar la orza.

En primer lugar calcularemos el coeficiente de empuje de la orza a través de la siguiente ecuación:

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

Sabiendo que “L” es el empuje que debe generar la orza (9554,35 N), “ρ” es la densidad del fluido (1,025Kg/m3), SP, es la superficie proyectada de las orzas (6,184 m2) y “V” es la velocidad del velero (10,289 m/s).

CL = 0,3

Ahora despejaremos “α” de la fórmula del coeficiente de sustentación:

$$CL = 2\pi \cdot \alpha / 1 + (3/ARe)$$

El ángulo α resultante es de 0,04679 radianes, o lo que es lo mismo, 2,68°.

Este será el ángulo de abatimiento del barco, necesario para que la orza cree el empuje necesario para igualar a la fuerza aerodinámica lateral.

9.7 DISEÑO DE JARCIA, BOTAVARA Y MÁSTIL

Para poder diseñar estructuralmente la jarcia fija de un velero, el mástil y la botavara nos vamos a ceñir a las indicaciones de una sociedad de clasificación ya que la aplicación de las teorías de resistencia de materiales y calculo estructural resulta muy complicada sobre todo a la hora de calcular las cargas ejercidas por el viento.

La sociedad de clasificación escogida es la *Nordic Boat Standard* (NBS), debido a que es una de las pocas sociedades de clasificación que tiene en cuenta el escantillonado del aparejo y además viene bien definido y explicado en el libro *Principles of Yacht design*.

Definición y ámbito de aplicación de la normativa.

La normativa es válida para mástiles normales, con aparejo fraccionado y aparejo a tope, con uno o dos pares de crucetas que cumplan los siguientes requisitos:

1 → El área del triángulo de proa, es decir el foque no sea mayor que 1,6 veces el triángulo de popa o vela mayor.

- $I*J/E*P$ sea menor que 1,6.
 $(27,5 * 10,5)/(27*12,2) = 0,877$

$I*J/E*P = 0,674$ que es menor que 1,6 por lo que cumple.

2 → Área velica total en ceñida debe ser mayor que el momento adrizante (RM) dividido por 128 veces el brazo escorante HA. Si esto no se cumpliera se consideraría como un barco a motor con vela de capa.

Para dimensionar la jarcia primero tenemos que calcular el brazo adrizante para 30° que es la escora para condiciones de viento muy fuerte y por lo tanto con las velas generando altas cargas sobre el aparejo. Como estas cargas generadas por el viento en el aparejo son estáticas hay que considerar ciertas precauciones para no despreciar las cargas dinámicas, las cuales pueden dar picos de esfuerzos, por lo que se le aplicará al momento adrizante un factor de seguridad.

También a la hora del cálculo del momento adrizante tendremos en cuenta la acción de la tripulación, ya que la posición de la tripulación aumenta el brazo adrizante al disponerse dicha tripulación en la banda contraria a la que esta escorando el velero. La NBS nos ofrece la siguiente fórmula para calcular cual es el momento adrizante creado por la tripulación:

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

Siendo **n** el número de tripulantes, **B** la manga máxima y **Fs** el francobordo hasta la altura del mástil. En nuestro caso:

$$\delta RM = 75*2*((3,4*5,85)-(4,9*1,825));$$

$$\delta RM = 1642,125Nm.$$

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

- $RM = (RM(30^\circ) * \Delta / G) + \delta RM$

Siendo **RM(30°)**, el momento adrizante para 30 grados de escora con el barco vacío o en rosca, **Δ**, el desplazamiento a plena carga, **G**, el peso en rosca.

En nuestro caso:

- Δ Desplazamiento a plena carga: 8500kg.
- G Peso en rosca: 7672kg.

Entrando en el Hydromax calculamos el brazo adrizante para 30 grados y obtenemos un GZ30° de 1,510m (calculado con Hydromax para el barco con orza con loadcase mas desfavorable es decir, que crea un GZ mayor). Este valor lo multiplicamos por el peso en rosca y por la aceleración de la gravedad y obtenemos:

- $RM(30^\circ) = GZ30 * \text{Peso en rosca} * 9,81$

$$RM30 = 1,079 * 7672 * 9,81 = 81208Nm.$$

$$\mathbf{RM(30^\circ) = 81208Nm}$$

Por último calculamos el RM con la ecuación; $RM = ((RM(30^\circ) * \Delta) / G) + \delta RM$:

$$RM = ((81208 * 8500) / 7672) + 1642,125 = 91614,49Nm$$

$$\mathbf{RM = 91614,49Nm}$$

Por último comprobamos que $RM / 128 * HA$ sea menor que la superficie velica de ceñida As.

- $RM / 128 * HA = 91614,49 / 128 * 15 = 51,32$

RM / 128 * HA = 298,5 que es menor que As que vale 309,1m2.

Para la obtención del GZ a 30° y el GZ a 60° debemos realizar un estudio con el software hydromax en la peor condición que podamos encontrarnos, con el barco escorado, la tripulación a la banda, los tanques de lastre llenos y la quilla abatida al máximo (40°). Por lo que realizando las siguientes tablas de momentos hemos obtenido el valor del Kg (vertical) y del Xg (transversal), para poder entrar en el software hydromax y así obtener los resultados del comportamiento en estabilidad y flotabilidad de nuestro barco de una manera aproximada viendo las máximas fuerzas a las cuales estará sometida la jarcia y el plano velico y consecuentemente los valores GZ para 30 y 60°.

	Peso (kg)	Distancia vertical a eje neutro (m)	P*D (KG*M)
Rosca	4172	1,477	6162,044
Quilla	600	3,453	2071,8
Bulbo	2900	5,066	14691,4
Lastre	125	1,936	242
Tripulación	150	-1	-150
	$\Sigma P=7947$	$Y_n=2,89m$	$\Sigma(P*D)=23017,244$

$$KG=Y_n-H=2,89-2,036=0,854m \text{ por debajo L.F.}$$

	Peso (kg)	Distancia transversal a eje neutro (m)	P*D (KG*M)
Rosca	4172	0	0
Quilla	600	1,189	713,4
Bulbo	2900	2,539	7363,1
Lastre	125	2,175	271,88
Tripulación	150	2,8	420
	$\Sigma P=7947$	$X_g=1,1m$	$\Sigma(P*D)=8768,38$

$$X_g=1,1m \text{ desde crujia}$$

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1		7,672	7,672	7,635	1,100	-0,854	0,000	0,000	User Specif
2	Gasoil E	50%	0,142	0,040	0,020	3,213	-2,362	0,302		0,002	Maximum
3	Gasoil B	50%	0,142	0,040	0,020	3,213	2,362	0,302		0,002	Maximum
4	Lastre E	50%	0,147	0,399	0,200	5,565	-2,232	0,279		0,063	Maximum
5	Lastre B	50%	0,147	0,399	0,200	5,565	2,232	0,279		0,063	Maximum
6	Lastre Pr	50%	0,130	0,399	0,199	12,965	0,000	0,265		0,082	Maximum
7	Total Loadcase				8,311	7,642	1,015	-0,767		0,211	
8	FS correction							0,025			
9	VCG fluid							-0,742			

La estabilidad transversal del mástil depende del número de crucetas y de la colocación del pie del mástil, que puede ser sobre cubierta o sobre la quilla.

La estabilidad longitudinal del mástil depende también del número de crucetas, pero también de su colocación, retrasada o perpendicular, de la colocación del pie del mástil y por último de la tensión de los obenques y los stays.

Según el libro Principles of yacht design, existen unas ventajas e inconvenientes en la elección del número de crucetas y el tipo de pie de palo:

Ventajas del aumento del número de crucetas:

- Palo más delgado que mejora la eficiencia de la mayor.

- Palo más ligero.
- Angulo del cazado de génova mas pequeño al ser más cortas las crucetas.

Inconvenientes del aumento del número de crucetas:

- Palo más difícil de trimar.
- Estructura más cara.

Ventaja palo apoyado en la quilla:

- Palo más delgado que mejora la eficiencia de la mayor.
- Palo más ligero.
- Angulo del cazado de génova mas pequeño al ser más cortas las crucetas.

Inconvenientes del palo apoyado en la quilla:

- Palo más difícil de trimar.
- Fuerzas horizontales a la cubierta por donde lo atraviesa.
- Dificultad para tapar la entrada del palo y posible entrada de agua.

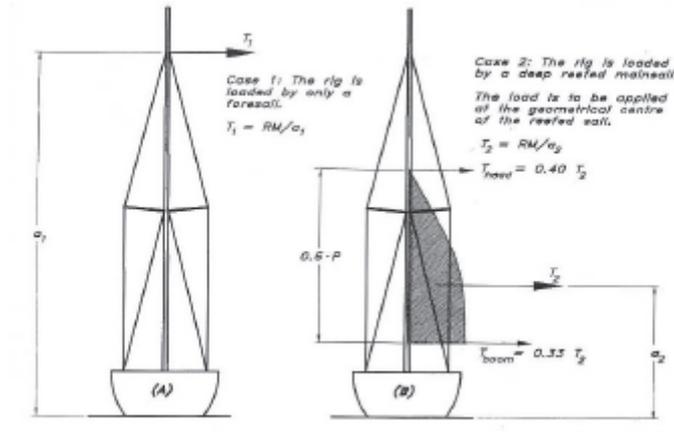
Basándonos en estas recomendaciones y en el común de la flota de esta eslora, nos decidimos en un mástil con pie en la quilla, y dos pares de crucetas.

Cargas en los obenques.

Las fuerzas que tenemos que tener en cuenta para calcular la resultante transversal es la generada por el viento sobre las velas, que se supondrán como cargas estáticas, y las generadas por el viento y el mar como cargas dinámicas.

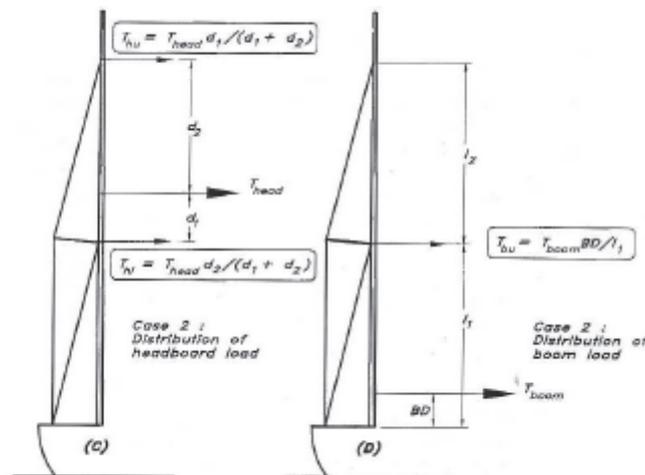
La NBS considera dos casos distintos de cargas para dimensionar la estructura:

- **Primer caso (T1):** La jarcia está cargada únicamente por la acción del viento sobre la vela de proa. La fuerza transversal será independiente de la forma de la vela que se utilice, y será el momento adrizante dividido por la distancia entre la línea de agua y el lugar donde fijemos el stay de proa al mástil. Mirar esquema (A).
- **Segundo caso (T2):** La jarcia está cargada por la vela mayor habiendo tomado rizados. La fuerza transversal en este caso se obtiene dividiendo el momento adrizante entre la distancia de la línea de agua y el centro de presión velica de la mayor. Esta fuerza se descompone en otras dos, por un lado **Thead**, que es la aplicada a tope de palo, y otra **Tboom**, que se aplicara a la altura de la botavara. Mirar esquema (B).

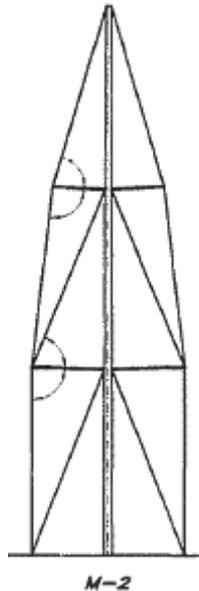


Si Thead se encuentra entre dos obenques, la fuerza puede distribuirse en otras dos fuerzas; siendo T_{tu} la fuerza aplicada en el tope de obenques, y T_{tl} la fuerza aplicada en la cruceta que le quede por debajo. Mirar la figura (C).

La fuerza T_{boom} , es decir la que se aplica en la botavara, se distribuye entre los obenques inferiores, es decir T_{bu} se aplicara en la cruceta inferior, y en la cubierta. Mirar la figura (D).



En el caso de nuestro barco, es decir dos pisos de crucetas, aparejo a tope la distribución de las crucetas y obenques será como se muestra en la siguiente figura:



En primer lugar hay que calcular T_1 y T_2 . Estos se calculan de la siguiente manera:

El primer caso hace referencia a la carga de una sola vela en proa $T_1 = RM/a_1$.

Siendo RM el momento adrizante, que en nuestro caso vale $91614,49Nm$, y a_1 la altura desde la flotación al punto más alto del genova, que en nuestro caso es de $29,825m$. Como resultado obtenemos:

$$T_1 = 3071,73 \text{ N.}$$

En el caso de una vela mayor con un rizo, $T_2 = RM/a_2$, siendo de nuevo RM el momento adrizante con el mismo valor que en T_1 , y a_2 la altura desde la flotación al CPV de la mayor que está a $1/3$ de la altura del CPV de la vela rizada, es decir $5,47m$. Como resultado obtenemos:

$$T_2 = 16748,54 \text{ N.}$$

Con T_2 podemos calcular las dos fuerzas que se descomponen de ella, que son T_{head} y T_{boom} .

T_{head} es igual al 40% de T_2 es decir, $T_h = T_2 * 0,4$ que en nuestro caso es $T_h = 0,4 * 16748,54$.

$$T_h = 6699,41 \text{ N.}$$

T_{head} se aplica a una altura de $0,6 * P$, es decir a $16,2$ metros desde la botavara. T_{boom} es igual al 33% de T_2 , es decir, $T_b = T_2 * 0,33$ en nuestro caso es $T_b = 0,33 * 16748,54$.

$$\mathbf{T_b = 5527,02\ N.}$$

Tboom se aplica a la altura de la botavara.

Como hemos dicho anteriormente, la fuerza Thead así como Tboom se descomponen a su vez en otras fuerzas.

Thead se divide en una fuerza Thu que se aplica al tope de obenque donde d2 será la distancia entre Thead y ese punto, y Thl que se aplica en la cruceta inferior a Thead donde d1 sera la distancia entre Thead y la cruceta inferior.

Por lo tanto para calcular Thu y Thl se debe conocer d1 y d2.

- D1: 6,2 metros.
- D2: 3,8 metros.

$$\mathbf{Thu: Thead*d1/(d1+d2); Thu = 4153,63\ N}$$

$$\mathbf{Thl: Thead*d2/(d1+d2); Thl = 2545,78\ N}$$

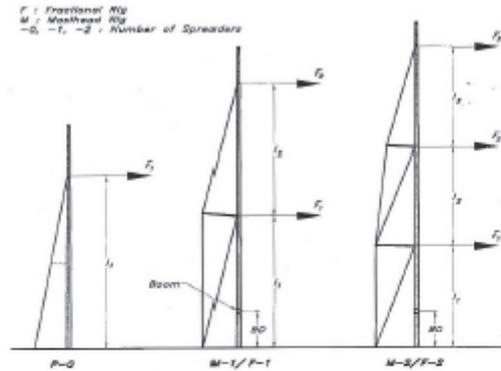
Tboom también se divide en otra fuerza que es Tbu, esta se aplica en la cruceta que tenga por encima. Para ello debemos conocer BD, que es la distancia de Tboom a cubierta, y l1 que es la distancia de entre la cruceta superior a Tboom y la cubierta.

BD: 1 metro.

L1: 11 metros.

$$\mathbf{Tbu: Tboom*BD/L1; Tbu = 502,46\ N}$$

Con todas las fuerzas calculadas y situadas podemos dimensionar gracias al siguiente esquema las fuerzas F1, F2 y F3.



Type of Rig	Load Case 1 (Fig. 10.3A)			Load Case 2 (Fig. 10.3B)		
	F_1	F_2	F_3	F_1	F_2	F_3
F-0	T_1	0	0	$T_{th} + T_{bu}$	0	0
M-1/F-1	0	T_2	0	$T_{th} + T_{bu}$	T_{hu}	0
M-2/F-2 ¹⁾	0	0	T_3	T_{th}	T_{hu}	T_{bu}
M-2/F-2 ²⁾	0	0	T_3	$T_{th} + T_{bu}$	T_{hu}	0

1) If $20 + 0.6P > h_1 + h_2$
 2) If $20 + 0.6P < h_1 + h_2$

En nuestro barco hemos decidido como se dijo antes, la configuración F3, es decir, aparejo a tope y 2 pisos de crucetas.

En la tabla de la imagen se muestran los valores de F1 F2 y F3 según el condición de carga. El caso 1 indica cuando se está usando el foque y el caso 2 cuando se carga con la mayor rizada.

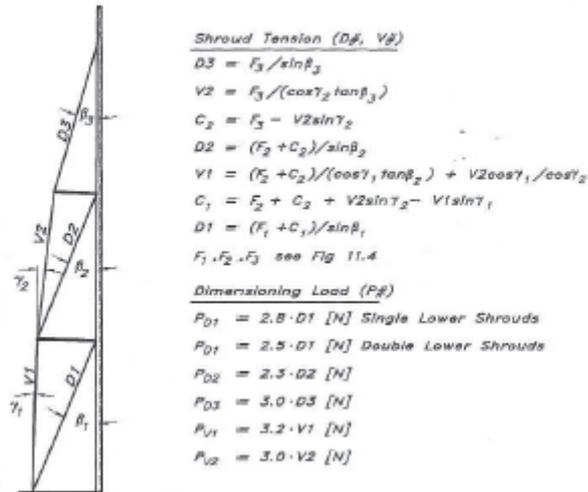
Caso 1:

- $F1 = 0$
- $F2 = 0$
- $F3 = T1$; **$F3 = 3071,73 \text{ N}$**

Caso 2:

- $F1 = T_{h1} + T_{bu}$; **$F1 = 3048,24 \text{ N}$**
- $F2 = T_{hu}$; **$F2 = 4153,63 \text{ N}$**
- $F3 = 0$

Una vez que tenemos calculadas todas las fuerzas transversales podemos pasar al dimensionado de los obenques gracias a unas formulas que nos ofrece la sociedad de clasificación y que se resumen para nuestro caso (F3) en este esquema:



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

- β_3 : 12,3°
- β_2 : 11,44°
- β_1 : 12,3°
- γ_2 : 2,88°
- γ_1 : 1,83°

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

Hay que decir que cada uno de estos tramos de obenques habría que calcularlo para las cargas del tipo 1 y las cargas del tipo 2, y escoger finalmente la más desfavorable, es decir en la que obtengamos mayor carga. Para simplificar cálculos, escogeremos los valores mayores de F1, F2 y F3 que hemos calculado.

Valores de F1, F2 y F3 usados en el cálculo:

F1 vale 0 en el caso 1 y 3048,24 N en el caso 2. Escogemos el caso 2, por lo que **F1 = 3048,24 N.**

F2 vale 0 en el caso 1 y 4153,63N en el caso 2. Escogemos el caso 2, por lo que **F2 = 4153,63N.**

F3 vale 3071,73 N en el caso 1 y 0 en el caso 2. Escogemos el caso 1, por lo que **F3 = 3071,73 N.**

- $D3 = F3 / \sin \beta_3$; **D3 = 14419,21 N**

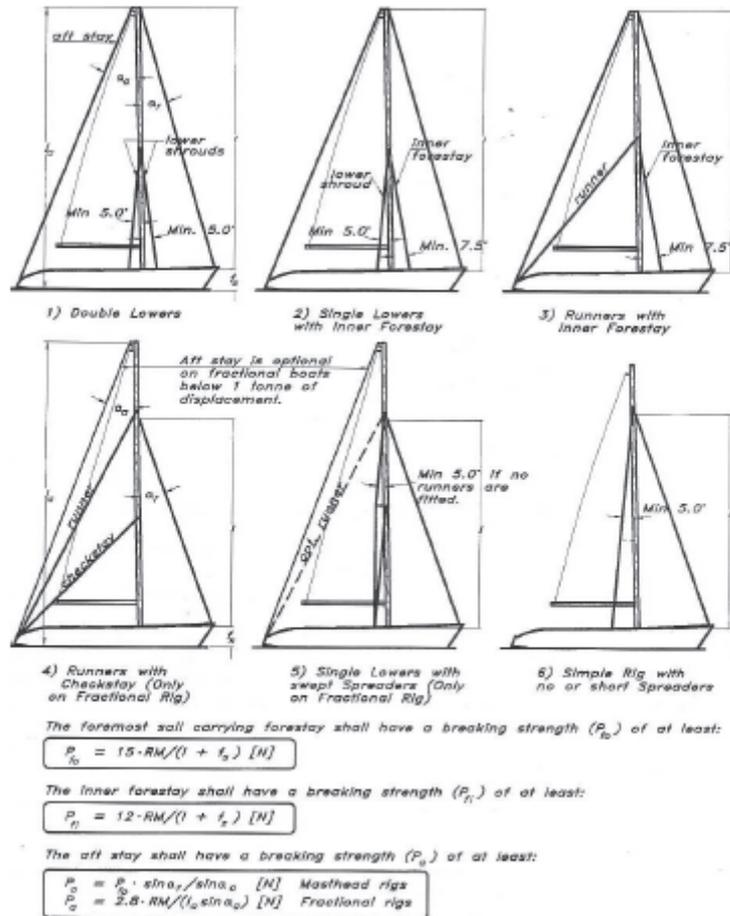
- $V2 = F3 / (\cos \gamma_2 \cdot \tan \beta_3)$; **V2 = 14106,04 N**
- $C2 = F3 - V2 \sin \gamma_2$; **C2 = 2362,98 N**
- $D2 = (F2 + C2) / \sin \beta_2$; **D2 = 32855,48 N**
- $V1 = (F2 + C2) / (\cos \gamma_1 \cdot \tan \beta_2) + V2 \cos \gamma_1 / \cos \gamma_2$; **V1 = 46335,85N**
- $C1 = F2 + C2 + V2 \sin \gamma_2 - V1 \sin \gamma_1$; **C1 = 5745,66 N**
- $D1 = (F1 + C1) / \sin \beta_1$; **D1 = 42088,99 N**

Una vez que tenemos calculados las tensiones en los obenques aplicamos los coeficientes de seguridad para saber la carga para dimensionar los obenques.

- $PD1 = 2,8 \cdot D1$; **PD1 = 117849,17 N**
- $PD2 = 2,3 \cdot D2$; **PD2 = 75567,6 N**
- $PD3 = 3 \cdot D3$; **PD3 = 43257,63 N**
- $PV1 = 3,2 \cdot V1$; **PV1 = 148274,72 N**
- $PV2 = 3 \cdot V2$; **PV2 = 42318,12 N**

Cargas en los stays.

En este subapartado calcularemos las cargas longitudinales que se generan en el aparejo. Estas cargas se aplicaran a unos cables semejantes a los stays pero dispuestos longitudinalmente en lugar de transversal. Para calcular estas tensiones debemos conocer cuál será nuestra distribución de stays. A continuación se muestra las seis posibilidades que contempla la NBS.



Las primeras tres disposiciones son las que se usan en veleros de aparejo a tope y las tres últimas las que se usa en veleros de aparejo fraccionado. Para nuestro velero escogemos la disposición número 5, donde la fuerza se distribuye longitudinalmente entre el stay de proa, el Aft-stay, y los obenques, que aunque estos se disponen para soportar las cargas transversales, al situarlos con las crucetas retrasadas sirven para soportar carga longitudinal.

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

- α_a :** Ángulo entre el mástil y el Aft-stay; **18°.**
- α_f :** Ángulo entre el mástil y el stay de proa: **18°.**

RM: Brazo adrizante; **91614,49 Nm.**

l_a: Distancia desde la flotación al extremo más alto del mástil; **29,863 m.**

Ahora pasamos a calcular los esfuerzos de rotura de los stays superior e inferior de las velas de proa y el stay de popa:

- Stay de proa superior: $P_{f_0} = 15 \cdot RM / (1 + f_s)$; **$P_{f_0} = 46017,39 \text{ N.}$**
- Stay de proa inferior: $P_{f_1} = 12 \cdot RM / (1 + f_s)$; **$P_{f_1} = 36813,91 \text{ N.}$**

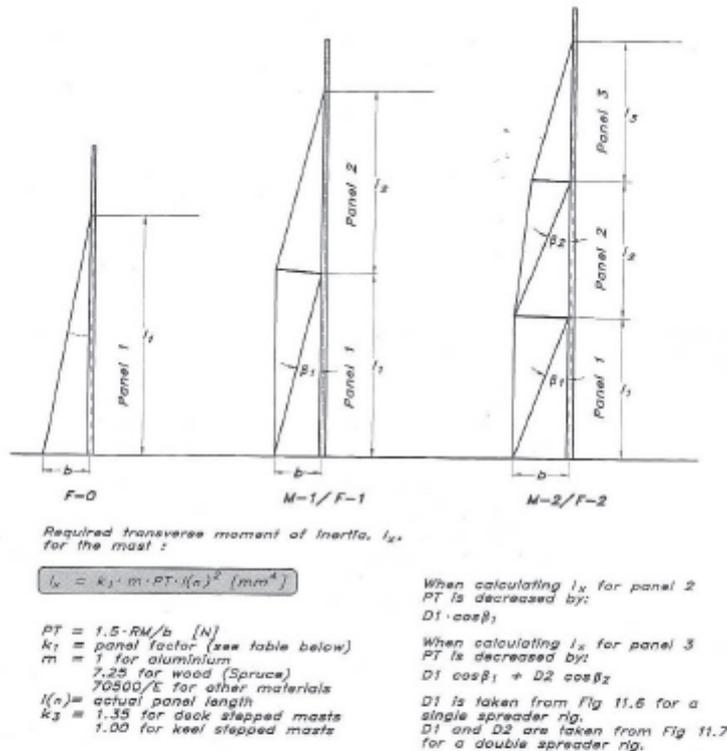
- Aft-Stay: $P_a = P_{fo} * (\sin \alpha_t / \sin \alpha_a)$; **$P_a = 46017,39 \text{ N}$** .

Mástil

1.-Rigidez transversal del mástil. Ix.

La tensión en los stays y los obenques generan una compresión en el mástil, por lo tanto el mástil debe tener suficiente resistencia y momento de inercia para no romperse ni pandear.

Para calcular el momento de inercia de la sección del mástil, lo dividiremos en tres secciones o “paneles”, una para el primer piso de crucetas, otra para el segundo piso de crucetas y el último para el punto donde van enganchados los extremos de los obenques y el stay de proa. A continuación se muestra una imagen donde se señala cual son los tres paneles y las formulas que usaremos para calcular el momento de inercia de cada sección.



Type of Rig	Panel factor k_1	
	Panel 1	Panel 2 & 3
F=0	$2.4 \cdot k_3$	-
F=0 short spr.	$1.6 \cdot k_3$	-
M-1	$2.5 \cdot k_3$	3.50
F-1	$2.4 \cdot k_3$	3.30
M-2	$2.7 \cdot k_3$	3.80
F-2	$2.6 \cdot k_3$	3.60

Momento de inercia transversal en el Panel 1: $I_x = K1 \cdot m \cdot PT1 \cdot l1^2$

- $b = 2,35$ m.
- $PT1 = 1,5 \cdot RM/b$; $PT = 58477,33$ N.
- $K1 = 2,7 \cdot k3$; $K1 = 3,645$.
- $m = 70500/E \rightarrow$ para mástiles de carbono $E_{F.C} = 160000$ N/mm²
 $m=0,441$ N/mm².
- $K3 = 1,35$ para mástiles que terminan en cubierta.
- $I1 = 11$ m. Longitud desde cubierta al primer piso de crucetas.

$$\underline{Ix1 = 1137,39 \text{ cm}^4.}$$

Momento de inercia transversal en el Panel 2: $I_x = K1 \cdot m \cdot PT2 \cdot I2$

- $PT2 = (1,5 \cdot RM/b) - D1 \cdot \cos \beta1$; $PT2 = 17317,28$ N.
- $K1 = 3,645$.
- $m = m = 70500/E \rightarrow$ para mástiles de carbono $E_{F.C} = 160000$ N/mm²
 $m=0,441$ N/mm².
- $I2 = 10$ m. Longitud del primer al segundo piso de crucetas.

$$\underline{Ix2 = 278,37 \text{ cm}^4.}$$

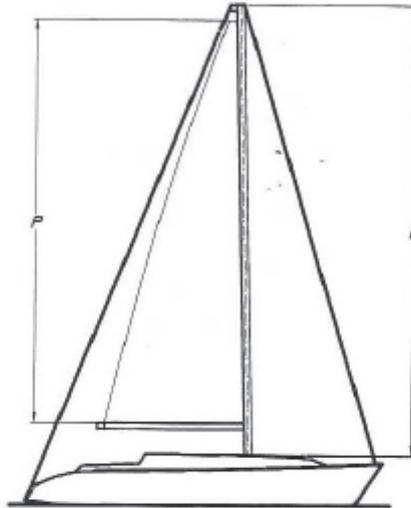
Momento de inercia transversal en el Panel 3: $I_x = K1 \cdot m \cdot PT3 \cdot I3$

- $PT3 = (1,5 \cdot RM/b) - (D1 \cdot \cos \beta1 + D2 \cdot \cos \beta2)$; $PT3 = 14885,46$ N.
- $K1 = 3,645$.
- $m = 70500/E \rightarrow$ para mástiles de carbono $E_{F.C} = 160000$ N/mm²
 $m=0,441$ N/mm².
- $I3 = 7$ m. Longitud del segundo piso de crucetas al tope de los obenques.

$$\underline{Ix3 = 117,25 \text{ cm}^4.}$$

2.-Rigidez longitudinal del mástil. I_y .

A continuación vamos a calcular cual deben ser los momentos de inercia requeridos para la resistencia longitudinal del mástil. La fórmula que debemos usar se muestra en la siguiente imagen.



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

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

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

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

A continuación se muestra como hemos calculado el momento de inercia longitudinal del mástil y cual son los valores de los factores que lo forman.

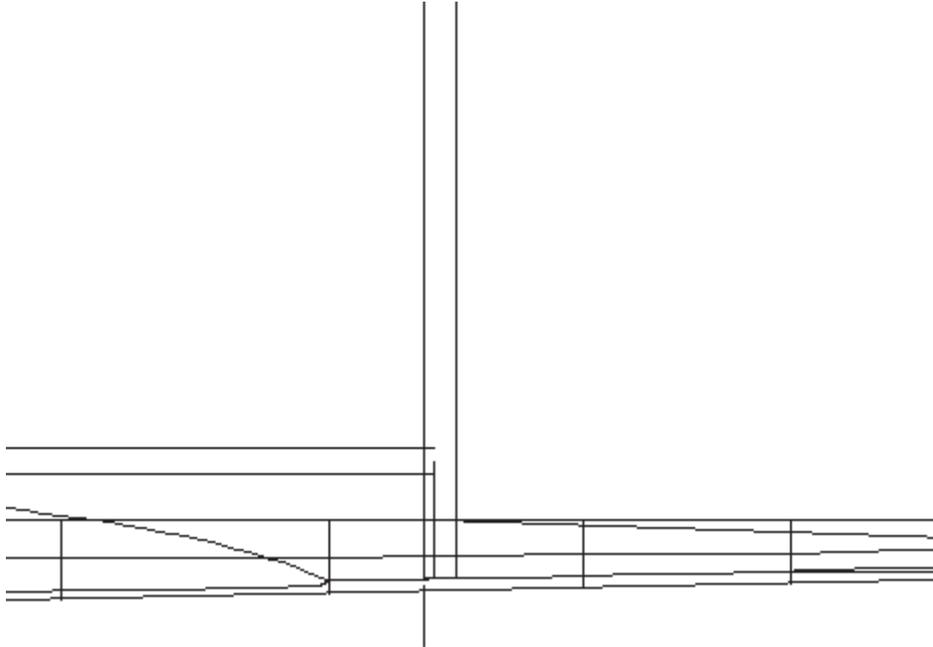
Momento de inercia longitudinal $I_y = K2 \cdot K3 \cdot m \cdot PT \cdot h^2$

- $PT = (1,5 \cdot RM/b)$; $PT = 58477,33$ N.
- $K2 = 0,85$. Sacado de la tabla para veleros de crucetas retrasadas.
- $K3 = 1,35$. Para mástiles que terminen en cubierta.
- $m = 70500/E \rightarrow$ para mástiles de carbono $E_{F.C} = 160000$ N/mm²
 $m = 0,441$ N/mm².
- $h = 28$ m. Longitud desde la superestructura de cubierta al tope de la vela mayor.

$I_y = 2320,04$ cm⁴.

A continuación se muestra una tabla resumen con las características que debe cumplir nuestro mástil:

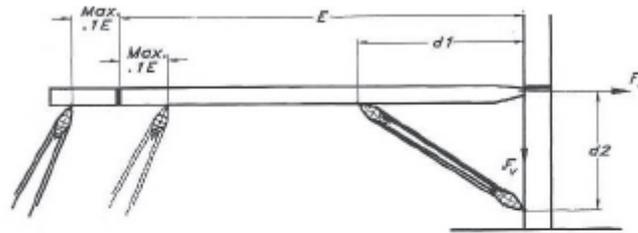
Ix Panel 1	Ix Panel 2	Ix Panel 3	Iy
1137,39 cm ⁴	278,37 cm ⁴	117,25 cm ⁴	1236,3 cm ⁴



Botavara

La botavara debe soportar grandes fuerzas provenientes de la presión del viento sobre la vela mayor que hace que esta se doble. A su vez la escota de la mayor y la contra ejercen una fuerza en sentido contrario. Todo esto provoca una fuerza vertical y otra horizontal que se transmite al pinzote, que es la pieza que une la botavara con el mástil aunque cabe destacar que la fuerza más importante es la vertical.

La sociedad de clasificación NBS nos propone un método para calcular el modulo resistente vertical de la sección de la botavara que viene definido en el siguiente dibujo.



The gooseneck shall be able to withstand a vertical and horizontal force of:

$$F_v = 0.5 RM E / (HA - d1) \quad [N]$$

$$F_h = 0.5 RM E / (HA - d2) \quad [N]$$

HA = distance from waterline to centre of effort of sails (see Fig 11.1)

Required vertical Section Modulus for the boom is:

$$SM = 600 RM (E - d1) / (\sigma_{0.2} HA) \quad [mm^3]$$

The horizontal Section Modulus is to be at least 50% of the vertical.

En primer lugar vamos a calcular cual son las fuerzas verticales (F_v) y fuerzas horizontales (F_h) que se generan.

- $F_v = 0,5 \cdot RM / (HA \cdot d1)$; $F_v = 6027,27 \text{ N}$
- $F_h = 0,5 \cdot RM / (HA \cdot d2)$; $F_h = 4018,18 \text{ N}$

La sociedad de clasificación nos exige que ni la fuerza vertical ni la fuerza horizontal sean inferiores a 1000 N. Además se exige que la relación entre el par adrizante (RM) y el brazo escorante (HA) sea al menos 2000 N.

Una vez calculadas la fuerza vertical y horizontal pasamos a calcular el valor del modulo se la sección de la botavara tanto vertical como horizontal. Llamaremos SM_y al modulo de la sección en sentido vertical y SM_x al modulo de la sección en sentido horizontal.

- $SM_y = 600 \cdot RM \cdot (E - d1) / (\sigma_{0,2} \cdot HA)$; $SM_y = 32,24 \text{ cm}^3$

$$\underline{SM_y = 32,24 \text{ cm}^3}$$

Siendo:

- $E \rightarrow$ Largo de la botavara = 9 m
- $HA \rightarrow$ Brazo escorante = 9,5 m
- $\sigma_{0,2} \rightarrow$ Límite de fluencia para el carbono sacado de la siguiente gráfica = 1400 N/mm² utilizando el tipo S.

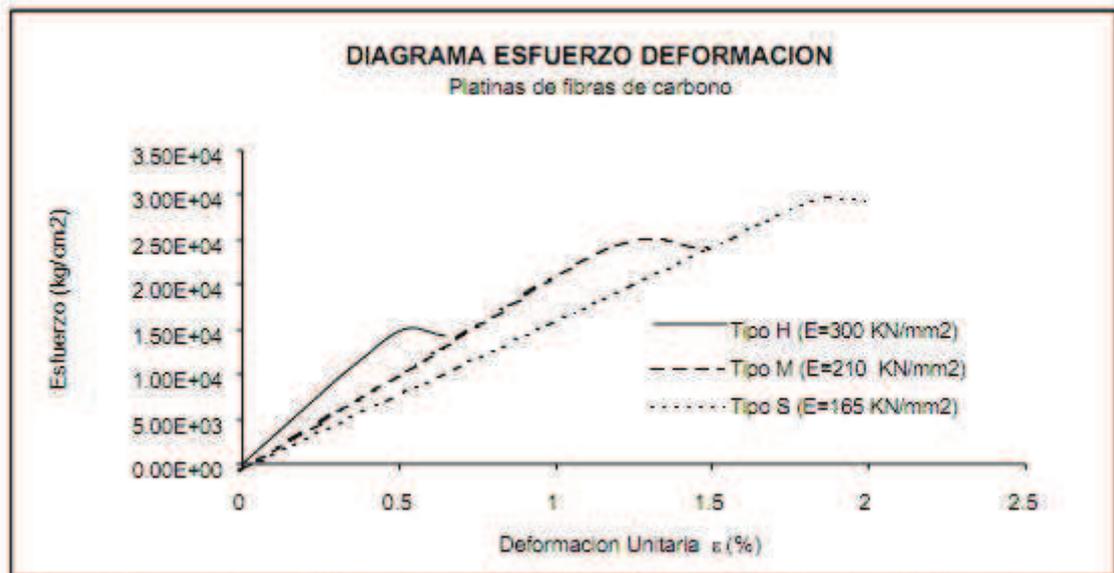


Fig. 1. Diagramas de Esfuerzo Vs. Deformación. De las fibras de carbono CFRP.

Con este valor del modulo de la sección en el eje Y (vertical) podemos calcular el modulo de la sección en el eje X (horizontal) sabiendo que este ultimo debe ser un 50% del SM_y.

- $SM_x = SM_y * 0,5$; $SM_x = 16,12 \text{ cm}^3$.

$$SM_x = 16,12 \text{ cm}^3$$

A modo de resumen de las propiedades de nuestra botavara se muestra la siguiente tabla:

Fv	Fh	SM _y	SM _x
6027,27 N	4018,18 N	32,24 N	16,12 N

Crucetas

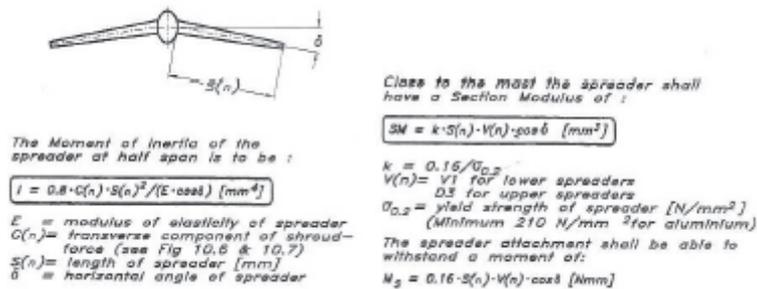
Las crucetas son unos dispositivos que se colocan unidas al mástil a diferentes alturas, en nuestro caso lleva dos pisos de crucetas. Su función es la de reducir el esfuerzo que debe soportar el mástil haciendo que los obenques y stays soporten dicha carga, por ello deben separar estos cables del mástil y así que formen un ángulo con respecto a la vertical.

Hay que intentar que las crucetas trabajen a compresión pura, para ello se las debe dotar de un cierto ángulo que debe ser la bisectriz del ángulo que formen con los obenques para evitar que estas se giren hacia arriba o hacia abajo. A este ángulo se le va a denominar “φ”.

Además para favorecer el comportamiento del mástil en sentido longitudinal, se les dota de otro ángulo a las crucetas, este ángulo es hacia popa y hace que las crucetas

trabajen para contribuir en la rigidez longitudinal del mástil. A este ángulo le asignaremos la letra griega “ δ ”.

Para dimensionar las crucetas en primer lugar tenemos que calcular el momento de inercia de la misma y para ello hay que diferenciar dos partes de la cruceta, por un lado la zona central y por otro la parte en contacto con el mástil. En la siguiente figura tenemos las formulas propuestas por NBS para el cálculo del momento de inercia y el modulo de la sección que debe tener la cruceta.



En nuestro barco hay dos pisos de crucetas por lo que calcularemos tanto el modulo de la sección como el momento de inercia de cada una de los dos pisos de crucetas.

Piso de cruceta 1:

- $I = 0,8 \cdot C1 \cdot S1^2 / (E \cdot \cos \delta)$; **$I = 11,75 \text{ cm}^4$** .
- $SM = K \cdot S1 \cdot V1 \cdot \cos \delta$; **$SM = 10,36 \text{ cm}^3$** .
- $M_s = 0,16 \cdot S1 \cdot V1 \cdot \cos \delta$; **$M_s = 14503456,16 \text{ Nmm}$** .

Siendo:

- $S1$; La longitud de la cruceta. $S1 = 2000 \text{ mm}$.
- $C1$; La componente transversal de la fuerza en esa cruceta. $C1 = 5745,66 \text{ N}$.
- E ; El modulo elástico del material de la cruceta $E_{F.C} = 160000 \text{ N/mm}^2$
- K ; 0,16 entre la tensión de rotura del carbono que es 1400 N/mm^2 .
- $V1$; El mismo $V1$ calculado anteriormente; $46335,85 \text{ N}$.
- δ ; El ángulo que de la cruceta hacia atrás; 12° .

Piso de cruceta 2:

- $I = 0,8 \cdot C2 \cdot S2^2 / (E \cdot \cos \delta)$; **$I = 2,75 \text{ cm}^4$** .
- $SM2 = K \cdot S2 \cdot V2 \cdot \cos \delta$; **$SM = 2,43 \text{ cm}^3$** .
- $M_s = 0,16 \cdot S2 \cdot V2 \cdot \cos \delta$; **$M_s = 3407554,35 \text{ Nmm}$** .

Siendo:

- $S2$; La longitud de la cruceta. $S2 = 1510 \text{ mm}$.
- $C2$; La componente transversal de la fuerza en esa cruceta. $C2 = 2362,98 \text{ N}$.
- E ; El modulo elástico del material de la cruceta. $E_{F.C} = 160000 \text{ N/mm}^2$
- K ; 0,16 entre la tensión de rotura del aluminio que es 1400 N/mm^2 .

- D3; El mismo D3 calculado anteriormente; 14419,21 N. → D3=V2
- δ ; El ángulo de la cruceta hacia atrás; 12°.

A modo de resumen se muestra la siguiente tabla resumiendo los datos que debe cumplir nuestras crucetas:

	I	Sm	M _{s2}
Piso cruceta 1	11,75 cm ⁴	10,36 cm ³	14503456,16 Nmm
Piso cruceta 2	2,75 cm ⁴	2,43 cm ³	3407554,35 Nmm

Elección del mástil, botavara, crucetas y obenques.

Para terminar con el apartado del diseño de la jarcia, la botavara y el mástil pasaremos a elegir una vez que hemos calculado los momentos de inercia, módulos resistentes de las secciones y esfuerzos que debe soportar los cables de los stays y obenques, y las cargas en la botavara y mástil.

Elección del mástil y botavara:

Basándonos en las tablas que nos proporciona el libro Principles of Yacht Design sobre las propiedades del aluminio podemos decir cuál es finalmente el mástil escogido, debido a que nuestro mástil y botavara son de carbono tendremos que calcular el volumen de ambos y conociendo la densidad del carbono fijar el peso que será bastante menor que en el caso del aluminio.

Typical properties for aluminium extrusions

Mast	Main Dim. (mm)	I _y (cm ⁴)	I _x (cm ⁴)	Wall Thkn. (mm)	Weight Kg/m	S _{My} (cm ³)	S _{Mx} (cm ³)
Oval Sect.	122/85	165	75	2.45	2.43	23.6	17.6
	130/93	215	100	2.50	2.71	29.0	21.5
	138/95	287	139	2.85	3.35	35.0	29.3
	155/104	413	191	3.05	3.69	45.9	36.7
	170/115	569	260	3.10	4.11	58.1	45.2
	177/124	725	345	3.40	4.75	74.7	55.6
	189/132	956	458	3.70	5.73	89.3	69.4
	206/139	1310	613	4.10	6.44	115	88.2
	224/150	1775	830	4.50	7.32	143	111
	237/162	2360	1120	4.85	8.76	176	138
274/185	3650	1650	4.90	10.32	232	178	
Delta Sect.	121/92	205	122	3.00	3.15	28.9	26.5
	129/100	292	175	3.50	3.74	38.9	35.0
	137/113	375	250	3.90	4.21	50.0	44.2
	146/112	508	310	4.40	5.05	61.9	55.3
Furl. Sect.	160/132	750	500	5.30	6.67	80.6	75.7
	190/94	580	200	3.00	4.69	55.4	42.5
	213/104	850	290	3.15	5.45	73.2	55.7
	235/116	1240	435	3.40	6.55	97.6	75.0
Boom Sect.	232/126	1590	605	5.00	8.71	128	96
	260/136	2400	900	5.75	10.36	176	132
	290/150	3520	1300	6.00	12.63	224	173
	86/59	60	23	1.80	1.67	14.0	7.8
Spinn Pole Sect.	120/62	155	42	1.80	2.16	24.8	13.7
	143/76	290	80	2.20	2.83	39.4	20.9
	162/125	615	330	2.80	4.75	76.0	53.0
	171/94	610	170	2.80	4.03	67.7	35.7
Spleen Sect.	200/117	1190	325	2.80	5.36	112	55.5
	250/140	2410	640	3.20	6.96	185	91.4
	48/48	7.85	7.85	2.00	0.75		
	60/60	15.4	15.4	2.00	1.00		
Spleen Sect.	72/72	29.9	29.9	2.20	1.38		
	84/84	48.8	48.8	2.20	1.53		
	96/96	72.3	72.3	2.20	1.76		
Spleen Sect.	99/99	123	123	3.60	2.65		
	111/111	197	197	4.10	3.38		

Recordemos que las principales características que debía cumplir nuestro mástil eran: $I_x = 1137,29 \text{ cm}^4$, $I_y = 2320,04 \text{ cm}^4$. Por lo tanto para que cumpla dichos requerimientos escogemos un mástil con las siguientes propiedades y dimensiones:

	Dimensiones	I _y	I _x	Espesor	Peso
Mástil	270/180 mm	2320,04 cm ⁴	1137,29 cm ⁴	1,5 cm	526,3 kg

Con respecto a la **botavara** recordemos que sus requerimientos a cumplir eran: $S_{My} = 32,24 \text{ cm}^3$, $S_{Mx} = 16,12 \text{ cm}^3$, $F_v = 6027,27 \text{ N}$ y $F_h = 4018,18 \text{ N}$. Para cumplir todas estas características escogemos en el apartado de Boom (botavara) de la figura anterior una botavara con características similares a la nuestra para finalmente poder dimensionar nuestra botavara aplicando la densidad del carbono al volumen de la botavara quedando esta de la siguiente manera:

	Dimensiones	F _v	F _h	Espesor	Peso	S _{My}	S _{Mx}
Botavara	143/76 mm	6027,27 N	4018,18 N	10 mm	51,8 kg	32,24 cm ³	16,12 cm ³

Para las **crucetas** elegiremos de la figura mostrada anteriormente el grupo de sección delta. Recordemos que las crucetas, las cuales están divididas en dos pisos, debían tener las siguientes características: $I_1 = 11,75 \text{ cm}^4$, $S_{M1} = 10,36 \text{ cm}^3$, $M_{s1} = 14503456,16 \text{ Nmm}$, $I_2 = 2,75 \text{ cm}^4$, $S_{M2} = 2,43 \text{ cm}^3$ y $M_{s2} = 3407554,35 \text{ Nmm}$. Por lo que finalmente escogemos de la tabla de propiedades del aluminio las siguientes crucetas, de las cuales variará el peso ya que nosotros las hemos dimensionado con fibra de carbono:

	Dimensiones	I	Sm	Espesor	Peso	Ms
Piso 1	2000/120 mm	11,75 cm ⁴	10,36 cm ³	5 mm	2,1 kg	14503456,16 Nmm
Piso 2	1510/100 mm	2,75 cm ⁴	2,43 cm ³	5 mm	1,32 kg	3407554,35 Nmm

Por último vamos a elegir los sistemas que se instalaran en este velero para los **stays y obenques**. Principalmente hay dos opciones, por un lado instalar cables de 1x19 o varillas de acero inoxidable. Para poder decantarnos por una u otra opción tenemos que tener en cuenta la carga de rotura, la fatiga, la resistencia a la corrosión y por supuesto el precio.

Se puede decir que las varillas son un 20% más resistentes a la tracción que un cable del mismo diámetro. Además las varillas trabajan mejor a la fatiga debido a que en los cables que componen el conjunto del cable total pueden rozarse unos con otros.

Como ventaja de los cables respecto a las varillas es que estos “avisan” de su estado ya que su deterioro es visible por la rotura de los cables que componen el conjunto mientras que la rotura de la varilla es súbita.

Por último, en cuanto al precio, las varillas están entre un 50 y un 100% más caro que los cables de las mismas propiedades.

Por lo que finalmente nos decantamos por cables de acero AISI-316 por poder conocer su estado con tan sólo mirarlo, para poder prevenir accidentes en regata y avisar por radio en caso de necesidad por rotura; y porque el reglamento nos obliga a disponer todos los cables de la jarcia de acero inox. de 1x19 con un diámetro mínimo de 5 mm. A continuación se muestra una figura donde se especifica las propiedades para el mismo tipo de cable según sus diferentes diámetros:

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

Recordemos que las tensiones que debían soportar cada cable multiplicado por un factor de seguridad eran las siguientes: PD3 = 43257,63 N, PD2 = 75567,6 N, PV2 =

42318,12 N, PD1 = 117849,17 N y PV1 = 148274,72 N. Una vez que comparamos los datos calculados con los que nos muestra la figura anterior decidimos escoger los siguientes cables:

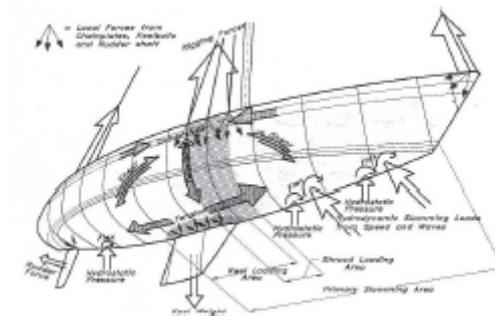
	Diámetro	Tensión de Rotura	Peso
D3	8 mm	53500 N	0,327 kg/m
D2	11 mm	83500 N	0,648 kg/m
V2	8 mm	53500 N	0,327 kg/m
D1	12 mm	120200 N	0,82 kg/m
V1	14 mm	160100 N	1 kg/m

***Nota:** Al final del tomo adjunta el anexo de planos, **Anexo II**, con el plano de la disposición del plano velico, que corresponde al **plano No 4**.

10. DISEÑO ESTRUCTURAL Y CÁLCULO DE ESCANTILLONADO

El objetivo de este capítulo es calcular el escantillonado y diseñar la estructura necesaria para soportar las cargas que sufre el barco debido a numerosos factores como pueden ser las cargas de los stays y obenques, la presión hidrostática del agua sobre el fondo y el costado, las presiones dinámicas debido al movimiento del velero a través del agua y por efecto de las olas y las cargas debida al peso de los componentes entre otras cargas.

Con este objetivo usaremos la normativa europea **UNE-EN-ISO 12215-5:2008**, que es la que se aplica para la determinación del escantillonado, incluyendo los refuerzos de la estructura interior, de las pequeñas embarcaciones de un solo casco construidas en aleaciones de aluminio o acero, de madera encolada o de plástico reforzado con fibras, de eslora comprendida entre los 2,5 y los 24 metros, como es el caso de nuestro proyecto. En la siguiente imagen se muestra las cargas, tensiones y presiones a las que es sometida un velero y donde se producen.



El orden que vamos a seguir en este capítulo es el siguiente; elección de los materiales de construcción, análisis del método constructivo y por último, diseño estructural y cálculo del escantillonado. Para este último paso es preciso en primer lugar distribuir los elementos estructurales, de esta manera podremos pasar al cálculo de las presiones según las formulas ofrecidas por la normativa anteriormente citada y para finalizar pasaremos al cálculo del escantillonado para determinar el espesor de los cuatro grupos de planchas de las que está compuesta la embarcación que son; planchas de fondo, costado, cubierta y superestructura.

10.1 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Las embarcaciones deportivas pueden construirse de muchos materiales distintos. En la actualidad la inmensa mayoría de las embarcaciones deportivas se construyen en materiales compuestos, aunque también cabe destacar, la madera, el aluminio y en menor medida, el acero, reservado en exclusiva para grandes yates.

Para nuestro barco nos decantamos claramente por los materiales compuestos, ya que hacen al proceso constructivo más barato y más rápido, y a la embarcación la dota de la rigidez necesaria, de escasa corrosión, y sobre todo de ligereza en el peso. Todo

esto le da una clara ventaja sobre el acero o aluminio, que aparte de ser más pesado y costoso, también hace que el astillero deba estar dotado de maquinaria especial para poder trabajar estos materiales.

Materiales compuestos:

Estos son materiales que se componen a su vez normalmente de dos elementos claramente diferenciados que son por un lado la matriz, y por otro lado el refuerzo. La matriz que se usa es una resina termoestable, las más comúnmente usadas son la resina de poliéster, vinilester y epoxi. Como refuerzo usaremos fibra de carbono, esencial para dotar de un peso ligero al casco de nuestro barco.

Dentro de las resinas de poliéster existen tres variantes principalmente de la que nos decantaremos por la **resina de poliéster isoftálica**, al tener mejores propiedades ante agentes químicos que la ortoftálica y mejor rendimiento mecánico.

Una vez elegido los dos materiales hay que hablar del curado o endurecido del conjunto, para ello hay que introducir un tercer componente que es el **catalizador**. Este elemento hace que se acelere el proceso de curado iniciando la reacción de polimerización.

Por último, decir que también existen diferentes tipo de fibras de carbono en el mercado, las vemos a continuación:

Tipo	HM	HR	III
Módulo de elasticidad (GPa)	230	390	290
Resistencia a tracción (GPa)	2.6 - 5	2.1 - 2.7	3.1
Elongación en la rotura (%)	2	0.7	1.1

- Fibra de carbono de alto módulo de elasticidad (HM)
- Fibra de carbono de alta resistencia (HR)
- Fibra de carbono de elevado módulo de elasticidad y resistencia a tracción

Las propiedades de la fibra de carbono son las siguientes:

- No presenta plasticidad, el límite de rotura coincide con el límite elástico.
- Baja densidad.
- Elevada resistencia a las altas temperaturas (a temperaturas del orden de los 1500–2000 °C presenta un incremento de sus prestaciones).
- Coef. de dilatación térmica lineal prácticamente nulo.
- Elevada resistencia a las bases.
- Buena conductividad eléctrica y térmica.
- Alto coste.
- Baja resistencia al impacto de baja energía.

- Produce diferencias de potencial al contacto con los metales, lo que puede favorecer corrosiones

El proceso de fabricación del carbono es el siguiente → las fibras de carbono se fabrican mediante pirolisis controlada y ciclización de precursores de cierta fibra orgánica, el más común de los cuales es el precursor poliacrilonitrilo (PAN), y el alquitrán. El primero es una fibra sintética, con una conversión en fibra entre el 50 y el 55 %, y el segundo se obtiene de la destilación destructiva del carbón, siendo este relativamente más barato.

El carbono que nosotros vamos a utilizar es denominado AMOCO P-25 y sus propiedades mecánicas son las siguientes: $E = 160\text{GPa}$, $\sigma_{\text{adm}} = 1,4\text{ GPa}$ y Deformación a rotura = 3,3-4,8%.

10.2 DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En este apartado se va a describir en líneas generales apoyándonos en croquis del plano de escantillado, como son y donde están los distintos elementos estructurales que formarán la estructura de nuestro velero.

Estos elementos son necesarios definirlos para poder proceder al escantillado, gracias a conocer la distribución de los elementos estructurales podremos calcular las presiones en las distintas partes del barco y con ello elegir los espesores que tendrá nuestro barco y los refuerzos que necesitará.

Refuerzos longitudinales.

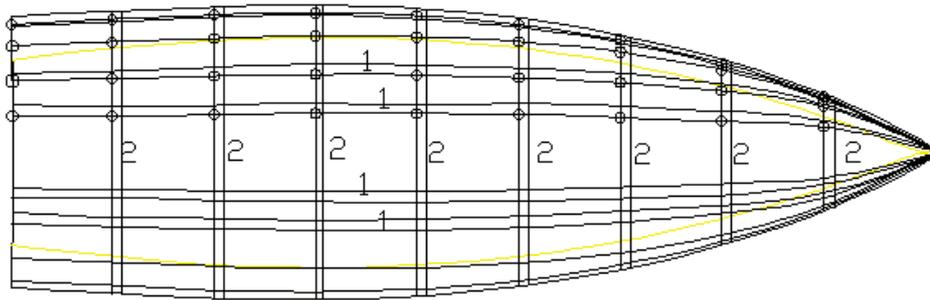
Casco:

El barco está formado por diez refuerzos longitudinales en el casco, situados uno simétricamente tanto de crujía a babor como de crujía a estribor de la siguiente manera:

- Un refuerzo en la regala.
- Cuatro refuerzos en el resto del casco.

La imagen anterior muestra las vagras del barco a su paso por la cuaderna maestra. La distancia entre unas y otras se va reduciendo como es lógico al afinarse las formas del velero en proa.

PANELES DEL FONDO

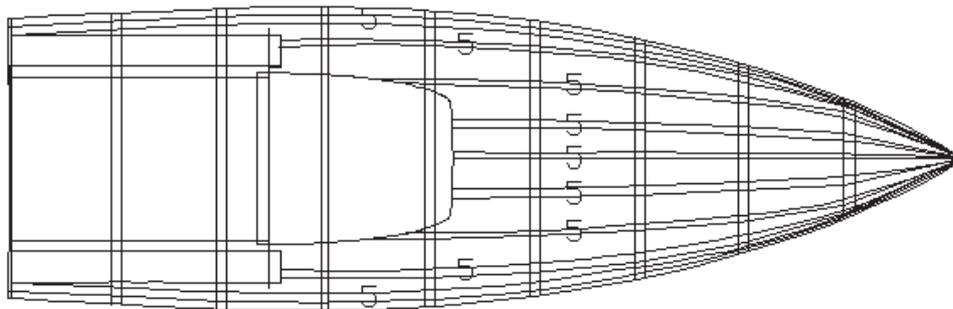


- 1 → Vagras
- 2 → Varengas

Cubierta y superestructura:

La cubierta y la superestructura está formada por nueve esloras separadas la misma distancia una de la otra de 650 mm desde crujía hacia babor y estribor respectivamente, aunque verticalmente la cubierta y la superestructura, caseta o roof se encuentren a distintas alturas (relativamente bajas debido al escaso espacio de habitación necesario).

REFUERZO DE CUBIERTA Y SUPERESTRUCTURA

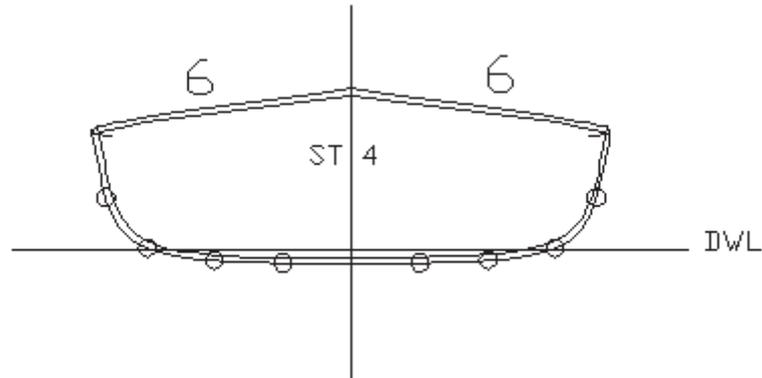


- 5 → Esloras

Refuerzos transversales.

Transversalmente el barco está reforzado y dividido por 5 zonas distintas. Los refuerzos en estas zonas son distintos los unos de los otros debido a la zona por la que atraviesan. Estos refuerzos se han hecho coincidir con las cuadernas 1 (St 1), cuaderna 3 (St 3), cuaderna 5 (St 5), cuaderna 7 (St 7), cuaderna 9 (St 9), cuaderna 11 (St 11), cuaderna 13 (St 13), cuaderna 15 (St 15) y cuaderna 17 (St 17).

- **St 1:** Estará compuesto por dos cuadernas una por cada banda, un bao que une la cuaderna de babor y la de estribor, y una varenga.
- **St 3:** Estará compuesta por dos cuadernas, un bao de la superestructura, y una varenga.
- **St 5:** Estará compuesta por dos cuadernas, un bao de la superestructura, y una varenga.
- **St 7:** Estará compuesta por dos cuadernas, un bao de la superestructura, y una varenga.
- **St 9:** Estará compuesta por dos cuadernas, un bao de la superestructura, y una varenga.
- **St 11:** Estará compuesta por un anillo de bulárcama continuo ya que no hay superestructura en esa zona.
- **St 13:** Estará compuesta por un anillo de bulárcama continuo ya que no hay superestructura en esa zona.
- **St 15:** Estará compuesta por un anillo de bulárcama continuo ya que no hay superestructura en esa zona.



6→ Baos

10.3 CÁLCULO DE LAS PRESIONES DE DISEÑO

En este apartado calcularemos las presiones que debe soportar o que sufrirá cada una de las distintas partes del barco para poder dimensionar así los espesores de las distintas zonas del velero. Para el cálculo de presiones vamos a usar las formulas dadas por la normativa **UNE-EN-ISO 12215-5:2008**.

A continuación indicaremos la elección del tipo de material, el proceso de fabricación y las propiedades mecánicas de los mismos.

- Tipo de tejido: **combinación Tafetán-Sarga.**
- Uso de **bolsas de vacío** en la laminación.
- Contenido en masa de fibra de carbono Ψ : **0,3655.**
- Utilización de resina epoxy en pequeña cantidad (63,45%) debido a la utilización de bolsas de vacío.

Antes de poder calcular las presiones hay que partir de ciertos datos mencionados con anterioridad en este proyecto como son:

- Categoría de diseño: A
- Construcción de una sola capa y no sandwich.
- Desplazamiento máximo **mLDC**: 8500 kg.
- Lwl: 18,07 m.
- Rango de navegación: Planeo.

Además para el cálculo de las presiones hay que definir una serie de factores conocidos como factores de ajuste de las presiones. Estos factores deben ser calculados previamente para poder introducirlos en las formulas ofrecidas por la normativa.

- Factor de categoría de diseño **KDC**. Para categoría A, $KDC = 1$.
- Factor de carga dinámica **nCG**. Para veleros $nCG = 3$.
- Factor longitudinal de la distribución de presión **KL**. He elegido darle a este factor un valor de 1, constante para cualquier panel o refuerzo sea cual sea su situación ya que este es el valor máximo que puede alcanzar.
- Factor de reducción de presión según la superficie **KAR**. Será calculado para cada panel o refuerzo en el momento que se precise.
- Factor de reducción de presión **KZ** en el costado. $KZ = 1,83 - 1,426/1,83 = 0,221$.
- Factor de reducción de presión para la superestructura y caseta **KSUP**. Depende de cuál sea el panel de la caseta que estemos calculando. Panel del frente 1, panel del costado 0,67, panel de la cara posterior 0,5 y panel superior 0,5.
- Factor de corrección de la presión por el efecto de “slamming” para los veleros ligeros y estables **KSLS**. En el caso de veleros de categoría A,

$$K_{SLS} = \left(\frac{10 GZ_{MAX} < 60 \times L_{WL}^{0.5}}{mLDC^{0.33}} \right)^{0.5} \quad \text{si } mLDC \leq 5 L_{WL}^3$$

cómo en nuestro caso mLDC es \leq que $5 \cdot L_{WL}^3$ por lo que KSLS valdrá 1,93.

Presión en los fondos de los veleros.

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

→ $P_{BS} \text{ Base} = (2 * mLDC_{0,33} + 18) * K_{SLS}$. → $P_{BS} \text{ Base} = 111,18 \text{ kN/m}^2$.
 → $P_{BS} \text{ Min.} = 0,35 * mLDC_{0,33} + 1,4 * L_{wl} * K_{DC}$. $P_{BS} \text{ Min.} = 32,229 \text{ kN/m}^2$.

→ $P_{BS} = P_{BS} \text{ Base} * K_{AR} * K_{DC} * K_L$.

- $K_R = 1,5 - 3 * 10^{-4} * b$
- $AD = (l * b) * 10^{-6}$
- $K_{AR} = (K_R * 0,1 * mLDC_{0,15}) / AD_{0,3}$

Panel	L	B	AD	K _r	K _{ar}	P _{bs}
F1	2000	733,7	1,47	1,28	0,443	52,236 KN/m ²
F2	2000	608,2	1,22	1,318	0,482	53,589 KN/m ²
F3 parte fondo 10,4%	2000	61,1	0,12	1,482	1,088	120,96 KN/m ²
F3 parte costado 89,6%	2000	528,4	1,057	1,341	0,512	P _{ss} = 57,04 KN/m ²
						P _{bs} F3= 63,68 Kn/m ²

Los paneles definidos como F1 y F2 hacen referencia a dos paneles extremos que hemos decidido estudiar con la variante uno del otro en la medida de B, y F3 hace referencia al panel más a proa que ocupa también parte del costado, y al ser el panel que menos área ocupa será este el que mayor presión tenga por lo que nuestro barco al tratarse de un barco regatero de altura elegiremos está presión mayor para escantillonar todas las planchas de fondo y aquellas que aún formando parte del costado tengan parte por debajo de la línea de flotación también.

Presión en los costados de los veleros.

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

→ $P_{SS} \text{ Min.} = 1,4 * L_{wl} * K_{DC}$. $P_{SS} \text{ Min.} = 7,87332 \text{ kN/m}^2$.
 → $P_{SS} = ((P_{DS} \text{ Base} + K_Z) + (P_{BS} \text{ Base} - P_{DS} \text{ Base})) * K_{AR} * K_{DC} * K_L$.

- $K_R = 1,5 - 3 * 10^{-4} * b$
- $AD = (l * b) * 10^{-6}$
- $K_{AR} = (K_R * 0,1 * mLDC_{0,15}) / AD_{0,3}$

Panel	L	B	AD	K _r	K _{ar}	P _{bs}
C1	2000	500,9	1,002	1,35	0,524	58,37 KN/m ²
C2	2000	690,3	1,381	1,293	0,456	50,8 KN/m ²

Presión de la cubierta de los veleros.

En este caso también hemos optado por usar dos paneles distintos para calcular la presión, ya que según la norma no hará falta usar el mismo espesor ya que no hay las mismas presiones pero nosotros lo dimensionaremos para la mayor de estas dos.

→PDS Base = $0,5 * mLDC_{0,33} + 12$. PDS Base = 21,901 kN/m².

→PDS Min. = 5 kN/m².

→PDS = PDS Base * KAR * KDC * KL.

- $KR = 1,5 - 3 * 10^{-4} * b$
- $AD = (l * b) * 10^{-6}$
- $KAR = (KR * 0,1 * mLDC_{0,15}) / AD^{0,3}$

Panel	L	B	AD	Kr	Kar	Pbs
Cb1	2000	650	1,3	1,305	0,469	10,27 KN/m ²
Cb2	774,5	650	0,503	1,305	0,623	13,644 KN/m ²
Cb3	2000	161,9	0,324	1,451	0,791	17,323 KN/m ²

Donde Cb1 ,Cb2 y Cb3 son tres paneles extremos de cubierta que hemos escogido para obtener dónde se darán las máximas presiones, siendo estos paneles iguales pero que difieren entre ellos en eslora y manga.

Presión de las superestructuras de los veleros.

→PSUP S = PDS Base * KAR * KDC * KSUP

- $KR = 1,5 - 3 * 10^{-4} * b$
- $AD = (l * b) * 10^{-6}$
- $KAR = (KR * 0,1 * mLDC_{0,15}) / AD^{0,3}$

Panel	L	B	AD	Kr	Kar	Psub s
Sup 1	700	428	0,2996	1,3716	0,765	16,75 KN/m ²
Sup 2	2000	428	0,856	1,3716	0,558	8,19 KN/m ²
Sup 3	428	318	0,136	1,4046	0,993	10,87 KN/m ²
Sup 4	2000	780	1,56	1,266	0,43	4,71 KN/m ²

Debido a nuestra escasa superestructura al tratarse de un barco puro de regata la presión mayor en ésta será menor que la dada en cubierta ya que lo que verdaderamente importa en nuestro barco no es la superestructura, sino toda el plano velico que es lo que mayores presiones provocará encima de cubierta.

10.4 CÁLCULO DE LOS ESPESORES DE LOS PANELES

Una vez que tenemos calculadas las presiones sobre cada panel vamos a calcular los espesores que debe tener cada uno de estos paneles. Para poder calcular los espesores basándonos en la normativa UNE-EN-ISO 12215-5:2008 tenemos que conocer algunos parámetros que procedemos a precisar a continuación:

- $t/w \rightarrow 1,837 \text{ kg/m}^2$.
- $\sigma_{ut} \rightarrow 271,845 * 0,8 = 217,476 \text{ N/mm}^2$.
- $\sigma_{uc} \rightarrow 167,955 * 0,8 = 134,364 \text{ N/mm}^2$.
- $\sigma_{uf} \rightarrow 259,537 * 0,8 = 207,63 \text{ N/mm}^2$.
- $\tau_u \rightarrow 48,62 * 0,8 = 38,896 \text{ N/mm}^2$.
- $E \rightarrow 27550 * 0,8 = 22040 \text{ N/mm}^2$.
- $G \rightarrow 5100 * 0,8 = 4080 \text{ N/mm}^2$.

Espesores mínimos del fondo.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos del cálculo de los espesores del fondo y los diferentes parámetros usados para ello.

Panel	L	b	L/b	K ₂	c	c/b	K _c	t
F1	2000	733,7	2,726	0,5	0	0,000000	1	11,63
F2	2000	608,2	3,288	0,5	45,6	0,074975	0,85	8,31
F3	2000	589,5	3,393	0,5	300,1	0,509075	0,5	5,16

A la hora de laminar el fondo, lo laminaremos en sandwich con los mismos espesores en todas las zonas para conseguir más volumen de flotabilidad y aumentar la rigidez por lo que se elige el espesor máximo de 11,63 mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos finalmente un espesor t de **12 mm** arriba y abajo del núcleo del panel, contando que el núcleo tendrá un espesor de 30 mm formado por PVC de 80 kg/m³ de peso.

Sabiendo que la relación t/w para calcular el peso de fibra en seco es de 1,837, podemos concluir que el peso de la fibra de carbono en seco **w** es de **6,532 kg/m²**.

Secuencia de laminado del fondo	
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 200	0,2 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Peso total	6,55 kg/m²

El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para el fondo era de **6,532 kg/m²**, finalmente lo laminado va a pesar, como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, **6,55 kg/m²**.

Espesores mínimos del costado.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos del cálculo de los espesores del costado y los diferentes parámetros usados para ello.

Panel	L	b	L/b	K ₂	c	c/b	K _c	t
C1	2000	500,9	3,993	0,5	50,2	0,100220	0,766	6,43
C2	2000	690,3	2,897	0,5	41,4	0,059974	0,9	9,72

A la hora de laminar el costado, lo laminaremos uniformemente con los mismos espesores en todas las zonas, por lo que se elige el espesor máximo de 8,692 mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos finalmente un espesor **t de 10 mm.**

Sabiendo que la relación t/w para calcular el peso de fibra en seco es de 1,837, podemos concluir que el peso de la resina en seco **w** es de **5,459 kg/m²**.

Secuencia de laminado del costado	
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 200	0,2 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Peso total	5,59 kg/m ²

El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para el costado era de **5,459 kg/m²**, finalmente lo laminado va a pesar, ser como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, **5,59 kg/m²**.

Espesores mínimos de la cubierta.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos del cálculo de los espesores de la cubierta y los diferentes parámetros usados para ello.

Panel	L	b	L/b	K ₂	c	c/b	K _c	t
Cb1	2000	650	3,077	0,5	15	0,023077	1	4,49
Cb2	774,5	650	1,192	0,383	30	0,046154	0,946	4,36
Cb3	2000	161,9	12,353	0,5	18	0,111180	0,73	1,08

A la hora de laminar la cubierta, lo laminaremos en sandwich con los mismos espesores en todas las zonas para conseguir más volumen de flotabilidad y aumentar la rigidez por lo que se elige el espesor máximo de 4,49 mm y como este es el mínimo exigido por la normativa usaremos finalmente un espesor **t** de **4,5** arriba y abajo del núcleo del panel, contando que el núcleo tendrá un espesor de 15 mm formado por PVC de 80 kg/m³ de peso.

Sabiendo que la relación **t/w** para calcular el peso de fibra en seco es de 1,837, podemos concluir que el peso de la resina en seco **w** es de **2,45 kg/m²**.

Secuencia de laminado de Cubierta	
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 200	0,2 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Peso total	2,56 kg/m ²

El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para la cubierta era de **2,45 kg/m²**, finalmente lo laminado va a pesar, como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, **2,56 kg/m²**.

Espesores mínimos de la superestructura.

A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos del cálculo de los espesores de la superestructura y los diferentes parámetros usados para ello.

Panel	L	b	L/b	K ₂	c	c/b	K _c	t
Sup 1	700	428	1,636	0,468	10	0,023364	1	3,719
Sup 2	2000	428	4,673	0,5	21	0,049065	0,937	2,519
Sup 3	428	318	1,346	0,412	8	0,025157	1	2,089
Sup 4	2000	780	2,564	0,5	44	0,056410	0,912	3,389

A la hora de laminar la superestructura, lo laminaremos en dos partes, por un lado la parte superior para lo cual usamos el espesor máximo de Sup4 de 3,389 mm redondeándolo a **3,5 mm**. Por otro lado se laminará con el mismo espesor el resto de las partes de la superestructura, es decir la zona de frente, la zona posterior y la zona de los costados. Para ello escogemos el mayor valor de entre Sup1, Sup2 y Sup3, que en este caso es de 3,719 mm redondeándolo a **4 mm**.

Sabiendo que la relación t/w para calcular el peso de fibra en seco es de 1,837, podemos concluir que el peso de la resina en seco **w** es de **2,181 kg/m²** y **1,905 kg/m²**.

Secuencia de laminado de Sup 1,2 y 3	
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 200	0,2 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Peso total	2,2 kg/m ²

El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para la superestructura 1,2 y 3 era de **2,181 kg/m²**, finalmente lo laminado va a pesar, como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, **2,2 kg/m²**.

Secuencia de laminado de Sup 4	
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 200	0,2 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Sarga 400	0,4 kg/m ²
Tafetán 160	0,16 kg/m ²
Peso total	2,04 kg/m²

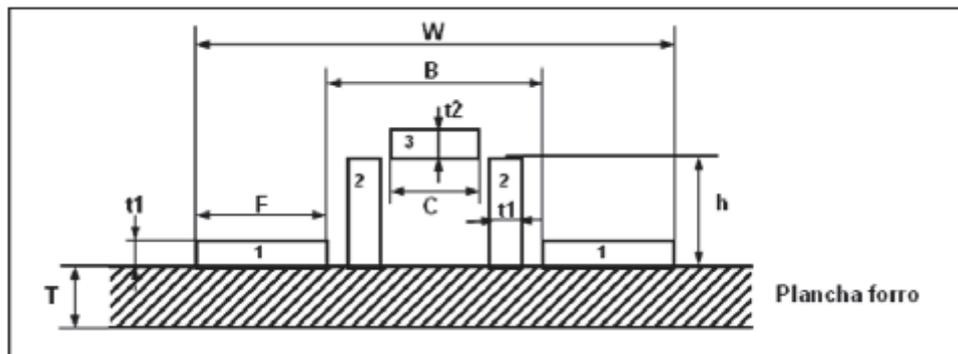
El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para la superestructura 4 era de **1,905 kg/m²**, finalmente lo laminado va a pesar, como se muestra en la tabla anterior de la secuencia de laminado, **2,04 kg/m²**.

10.5 CÁLCULO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES

Para calcular los refuerzos de cada uno de las cuadernas, baos, varengas, vagras y anillos de bulárcama en primer lugar tenemos que calcular cuales son los momentos de inercia y módulos resistentes requeridos de cada uno de los refuerzos, y después mediante una tabla que exponemos a continuación calcular el módulo resistente real en función de los espesores y dimensiones de los refuerzos, consiguiendo que el módulo resistente real sea mayor que el módulo resistente calculado previamente mediante la siguiente fórmula.

$$SM = \frac{83,33 \times k_{CS} \times P \times s \times l_u^2}{\sigma_d} \cdot 10^{-9} \text{ cm}^3$$

$$I = \frac{26 \times k_{CS}^{1,5} \times P \times s \times l_u^3}{k_{IS} \times E_{tc}} \cdot 10^{-11} \text{ cm}^4$$



Refuerzos longitudinales.

Fondos:

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

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	KAs	SM	I
Vagra	2000	0	0,000	1	5	124,35 cm ³	73,10 cm ⁴

Datos de entrada			
T	12	Yg (neutra)	33,15
t1	11	Y máxima	79,85
t2	11	In (L.neutra)	11948052,04
C	105	Módulo resistente real	149631,656 cm ³
h	90	Gc (costado)	0,366
W	450	Kz	1,185
F	150		

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	3300	17,5	57750	33275	1043900
2	1980	57	112860	1336500	7769520
3	1155	107,5	124162,5	11646,25	13359115
4	3000	6	18000	36000	144000
Total	9435		312772,5		22316535

VAGRAS				
Módulo (SM)	124,35	cm ³	124350	mm ³
MÓDULO COREGIDO	147354,75 cm ³			

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

El peso total de fibra seca **W** necesario calculado para las vagras será de 6,1 kg/m².

Costados:

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

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	KAs	SM	I
Costado	2000	43	0,022	1	5	114,15 cm ³	67,11 cm ⁴

Datos de entrada			
T	11	Yg (neutra)	32,94
t1	10	Y máxima	78,06
t2	10	In (L.neutra)	10960346,27
C	110	Módulo resistente real	140408,91 cm ³
h	90	Gc (costado)	0,374
W	450	Kz	1,207
F	137		

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	2740	16	43840	22833,33	724273,33
2	1800	56	100800	1215000	68559800
3	1100	106	116600	9166,67	12368766,7
4	2750	5,5	15125	27729,17	110916,67
Total	8390		276365		20063756,7

COSTADOS			
Módulo (tabla)	114,15	cm ³	114150 mm ³
MÓDULO COREGIDO	137779,05 cm³		

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

Cubierta:

De entre los refuerzos longitudinales de cubierta y superestructura (esloras) que se disponen en el barco escogemos la que mayor modulo resistente requiere para dimensionar todos los longitudinales de cubierta

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	KAs	SM	I
Esloras	2000	25	0,013	1	5	36,15 cm ³	21,25 cm ⁴

Datos de entrada			
T	5	Yg (neutra)	26,33
t1	3	Y máxima	72,17
t2	3	In (L.neutra)	3171594,08
C	110	Módulo resistente real	43947,7511 cm ³
h	91	Gc (costado)	0,372
W	450	Kz	1,202
F	75		

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	450	6	2700	337,5	16537,5
2	546	50	27300	376785,5	1741785,5
3	330	97	32010	247,5	3105217,5
4	1125	2,25	2531,25	1898,44	7593,75
Total	2451		64541,25		4871134,25

ESLORAS				
Módulo (tabla)	36,15	cm ³	36150	mm ³

MÓDULO COREGIDO	43452,3 cm ³
-----------------	-------------------------

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

Refuerzos transversales.

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

Cuadernas

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	Kas	SM	I
Cuaderna	1862	90	0,048	0,94	5	305,39 cm ³	162,05 cm ⁴

Datos de entrada			
T	10		
t1	14	Yg (neutra)	56,47
t2	14	Y máxima	102,53
C	150	In (L.neutra)	39293902,43
h	135	Módulo resistente real	383250,467 cm ³
W	450	Gc (costado)	0,374
F	137	Kz	1,207

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	3836	17	65212	62654,67	1171258,67
2	3780	77,5	292950	5740875	28444500
3	2100	152	319200	34300	48552700
4	2500	5	12500	20833,33	83333,33
Total	12216		689862		78251792

CUADERNAS				
Módulo (tabla)	305,39	cm ³	305390	mm ³
MÓDULO COREGIDO		368605,73		

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

Varengas

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	KAs	SM	I
Varenga	2000	100	0,050	0,97	5	381,93 cm ³	229,66 cm ⁴

Datos de entrada			
T	12		
t1	14	Yg (neutra)	48,48
t2	14	Y máxima	122,52
C	150	In (L.neutra)	55493564,17
h	145	Módulo resistente real	452921,822
W	450	Gc (costado)	0,366
F	150	Kz	1,185

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	4200	19	79800	68600	1584800
2	4060	84,5	343070	7113458,33	36102873,3
3	2100	164	344400	34300	56515900
4	6240	6	37440	75880	299520
Total	16600		804710		94503093,3

VARENGAS				
Módulo (tabla)	381,93	cm ³	381930	mm ³

MÓDULO COREGIDO	452587,05
------------------------	------------------

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

Baos

Refuerzo	lu	cu	cu/lu	Kcs	Kas	SM	I
Baos	2925	115	0,039	0,934	5	230,79 cm ³	184,65 cm ⁴

Datos de entrada			
T	5	Yg (neutra)	67,74
t1	8	Y máxima	104,76
t2	8	In (L.neutra)	30003486,18
C	160	Módulo resistente real	286402,657
h	160	Gc (costado)	0,372
W	450	Kz	1,202
F	75		

Elemento	Area (a)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	1200	8,5	10200	6400	93100
2	2560	84,5	216320	5461333,33	23740373,3
3	1280	168,5	215680	6826,67	36348906,7
4	1539	2,25	3462,75	2597,06	10388,25
Total	6579		445662,75		60192768,3

BAOS				
Módulo (tabla)	230,79	cm ³	230790	mm ³

MÓDULO COREGIDO	277409,58
------------------------	------------------

Módulo resistente real > Módulo corregido → OK

Mamparos estancos.

Nuestro barco dispone de 2 mamparos estancos que se corresponden con las cuadernas número 6 y la número 8 respectivamente, por lo que las presiones que se dan serán las siguientes:

- Mamparo 3 (cuaderna 6) → $P_{wb} = 7 \cdot h_b$

Siendo → $h = 1,8322$ m, $h_b = 2/3 \cdot h = 1,221$ m por lo que **$P_{wb3} = 8,547$ KN/m²**

El espesor mínimo requerido para este mamparo será de 13 mm, teniendo en cuenta la normativa vigente calcularemos el peso por metro cuadrado del mamparo, el cual nos dará un valor de 7,077 kg/m², teniendo un área de 6,892 m² sacada del software de diseño maxsurf nos dará un **peso total de 48,77 kgs.**

- Mamparo 5 (cuaderna 8) → $P_{wb} = 7 \cdot h_b$

Siendo → $h = 1,8889$ m, $h_b = 2/3 \cdot h = 1,259$ m por lo que **$P_{wb5} = 8,813$ KN/m²**

El espesor mínimo requerido para este mamparo será de 13,5 mm, teniendo en cuenta la normativa vigente calcularemos el peso por metro cuadrado del mamparo, el cual nos dará un valor de 7,349 kg/m², teniendo un área de 3,306 m² sacada del software de diseño maxsurf nos dará un **peso total de 24,3 kgs.**

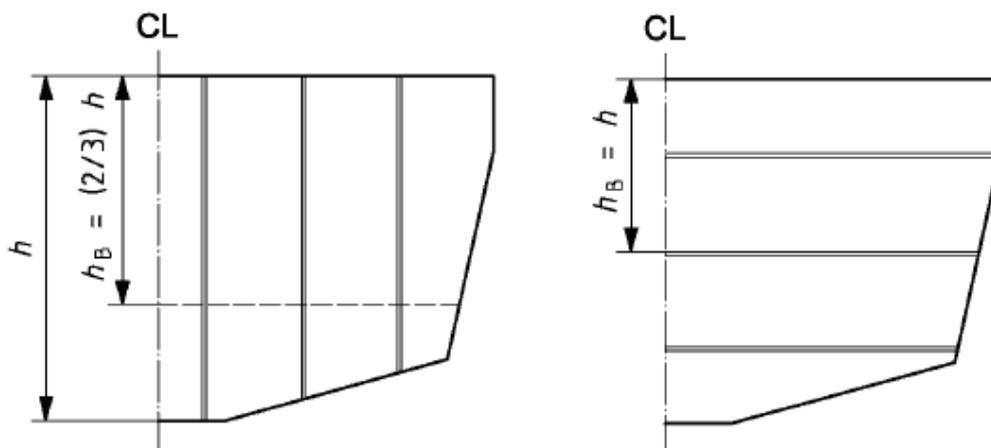


Figura 4 – Mamparos estancos

Mamparos estructurales.

También disponemos de 3 mamparos estancos que se corresponden con las cuadernas número 4, la cuaderna número 5 y la número 7 respectivamente, por lo que las presiones que se dan serán las siguientes:

- Mamparo 1 (cuaderna 4) → $P_{wb} = 10 \cdot h_b$

Siendo → $h = 1,7712 \text{ m}$, $h_b = 2/3 \cdot h = 1,181 \text{ m}$ por lo que **$P_{wb3} = 11,81 \text{ KN/m}^2$**

El espesor mínimo requerido para este mamparo será de 12,5 mm, teniendo en cuenta la normativa vigente calcularemos el peso por metro cuadrado del mamparo, el cual nos dará un valor de 6,8 kg/m², teniendo un área de 7,568 m² sacada del software de diseño maxsurf nos dará un **peso total de 51,46 kgs.**

- Mamparo 2 (cuaderna 5) → $P_{wb} = 10 \cdot h_b$

Siendo → $h = 1,8 \text{ m}$, $h_b = 2/3 \cdot h = 1,2 \text{ m}$ por lo que **$P_{wb5} = 12 \text{ KN/m}^2$**

El espesor mínimo requerido para este mamparo será de 13 mm, teniendo en cuenta la normativa vigente calcularemos el peso por metro cuadrado del mamparo, el cual nos dará un valor de 7,077 kg/m², teniendo un área de 7,252 m² sacada del software de diseño maxsurf nos dará un **peso total de 51,32 kgs.**

- Mamparo 4 (cuaderna 7) → $P_{wb} = 10 \cdot h_b$

Siendo → $h = 1,8554 \text{ m}$, $h_b = 2/3 \cdot h = 1,237 \text{ m}$ por lo que **$P_{wb3} = 12,37 \text{ KN/m}^2$** .

El espesor mínimo requerido para este mamparo será de 13 mm, teniendo en cuenta la normativa vigente calcularemos el peso por metro cuadrado del mamparo, el cual nos dará un valor de 7,077 kg/m², teniendo un área de 5,175 m² sacada del software de diseño maxsurf nos dará un **peso total de 36,63 kgs.**

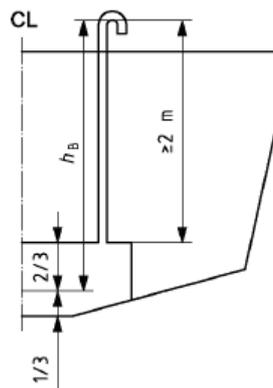


Figura 5 – Medición de las dimensiones para el cálculo del escantillado de los tanques estructurales

Refuerzo de la quilla:

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

Register of Shipping para el escantillonado de embarcaciones de recreo. Para ello accedemos a la tabla ofrecida por la citada sociedad de clasificación:

Eslora, L. m 1	Espesor mínimo del refuerzo, mm. 2	Pesos del casco, g/m ²		Peso de la alata y la popa, g/m ² 5	Quilla *	
		Fondo 3	Cojado 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	3950	5950	635	8000
18	440	5400	4150	6300	685	8400
20	450	5750	4450	6650	735	8800
22	460	6100	4750	7000	785	9200
24	470	6450	5050	7350	840	9600
26	480	6800	5350	7700	890	10000
28	490	7150	5650	8050	940	10400
30	500	7500	5950	8400	990	10800

Accediendo con una eslora de 18,28 metros concluimos que para la zona de la quilla se desprende una manga de quilla de 692 mm y un peso mínimo del escantillonado en esta zona de 8,456 kg/m². Como en el laminado del fondo ya obtuvimos 6,55 kg/m², solo necesitamos reforzarlo con 1,906 kg/m². Como a la hora de laminar se laminara el casco con una capa de Mat 450 hasta el borde de unión de los moldes, después de esto los moldes se unirán y cada laminado se hará prolongar 346 mm (la mitad de 692) a la banda contraria, obteniendo así finalmente un laminado del doble de peso por metro cuadrado, es decir 13,064 kg/m² o lo que es lo mismo, un espesor de la zona de quilla de 24 mm.

***Nota:** Al final del tomo adjunta el anexo de planos, **Anexo II**, con el plano de escantillonado, que corresponde al **plano No 5**.

11.-MOTORIZACIÓN

El objetivo de este capítulo es el estudio y justificación del motor elegido para esta embarcación.

Tal y como expusimos en el dimensionamiento preliminar, hemos escogido un motor Yanmar 3JH4 de 37 hp ya que es uno de los establecidos por el reglamento para nuestra embarcación, el cual nos será favorable para nuestra categoría de diseño A y para nuestras necesidades en condiciones de cero viento.



Nuestro motor tiene como equipo de serie un sistema de refrigeración por agua dulce, lo que reduce la formación por corrosión en el interior del motor, permitiendo a este trabajar a temperaturas óptimas y constantes en cualquier circunstancia.

Dicho motor lo hemos contrareestado con los demás motores que podemos elegir para nuestro barco, entre los cuales destacan el Lombardini LDW 14, Nani diesel 4.150 y Volvo D2-40 todos ellos de 37 hp, por lo que podemos asegurar que no haremos cortos de potencia y con este tipo de motor quedarán totalmente satisfechas todas nuestras necesidades de navegación para afrontar la regata “Barcelona World Race”.

A continuación adjuntamos la ficha técnica de nuestro motor con todas sus características.

- Potencia → 28,6 kw (39 hp)
- Velocidad de funcionamiento trabajando a la máxima potencia → 3000 rpm
- Capacidad → 1,64 litros
- Diámetro x Carrera → 80 mm x 90 mm
- Número de cilindros → 3
- Combustión → Inyección indirecta
- Alternador (60 A)
- Sistema de refrigeración → Agua dulce

SPECIFICATIONS SUMMARY			
Yanmar type	3JH4		
Power (crankshaft)	28.7 kW (39 HP) @ 3000 rpm		
Full throttle operating speed	3000 rpm		
Displacement	1.64 litre (100 cubic ins)		
Bore x stroke	88 mm x 90 mm (3.46 ins x 3.54 ins)		
Cylinders	3		
Combustion system	indirect injection		
Alternator	60 A (80A option)		
Cooling system	water cooled		
Marine Gear	KM35P	KM35A	SD40
Type	mechanical	mechanical	mechanical
Reduction ratios (ahead/astern)	2.36/3.16 & 2.61/3.16	2.33/3.04 & 2.64/3.04	2.32/2.32
Continuous rating prop speed	1231/1114 rpm	1246/1103 rpm	1253 rpm
Direction of rotation	counterclockwise	counterclockwise	counterclockwise
Dry weight	185 kg (408 lbs)	186 kg (410 lbs)	173 kg (381 lbs)
Length	777 mm (30.6 ins)	776 mm (30.6 ins)	973 mm (38.3 ins)
Height	623 mm (24.5 ins) without Saildrive		
Width	518 mm (20.4 ins)		
Environmental	EPA Tier 2, BSO/SAV stage 2 and ISO-8665 compliant		

COMPONENT IDENTIFICATION

Right Side (Viewed from Flywheel) - 3JH5E

Figure 1 and Figure 2 illustrate a typical version of a 3JH5E engine. Your engine may have different equipment from that illustrated.

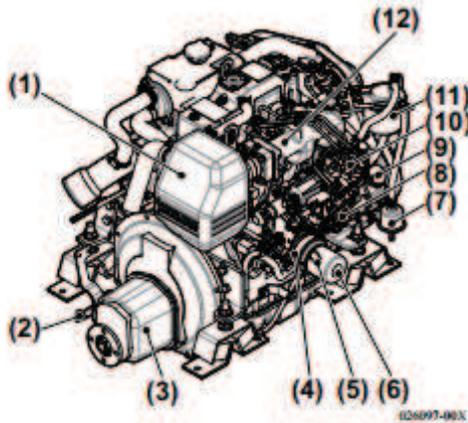


Figure 1

- 1 - Intake Silencer (air cleaner)
- 2 - Shift Lever
- 3 - Marine Gear
- 4 - Oil Cooler
- 5 - Engine Oil Dipstick
- 6 - Engine Oil Filter
- 7 - Electric Fuel Priming Pump
- 8 - Fuel Feed Pump
- 9 - Engine Oil Filler Cap
- 10 - Fuel Injection Pump
- 11 - Fuel Filter
- 12 - Intake Manifold

Left Side (Viewed from Flywheel) - 3JH5E

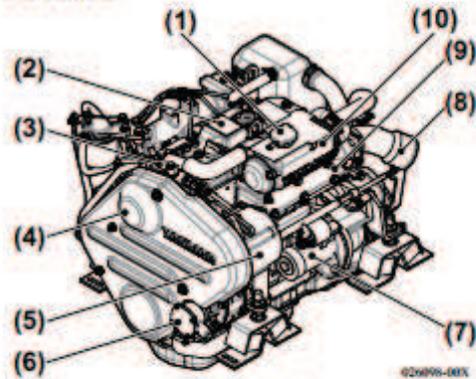


Figure 2

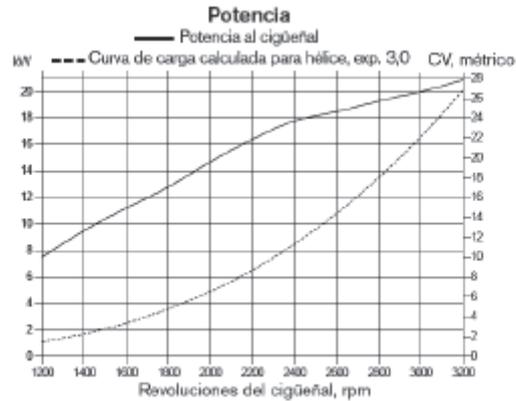
- 1 - Coolant Filler Cap
- 2 - Engine Nameplate (on rocker arm cover)
- 3 - Coolant Pump
- 4 - Belt Cover
- 5 - Alternator
- 6 - Seawater Pump
- 7 - Starter Motor
- 8 - Mixing Elbow
- 9 - Exhaust Manifold
- 10 - Coolant Tank / Heat Exchanger

El motor cuenta con una transmisión de la potencia a la hélice tipo Sail Drive con cola de pato, esto significa que el motor no cuenta con un eje que sale por el casco teniendo que disponer elementos estructurales que lo soporten sino que se realiza una sección circular por la que saldrá un eje vertical que transmitirá la potencia a la hélice tal y como se muestra en la siguiente imagen.

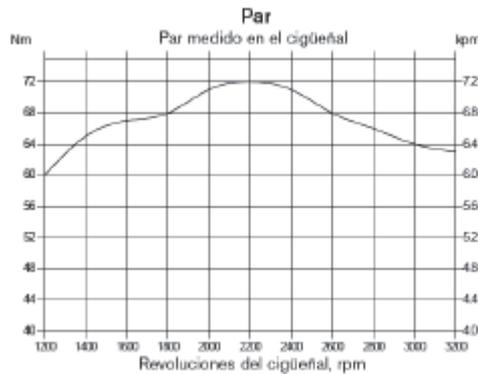


La hélice, como se muestra en la imagen, tendrá 3 palas las cuales se plegaran formando lo que se conoce como pico de pato, reduciendo así la resistencia al avance en la navegación a vela. A continuación se muestran tres curvas que nos ofrece los datos más importantes del rendimiento del motor.

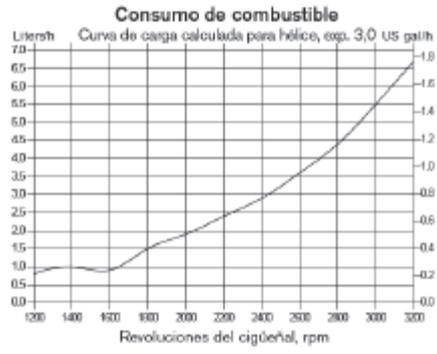
Curva-Potencia/rpm



Curva Par/rpm



Curva consumo de combustible/rpm



12.- SISTEMAS DE ABORDO

En este capítulo abordaremos en su conjunto el detallado de todos los componentes que forman el barco desde los propiamente de seguridad exigidos por las autoridades así como los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de los servicios del barco.

En primer lugar vamos a detallar los equipos del sistema de navegación, sistema de combustible, agua potable. Posteriormente se detallara todos los sistemas requeridos por la normativa de seguridad vigente. Se ha decidido separarlo así por el hecho de que aunque siendo indispensables para el uso de la embarcación ambos grupos de equipamiento, uno tiene un carácter obligatorio y otro no.

12.1 SISTEMAS DE ABORDO

Tanques de combustible:

La capacidad de combustible necesaria determinará que la embarcación dispondrá de 2 tanques de combustibles que en total sumen 80 litros, 40 litros cada uno, situados unos en cada banda para dotar de potencia al motor cuando sea necesario y para alimentar el generador.

Tanques de agua dulce:

Para dimensionar los tanques de agua dulce o agua potable se ha tenido en cuenta de nuevo la autonomía del barco y la normativa vigente para la clase Imoca open 60, por lo que nos vemos obligados a contar con una potabilizadora eléctrica que nos proporcione 5,6 litros de agua potable por hora, la cual pesa 11,2 kg.

La cantidad de agua potable a bordo en el inicio de una regata será:
- Por lo menos 3 litros por persona por cada 1000 kilómetros, con una potabilizadora a bordo.

Equipos de navegación

1.-Motor

El motor es de carácter exclusivamente diesel con una potencia de 37 HP.

a) Requisitos generales:

- El motor deberá estar cubierto con seguridad.
- El tubo de escape, sistemas de suministro de combustible y tanques de combustible son de instalación permanente.
- El motor tiene una protección adecuada para los efectos del mal tiempo

- Cuando un motor de arranque eléctrico sea el único método para arrancar el motor se facilitará una batería independiente cuyo principal objetivo es arrancar el motor.
- Cada tanque de combustible estará provisto de una válvula de cierre
- Depósito flexible no está permitido como un depósito de combustible.
- El combustible (a excepción de 20 litros,) se almacenan en depósitos fijos. La transferencia entre los tanques de combustible está estrictamente prohibido.

b) Propulsión a la unidad:

Que se encuentra por debajo de la línea de flotación, lo más cerca posible del eje de la embarcación. Se colocará de manera permanente en el flujo de agua a lo largo del casco. Su diámetro no debe ser inferior 425mm, hojas abiertas.

2.-Batería y Generador

c) Las baterías:

Deberán ser de un tipo resistente al agua o del tipo gel electrolito y que no se muevan durante la navegación. Éstas se fijarán firmes, sea cual sea la posición del barco en el agua. Los barcos son sellados en sus compartimentos en el inicio de una regata.

Todo tipo de cargador de batería está permitido, excepto aquellos que dependen de los materiales fisionables.

d) Generador:

Un generador independiente de energía eléctrica se puede instalar. Se han instalado de forma permanente de escape y sistemas de suministro de combustible y el tanque de combustible (s), con válvula de cierre (s). Tanques flexibles no están permitidos. Un generador portátil nunca se pondrá en funcionamiento dentro de un yate.

3.-Compás

Una brújula marina, independiente de cualquier fuente de alimentación, deberá estar permanentemente instalada y correctamente ajustada, con tarjeta de desviación.

4.-Radio

El siguiente dispositivo de navegación de fijación de la posición, en buen estado de trabajo, se proporcionará:

a) A 25W VHF radio marina equipada con una antena fija.

Una antena de emergencia se realizará a bordo.

b) A sáb transceptor Com.

c) Un equipo de radio capaz de recibir previsiones meteorológicas receptor.

- d) Un GPS.
- e) A, C estándar conectado con el GPS y equipadas con el software correspondiente para el sondeo y presentación de datos. Su antena debe estar conectada al menos 55 cm encima de la cubierta y sin obstáculos en un radio de 60 cm.
- f) Una ecosonda.
- g) Un indicador de velocidad.
- h) AIS obligatoria activo



5.-Documentación de navegación

Se proporcionarán cartas de navegación (no sólo electrónicas), la lista de la luz y el equipo gráfico de trazado.



6.-Anclas

Dos de tierra abordo, con uno de los cuales estará listo para su uso inmediato. El peso total de los dos amarres será superior a 75 Kg.

7.-Linternas

Se llevará a bordo:

- Linterna de alta potencia a prueba de agua o foco con baterías de repuesto y las bombillas.
- Linterna a prueba de agua, con pilas de repuesto y el bulbo.

8.-Herramientas y repuestos

Herramientas y piezas de repuesto, incluyendo los medios necesarios para la manipulación del casco si fuese necesario.

12.2 EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD

Equipos de seguridad

1.-Tabla de estiba duradera

Un diagrama de estiba duradera, se asegurará y se presentará en el alojamiento principal donde mejor se pueda observar, claramente marcado con la ubicación de los elementos principales de los equipos de seguridad.

2.-Drenaje

El barco estará equipado con un sistema de dos bombas manuales de instalación permanente de achique, una se acciona por encima y la otra por debajo de cubierta, con una capacidad mínima por bomba de 4,5 litros por ciclo y con un sistema eléctrico de drenaje con una capacidad mínima total de 3000 litros por hora. Ambos sistemas deberán permitir el vaciado de cada compartimiento estanco desde el exterior, sea cual sea la posición del barco en el agua, excepto el compartimiento para las baterías, que se vaciarán con un sistema manual.

Las bombas de achique no deben estar conectadas a la bañera de desagües.

Las bombas de achique y las cajas de rasqueo deberán ser fácilmente accesibles para su mantenimiento y para borrar los escombros.

A menos que sea de instalación permanente, cada manija de la bomba de achique deberá estar provista de una cuerda de seguridad o un dispositivo similar para evitar la pérdida accidental.

Se llevarán a bordo dos cubos de construcción robusta, cada uno con al menos 9 litros de capacidad. Cada cubo tiene una cuerda de seguridad.

3.-Agua de emergencia

Por lo menos 9 litros de agua potable para uso de emergencia se proporcionará en un recipiente o contenedor sellado.

4.-Fijación de puntos de supervivencia

Se proporcionarán en las inmediaciones de la puerta de escape puntos de anclaje sólidos hacia atrás, lo que permite la unión de:

- La balsa salvavidas.
- El contenedor hermético.
- Bolsas de cuchara.
- Balizas de socorro.

5.-Balsas salvavidas

Dos balsas salvavidas deberán llevarse a bordo. Una de las dos balsas salvavidas debe ser accesible en cualquiera que sea la posición del barco en el agua. El interior de una se puede pasar por todas las aberturas en los mamparos estancos. Las balsas salvavidas en el interior deberán ajustarse al menos OSR, con categoría 1, y se construye con un piso aislado y capaz de ser inflados a una temperatura de -15 ° C.

Cuando hay que correr con el equipo, la capacidad total de las dos balsas salvavidas deberá permitir la evacuación de toda la tripulación.

d) *Estiba:*

Las balsas salvavidas se estibarán según el SOLAS ya sea en un compartimiento rígido purpose-built, en la apertura o al lado de la cabina o la cubierta de trabajo, o a través del espejo de popa, ya que sólo contiene este una única tabla de salvación, o en la cabina, pero no antes de las escotillas de la cabina. En el caso de los compartimentos estancos deben ser impermeables y tener una cubierta capaz de abrirse fácilmente bajo la presión del agua.

e) El tiempo de implementación:

El fin de la balsa salvavidas estará permanentemente amarrado a un punto fuerte del barco.

f) Mantenimiento e inspección:

Cada balsa salvavidas deberá tener un certificado anual válido y un certificado (o copia) se llevará a bordo.

A pesar de los períodos de servicio especificados, las balsas salvavidas deberán ser inspeccionadas con frecuencia.



6.-Aros salvavidas

Estarán dentro del alcance del timonel y listo para su uso inmediato:

- Un aro salvavidas con una luz automática o un Lifesling con una luz automática (sin un ancla).
 - Un aro salvavidas con un silbato, un embudo, una luz automática y un palo y la bandera. El polo y la bandera se adjuntará al aro salvavidas con 3 m de la línea de flotación. Deberán estar contruidos de manera que la bandera ondee al menos 1,8 m sobre el agua.
 - Al menos uno de los aros salvavidas, dependerá de la cantidad de espuma para su correcta flotabilidad.
- En cada aro salvavidas inflable y cualquier otro dispositivo automático deberán ser probados por un servicio a intervalos, de acuerdo con las instrucciones de su fabricante.
- En cada aro salvavidas (o Lifesling) estarán equipados con material de grado marino retrorreflectante.

7.-Señales de pirotecnia

Las señales pirotécnicas se proporcionarán conforme al Convenio SOLAS LSA Código capítulo III Visual.

Se proporcionará:

- 6 paracaídas rojo
- 4 bengalas de mano rojas
- 4 bengalas de mano blancas (las normas SOLAS recomendado)
- 2 bengalas de humo naranja

8.-Chalecos salvavidas

El capitán deberá tener un chaleco salvavidas que se ajuste a su normativa nacional correspondiente, y cada chaleco salvavidas deberá ser como sigue:

- Equipado con un silbato
- Provisto de material de grado marino retrorreflectante
- Compatible con arnés de seguridad del usuario
- Si es inflable, inspeccionado periódicamente respecto a la retención del aire
- Disponer de una cápsula de aire de repuesto

9.- Arnés de seguridad y líneas de seguridad

Se llama la atención a las normas ISO 12401.

a) arnés de seguridad:

El capitán deberá tener un arnés de seguridad.

El chaleco salvavidas y el arnés del tripulante deberán ser compatibles.

e) Las líneas de seguridad (ata):

Cada arnés deberá estar equipado con una cuerda de seguridad, de no más de 2 m de largo con un gancho de seguridad en cada extremo. Además, al menos el 30% de la tripulación estará provisto de un cable de seguridad no más de 1 m de largo, o un gancho de seguridad del punto medio en una línea de seguridad de 2 metros. Por esta razón el uso de ganchos de seguridad con dispositivos de cierre positivo es muy recomendada.

10.-Tapones de madera blanda

Tapones de madera blanda, cónicos y de un tamaño adecuado, se adjuntarán o guardarán para posibles imprevistos en la mar.

11.-Extintores

Extintores de incendios, por lo menos dos deberán ser proporcionados, de fácil acceso en un recipiente adecuado y en diferentes partes del barco, una de ellas estando cerca del motor.

12.-Radar y reflector de radar.

Se proporcionará el siguiente equipo, en buen estado de trabajo:

- a) Un radar instalado con un mínimo de 2KW. El equipo de radar se fijará a una altura de por lo menos 5 metros sobre el nivel del agua.
- b) Un transpondedor de radar activo fijo (9,2 a 9,5 Ghz).
- c) Un reflector de radar.

13.-RLS

El barco deberá estar equipado de dos COSPAS SARSAT de 406 MHz angustia RLS portátil, clasificados como de larga duración. Estos faros deberán:

- Incluir un transmisor de 121,5 MHz,
- Ser codificado y registrado con el nombre y el número MMSI de la embarcación,
- La prueba y un servicio a intervalos, de acuerdo con las instrucciones del fabricante,
- Estar equipados con una línea por lo menos 3 metros de largo de la tensión de rotura 1000 daN como mínimo.

14.-Transmisión de emergencia

El barco estará equipado con un dispositivo de emergencia que, sea cual sea la posición del barco en el agua, permite la construcción de una antena de VHF y las transmisiones de la baliza de socorro y el transpondedor de radar.

15.-VHF estanca de mano

Un VHF de mano resistente al agua, con baterías de repuesto, deberá llevarse a bordo.

16.-Transpondedor de radar portátil

Un faro de radar (9,2 a 9,5 GHz), portátil y autoalimentado debe llevarse a bordo. Este faro deberá estar provisto de una línea por lo menos de 3 metros de largo de 1000 daN de mínima resistencia a la rotura.

17.-Kit de primeros auxilios

En ausencia de un requisito de la Autoridad Nacional:

a) Guía médica internacional de a bordo, la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, o primeros auxilios en el mar, por Douglas Justins y Colin Berry, publicado por Adlard Coles Náutico, Londres, o guía de la médecine Le distancia, por Docteur JY Chauve, publicado por la distancia Asistencia - BP33 - La Baule Cedex, Francia. Una traducción al Inglés está disponible.

b) Botiquín de primeros auxilios:

Un botiquín de primeros auxilios se llevará a bordo. Se deberá reflejar las condiciones y la duración probable del paso, y el número de personas a bordo del yate. Se recomienda encarecidamente seguir la receta del Apéndice C de las Reglas de la Clase.

18.-Equipo de buceo

Una botella de buceo (por ejemplo, botellas de aire de repuesto) o su equivalente deberá estar a bordo.

19.-Equipo personal

El equipo que se llevarán a bordo para cada miembro de la tripulación:

- Un paquete de bengalas mini y una luz de localización personal (ya sea SOLAS o estroboscópicas).
- Un traje de mal tiempo con capucha.
- Un cuchillo.
- Una linterna estanca.

20.-Equipo de supervivencia personal

Un juego de equipo de supervivencia deberá ser proporcionada para cada miembro de la tripulación que incluyen:

- Un traje de inmersión, de acuerdo con las normas del Convenio SOLAS 74/83 y prEN 1913, térmico con aislamiento sin revestimiento que deberá ser superior a 0,75 inmersos Clo.

21.-Contenedor hermético de emergencia

Un contenedor de emergencia estanca se lleva a bordo.
Estará equipado con asas fuertes y con una línea de tensión de rotura 1000 daN mínimo.

Que deberá contener al menos:

- VHF marina a prueba de agua con baterías de repuesto
- Un Iridium de teléfonos móviles con baterías de repuesto
- Un GPS resistente al agua de mano con baterías de repuesto
- Una linterna a prueba de agua y foco de repuesto
- Un cuchillo
- Palos de luz química tipo cyalume
- Fluoresceína Seamark
- Luz estroboscópica a prueba de agua con baterías de repuesto
- 4 bengalas de socorro paracaídas
- 6 bengalas de mano (3 rojo / blanco 3)
- 2 de humo de color naranja
- Los alimentos de alta energía
- Una manta de supervivencia para cada miembro de la tripulación

22.-Número de vela

Para ayudar en la ubicación de SAR, el número de vela se presentará de una manera altamente visible, una en la cubierta y en cada lado del casco. El tamaño de los caracteres deberá ser no menor de:

Altura: 900 mm

Ancho: 600 mm

Espesor: 120 mm

Espacio entre caracteres: 180 mm.

23.-Pintura fluorescente

Para ayudar en la localización SAR:

- Quilla (s), el timón (s), y por lo menos un mínimo de 2 metros cuadrados de la parte inferior por debajo de la línea de flotación debe cubrirse en su totalidad con pintura fluorescente especial.

- Al menos 2 m² de la superficie de la cubierta deberá ser cubierta con un brillante de alta visibilidad de pintura de color.

13.-ESTIMACIÓN DE PESO Y CÁLCULO DE C.D.G

En este capítulo se va a calcular cual es el peso de cada uno de los elementos que componen la embarcación y donde están situados. El correcto cálculo del centro de gravedad y el reparto de pesos es de vital importancia para el capítulo 13, donde se estudiará la estabilidad del velero.

Como sabemos el peso del barco tiene que ser igual a su desplazamiento, que esta compuesto por el peso a su vez, el peso en rosca, y el peso muerto. El peso en rosca está compuesto por todo aquello que forma el barco, es decir cuando el barco está listo para navegar sin contar con consumibles como agua o combustible, tripulación, carga, y pertrechos. Por otro lado todos estos puntos mencionados anteriormente son los que forman el peso muerto del barco.

La posición del centro de gravedad se tiene que fijar con respecto a un eje de coordenadas y según tres direcciones distintas. Fijando el punto 0, es decir el centro de nuestro eje de coordenadas en la intersección entre la línea base y la perpendicular de popa, longitudinalmente se mide el centro de gravedad como LCG, transversalmente como TCG, y verticalmente VCG.

13.1 PESO EN ROSCA- PR

Para el cálculo del peso en rosca de la embarcación se sumará seis grupos de pesos:

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

13.2 PESO DEL LAMINADO PL.

El peso del laminado como se ha indicado se divide a su vez en seis grupos de pesos; por un lado el peso del laminado del casco, por otro lado el peso del laminado de cubierta, por otro el peso de la superestructura o caseta, por último el peso de los refuerzos longitudinales, el peso de los refuerzos transversales y por último el peso de los mamparos estancos y estructurales.

Peso de la estructura del casco sin refuerzos:

Gracias al software informático Maxsurf calculamos el área correspondiente al fondo, a los costados y a la zona de la quilla y mediante el escantillonado determinamos el peso del laminado del fondo, de los costados y el peso extra en zona de la quilla.

El área del fondo **C1** nos lo ofrece Maxsurf y es de **63,447 m²**.

El área de los costados **C2** nos la da Maxsurf también y es de **61,688 m²**.

El área de la zona de la quilla **C3** ofrecido por Maxsurf tras cortar el casco con dos planos paralelos y verticales de extensión igual a la eslora y separados entre sí 650 mm, será de **12,456 m²**.

Si la fibra seca del fondo son 6,55 kg/m², y esto suponía un 63,45% del peso total de la laminación (ya que el contenido de fibra de carbono en masa era de 0,6345), el otro 36,55% restante lo supone la resina, es decir 3,77 kg/m². En total el peso de la laminación del fondo supone 10,32 kg/m².

Para el costado la fibra seca son 5,6 kg/m², por lo que aplicando la misma relación que para el fondo obtenemos un peso total de 8,826 kg/m².

Para la quilla repetimos el mismo proceso que para fondo y costado obteniendo un peso total por metro cuadrado de 3,004 kg.

Zona	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Laminado	1236,6495	11127,3691	0	566,765176

Peso de la cubierta:

La cubierta tiene un área de 50,11 m² obtenido de nuevo del área dada por Maxsurf. Como vimos en el capítulo 12 del escantillonado, a la cubierta se le decide poner un peso de fibra seca por metro cuadrado de 2,5 kg/m², que con un contenido de masa en carbono ψ de 0,6345, obtenemos que el peso total por metro cuadrado del laminado contando con la fibra será de 3,94 kg/m².

En este peso está incluido el peso del sandwich que llevará la cubierta, puesto que además del laminado y sus refuerzos, para evitar el pandeo se le dota de una estructura sandwich de nido de abeja.

Zona	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Cubierta	197,4334	1794,27474	0	401,776969

Peso de la superestructura:

La caseta o superestructura tiene un área de 19,658 m² obtenido una vez mas del área dada por Maxsurf. Como vimos en el capítulo 12 del escantillonado, a la superestructura se le decide poner un peso de fibra seca por metro cuadrado de 2,2

kg/m², que con un contenido de masa en carbono ψ de 0,6345, obtenemos que el peso total por metro cuadrado del laminado contando con la fibra será de 3,467 kg/m².

Zona	Peso	LCG* ρ	TCG* ρ	VCG* ρ
Superestructura	68,154	290,67803	0	154,164995

Peso del laminado de refuerzos longitudinales:

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

Zona	Peso	LCG* ρ	TCG* ρ	VCG* ρ
Ref.longitudinales	612,204	5439,142	0	385,979

Peso del laminado de refuerzos transversales:

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

Zona	Peso	LCG* ρ	TCG* ρ	VCG* ρ
Ref.transversales	405,806	3438,84	0	313,346

Mamparos:

Hemos incluido los dos tipos de mamparos que va a disponer nuestro barco, los mamparos estancos y los mamparos estructurales, detallados a continuación.

Zona	Peso	LCG* ρ	TCG* ρ	VCG* ρ
Mamparos	212,47	271,945	0	197,95

Peso total de la estructura y centro de gravedad:

Peso Laminado Estructura	LCG* ρ	TCG* ρ	VCG* ρ
2732,716	21528,26	0	1822,036

- LCG Laminado \rightarrow 7,878 m.
- TCG Laminado \rightarrow 0 m.
- VCG Laminado \rightarrow 0,667 m.

13.3 PESO DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPAMIENTOS- PMaq.

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

Peso Maquinaria	LCG* _p	TCG* _P	VCG* _P
563	5497,22	0	337,36

- LCG Maquinaria y Equipos → 9,764 m.
- TCG Maquinaria y Equipos → 0 m.
- VCG Maquinaria y Equipos → 0,599 m.

13.4 PESO DEL APAREJO- PApa.

El peso del aparejo está compuesto por el peso del mástil, la botavara crucetas y obenques. El peso de cada uno de estos se detallo en el capítulo 9 de diseño del plano velico.

El peso del aparejo y su centro de gravedad se resume en la siguiente tabla, pudiendo encontrar los detalles de estos cálculos en el **Anexo IV**.

Peso Aparejo	LCG* _p	TCG* _P	VCG* _P
656,637	5798,292	0	8262,143

- LCG Aparejo → 8,83 m.
- TCG Aparejo → 0 m.
- VCG Aparejo → 12,583 m.

13.5 PESO DEL LASTRE- PLast.

El lastre en este barco está compuesto únicamente por el peso de la orza y del bulbo, que es de 600 kg y 2500 kg respectivamente. Su centro de gravedad se indica en el **Anexo IV**. A continuación se expone la tabla de momentos de la orza.

Peso Lastre	LCG* _p	TCG* _P	VCG* _P
3500	24031	0	-12583,79

- LCG Lastre → 6,866 m.
- TCG Lastre → 0 m.

- VCG Lastre → -3,595 m.

13.6 PESO DE LA HABILITACIÓN P_{Hab}.

El reparto de pesos en la habilitación se ha hecho conforme al resto de pesos calculados anteriormente para poder saber dónde y en qué medida podíamos poner la cocina y los demás elementos obligatorios establecidos por la ISAF, teniendo en cuenta usar el mínimo espacio posible destinada a la habitabilidad.

Peso Habilitación	LCG* _p	TCG* _P	VCG* _P
80	655,55	0	58,5

- LCG Habilitación → 8,194 m.
- TCG Habilitación → 0 m.
- VCG Habilitación → 0,731 m.

13.7 RESUMEN DEL PESO EN ROSCA

A continuación se expone una tabla resumen del peso en rosca resultante de la suma de todos los pesos que lo conforman que son el peso del laminado, peso del lastre, peso del equipamiento, peso del aparejo y peso de la habilitación.

Elemento	Peso	Lcg* _P	Tcg* _p	Vcg* _P
Laminación Y Estructura	2732,716	21528,26	0	1822,036
Maquinaria	503	4886,02	0	289,36
Aparejo	656,637	5798,292	0	8262,14298
Lastre	3500	24031	0	-12583,79
Habilitación	80	655,55	0	58,5
SUMATORIO	7472,353	56899,122	0	-2151,75102

Este reparto de pesos hace que finalmente el peso en rosca y su situación sea el siguiente:

Peso en Rosca	LCG	TCG	VCG
7472,353	7,669	0	-0,288

Como sabemos del capítulo 5 donde se diseñó la carena, el centro de ésta en sentido longitudinal, es decir LCB, está a 7,718 metros de la perpendicular de popa, lo que hace que el barco tenga un pequeño asiento apopante en su estado de peso en rosca.

Este reparto de pesos se ha decidido así para que a la hora de cargar los tanques de combustibles y los de agua y vertidos el asiento siguiera siendo apopante lo mas adrizado posible.

Por último decir que al final de este tomo se encuentra el **Anexo III** donde se detalla el cálculo de cada uno de los pesos y el cálculo de su centro de gravedad.

14.-ESTUDIO DE FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD

El capítulo de la estabilidad es, posiblemente, el capítulo más importante de cualquier proyecto de ingeniería naval. En este capítulo estudiaremos la capacidad de nuestro velero de recobrar su posición de equilibrio una vez que es apartado de él.

En este capítulo trataremos tres apartados principalmente; por un lado el estudio del equilibrio en las distintas condiciones que puede encontrarse el barco respecto a su carga, por otro lado la estabilidad a grandes ángulos y por último el francobordo mínimo reglamentario.

Hay que decir que aparte del estudio de la estabilidad de nuestro barco, este estudio se comparará con la reglamentación vigente para comprobar que se encuentre dentro de las exigencias. La normativa que se aplicará por lo tanto para la estabilidad es la UNE-EN-ISO 12217-2.

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

Esta evaluación permitirá asignar a la embarcación una categoría de diseño (A, B, C, o D), en nuestro caso esta categoría como ya mencionamos anteriormente será la categoría A (oceánica), por lo que se trabajará para conseguir los requisitos exigidos para esta categoría.

Esta normativa es aplicable a las embarcaciones propulsadas principalmente a vela, incluso si disponen de motor auxiliar, de eslora comprendida entre 6 m y 24m.

Nuestro barco al tratarse de un barco OPEN debe cumplir con una serie de normas mínimas de estabilidad establecidas por la reglamentación de la ISAF, las cuales son las siguientes:

- Deben ser autoadrizables sin ayuda externa.
- El ángulo de estabilidad nula no deberá ser inferior a $127,5^\circ$ (admitiéndose casos de ángulos mayores o iguales a 108°).
- El área positiva bajo la curva de estabilidad será de al menos 5 veces mayor que el negativo.

14.1 CONDICIÓN, PESO Y VOLUMEN

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

Condición de la embarcación en rosca, mLCC:

Se entiende por embarcación en rosca a aquellos pesos de la embarcación lista para navegar sin contar con los consumos ni con la tripulación, es decir con todos los equipamientos, tal y como se describe en el capítulo 12 del cálculo del centro de gravedad.

Embarcación en rosca: 7473 kg.

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specif
2	Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specif
3	Habitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specif
4	Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specif
5	Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specif
6	Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
7	Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
8	Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
9	Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
10	Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
11	Total Loadcase				7,473	7,669	0,000	-0,288		0,000	

Condición mínima operativa, mMOC:

Se entiende por condición mínima operativa al peso de la embarcación en rosca añadiéndole los siguientes pesos:

- Peso de la mínima tripulación: 225 kg para LH comprendido entre 8 y 16 metros.
- Equipo esencial de seguridad: 244 kg.
- Tanque de lastre lleno: 400 kg.
- Quillas abatibles: 20 kg (10 kg cada una).

Condición mínima operativa mMOC: 8361 kg.

Es la peor condición que nuestro barco puede navegar.

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specif
2	Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specif
3	Habitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specif
4	Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specif
5	Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specif
6	Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
7	Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
8	Lastre B	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
9	Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
10	Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
11	Tripulación	1		0,225	0,225	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specif
12	Equipo seguridad	1		0,244	0,244	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specif
13	Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specif
14	Total Loadcase				8,361	7,305	0,103	-0,121		0,000	

Condición de desplazamiento en carga, mLDC:

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

Desplazamiento en carga, mLDC = 8500 kg.

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specif
2	Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specif
3	Habitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specif
4	Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specif
5	Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specif
6	Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
7	Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
8	Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
9	Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
10	Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
11	Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specif
12	Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specif
13	Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specif
14	Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specif
15	Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specif
16	Total Loadcase				8,500	7,318	-0,062	-0,134		0,000	

Condición de navegación en ceñida con la quilla a 40 °

Es la carga máxima a la que la embarcación se diseña para llevar además de la condición de en rosca, incluyendo el máximo peso recomendado por el fabricante, comprendiendo como tal todos los líquidos, y el máximo número de personas habilitadas, y en nuestro caso con el tanque de lastre lleno a una banda, el barco escorado, la tripulación a la banda y la quilla abatida 40° (al máximo).

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specif
2	Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specif
3	Habitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specif
4	Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	-1,250	-3,580	0,000	0,000	User Specif
5	Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specif
6	Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
7	Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
8	Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
9	Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
10	Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
11	Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specif
12	Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specif
13	Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specif
14	Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specif
15	Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specif
16	Total Loadcase				8,500	7,318	-0,577	-0,128		0,000	

Chequeo de flotabilidad:

A continuación se va a exponer una tabla donde se intentará resumir las condiciones de carga en las que hemos estudiado el equilibrio del velero, detallando su

calado en proa, su calado medio, su calado en popa, el asiento y el desplazamiento para cada condición.

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

Condición de carga	Calado en proa	Calado medio	Calado en popa	Desplazamiento	Asiento
Micc	0,153 m	0,1555 m	0,158 m	7473 kg	0,005 m
Mmoc	0,142 m	0,1655m	0,189 m	8361 kg	0,047 m
Mldc	0,146 m	0,168 m	0,19 m	8500 kg	0,043 m
Mq40e	0,142 m	0,163 m	0,178 m	8500 kg	0,036 m

14.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y NORMATIVA

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

- Las embarcaciones propulsadas a vela de tipo monocasco deben satisfacer todos los requerimientos de alguna de las siete opciones que aparecen en la siguiente tabla. El cumplimiento de los apartados numerados en la tabla otorgará a la embarcación dicha categoría de diseño.

Tabla 2
Requisitos que se deben aplicar a las embarcaciones a vela monocasco

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

^a Este término se define en el apartado 3.1.8.

- Si la relación mLDC/mMOC es mayor que 1,15 además de cumplir los requisitos en condición de desplazamiento en carga también habrá de hacerlo en la condición mínima operativa. En nuestro caso mLDC/mMOC = 1,02, por lo que se deberá cumplir únicamente en condición de desplazamiento en carga.
- El combustible y el agua debe sitiarse en tanques fijos.
- Las provisiones deben situarse en sus lugares adecuados.

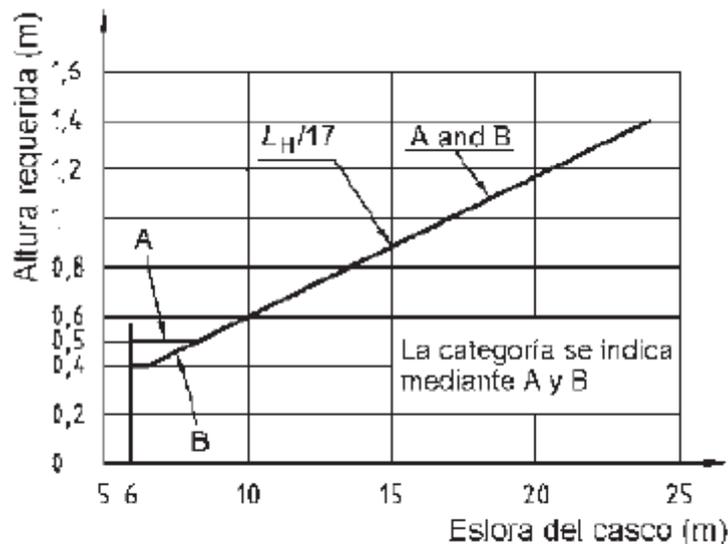
Como dijimos en el capítulo 1 de especificaciones técnicas, nuestro velero debe cumplir la normativa tal que se le asigne la categoría de diseño A, por lo que debe cumplir lo exigido en los apartados 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3, 6.3 y 6.4. **Nos acogemos a la opción nº1.**

Aberturas inundables 6.2.1 y altura de inundación 6.2.2:

Según la normativa que estamos aplicando en su Anexo A, nos indica que la altura mínima del punto de inundación para la categoría debe estar comprendido entre un valor mínimo de 0,5 metros y un valor máximo de 1,41 metros tal y como se muestra en la tabla.

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

Según el punto 6.2.2 podemos encontrar una tabla que entrando con nuestra eslora podemos calcular directamente nuestra altura de inundación $h_{D(R)}$.



a) Categorías de diseño A y B

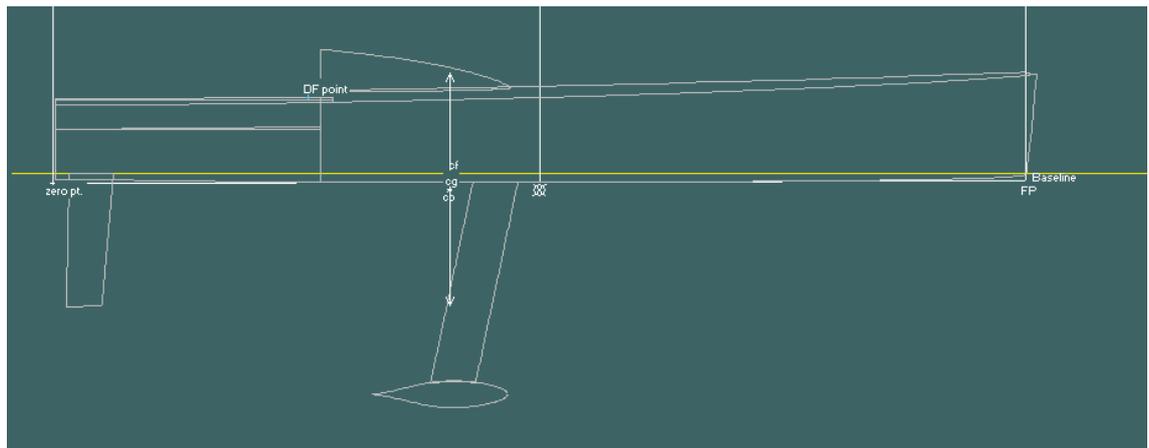
Entrando con una eslora de casco de 18,28 metros, obtenemos que finalmente nuestra altura de inundación requerida va a ser $\rightarrow h_{D(R)} = 1,14$ metros.

Como la escotilla de acceso al interior de la cabina tiene su altura menor en la brazola a 1,6 metros de la línea base y su altura máxima a la altura de la caseta a 2,5 metros usaremos como punto de inundación la altura más pequeña, es decir 1,6 metros,

en cambio para el ángulo de inundación usaremos como punto de inundación el 2,5 metros.

Como la norma nos exigía que el punto de inundación estuviera por encima del punto 1,14 metros y esta a 1,6 metros se cumpla de forma sobrada con esta norma.

Aunque la norma nos dice que no puede ser superior a 1,41 metros para barcos de categoría A, nosotros lo tenemos que poner a 1,42 metros debido a que el barco al zozobrar teniendo el punto de inundación a una altura menor de 1,42 metros no toca el agua y por tanto el software hydromax no nos lo analiza, pero cumple sobradamente la norma ya que cuanto mas bajo lo ponemos más ángulo de estabilidad nula obtenemos.



Ángulo de inundación 6.2.3:

Este ángulo lo hemos calculado de forma teórica gracias al software informático Hydromax, para el ángulo de inundación correspondiente a nuestra categoría de diseño A, tal y como se muestra en la tabla.

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

La norma nos dice que para un barco de la categoría de diseño A el ángulo en el que empiece a entrar una cantidad de agua significativa es de $\phi_{D(R)}$ 40°. Analizando esta norma posicionando el punto de inundación en 2,5 metros, la norma se cumple sobradamente, teniendo que escorar hasta **174,5°**.

$$\phi_D = 174,5^\circ$$

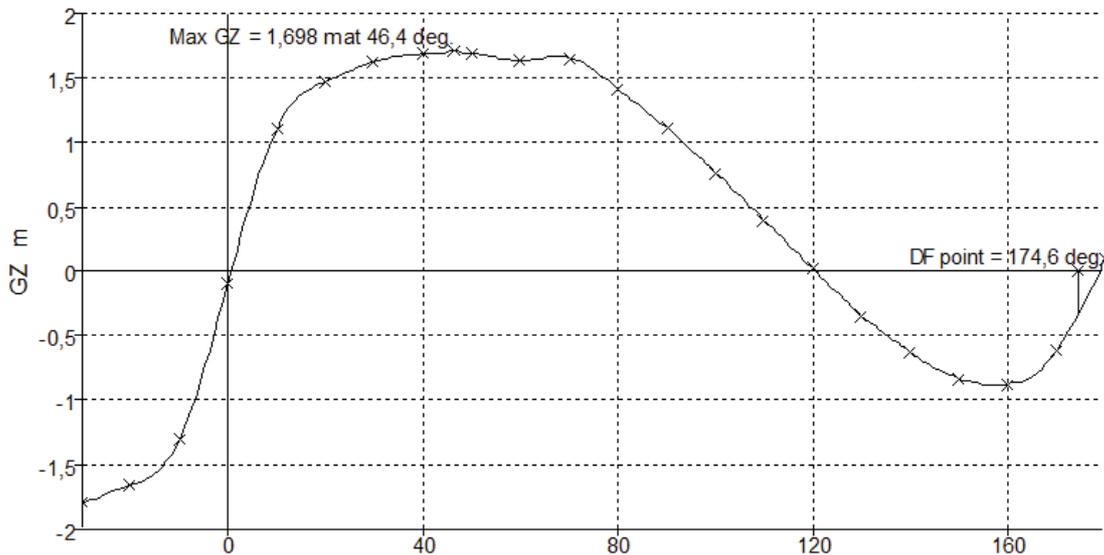
Ángulo de estabilidad nula y peso mínimo 6.3:

Este requisito pretende asegurar en condiciones severas una absoluta capacidad mínima de supervivencia. Conforme a la tabla que se muestra a continuación el ángulo de estabilidad nula para la categoría de diseño A debe ser $\phi_{V(R)}$ 113°, pero debemos tener en cuenta que tenemos que cumplir con el requisito establecido por la ISAF que establece que el ángulo de estabilidad nula debe ser superior a 127,5° (108° admitiendo

excepciones), por lo que si nuestro ángulo de estabilidad nula supera los 113° sería válido al cumplir con ambas normativas.

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

Los calculos realizados para la condición mínima operativa en carga nos dan que el ángulo de estabilidad nula es de **118,6°** tal y como se muestra en la curva de estabilidad.



Indice de estabilidad (STIX) 6.4:

El indice de estabilidad STIX se determina según la normativa con la siguiente fórmula compuesta de diferentes factores que detallaremos a continuación:

$$STIX = (7+2,25*LBS)*(FDS*FIR*FKR*FDL*FBD*FWM*FDF)0,5+6$$

- **Factor de estabilidad dinamica FDS:**

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

$$FDS = \left(\frac{A_{GZ}}{15,81 \sqrt{L_H}} \right)$$

- AGZ es el area positiva bajo la curva de brazos del par adrizante; AGZ =

164,8

$$\underline{\mathbf{FDS = 1,28}}$$

- **Factor de recuperacion de la inversion FIR:**

Este factor representa la capacidad para recuperarse sin ayuda exterior despues de una inversión. Este valor no debe tomarse por debajo de 0,4 ni por encima de 1,5.

Si el peso de la embarcacion es menor a 40000 kg, como en nuestro caso, se utiliza:

- $FIR = \phi V / (125 - m / 1600)$;
- Angulo de estabilidad nula $\phi V = 118,6^\circ$.
- $m = 8500$ kg.

$$\underline{\mathbf{FIR = 1,42}}$$

- **Factor de recuperacion del hundimiento FKR:**

Este factor representa la capacidad de una embarcación para expulsar el agua de las velas y por lo tanto de recuperarse despues de haberse hundido.

- $FR = (GZ90 * m) / (2aS * hCE)$
- $GZ90 = 1,286$.
- $m = 8500$ kg.
- $AS = 309,1$ m².
- $hCE = 11,12$ m.

$$FR = 1,59.$$

Si FR es mayor que 1,5, como en nuestro caso:

- $FKR = 0,875 + 0,0833 * FR$

$$\underline{\mathbf{FKR = 1,007}}$$

- **Factor de eslora-desplazamiento FDL:**

Este factor tiene en cuenta el efecto favorable de un mayor desplazamiento para una eslora dada incrementando la resistencia al vuelco.

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

- $LBS = 14,34$
- $FL = 1,054$

$$\underline{\mathbf{FDL = 0,899}}$$

- **Factor 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.

$$F_B = 3,3 B_H / (0,03 m)^{1/3}$$

- $B_H = 5,85$
 - $F_B = 3,044$

Si F_B es mayor de 2,2:

$$FBD = [13,31 B_{WL} / (B_H F_B^3)]^{0,5}$$

$$\underline{\underline{FBD = 0,684}}$$

- **Factor del momento debido al viento FWM:**

En las embarcaciones en que el ángulo de inundación sea menor que 90 grados, este factor representa el riesgo de inundación debido a las rachas de viento que escoren una embarcación desprotegida.

- FWM: vale 1 si el ángulo de inundación es mayor de 90 grados.

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

$$\underline{\underline{FWM = 1}}$$

- **Factor de inundación FDF:**

Este factor representa el riesgo de inundación en un hundimiento.

- $FDF = \phi_D / 90$;
 - $\phi_D = 174,5^\circ$

$$FDF = 1,59$$

- **Calculo del índice de estabilidad STIX:**

- $STIX = (7 + 2,25 * LBS) * (FDS * FIR * FKR * FDL * FBD * FWM * FDF)^{0,5 + \bar{\sigma}}$
 - $LBS = 14,34$
 - $\bar{\sigma} = 0$.

$$\underline{\underline{STIX = 39,4}}$$

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

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

La categoría para la que estamos diseñando el barco (la categoría A) nos exige un índice de estabilidad como podemos ver de 32, por lo que cumplimos sobradamente con la regla 6.4.

Condición de área positiva de estabilidad

Como mencionamos anteriormente el área positiva bajo la curva de estabilidad será 5 veces mayor que el área negativa bajo la curva de estabilidad, por lo que en nuestro caso el área positiva será de 164,8 m² y el área negativa de 32,9 m², siendo 5,11 veces mayor.

Condición de autoadrizable sin ayuda externa

Para esta condición hemos usado la condición mínima operativa de la cual en la curva de estabilidad obtenida hemos sacado el GZ cuando el barco ha volcado y se encuentra en el punto de máxima estabilidad negativa (GZ=0,8 m). Hemos calculado el brazo adrizante (0,8 m) y el brazo escorante que provocaría la orza escorando hasta 40° (1,13 m) utilizando el peso de la orza (3,5 T) y la distancia transversal que recorrerá con la quilla a 40° (3,524 m), teniendo en cuenta el desplazamiento del barco en esta condición (8,361 T). Como el brazo escorante provocado por la orza será mayor que el adrizante del barco estando este volcado, el barco se adrizará sin problemas y cumpliremos nuestra condición. La orza será manipulada desde el interior del barco de manera que cuando esta vaya pasando los 30° el barco irá escorando hasta adrizarse por completo.

Aunque en los puntos anteriores ya se ha explicado cada uno de las normas de estabilidad a cumplir y se ha comprobado su cumplimiento, a continuación se expone una tabla resumen donde de manera fácil y rápida se puede comprobar el cumplimiento de cada apartado de la norma, fuera aparte de que en el **Anexo V** se incluye todos los detalles del cálculo de estabilidad.

Nombre	Norma	Exigido	Cumplimiento	Condición
Abertura y altura de inundación	6.2.1/6.2.2	1,14 m	1,42 m	Mmoc
Ángulo de inundación	6.2.3	40°	174,5°	Mmoc
Ángulo de estabilidad nula	6.3	113°	118,6°	Mmoc
Índice de estabilidad (Stix)	6.4	32	39,4	Mmoc
Área positiva estabilidad	ISAF	A+=164,8 A-=32,9	A+/A-=5,11 veces mayor	Mmoc
Autoadrizables sin ayuda externa	ISAF	B.E.>B.A	1,13m>0,8m	Mmoc

Por último queda mencionar que nuestro barco ha sido estudiado en las condiciones de lastre lateral (babor o estribor), no hemos estudiado la condición con el

tanque de lastre en proa lleno ya que es una situación que no nos exige la normativa debido a que este tanque será usado para rumbos de ceñida con vientos muy fuertes y mala mar para conseguir estabilizar la proa permitiendo un planeo más constante y evitando así los pantocazos, si llenáramos este tanque en la condición de rosca o en la mínima operativa el barco tendría un asiento aproante, pero no lo hemos hecho puesto que solamente se usará en las condiciones mencionadas anteriormente.

En el **anexo IV** se encuentran todos los cálculos de estabilidad realizados con el software informático hydromax.

15.-PRESUPUESTO PRELIMINAR

En este capítulo trataremos de detallar todos los gastos que compondrán finalmente el precio de venta al público o PVP. Entre las partidas de gastos que tenemos que contar están:

- Costes propios de cada barco.
- Precio final.

15.1 COSTES PROPIOS DE CADA BARCO

Para estudiar los costes propios de cada barco hemos hecho la siguiente subdivisión:

- Coste laminado casco (fondo y costado).
- Coste laminado de los refuerzos de casco.
- Costes laminado cubierta y superestructura.
- Coste laminado de los refuerzos de cubierta.
- Costes de motor y equipamientos.
- Habilitación.
- Aparejo y velas.
- Elementos de cubierta y equipos de seguridad.

Coste laminado casco (fondo y costado)	KG	€/KG	Precio Total
Tafetán 160	500	50	25000
Sarga 200	200	50	10000
Sarga 400	400	50	20000
Capas de Gel Coat	100	8	800
Resina Epoxi	500	27	13500
Bolsa de vacío	150	6	900
TOTAL			70.200 €

Coste laminado de los refuerzos del casco	KG	€/KG	Precio Total
Tafetán 160	20	50	1000
Sarga 200	15	50	750
Sarga 400	18	50	900
Resina Epoxi	10	27	270
TOTAL			2.920 €

Coste laminado cubierta y superestructura	KG	€/KG	Precio Total
Tafetán 160	350	50	17500
Sarga 200	180	60	10800
Sarga 400	250	80	20000
Capas de Gel Coat	100	8	800
Resina Epoxi	350	27	9450
Bolsa de vacío	100	6	600
TOTAL			59.150 €

Coste laminado de los refuerzos de cubierta	KG	€/KG	Precio Total
Tafetán 160	13	50	650
Sarga 200	8	50	400
Sarga 400	11	50	550
Resina Epoxi	6	27	162
TOTAL			1.762 €

COSTES MOTOR Y EQUIPO	Cantidad	Precio	Total
Motor Yanmar 3JH4	1	10000	10000
Ancla	2	200	400
Cadena	1	150	150
Molinete cadena	1	300	300
Bombas achique	3	120	360
Batería arranque	1	500	500
Baterías de servicio	2	650	1300
Calentador	1	450	450
Depósito agua	1	120	120
Convertidor	1	200	200
Depósito gasoil	1	140	140
Depósito vertido	1	120	120
Piloto automático	1	1000	1000
VHF estanca	2	800	1600
Generador	1	400	400
Potabilizadora	1	900	900
TOTAL			17.940 €

Habilitación	Cantidad	Precio	Total
Litera	1	400	400
Cocina portátil	1	300	300
Armarios	4	400	1600
Nevera	1	200	200
Mesa de navegación	3	1000	3000
Escotillas y pórticos	10	500	5000
Ducha	1	300	300
WC	1	450	450
TOTAL			11.250 €

Aparejo + Velas	Cantidad	Precio	Total
Mástil	1	60000	60000
Botavara	1	20000	20000
Crucetas	6	1000	6000
Obenques	2	800	1600
Stay	1	600	600
Back Stay	1	600	600
Mayor	1	16000	16000
Génova	1	14000	14000
Solent o Foque	1	13000	13000
Trinqueta	1	12800	12800
Tormentín	1	12000	12000
Código 0	1	17000	17000
A2	1	16800	16800
A3	1	17400	17400
A5	1	17100	17100
A6	1	17000	17000
TOTAL			241.900 €

Elementos de cubierta	Cantidad	Precio	Total
Winches Harken 250 mm	6	450	2700
Winches Harken 200 mm	4	390	1560
Cabullería	200	20	4000
Stoppers	10	60	600
Ruedas timones	2	150	300
Carro génova	1	4000	4000
Carro mayor	1	6000	6000
Bauprés	1	3000	3000
TOTAL			22.160 €

Equipos de seguridad	Cantidad	Precio	Total
Chalecos salvavidas	4	80	320
Aros salvavidas	4	80	320
Reflector de rádar	1	200	200
Transpondedor de rádar	1	200	200
Radio Baliza	1	20000	20000
TOTAL			21.040 €

Pinturas	KG	Precio/KG	Total
Casco	200	50	10000
Cubierta	100	30	3000
Superestructura	60	30	1800
Aparejo	80	40	3200
Detalles y publicidad	300	40	12000
TOTAL			30.000 €

Apéndices	Cantidad	Precio	Total
Hoja de quilla	1	20000	20000
Bulbo	1	15000	15000
Timones	2	7000	14000
Orzas Antideriva Laterales	2	600	1200
TOTAL			50.200 €

Sistemas electrónicos	Cantidad	Precio	Total
GPS	1	5000	10000
Instalación eléctrica	1	15000	15000
Ordenador de a bordo	1	8000	8000
TOTAL			33.000 €

COSTES DEL BARCO	PRECIO
Coste laminado casco (fondo y costado)	84200
Coste laminado de los refuerzos del casco	2920
Coste laminado cubierta y superestructura	59150
Coste laminado de los refuerzos de cubierta	1762
Costes motor y equipo	17940
Habilitación	11250
Aparejo y Velas	241900
Elementos de cubierta	21260
Equipos de seguridad	21040
Pinturas	30000
Apéndices	50200
Sistemas electrónicos	33000
TOTAL	574.622 €

15.2 PRECIO FINAL

A priori y sin conocer los gastos totales del astillero, que se compone de los costes de la construcción de los moldes, los gastos fijos del astillero, la mano de obra y costes de amortización de la maquinaria e inversión inicial, se fijará el precio de la embarcación de la siguiente manera:

- Costes de producción
- Beneficio del astillero.
- Impuesto sobre el valor añadido.
- Precio de venta al público.

Costes de producción:

Es la suma entre el coste propio del barco, es decir lo que cuesta la construcción en materiales y elementos del barco, más un 47% del coste propio del barco debido a los costes que debe asumir el astillero por la producción del barco.

Coste de producción	
Costes propios del barco	574.622 €
Gastos totales del astillero (47%)	270.072 €
Total	844.694 €

Beneficio del astillero:

Como actividad empresarial que es la producción de embarcaciones, esta persigue el objetivo de conseguir un beneficio económico, que se ha fijado en un 18% del valor de la producción del barco.

Beneficio astillero	
Coste de producción	844.694 €
Beneficio	18%
Beneficio total	152.045 €
Precio	996.739 €

Impuesto sobre el valor añadido:

El Impuesto sobre el valor añadido o IVA, es en la actualidad de un 18% del precio del producto.

Impuesto del valor añadido	
Precio	996.739 €
IVA	18%
Total	179.413 €

Precio de venta al público:

El precio de venta al público o PVP se compone de la suma del coste de producción, el beneficio del astillero y el IVA.

Precio de venta al público	
Coste de producción	844.694 €
Beneficio Astillero	152.045 €
IVA	179.413 €
PVP	1.176.152 €

Costes varios regata	
Apoyo 24 h al día	300.000 €
Inscripción regata	100.000 €
Personal del equipo	400.000 €
Total	800.000 €

16.-CONCLUSIONES GENERALES

Como se dijo en la introducción, este proyecto fin de carrera iba a intentar responder a la pregunta de si es posible diseñar este velero para poder ser partícipe de la regata oceánica “Barcelona World Race”, sin necesidad de diseñarlo para quedar en la cabeza clasificatoria, debidamente preparado para la navegación oceánica de a dos.

Como es lógico, la fabricación de veleros de regatas de estas características, son procesos con un alto nivel de secretismo en todos sus pasos, tanto de diseño, como de construcción y utilización de unos materiales u otros, así como la elección de las formas de la carena, tipo de aparejo y combinaciones velicas. Nosotros hemos realizado un diseño clásico en lo correspondiente a la clase IMOCA OPEN 60, un velero que cumple todos los requisitos establecidos por la ISAF, con unas buenas formas para la navegación en altura a grandes velocidades, y una gran confianza en seguridad y tranquilidad a la hora de soportar condiciones meteorológicas extremas a lo largo de la vuelta al mundo en la regata.

Con respecto a las características técnicas he de decir que el proyecto, si bien su rendimiento real no se podrá conocer hasta su construcción, se ha diseñado para tener un rendimiento comparable al de veleros de la misma clase dedicados a participar en regatas oceánicas, cuidando especialmente el diseño de la carena, y por lo tanto todos los parámetros que están relacionados con esta como es el coeficiente de prismático, la posición longitudinal del centro de carena, el desplazamiento, la resistencia por formación de olas, la resistencia de origen viscoso, el numero de Froude o las relaciones entre LOA/Bmax, Lwl/T y LOA/Lwl entre otras.

Además todos los aspectos técnicos sujetos a normativa han sido cumplidos con suficiente margen, como son las dimensiones máximas establecidas dentro de la clase Imoca 60 (eslora máxima, manga máxima, altura del palo, calado máximo y desplazamiento máximo), el escantillonado del casco y cubierta según la normativa UNE-EN ISO 12215:5 y el sobreespesor de la quilla con la sociedad de clasificación Lloyds Register of Shipping, la estabilidad según UNE-EN ISO 12217:2 y la ISAF y por último todo el equipamiento de abordaje y seguridad según la clase reguladora (ISAF).

Todo esto hace que se haya conseguido el objetivo de diseñar un barco preparado para participar en regatas oceánicas, en concreto en la “Barcelona World Race”, cumpliendo con todos los requisitos establecidos por las normativas vigentes y con las especificaciones técnicas requeridas para afrontar este resto. En cuanto a la viabilidad económica, debido a los gastos que acarrea el diseño y la puesta a punto del barco para participar en la “Barcelona World Race”, tendremos que buscar sponsors para hacer más factible y económico todo el proceso de construcción, desarrollo y participación.

17.-BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía consultada para la realización de este proyecto fin de carrera ha sido la siguiente:

- De Querol, Antonio. Apuntes de la asignatura Embarcaciones deportivas 2010-2011.
- Penagos, Gaspar. Apuntes de la asignatura Materiales compuestos 2010-2011.
- Besednjak, Alejandro. Materiales compuestos. Procesos de fabricación de embarcaciones. Ediciones UPC, 2005.
- Lars Larsson and Rolf E Eliasson. Principles of yacht design. Adlard Coles Nautical, 2000.
- UNE-EN-ISO 12215-5: 2008.
- UNE-EN-ISO 12217-2: 2002.
- Reglamentación sobre la clase IMOCA OPEN 60 establecida por la ISAF. 2008. Versión 1.
- D. Phillips-Birt. Sailing Yacht Design.
- Artículo Pruebas de mar. IMOVA OPEN 60 “Los fórmula uno del mar”.
- Artículo Premios “Yacht of the year”. Revista Yate, N°529.
- De Simón Quintana, José. Patrón de embarcaciones de recreo. Ediciones José de Simón Quintana, 2008.
- Foro náutico deportivo “La taberna del puerto”. www.latabernadelpuerto.com.
- Barrios, Antonio. Apuntes de la asignatura Calculo de estructuras marinas 2010-2011.
- Guzmán, Aurelio. Apuntes de la asignatura Teoría del Buque I 2009-2010.
- R.D.LEG. 4/2004. Impuesto sobre sociedades. Agencia tributaria.
- Sitio oficial de la “Barcelona World Race”. www.barcelonaworldrace.org
- Sitio oficial de la clase IMOCA OPEN 60. www.imoca.org
- Resinas Castro. 2012. www.resinascastro.com

- North Sails . www.northsails.com
- Página web dedicada a Imoca. www.imoca60clas.com
- www.gestenaival.com
- www.accastillage-diffusion.es
- Gran diccionario Oxford Inglés-Español / Español-Inglés (4ª ED.). 2008.

ANEXO I:
ESTUDIO ESTADÍSTICO

ANEXO II:

PLANOS

- 1→ Plano de Formas
 - 2→ Plano de la Hoja de Quilla y el Bulbo
 - 3→ Plano de los Timones
 - 4→ Plano Velico
 - 5→ Plano de Escantillonado
 - 6→ Plano de Flotaciones
 - 7→ Plano de disposición general de la Cubierta
 - 8→ Plano de disposición general de los Interiores
-

ANEXO III:

PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD

- Peso y C.D.G. del Laminado
 - Peso y C.D.G de la Maquinaria y Equipamientos
 - Peso y C.D.G de la Habilitación
 - Peso y C.D.G del Lastre
 - Peso y C.D.G. del Aparejo
 - Peso en Rosca y C.D.G. del barco
-

Peso y C.D.G. del Laminado

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Laminado fondo	63,447	10,32	8,998	0	0,0865	654,77304	5891,64781	0	56,637868
Peso laminado Quilla	12,456	3,004	8,998	0	0,0865	37,417824	336,68558	0	3,23664178
Peso laminado costado	61,688	8,826	8,998	0	0,931	544,458288	4899,03568	0	506,890666
SUMATORIO						1236,64915	11127,3691	0	566,765176

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Peso laminado cubierta	50,11	3,94	9,088	0	2,035	197,4334	1794,27474	0	401,776969
Peso laminado superestructura	19,658	3,467	4,265	0	2,262	68,154286	290,67803	0	154,164995
SUMATORIO						265,587686	2084,95277	0	555,941964

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Vagra 1E	10,69	6,1	9,088	0,7617	0,00395	65,209	592,619392	49,6696953	0,25757555
Vagra 1B	10,69	6,1	9,088	-0,7617	0,00395	65,209	592,619392	-49,6696953	0,25757555
Vagra 2E	10,804	6,1	8,63	1,5205	0,0415	65,9044	568,754972	100,20764	2,7350326
Vagra 2B	10,804	6,1	8,63	-1,5205	0,0415	65,9044	568,754972	-100,20764	2,7350326
SUMATORIO						262,2268	2322,74873	0	5,9852163

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Costado 1E	10,304	5,5	9,088	2,2552	0,204	56,672	515,035136	127,806694	11,561088
Costado 1B	10,304	5,5	9,088	-2,2552	0,204	56,672	515,035136	-127,806694	11,561088
Costado 2E	10,309	5,5	8,452	2,6445	0,8363	56,6995	479,224174	149,941828	47,4177919
Costado 2B	10,309	5,5	8,542	-2,6445	0,8363	56,6995	484,327129	-149,941828	47,4177919
SUMATORIO						226,743	1993,62158	0	117,95776

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Cubierta 1E	8,037	1,9	9,04	0,325	2,2	15,2703	138,043512	4,9628475	33,59466
Cubierta 1B	8,037	1,9	9,04	-0,325	2,2	15,2703	138,043512	-4,9628475	33,59466
Cubierta 2E	8,068	1,9	9,07	0,975	2,157	15,3292	139,035844	14,94597	33,0650844
Cubierta 2B	8,068	1,9	9,07	-0,975	2,157	15,3292	139,035844	-14,94597	33,0650844
Cubierta 3E	8,129	1,9	9,144	1,625	2,1	15,4451	141,229994	25,0982875	32,43471
Cubierta 3B	8,129	1,9	9,144	-1,625	2,1	15,4451	141,229994	-25,0982875	32,43471
Cubierta 4E	8,196	1,9	9,22	2,275	2,05	15,5724	143,577528	35,42721	31,92342
Cubierta 4B	8,196	1,9	9,22	-2,275	2,05	15,5724	143,577528	-35,42721	31,92342
SUMATORIO						123,234	1123,77376	0	262,035749

ANEXOS

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Cuaderna 1E	1,11	7,65	1,895	2,406	0,626	8,4915	16,0913925	20,430549	5,315679
Cuaderna 1B	1,11	7,65	1,895	-2,406	0,626	8,4915	16,0913925	-20,430549	5,315679
Cuaderna 2E	1,072	7,65	3,895	2,568	0,811	8,2008	31,942116	21,0596544	6,6508488
Cuaderna 2B	1,072	7,65	3,895	-2,568	0,811	8,2008	31,942116	-21,0596544	6,6508488
Cuaderna 3E	1,071	7,65	5,895	2,61	1,058	8,19315	48,2986193	21,3841215	8,6683527
Cuaderna 3B	1,071	7,65	5,895	-2,61	1,058	8,19315	48,2986193	-21,3841215	8,6683527
Cuaderna 4E	1,112	7,65	7,895	2,546	0,866	8,5068	67,161186	21,6583128	7,3668888
Cuaderna 4B	1,112	7,65	7,895	-2,546	0,866	8,5068	67,161186	-21,6583128	7,3668888
Cuaderna 5E	1,12	7,65	9,895	2,36	0,894	8,568	84,78036	20,22048	7,659792
Cuaderna 5B	1,12	7,65	9,895	-2,36	0,894	8,568	84,78036	-20,22048	7,659792
Cuaderna 6E	1,158	7,65	11,895	2,042	0,916	8,8587	105,374237	18,0894654	8,1145692
Cuaderna 6B	1,158	7,65	11,895	-2,042	0,916	8,8587	105,374237	-18,0894654	8,1145692
Cuaderna 7E	1,186	7,65	13,895	1,573	0,924	9,0729	126,067946	14,2716717	8,3833596
Cuaderna 7B	1,186	7,65	13,895	-1,573	0,924	9,0729	126,067946	-14,2716717	8,3833596
Cuaderna 8E	1,228	7,65	15,895	0,94	0,94	9,3942	149,320809	8,830548	8,830548
Cuaderna 8B	1,228	7,65	15,895	-0,94	0,94	9,3942	149,320809	-8,830548	8,830548
SUMATORIO						138,5721	1258,07333	0	121,980076

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Varenga 1	2,123	7,65	1,895	0	0,063	16,24095	30,7766003	0	1,02317985
Varenga 2	3,454	7,65	3,895	0	0,08	26,4231	102,917975	0	2,113848
Varenga 3	3,404	7,65	5,895	0	0,084	26,0406	153,509337	0	2,1874104
Varenga 4	3,334	7,65	7,895	0	0,086	25,5051	201,362765	0	2,1934386
Varenga 5	3,062	7,65	9,895	0	0,087	23,4243	231,783449	0	2,0379141
Varenga 6	2,63	7,65	11,895	0	0,083	20,1195	239,321453	0	1,6699185
Varenga 7	1,968	7,65	13,895	0	0,069	15,0552	209,192004	0	1,0388088
Varenga 8	1,116	7,65	15,895	0	0,053	8,5374	135,701973	0	0,4524822
SUMATORIO						161,34615	1304,56555	0	12,7170005

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Bao superestructura 1E	1,108	4,55	1,895	1,412	1,571	5,0414	9,553453	7,1184568	7,9200394
Bao superestructura 1B	1	4,55	1,895	-1,412	1,571	5,0414	9,553453	-7,1184568	7,9200394
Bao superestructura 2E	1,812	4,55	3,895	1,45	1,612	8,2446	32,112717	11,95467	13,2902952
Bao superestructura 2B	1,812	4,55	3,895	-1,45	1,612	8,2446	32,112717	-11,95467	13,2902952
Bao superestructura 3E	1,873	4,55	5,895	1,467	1,645	8,52215	50,2380743	12,5019941	14,0189368
Bao superestructura 3B	1,873	4,55	5,895	-1,467	1,645	8,52215	50,2380743	-12,5019941	14,0189368
Bao superestructura 4E	1,8	4,55	7,895	1,428	1,673	8,19	64,66005	11,69532	13,70187
Bao superestructura 4B	1,8	4,55	7,895	-1,428	1,673	8,19	64,66005	-11,69532	13,70187
SUMATORIO						59,9963	313,128589	0	97,8622827

ANEXOS

Zona	m2	kg/m2	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Bao cubierta 5E	1,681	4,55	9,895	1,33	1,716	7,64855	75,6824023	10,1725715	13,1249118
Bao cubierta 5B	1,681	4,55	9,895	-1,33	1,716	7,64855	75,6824023	-10,1725715	13,1249118
Bao cubierta 6E	1,469	4,55	11,895	1,162	1,759	6,68395	79,5055853	7,7667499	11,7570681
Bao cubierta 6B	1,469	4,55	11,895	-1,162	1,759	6,68395	79,5055853	-7,7667499	11,7570681
Bao cubierta 7E	1,16	4,55	13,895	0,917	1,78	5,278	73,33781	4,839926	9,39484
Bao cubierta 7B	1,16	4,55	13,895	-0,917	1,78	5,278	73,33781	-4,839926	9,39484
Bao cubierta 8E	0,733	4,55	15,895	0,587	1,834	3,33515	53,0122093	1,95773305	6,1166651
Bao cubierta 8B	0,733	4,55	15,895	-0,587	1,834	3,33515	53,0122093	-1,95773305	6,1166651
SUMATORIO						45,8913	563,076014	0	80,7869699

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Mamparo 3 estanco	11,895	0	0,9889	48,77	60,665	0	48,228653
Mamparo 5 estanco	15,895	0	0,953	24,3	40,195	0	23,1579
Mamparo 1 estructural	7,895	0	0,884	51,46	59,355	0	45,49064
Mamparo 2 estructural	9,895	0	0,909	51,32	61,215	0	46,64988
Mamparo 4 estructural	13,895	0	0,94	36,62	50,515	0	34,4228
SUMATORIO				212,47	271,945	0	197,949873

Peso total estructura	2732,716
LCG*Ptotal	21528,26
TCG*Ptotal	0
VCG*Ptotal	1822,036

C.D.G ESTRUCTURA	
LCG	7,878
TCG	0,000
VCG	0,667

Peso y C.D.G. de la Maquinaria y Equipamientos

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Motor	8,54	0	0,32	173	1477,42	0	55,36
Calentador	7,79	0	0,3	40	311,6	0	12
Equipo de fondeo	17,56	0	1,2	100	1756	0	120
Bateria servicios E	6,5	-1,83	0,6	60	390	-109,8	36
Bateria servicios B	6,5	1,83	0,6	60	390	109,8	36
Bateria arranque	8	0	0,25	20	160	0	5
Generador	8,02	0	0,5	50	401	0	25
SUMATORIO				503	4886,02	0	289,36

Peso total maquinaria	563
LCG*Ptotal	5497,22
TCG*Ptotal	0
VCG*Ptotal	337,36

C.D.G MAQUINARIA	
LCG	9,764
TCG	0,000
VCG	0,599

Peso y C.D.G. de la Habitación

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Cocina	8,21	1,95	0,4	5	41,05	9,75	2
Litera	8	-1,3	0,5	15	120	-19,5	7,5
Centro de navegación y comunicaciones	8,4	0	1,05	40	336	0	42
W.C. químico	8,3	-1,95	0,2	5	41,5	-9,75	1
Despensa	7,8	1,3	0,4	15	117	19,5	6
SUMATORIO				80	655,55	0	58,5

C.D.G Habitación	
LCG	8,194
TCG	0,000
VCG	0,731

Peso y C.D.G. del Lastre

Zona	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Hoja de quilla	7,185	0	-1,8528	600	4311	0	-1111,68
Bulbo	6,8	0	-3,9559	2900	19720	0	-11472,11
SUMATORIO				3500	24031	0	-12583,79

Peso total Quilla	3500
LCG*Ptotal	24434,1
TCG*Ptotal	0
VCG*Ptotal	-12583,79

C.D.G QUILLA	
LCG	6,981
TCG	0,000
VCG	-3,595

Peso y C.D.G. del Aparejo

Zona	m	kg/m	LCG	TCG	VCG	Peso	LCG*P	TCG*P	VCG*P
Mástil	28	18,796	9,23	0	13,5	526,3	4857,749	0	7105,05
Botavara	9	5,756	4,395	0	3,035	51,8	227,661	0	157,213
Obenques D3 E	7,164	0,327	9,077	-0,747	26,45	2,342628	21,2640344	-1,74994312	61,9625106
Obenques D3 B	7,164	0,327	9,077	0,747	26,45	2,342628	21,2640344	1,74994312	61,9625106
Obenques D2 E	10,203	0,648	9,077	-1,002	17,953	6,611544	60,0129849	-6,62476709	118,697049
Obenques D2 B	10,203	0,648	9,077	1,002	17,953	6,611544	60,0129849	6,62476709	118,697049
Obenques V2 E	10,177	0,327	9,077	-1,7485	17,86	3,327879	30,2071577	-5,81879643	59,4359189
Obenques V2 B	10,177	0,327	9,077	1,7485	17,86	3,327879	30,2071577	5,81879643	59,4359189
Obenques D1 E	11,25	0,82	9,077	-1,175	7,535	9,225	83,735325	-10,839375	69,510375
Obenques D1 B	11,25	0,82	9,077	1,175	7,535	9,225	83,735325	10,839375	69,510375
Obenques V1 E	10,83	1	9,077	-2,177	7,453	10,83	98,30391	-23,57691	80,71599
Obenques V1 B	10,83	1	9,077	2,177	7,453	10,83	98,30391	23,57691	80,71599
Cruceta 1 E	2,356	2,1	9,077	-1,002	12,953	4,9476	44,9093652	-4,9574952	64,0862628
Cruceta 1 B	2,356	2,1	9,077	1,002	12,953	4,9476	44,9093652	4,9574952	64,0862628
Cruceta 2 E	1,503	1,32	9,077	-0,747	22,95	1,98396	18,0084049	-1,48201812	45,531882
Cruceta 2 B	1,503	1,32	9,077	0,747	22,95	1,98396	18,0084049	1,48201812	45,531882
SUMATORIO						656,637222	5798,29236	0	8262,14298

Peso total aparejo	656,637
LCG*Ptotal	5798,292
TCG*Ptotal	0
VCG*Ptotal	8262,14298

C.D.G APAREJO	
LCG	8,830
TCG	0,000
VCG	12,583

Peso en Rosca y C.D.G. del barco

Elemento	Peso	Lcg*P	Tcg*p	Vcg*P
Laminación Y Estructura	2732,716	21528,26	0	1822,036
Maquinaria	503	4886,02	0	289,36
Aparejo	656,637	5798,292	0	8262,14298
Lastre	3500	24434,1	0	-12583,79
Habilitación	80	655,55	0	58,5
SUMATORIO	7472,353	57302,222	0	-2151,75102

C.D.G ROSCA	
LCG	7,669
TCG	0,000
VCG	-0,288

ANEXO IV:

EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD

- Cálculo de equilibrio y estabilidad de la condición en rosca
 - Cálculo de equilibrio y estabilidad de la condición mínima operativa
 - Cálculo de equilibrio y estabilidad de la condición de desplazamiento en carga
 - Tablas Hidrostáticas
 - Tablas Isoclinas
-

CÁLCULO DE EQUILIBRIO EN LA CONDICIÓN DE ROSCA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO
(Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100);
Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en rosca

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Total Loadcase				7,473	7,669	0,000	-0,288		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,288			

Draft Amidsh. m	0,156
Displacement tonne	7,473
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,153
Draft at AP m	0,158
Draft at LCF m	0,156
Trim (+ve by stern) m	0,005
WL Length m	18,023
WL Beam m	4,485
Wetted Area m ²	74,923
Waterpl. Area m ²	61,235
Prismatic Coeff.	0,380
Block Coeff.	0,028
Midship Area Coeff.	0,075
Waterpl. Area Coeff.	0,758

LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,669
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,502
KB m	-0,149
KG fluid m	-0,288
BMT m	10,866
BML m	162,699
GMt corrected m	11,005
GML corrected m	162,838
KMt m	10,717
KML m	162,550
Immersion (TPc) tonne/cm	0,628
MTc tonne.m	0,673
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,435
Max deck inclination deg	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,011 m)		1,226
Deck Edge (freeboard pos = -0,011 m)		1,302
DF point	Downflooding point	1,443

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,140	m	1,443	Pass	+26,57

CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN LA CONDICIÓN DE ROSCA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO
(Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100);
Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en rosca

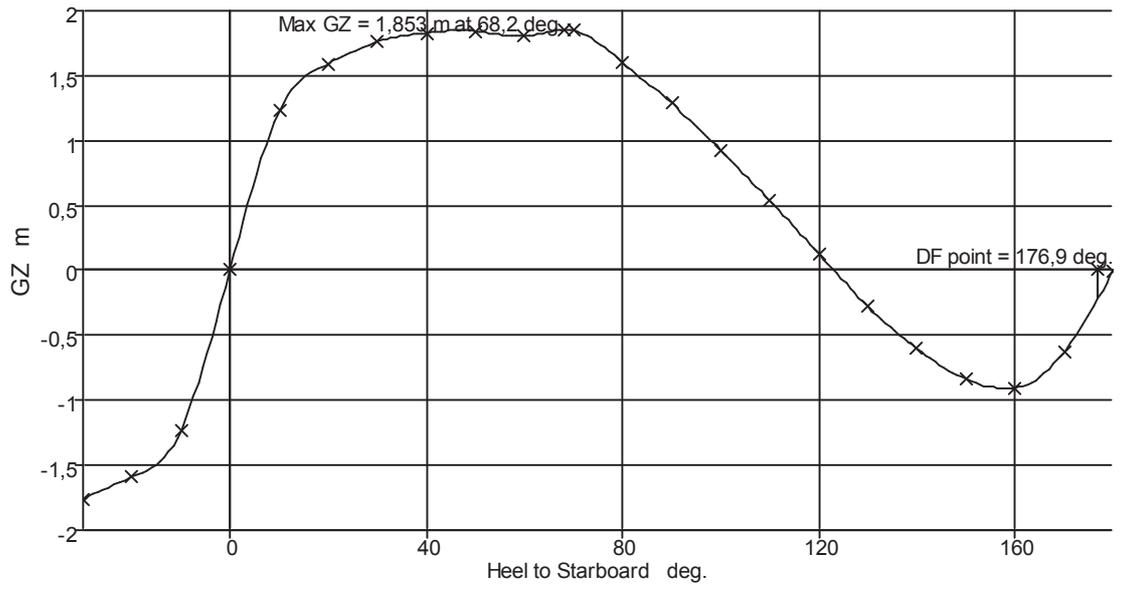
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Total Loadcase				7,473	7,669	0,000	-0,288		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,288			



ANEXOS

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	7,472	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473	7,473
Draft at FP m	-0,173	0,019	0,126	0,153	0,126	0,019	-0,172	-0,463	-0,911	-1,645	-3,040	-7,221	N/A	-9,138	-4,987	-3,586	-2,868	-2,427	-2,129	-1,925	-1,795	-1,734	-1,734
Draft at AP m	-0,807	-0,342	0,006	0,158	0,006	-0,342	-0,807	-1,430	-2,321	-3,715	-6,317	-13,909	N/A	-15,694	-8,073	-5,429	-4,036	-3,184	-2,584	-2,131	-1,774	-1,478	-1,478
WL Length m	15,980	16,764	18,063	18,023	18,063	16,764	15,981	15,372	14,908	14,217	13,999	14,054	14,562	15,106	15,601	16,067	16,546	17,067	17,713	18,214	18,200	18,196	18,196
Immersed Depth m	0,523	1,179	3,084	3,229	3,084	2,716	2,205	2,001	1,578	1,093	0,620	0,645	0,767	0,863	0,924	0,948	0,930	0,851	0,720	0,532	0,292	0,769	0,769
WL Beam m	5,267	4,802	4,486	4,485	4,486	4,802	3,795	3,795	4,384	5,195	2,165	3,837	1,596	1,449	1,439	1,444	2,459	2,764	3,244	4,034	4,379	5,327	5,327
Wetted Area m^2	40,085	46,634	57,029	74,922	57,029	46,634	41,192	38,224	35,975	33,024	29,623	28,068	28,227	28,901	29,853	31,003	33,532	36,876	40,020	44,292	50,024	71,006	71,006
Waterpl. Area m^2	26,472	30,906	41,270	61,235	41,270	30,906	26,473	24,615	23,716	21,737	20,174	19,060	18,244	17,856	17,772	17,993	19,699	22,108	24,539	28,355	32,653	38,606	38,606
Prismatic Coeff.	0,392	0,380	0,367	0,380	0,367	0,380	0,391	0,411	0,430	0,458	0,604	0,607	0,597	0,591	0,593	0,601	0,618	0,569	0,421	0,293	0,212	0,192	0,192
Block Coeff.	0,385	0,151	0,044	0,028	0,044	0,066	0,091	0,103	0,137	0,245	0,502	0,517	0,440	0,386	0,352	0,331	0,230	0,203	0,200	0,216	0,415	0,098	0,098
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,684	7,674	7,669	7,670	7,669	7,674	7,686	7,704	7,728	7,754	7,781	7,804	7,821	7,830	7,826	7,807	7,784	7,754	7,724	7,695	7,665	7,639	7,639
VCB from DWL m	-0,320	-0,335	-0,331	-0,306	-0,331	-0,335	-0,320	-0,291	-0,250	-0,218	-0,224	-0,240	-0,254	-0,266	-0,273	-0,275	-0,266	-0,235	-0,200	-0,173	-0,187	-0,287	-0,287
GZ m	-1,761	-1,594	-1,225	0,000	1,225	1,594	1,761	1,829	1,844	1,803	1,846	1,601	1,286	0,925	0,534	0,126	-0,278	-0,602	-0,840	-0,901	-0,621	0,000	0,000
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,727	7,871	7,956	7,502	7,956	7,872	7,728	7,635	7,604	7,655	7,660	7,658	7,750	7,839	7,906	7,953	7,873	7,861	7,928	8,149	8,551	9,402	9,402
TCF to zero pt. m	-1,742	-1,518	-1,061	0,000	1,061	1,518	1,742	1,856	1,858	1,690	1,499	1,225	0,918	0,582	0,234	-0,110	-0,370	-0,588	-0,786	-0,875	-0,945	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,1	50,1	60,1	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,2	179,2
Trim angle (+ve by stern) deg	-2,0	-1,1	-0,4	0,0	-0,4	-1,1	-2,0	-3,1	-4,5	-6,5	-10,3	-20,3	N/A	-19,9	-9,7	-5,8	-3,7	-2,4	-1,4	-0,7	0,1	0,8	0,8

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 7,412 m)		43,4
Deck Edge (immersion pos = 7,412 m)		45,5
DF point	Downflooding point	177,6

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin%
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle shall be greater than (>)	40,0	deg	176,9	Pass	+342,32
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability shall be greater than (>)	113,0	deg	123,0	Pass	+8,88
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	309,1,	m ²			
	height of centroid of AS	15	m			
	LH, Hydromax calculated	18,221	m			
	BH, Hydromax calculated	5,851	m			
	LWL, Hydromax calculated	18,023	m			
	BWL, Hydromax calculated	4,485	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-1.429	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	40,1	Pass	+25,31
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	7,473		
	height of waterline in current loading condition		m	0,156		
	phiD, actual downflooding angle		deg	176,9		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	123,0		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,0 to 123,0 deg.		m.deg	164,8454		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,286		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,210		
	FR		See ISO 12217-2	7,394		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	18,089		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	1,105		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,178		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	22,346		
	FDS, dynamic stability factor	(2,443)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,022)	See ISO 12217-2	1,022		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,491)	See ISO 12217-2	1,491		
	FDL, displacement-length factor	(0,843)	See ISO 12217-2	0,843		
	FBD, beam-displacement factor	(0,564)	See ISO 12217-2	0,750		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,966)	See ISO 12217-2	1,250		
ISO 12217-2:2002(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition) shall be greater than (>)	90,0	deg	123,0	Pass	+36,7

ANEXOS

ISO 12217-2:2002(E)	6.6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value)						Pass	
	Heeling arm = $A \cos^n(\phi)$							
	A =	1,200	m					
	n =	1,3						
	shall be less than (<)	45,0	deg	9,5			Pass	+78,99

CÁLCULO DE EQUILIBRIO EN LA CONDICIÓN MÍNIMA OPERATIVA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO (Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en la condición mínima operativa

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,225	0,225	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,244	0,244	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,361	7,305	0,103	-0,121		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,121			

Draft Amidsh. m	0,166
Displacement tonne	8,361
Heel to Starboard degrees	0,6
Draft at FP m	0,142
Draft at AP m	0,189
Draft at LCF m	0,170
Trim (+ve by stern) m	0,047
WL Length m	18,021
WL Beam m	4,570
Wetted Area m ²	77,704
Waterpl. Area m ²	62,359
Prismatic Coeff.	0,403
Block Coeff.	0,031
Midship Area Coeff.	0,078
Waterpl. Area Coeff.	0,757
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,305
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,421
KB m	-0,116
KG fluid m	-0,121
BMT m	10,356
BML m	147,899
GMt corrected m	10,361

ANEXOS

GML corrected m	147,905
KMt m	10,239
KML m	147,783
Immersion (TPc) tonne/cm	0,639
MTc tonne.m	0,684
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,512
Max deck inclination deg	0,6
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,011 m)		1,168
Deck Edge (freeboard pos = -0,011 m)		1,244
DF point	Downflooding point	1,42

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,140	m	1,420	Pass	+24,55

CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN LA CONDICIÓN MÍNIMA OPERATIVA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO
(Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100);
Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en la condición mínima operativa

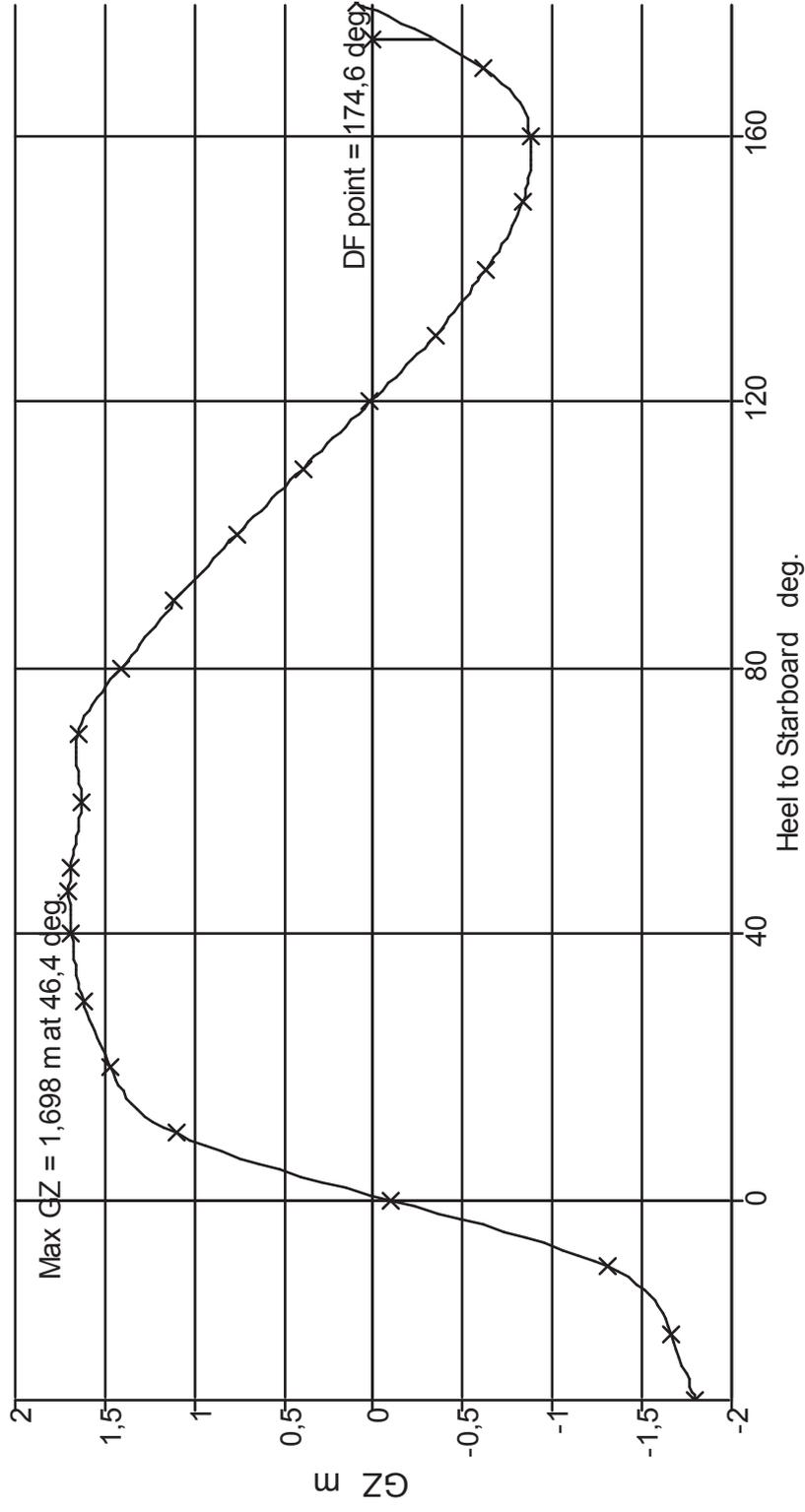
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	0%	0,000	0,040	0,000	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,225	0,225	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,244	0,244	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,361	7,305	0,103	-0,121		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,121			



ANEXOS

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	8,360	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,360	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361	8,361
Draft at FP m	-0,215	-0,011	0,108	0,143	0,108	-0,011	-0,216	-0,523	-0,992	-1,755	-3,198	-7,546	N/A	-9,511	-5,178	-3,708	-2,954	-2,490	-2,178	-1,961	-1,821	-1,748	-1,748
Draft at AP m	-0,713	-0,269	0,056	0,190	0,056	-0,269	-0,712	-1,311	-2,170	-3,507	-6,002	-13,255	N/A	-14,958	-7,694	-5,176	-3,862	-3,051	-2,476	-2,044	-1,701	-1,421	-1,421
WL Length m	15,814	16,575	18,003	18,021	18,003	16,575	15,811	15,216	14,767	14,390	14,138	14,019	14,451	14,976	15,454	15,914	16,384	16,892	17,512	18,217	18,203	18,199	18,199
Immersed Depth m	0,552	1,244	3,104	3,242	3,104	2,742	2,235	2,087	1,670	1,192	0,682	0,683	0,809	0,905	0,988	0,991	0,968	0,885	0,750	0,558	0,309	0,769	0,769
WL Beam m	5,317	4,846	4,530	4,579	4,530	4,846	5,317	3,803	4,322	5,097	2,158	3,490	1,575	1,458	1,455	1,472	2,557	2,860	3,346	4,131	4,398	5,728	5,728
Wetted Area m^2	41,764	48,534	59,290	76,396	59,291	48,535	41,787	39,261	37,906	35,306	31,937	30,304	30,313	31,074	32,028	33,207	36,397	39,126	41,973	46,385	53,172	85,292	85,292
Waterpl. Area m^2	27,758	32,321	43,231	62,478	43,231	32,323	27,756	25,962	24,617	22,694	21,087	19,693	18,933	18,482	18,433	18,748	21,130	23,071	25,248	29,135	33,854	52,006	52,006
Prismatic Coeff.	0,418	0,407	0,391	0,403	0,391	0,407	0,418	0,437	0,457	0,475	0,629	0,641	0,632	0,625	0,625	0,631	0,650	0,543	0,411	0,292	0,220	0,215	0,215
Block Coeff.	0,398	0,156	0,047	0,030	0,047	0,071	0,098	0,108	0,146	0,245	0,505	0,547	0,469	0,413	0,375	0,351	0,223	0,213	0,209	0,224	0,436	0,102	0,102
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,323	7,310	7,306	7,305	7,306	7,311	7,320	7,335	7,355	7,377	7,398	7,414	7,428	7,430	7,424	7,408	7,386	7,363	7,338	7,316	7,290	7,268	7,268
VCB from DWL m	-0,317	-0,327	-0,316	-0,286	-0,316	-0,327	-0,317	-0,292	-0,257	-0,230	-0,238	-0,254	-0,270	-0,282	-0,289	-0,291	-0,278	-0,247	-0,214	-0,187	-0,197	-0,283	-0,283
GZ m	-1,800	-1,659	-1,306	-0,103	1,105	1,466	1,623	1,685	1,689	1,632	1,651	1,407	1,108	0,765	0,397	0,017	-0,341	-0,629	-0,836	-0,872	-0,612	0,103	0,103
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,469	7,621	7,743	7,418	7,743	7,622	7,466	7,368	7,308	7,281	7,277	7,300	7,487	7,549	7,620	7,665	7,569	7,596	7,728	7,950	8,342	8,931	8,931
TCF to zero pt. m	-1,744	-1,507	-1,025	0,000	1,025	1,507	1,744	1,867	1,857	1,685	1,492	1,199	0,907	0,569	0,223	-0,118	-0,347	-0,586	-0,782	-0,868	-0,955	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,0	179,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,6	-0,8	-0,2	0,1	-0,2	-0,8	-1,6	-2,5	-3,7	-5,5	-8,8	-17,5	N/A	-16,8	-7,9	-4,6	-2,9	-1,8	-0,9	-0,3	0,4	1,0	1,0

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 6,852 m)		41,6
Deck Edge (immersion pos = 6,852 m)		43,8
DF point	Downflooding point	174,6

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle shall be greater than (>)	40,0	deg	174,6	Pass	+336,4
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability shall be greater than (>)	113,0	deg	120,5	Pass	+6,6
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	309,1	m ²			
	height of centroid of AS	15	m			
	LH, Hydromax calculated	18,221	m			
	BH, Hydromax calculated	5,851	m			
	LWL, Hydromax calculated	18,021	m			
	BWL, Hydromax calculated	4,579	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-1,406	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	39,4	Pass	+23,125
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	8,361		
	height of waterline in current loading condition		m	0,166		
	phiD, actual downflooding angle		deg	174,6		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	120,5		
	AGZ, area under righting lever curve, from 0,7 to 120,5 deg.		m.deg	146,3755		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,108		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,326		
	FR		See ISO 12217-2	7,135		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	18,088		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	1,105		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,061		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	20,226		
	FDS, dynamic stability factor	(2,169)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,006)	See ISO 12217-2	1,006		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,469)	See ISO 12217-2	1,469		
	FDL, displacement-length factor	(0,851)	See ISO 12217-2	0,851		
	FBD, beam-displacement factor	(0,603)	See ISO 12217-2	0,750		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	PDF, downflooding factor	(1,940)	See ISO 12217-2	1,250		

ANEXOS

ISO 12217-2:2002(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition) shall be greater than (>)	90,0	deg	120,5	Pass	+33,84
ISO 12217-2:2002(E)	6.6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value) Heeling arm = $A \cos^n(\phi)$ A = n = shall be less than (<)	1,200 1,3 45,0	m deg	10,9	Pass	+75,71

CÁLCULO DE EQUILIBRIO EN LA CONDICIÓN DE DESPLAZAMIENTO EN CARGA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO (Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en carga máxima

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specified
Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,500	7,318	-0,062	-0,134		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,134			

Draft Amidsh. m	0,168
Displacement tonne	8,460
Heel to Starboard degrees	0,8
Draft at FP m	0,146
Draft at AP m	0,189
Draft at LCF m	0,171
Trim (+ve by stern) m	0,043
WL Length m	18,022
WL Beam m	4,569
Wetted Area m ²	77,768
Waterpl. Area m ²	62,411
Prismatic Coeff.	0,405
Block Coeff.	0,031
Midship Area Coeff.	0,078
Waterpl. Area Coeff.	0,758
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,337
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,432
KB m	-0,113
KG fluid m	-0,137
BMT m	10,238

ANEXOS

BML m	146,524
GMt corrected m	10,263
GML corrected m	146,550
KMt m	10,125
KML m	146,411
Immersion (TPc) tonne/cm	0,640
MTc tonne.m	0,686
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,515
Max deck inclination deg	0,8
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,011 m)		1,158
Deck Edge (freeboard pos = -0,011 m)		1,234
DF point	Downflooding point	1,418

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,140	m	1,418	Pass	+24,38

CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN LA CONDICIÓN DE DESPLAZAMIENTO EN CARGA

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: G:\PROYECTO FIN DE CARRERA IMOCA ultima modificación\Maxsurf\DISEÑO DEFINITIVO

(Highest precision, 53 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %: 0,01000(0,100);

Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Desplazamiento en carga máxima

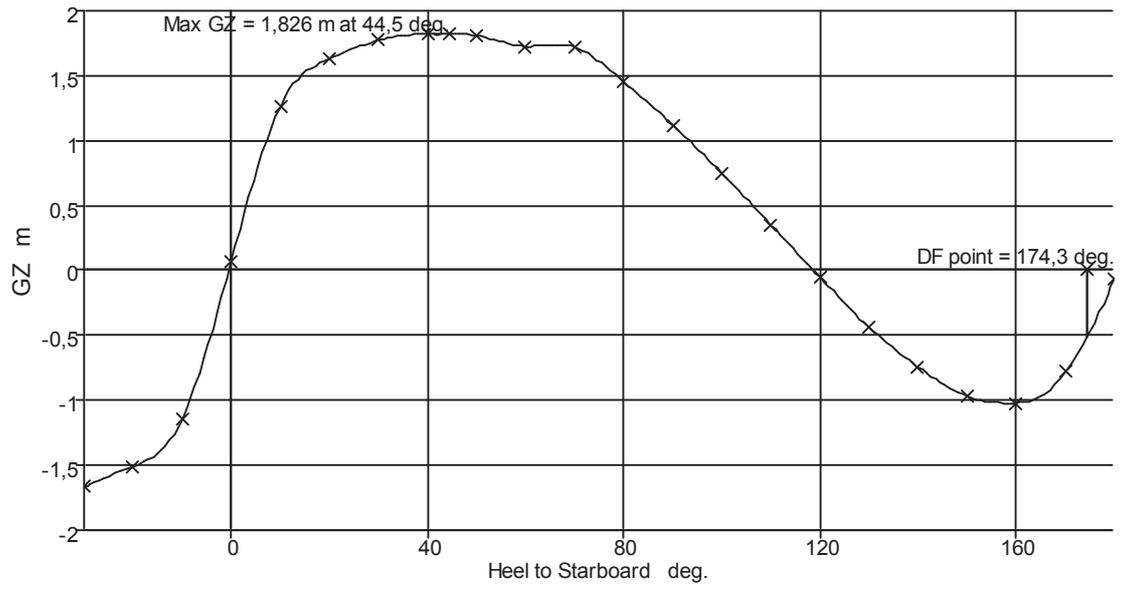
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	0,000	-3,595	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specified
Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,500	7,318	-0,062	-0,134		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,134			



ANEXOS

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,459	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460	8,460
Draft at FP m	-0,204	-0,003	0,113	0,146	0,113	-0,003	-0,205	-0,509	-0,974	-1,729	-3,158	-7,460	N/A	-9,425	-5,135	-3,680	-2,933	-2,475	-2,167	-1,953	-1,816	-1,745	-1,420
Draft at AP m	-0,714	-0,269	0,057	0,190	0,057	-0,269	-0,713	-1,313	-2,173	-3,510	-6,006	-13,265	N/A	-14,968	-7,699	-5,179	-3,864	-3,053	-2,477	-2,044	-1,700	-1,420	-1,199
WL Length m	15,873	16,635	18,035	18,022	18,035	16,635	15,869	15,270	14,817	14,440	14,186	14,068	14,497	15,021	15,500	15,960	16,429	16,939	17,560	18,217	18,203	18,199	18,199
Immersed Depth m	0,556	1,244	3,106	3,243	3,106	2,745	2,239	2,087	1,669	1,190	0,681	0,689	0,814	0,911	0,973	0,997	0,973	0,889	0,754	0,562	0,312	0,169	0,169
WL Beam m	5,317	4,846	4,530	4,586	4,530	4,846	5,317	3,804	4,313	5,086	2,158	3,497	1,596	1,461	1,459	1,477	2,561	2,864	3,351	4,135	4,399	5,727	5,727
Wetted Area m^2	42,280	48,804	59,570	76,557	59,571	48,805	43,267	39,210	38,728	35,930	31,904	30,562	30,447	31,290	32,248	33,434	36,642	39,387	42,255	46,705	53,570	66,908	66,908
Waterpl. Area m^2	27,958	32,551	43,483	62,623	43,484	32,551	27,955	26,143	24,739	22,794	21,178	19,843	18,945	18,576	18,536	18,863	21,261	23,215	25,412	29,331	34,092	54,929	54,929
Prismatic Coeff.	0,419	0,407	0,392	0,406	0,392	0,407	0,419	0,437	0,458	0,475	0,629	0,640	0,632	0,624	0,624	0,630	0,650	0,543	0,412	0,294	0,222	0,217	0,217
Block Coeff.	0,397	0,157	0,047	0,031	0,047	0,071	0,099	0,109	0,148	0,247	0,509	0,546	0,469	0,413	0,375	0,351	0,223	0,213	0,210	0,225	0,437	0,103	0,103
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,356	7,343	7,338	7,338	7,338	7,343	7,352	7,367	7,386	7,408	7,430	7,446	7,461	7,463	7,457	7,442	7,420	7,396	7,371	7,349	7,323	7,302	7,302
VCB from DWL m	-0,317	-0,326	-0,315	-0,284	-0,315	-0,326	-0,317	-0,292	-0,258	-0,232	-0,240	-0,256	-0,272	-0,284	-0,291	-0,292	-0,279	-0,248	-0,215	-0,187	-0,197	-0,281	-0,281
GZ m	-1,840	-1,698	-1,343	-0,140	1,067	1,435	1,598	1,666	1,678	1,627	1,652	1,415	1,123	0,787	0,425	0,051	-0,302	-0,586	-0,791	-0,828	-0,573	0,140	0,140
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,501	7,652	7,763	7,427	7,763	7,652	7,498	7,399	7,339	7,312	7,307	7,351	7,489	7,580	7,651	7,697	7,599	7,626	7,759	7,981	8,366	8,905	8,905
TCF to zero pt. m	-1,739	-1,501	-1,019	0,000	1,019	1,501	1,740	1,865	1,853	1,682	1,489	1,198	0,904	0,570	0,224	-0,116	-0,344	-0,582	-0,777	-0,862	-0,950	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,0	179,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,6	-0,8	-0,2	0,1	-0,2	-0,8	-1,6	-2,5	-3,8	-5,6	-9,0	-17,8	N/A	-17,1	-8,1	-4,7	-2,9	-1,8	-1,0	-0,3	0,4	1,0	1,0

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 6,852 m)		41,4
Deck Edge (immersion pos = 6,852 m)		43,6
DF point	Downflooding point	174,5

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle shall be greater than (>)	40,0	deg	174,5	Pass	+336,14
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability shall be greater than (>)	113,0	deg	121,4	Pass	+7,41
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	309,1	m ²			
	height of centroid of AS	15	m			
	LH, Hydromax calculated	18,221	m			
	BH, Hydromax calculated	5,851	m			
	LWL, Hydromax calculated	18,022	m			
	BWL, Hydromax calculated	4,586	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-1,402	m			
	STIX value shall be greater than (>)	32,0	See ISO 12217-2	40,1	Pass	+25,31
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	8,460		
	height of waterline in current loading condition		m	0,168		
	phiD, actual downflooding angle		deg	174,5		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	121,4		
	AGZ, area under righting lever curve, from 1,0 to 121,4 deg.		m.deg	145,8487		
	Gz90, righting lever at 90 deg		m	1,123		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-0,296		
	FR		See ISO 12217-2	7,318		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	18,088		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	1,105		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,049		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	19		
	FDS, dynamic stability factor	(2,161)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(1,014)	See ISO 12217-2	1,014		

ANEXOS

	FKR, knockdown recovery factor	(1,485)		See ISO 12217-2	1,485	
	FDL, displacement-length factor	(0,852)		See ISO 12217-2	0,852	
	FBD, beam-displacement factor	(0,607)		See ISO 12217-2	0,750	
	FWM, wind moment factor	(1,000)		See ISO 12217-2	1,000	
	FDF, downflooding factor	(1,938)		See ISO 12217-2	1,250	
ISO 12217-2:2002(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded condition)					Pass
	shall be greater than (>)	90,0		deg	121,4	Pass +34,86
ISO 12217-2:2002(E)	6.6 Wind stiffness test (angle of equilibrium with heel arm less than specified value)					Pass
	Heeling arm = $A \cos^n(\phi)$	1,200		m		
	A =	1,3				
	n =	45,0		deg	11,5	Pass +74,48
	shall be less than (<)					
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax					Pass
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0		deg	0,0	
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0		deg	30,0	
	angle of max. GZ	47,3		deg		
	lower heel angle	0,0		deg		
	required GZ area at lower heel angle	4,8700		m.deg		
	higher heel angle	30,0		deg		
	required GZ area at higher heel angle	3,1510		m.deg		
	shall be greater than (>)	3,1510		m.deg	33,3743	Pass +959,17

CÁLCULO DE EQUILIBRIO EN LA CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN EN CEÑIDA CON LA QUILLA A 40°

Loadcase - Navegación en ceñida (quilla a 40°)

Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	-1,250	-3,580	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specified
Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,500	7,318	-0,577	-0,128		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,128			

Draft Amidsh. m	0,160
Displacement tonne	8,500
Heel to Starboard degrees	-3,4
Draft at FP m	0,142
Draft at AP m	0,178
Draft at LCF m	0,163
Trim (+ve by stern) m	0,036
WL Length m	18,021
WL Beam m	4,295
Wetted Area m ²	74,337
Waterpl. Area m ²	58,870
Prismatic Coeff.	0,405
Block Coeff.	0,033
Midship Area Coeff.	0,084
Waterpl. Area Coeff.	0,761

ANEXOS

LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,318
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,511
KB m	-0,128
KG fluid m	-0,128
BMt m	8,522
BML m	138,084
GMt corrected m	8,556
GML corrected m	138,118
KMt m	8,394
KML m	137,956
Immersion (TPc) tonne/cm	0,603
MTc tonne.m	0,650
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,269
Max deck inclination deg	3,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = -0,011 m)		1,046
Deck Edge (freeboard pos = -0,011 m)		1,121
DF point	Downflooding point	1,447

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.2 Downflooding height at equilibrium				Pass	
	the min. freeboard of the	DownfloodingPoints				
	shall be greater than (>)	1,140	m	1,447	Pass	+26,93

CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN LA CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN EN CEÑIDA CON LA QUILLA A 40°

Loadcase - Navegación en ceñida (quilla a 40°)

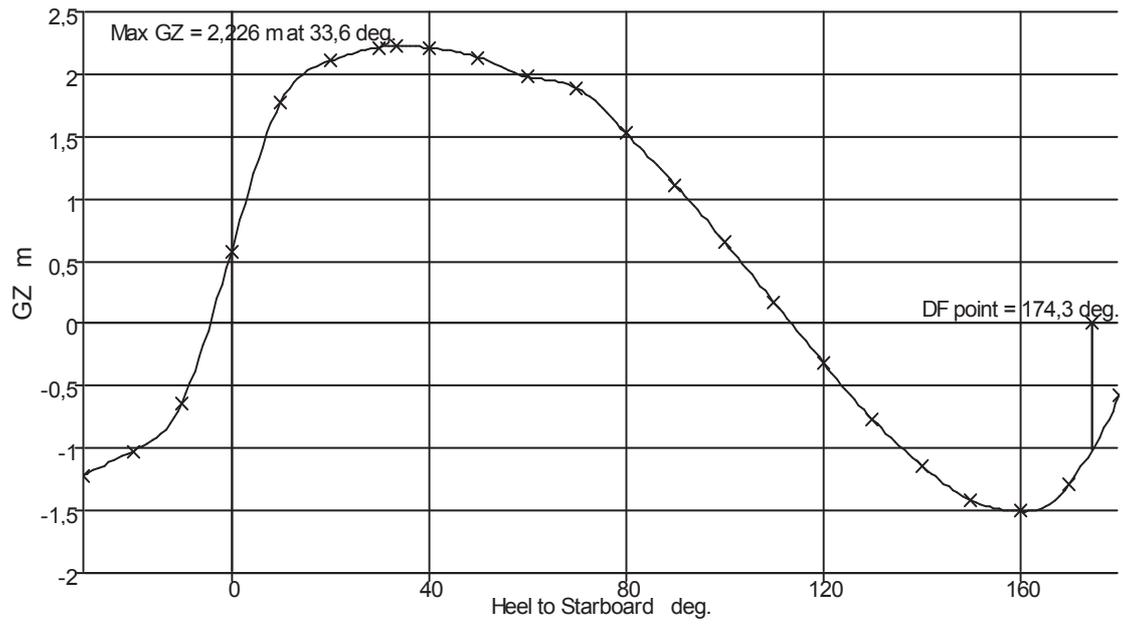
Damage Case - Intact

Free to Trim

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

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Soundin g m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Peso laminado	1		2,733	2,733	7,870	0,000	0,662	0,000	0,000	User Specified
Maquinaria	1		0,503	0,503	9,764	0,000	0,599	0,000	0,000	User Specified
Habilitación	1		0,080	0,080	8,194	0,000	0,731	0,000	0,000	User Specified
Lastre Fijo	1		3,500	3,500	6,981	-1,250	-3,580	0,000	0,000	User Specified
Aparejo	1		0,657	0,657	8,830	0,000	12,583	0,000	0,000	User Specified
Gasoil E	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	-2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre E	100%	0,260	0,399	0,399	5,561	-2,265	0,342		0,000	Maximum
Lastre B	0%	0,000	0,399	0,000	5,561	2,265	0,342		0,000	Maximum
Gasoil B	100%	0,198	0,040	0,040	3,156	2,380	0,338		0,000	Maximum
Lastre Pr	0%	0,000	0,399	0,000	12,965	0,000	0,330		0,000	Maximum
Tripulación	1		0,200	0,200	3,000	2,500	2,100	0,000	0,000	User Specified
Equipo seguridad	1		0,050	0,050	3,000	-2,500	2,000	0,000	0,000	User Specified
Quillas abatibles	1		0,020	0,020	7,000	0,000	2,100	0,000	0,000	User Specified
Agua reserva	1		0,267	0,267	5,500	0,000	1,000	0,000	0,000	User Specified
Potabilizadora	1		0,011	0,011	5,500	0,000	1,500	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,500	7,318	-0,577	-0,128		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							-0,128			



ANEXOS

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,499	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500	8,500
Draft at FP m	-0,209	-0,006	0,112	0,146	0,112	-0,005	-0,206	-0,508	-0,969	-1,719	-3,137	-7,413	N/A	-9,379	-5,117	-3,672	-2,931	-2,476	-2,169	-1,956	-1,818	-1,746	-1,746
Draft at AP m	-0,707	-0,265	0,059	0,191	0,059	-0,266	-0,709	-1,310	-2,171	-3,511	-6,011	-13,278	N/A	-14,979	-7,701	-5,177	-3,860	-3,048	-2,472	-2,040	-1,696	-1,417	-1,417
WL Length m	15,851	16,617	18,027	18,022	18,028	16,625	15,866	15,275	14,830	14,459	14,210	14,095	14,523	15,045	15,518	15,972	16,434	16,937	17,551	18,217	18,203	18,199	18,199
Immersed Depth m	0,557	1,248	3,107	3,244	3,107	2,746	2,240	2,089	1,670	1,190	0,680	0,691	0,816	0,914	0,976	0,999	0,975	0,891	0,755	0,563	0,313	0,769	0,769
WL Beam m	5,320	4,848	4,532	4,590	4,532	4,848	5,319	3,805	4,309	5,081	2,158	3,508	1,596	1,463	1,460	1,479	2,564	2,868	3,355	4,140	4,400	5,765	5,765
Wetted Area m^2	42,114	48,877	59,664	76,613	59,665	48,884	42,253	40,165	38,250	36,064	32,044	30,665	30,533	31,376	32,337	33,526	36,869	39,478	42,336	46,790	53,700	87,973	87,973
Waterpl. Area m^2	27,999	32,601	43,563	62,668	43,564	32,609	28,013	26,204	24,783	22,833	21,218	19,915	18,986	18,617	18,577	18,905	21,436	23,252	25,440	29,357	34,134	55,965	55,965
Prismatic Coeff.	0,420	0,409	0,393	0,407	0,393	0,409	0,420	0,438	0,458	0,476	0,628	0,639	0,631	0,624	0,624	0,630	0,650	0,543	0,411	0,294	0,223	0,218	0,218
Block Coeff.	0,398	0,157	0,047	0,031	0,047	0,071	0,099	0,109	0,148	0,248	0,511	0,545	0,468	0,412	0,375	0,351	0,223	0,213	0,210	0,225	0,438	0,103	0,103
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,327	7,320	7,318	7,318	7,319	7,327	7,341	7,363	7,390	7,420	7,448	7,468	7,482	7,482	7,471	7,448	7,418	7,387	7,356	7,329	7,302	7,282	7,282
VCB from DWL m	-0,317	-0,325	-0,314	-0,284	-0,314	-0,325	-0,317	-0,292	-0,258	-0,233	-0,241	-0,257	-0,272	-0,284	-0,292	-0,293	-0,280	-0,249	-0,215	-0,188	-0,198	-0,281	-0,281
GZ m	-1,217	-1,022	-0,636	0,577	1,772	2,106	2,216	2,211	2,133	1,978	1,888	1,531	1,114	0,654	0,172	-0,315	-0,769	-1,140	-1,417	-1,506	-1,284	-0,577	-0,577
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,480	7,635	7,751	7,422	7,752	7,641	7,491	7,397	7,344	7,323	7,323	7,379	7,509	7,597	7,664	7,703	7,598	7,622	7,751	7,969	8,354	8,809	8,809
TCF to zero pt. m	-1,740	-1,501	-1,018	0,000	1,018	1,501	1,739	1,865	1,852	1,681	1,488	1,198	0,904	0,570	0,225	-0,115	-0,338	-0,582	-0,777	-0,862	-0,951	0,000	0,000
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,1	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	179,0	179,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,6	-0,8	-0,2	0,1	-0,2	-0,8	-1,6	-2,5	-3,8	-5,7	-9,0	-18,0	N/A	-17,2	-8,1	-4,8	-2,9	-1,8	-1,0	-0,3	0,4	1,0	1,0

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 6,852 m)		41,3
Deck Edge (immersion pos = 6,852 m)		43,6
DF point	Downflooding point	174,3

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
ISO 12217-2:2002(E)	6.2.3 Downflooding angle shall be greater than ($>$)	40,0	deg	174,3	Pass	+335,86
ISO 12217-2:2002(E)	6.3 Angle of vanishing stability shall be greater than ($>$)	113,0	deg	121	Pass	+7,08
ISO 12217-2:2002(E)	6.4 STIX				Pass	
	delta	0	See ISO 12217-2			
	AS, sail area ISO 8666	309,1	m ²			
	height of centroid of AS	15	m			
	LH, Hydromax calculated	18,221	m			
	BH, Hydromax calculated	5,851	m			
	LWL, Hydromax calculated	18,022	m			
	BWL, Hydromax calculated	4,590	m			
	height of immersed profile area centroid, Hydromax calculated	-1,402	m			
	STIX value shall be greater than ($>$)	32,0	See ISO 12217-2	40	Pass	+25
	Intermediate values					
	m, mass of boat in current loading condition		tonne	8,500		
	height of waterline in current loading condition		m	0,168		
	phiD, actual downflooding angle		deg	174,3		
	PhiV, actual angle of vanishing stability		deg	113,5		
	AGZ, area under righting lever curve, from -4,2 to 113,5 deg.		m.deg	182,8457		
	GZ90, righting lever at 90 deg		m	1,114		
	GZD, righting lever at downflooding angle		m	-1,019		
	FR		See ISO 12217-2	7,297		
	LBS, weighted average length		See ISO 12217-2	18,088		
	FL, length factor		See ISO 12217-2	1,105		
	FB, beam factor		See ISO 12217-2	3,045		
	VAW, steady apparent wind speed		m/s	20		
	FDS, dynamic stability factor	(2,709)	See ISO 12217-2	1,500		
	FIR, inversion recovery factor	(0,948)	See ISO 12217-2	0,948		
	FKR, knockdown recovery factor	(1,483)	See ISO 12217-2	1,483		
	FDL, displacement-length factor	(0,852)	See ISO 12217-2	0,852		
	FBD, beam-displacement factor	(0,608)	See ISO 12217-2	0,750		
	FWM, wind moment factor	(1,000)	See ISO 12217-2	1,000		
	FDF, downflooding factor	(1,937)	See ISO 12217-2	1,250		
ISO 12217-2:2002(E)	6.5 Knockdown-recovery test (angle of vanishing stability in flooded)				Pass	

ANEXOS

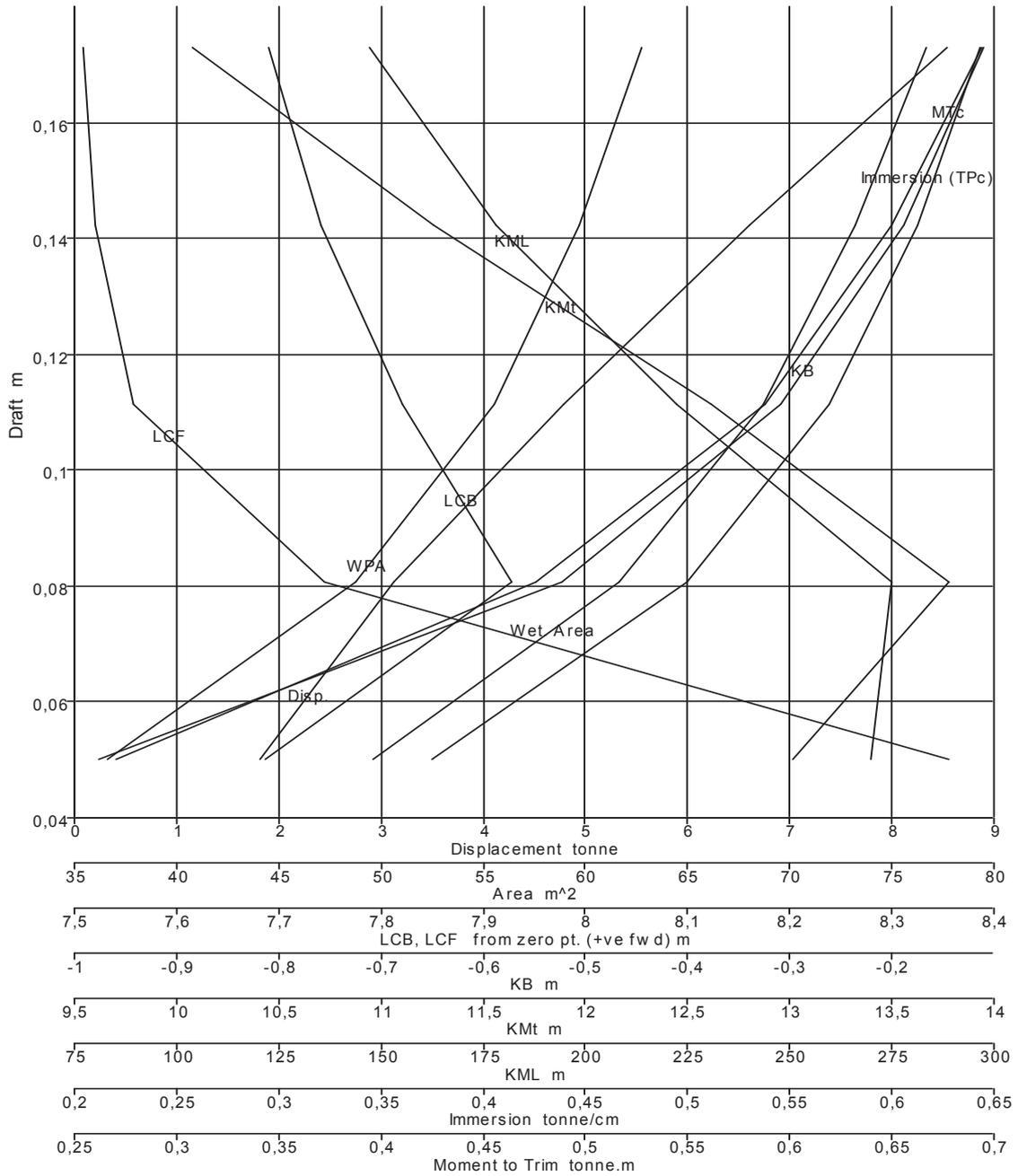
	condition)								
	shall be greater than (>)	90,0		deg	113,5		Pass	+26,13	
Part 170, Stability requirements for all inspected vessels	170.173: c5 - Area 0 to angle of GZmax						Pass		
	from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0		deg	0,0				
	spec. heel angle								
	spec. heel angle	30,0		deg	30,0				
	angle of max. GZ	33,6		deg					
	lower heel angle	0,0		deg					
	required GZ area at lower heel angle	4,8700		m.deg					
	higher heel angle	30,0		deg					
	required GZ area at higher heel angle	3,1510		m.deg					
	shall be greater than (>)	3,1510		m.deg	53,8694		Pass	+1609,6	

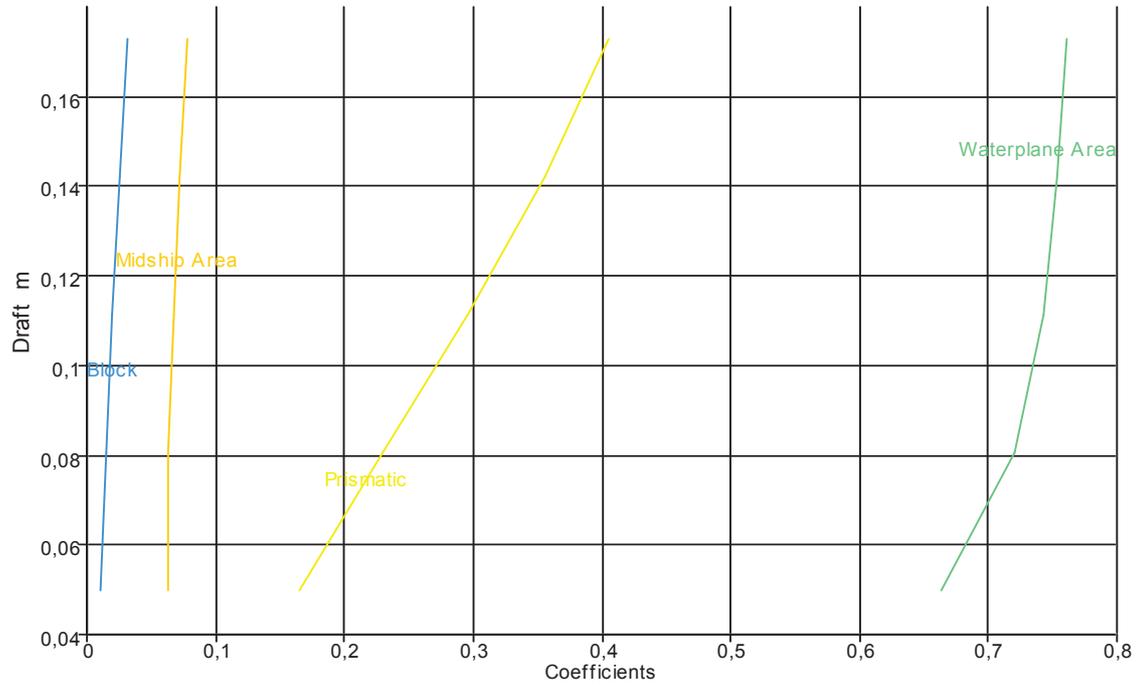
TABLAS HIDROSTÁTICAS

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

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

Draft Amidsh. m	0,173	0,142	0,111	0,081	0,050
Displacement tonne	8,536	6,603	4,782	3,127	1,814
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,173	0,142	0,111	0,081	0,050
Draft at AP m	0,173	0,142	0,111	0,081	0,050
Draft at LCF m	0,173	0,142	0,111	0,081	0,050
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	18,026	18,021	17,982	17,652	16,611
WL Beam m	4,574	4,396	4,161	4,077	4,077
Wetted Area m ²	76,692	73,233	68,692	61,654	49,639
Waterpl. Area m ²	62,780	59,731	55,533	48,725	36,598
Prismatic Coeff.	0,405	0,356	0,296	0,229	0,165
Block Coeff.	0,031	0,025	0,020	0,014	0,010
Midship Area Coeff.	0,078	0,072	0,067	0,063	0,063
Waterpl. Area Coeff.	0,761	0,754	0,742	0,720	0,663
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	7,690	7,741	7,820	7,927	7,686
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	7,509	7,520	7,558	7,745	8,356
KB m	-0,110	-0,189	-0,309	-0,523	-0,977
KG m	0,173	0,173	0,173	0,173	0,173
BMt m	10,188	11,450	12,927	14,304	13,992
BML m	147,234	178,307	222,687	275,557	270,663
GMt m	9,904	11,089	12,445	13,607	12,843
GML m	146,950	177,945	222,205	274,861	269,514
KMt m	10,077	11,262	12,618	13,780	13,016
KML m	147,123	178,118	222,378	275,034	269,687
Immersion (TPc) tonne/cm	0,643	0,612	0,569	0,499	0,375
MTc tonne.m	0,694	0,650	0,588	0,476	0,271
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,475	1,278	1,039	0,743	0,407
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



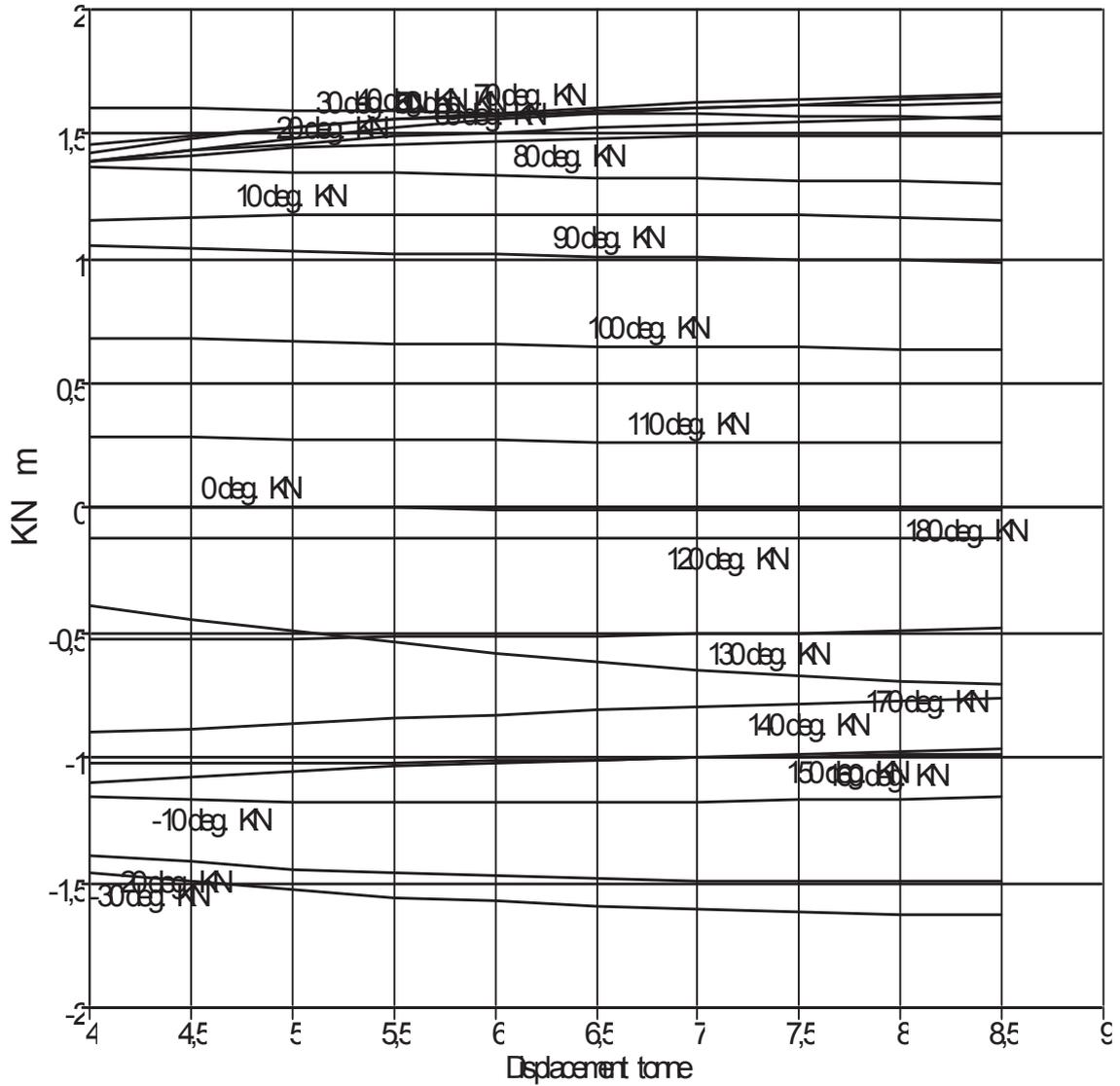


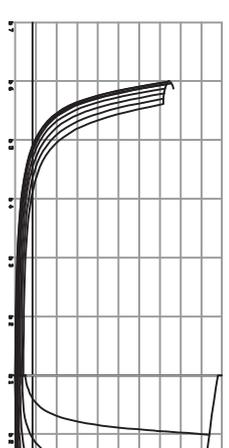
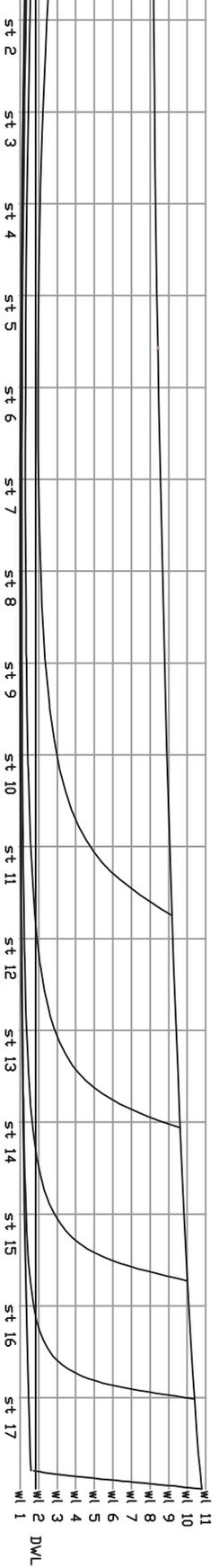
TABLAS ISOCLINAS

Initial Trim = 0 m (+ve by stern)

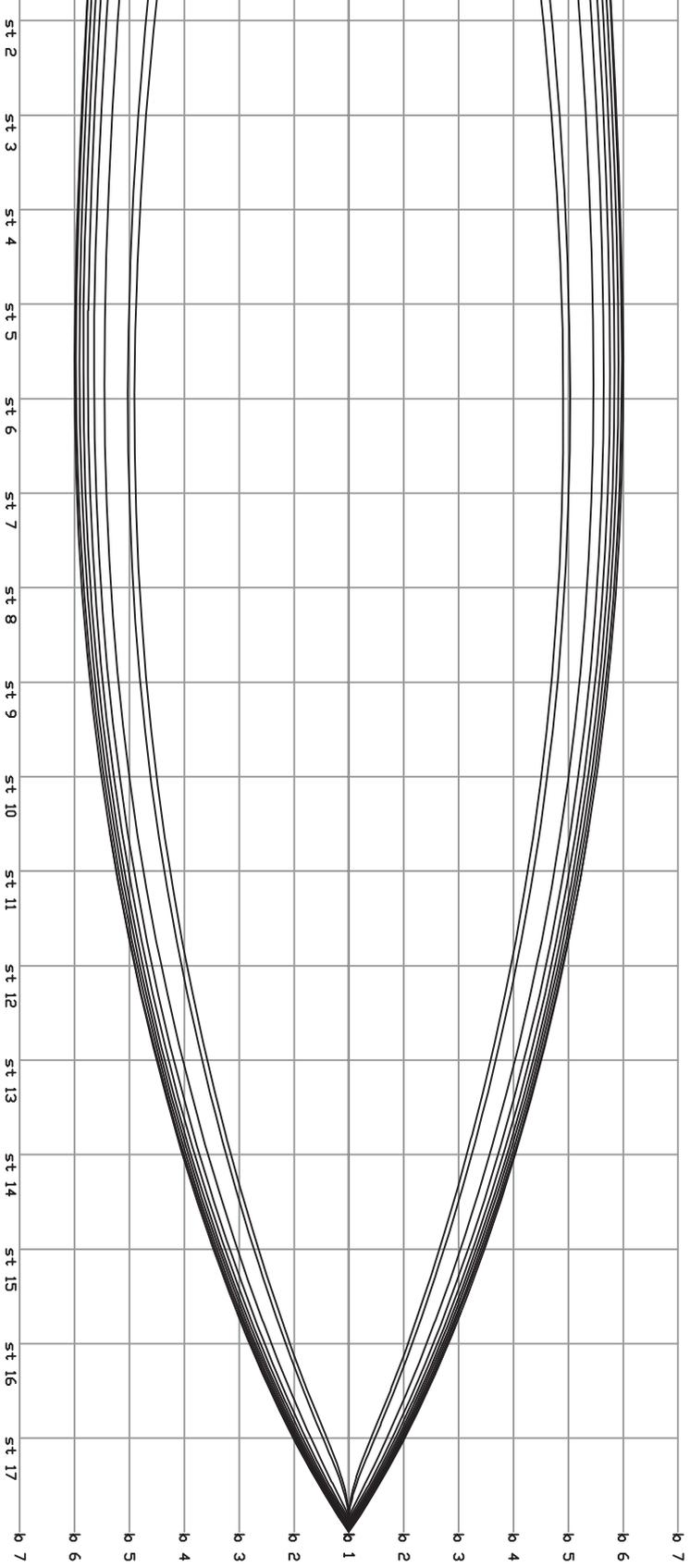
Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

VCG = 0 m





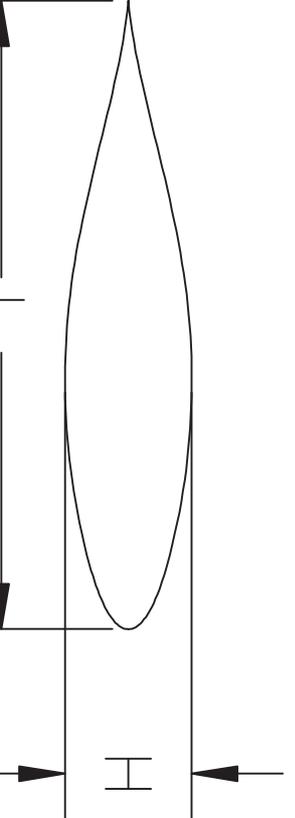
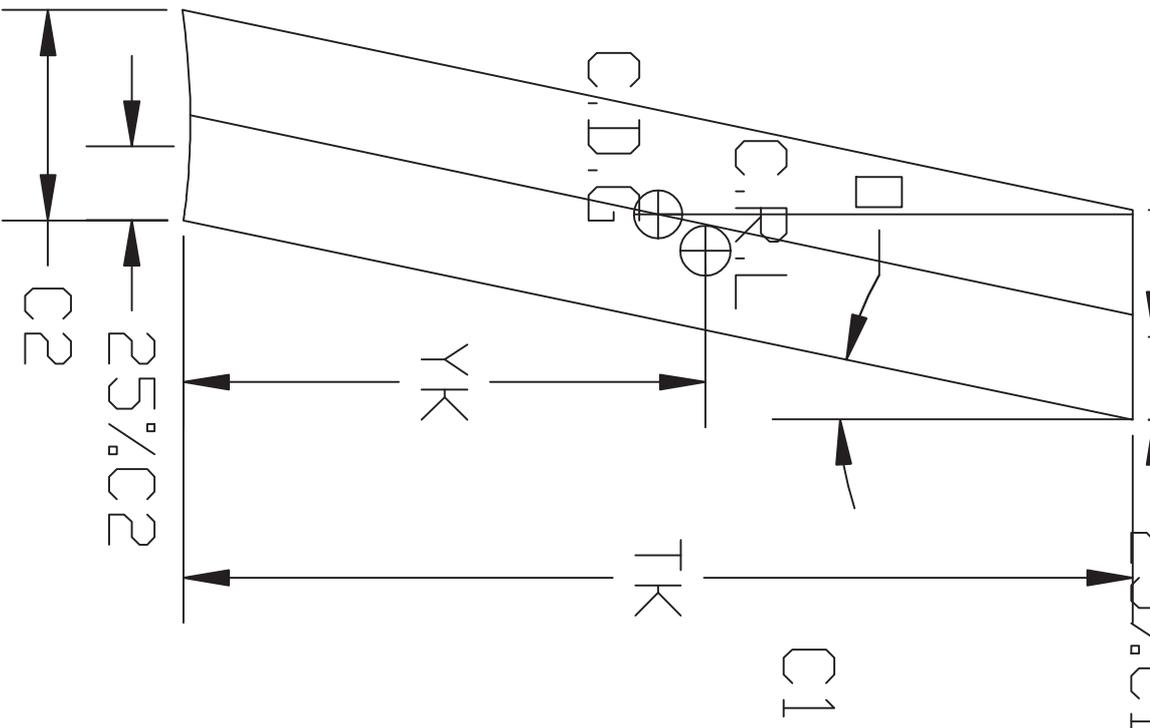
Característica	
DESPLAZAMIENTO D.C.	7,1
LWL	18
CP	0,6
Cb	0,5
LCB desde la maestra	-1
Gmt	15



ción entre longitudinales: 650 mm

ción entre cuadernas: 1000 mm

ción entre líneas de agua: 500 mm

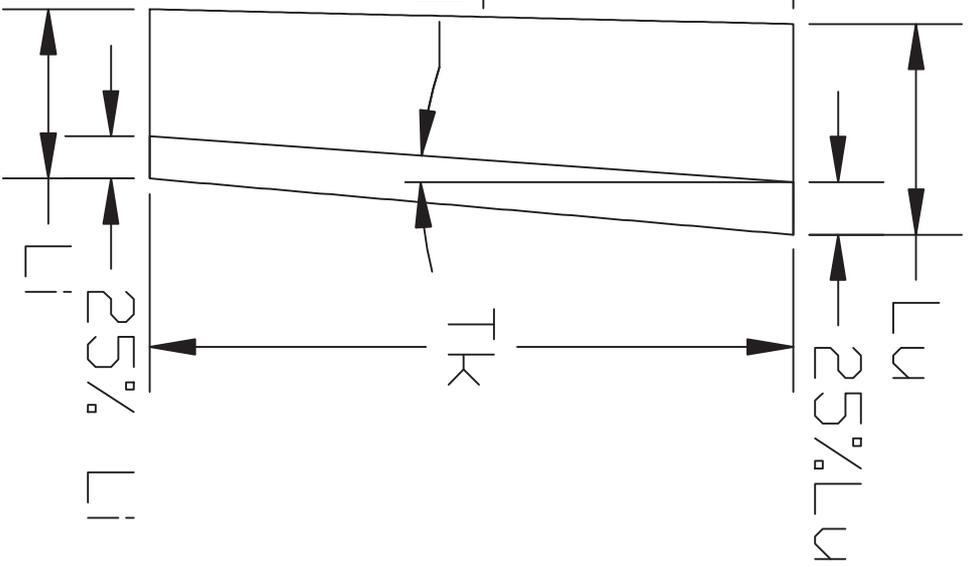


PARÁMETROS DE LA HDJ
Superficie Proyectada:
Calada de la orza: TK
Cuerda media: Cm
Relación de Aspecto: A
AR efectiva: AR _e
Relación de afinamiento:
Cuerda base: C1
Cuerda extremo C2
ángulo de barrido: θ
Peso: P
Desplazamiento: D
NACA
Yk
Xg

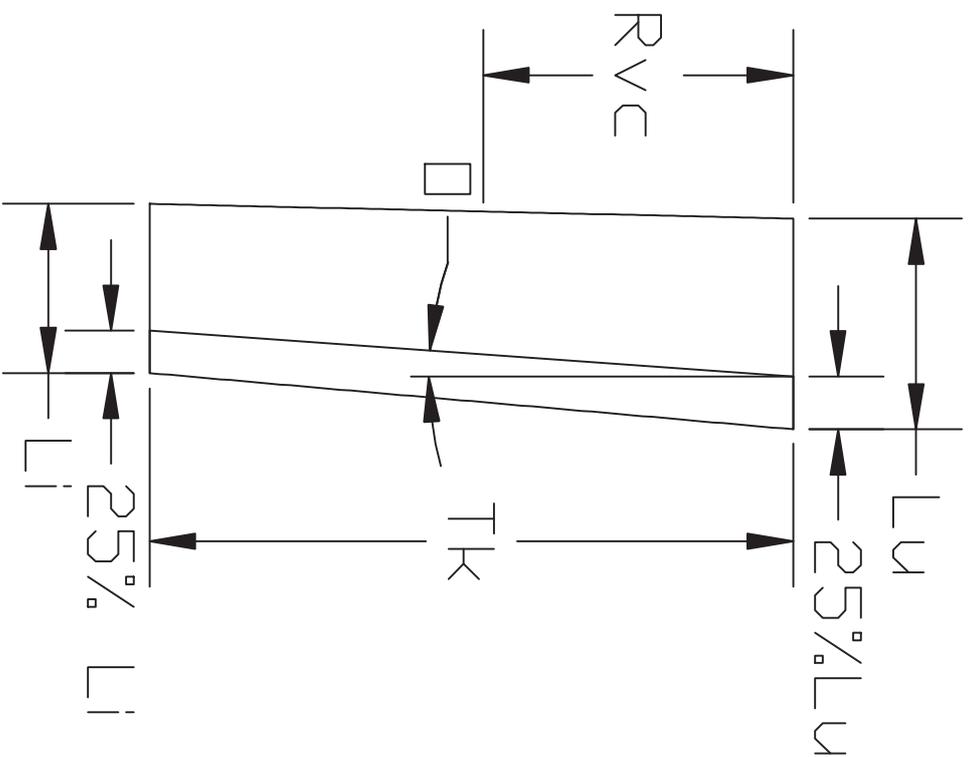
PARÁMETROS DEL BULBO
Eslora
Manga
Puntal
Volumen
Densidad Plomo
Peso

PARÁMETROS DEL TIMÓN	
Superficie Projectada: SP	1,8
Calada de la orza: Tk	2,5
Cuerda media: Cm	0,7
Relación de Aspecto: AR	3,3
AR efectiva: ARE	5,0
Cuerda base: Lu	0,8
Cuerda extremo Li	0,6
NACA	00-
ángulo de barrido: Δ	20°

MECHA DEL TIMÓN	
Rvc	1,2
Diámetro Mecha	7,7
Xlc	9,0
I	71,



BABOR



ESTRIBOR

D3

Crucetas piso 2



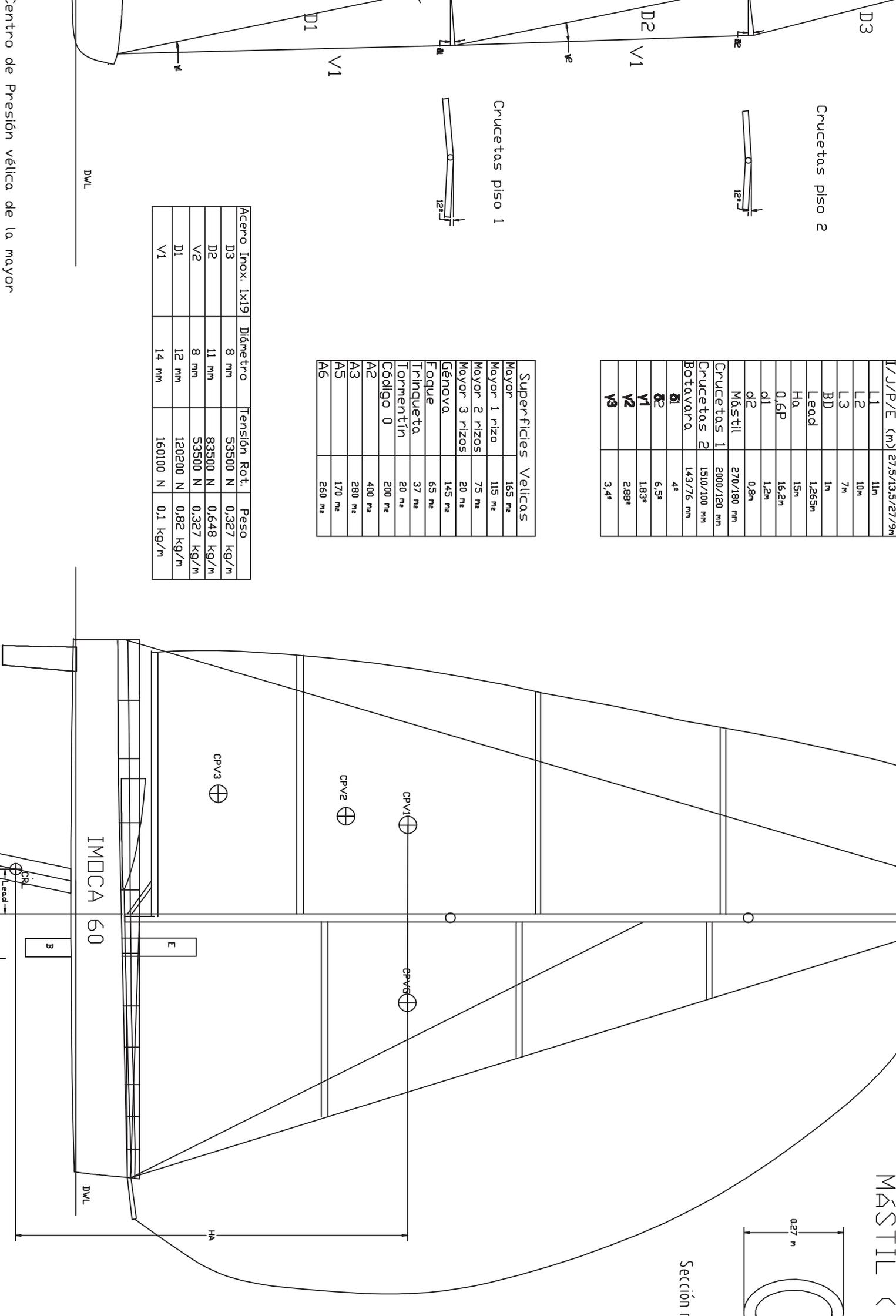
L/J/P/E (m)	27,5/13,5/27/9m
L1	11m
L2	10m
L3	7m
BD	1m
Lead	1,265m
Ha	15m
0.6P	16,2m
d1	1,2m
d2	0,8m
Mástil	270/180 mm
Crucetas 1	2000/120 mm
Crucetas 2	1510/100 mm
Botavara	143/76 mm
d1	4"
d2	6,5"
V1	1,83°
V2	2,88°
V3	3,4°

Crucetas piso 1



Superficies Vellicas	
Mayor	165 m ²
Mayor 1 rizo	115 m ²
Mayor 2 rizos	75 m ²
Mayor 3 rizos	20 m ²
Génova	145 m ²
Foque	65 m ²
Trinqueta	37 m ²
Tormentín	20 m ²
Código 0	200 m ²
A2	400 m ²
A3	280 m ²
A5	170 m ²
A6	260 m ²

Acero Inox. Ix19	Diametro	Tensión Rot.	Peso
D3	8 mm	53500 N	0,327 kg/m
D2	11 mm	83500 N	0,648 kg/m
V2	8 mm	53500 N	0,327 kg/m
D1	12 mm	120200 N	0,82 kg/m
V1	14 mm	160100 N	0,1 kg/m



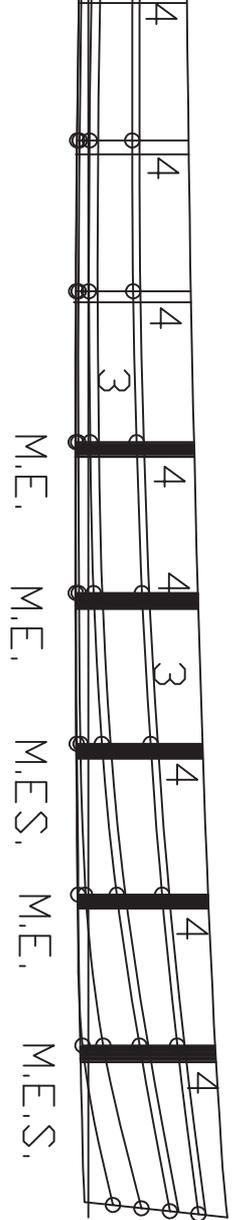
Centro de Presión vélica de la mayor con 1 rizo

IMOCA 60

Sección r

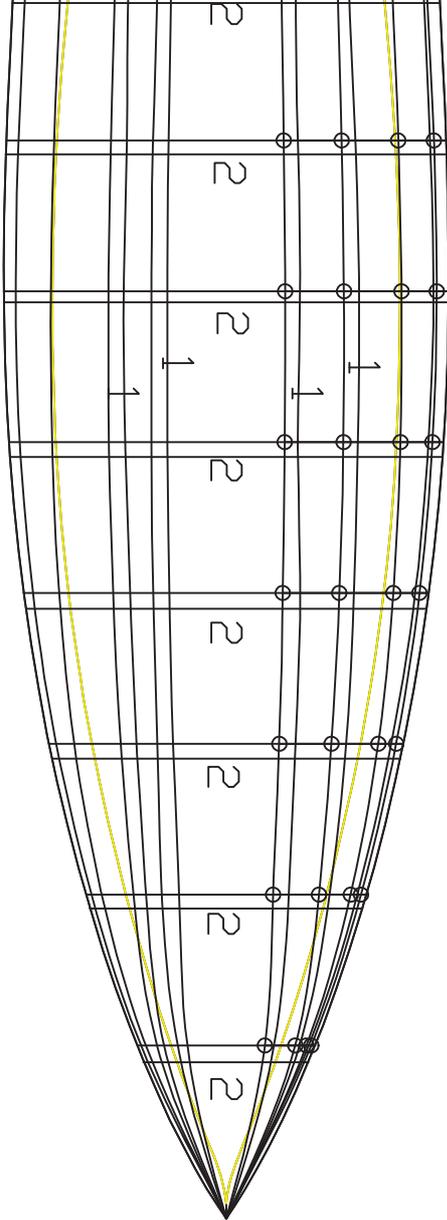
MÁSTIL

PANELES DEL COSTADO

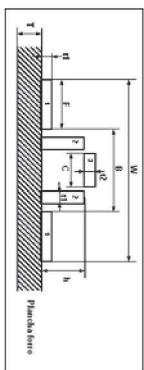


VAGRAS	1
VARENGAS	2
LONG.COSTADO	3
CUADERNAS	4
ESLORAS	5
BADOS	6

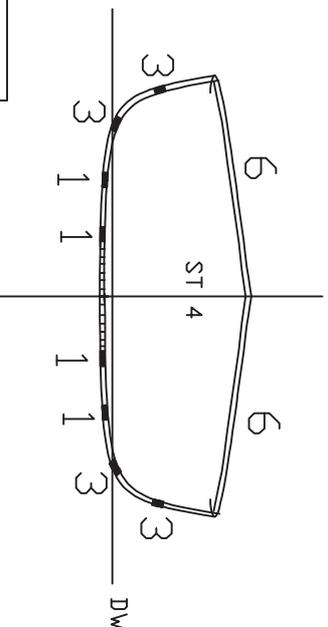
PANELES DEL FONDO



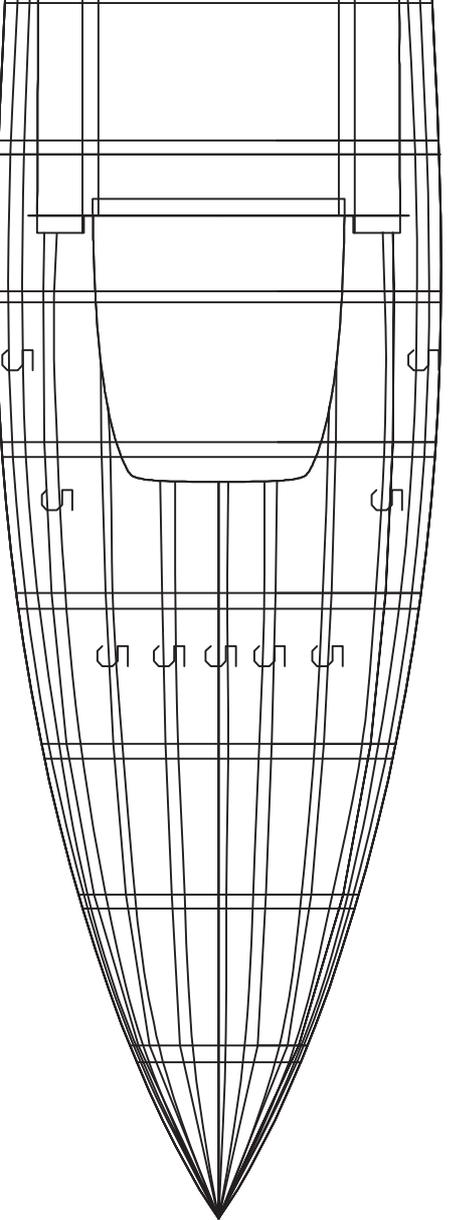
FONDO	12 mm	6,55 kg/ma
COSTADO	10 mm	5,59 kg/ma
CUBIERTA	4,5 mm	2,56 kg/ma
SUP. 1-3	4 mm	2,2 kg/ma
SUP. 4	4 mm	2,04 kg/ma
QUILLA	24 mm	8,456 kg/ma



M.E. = Mamparo Estructural
M.E.S. = Mamparo Estanco



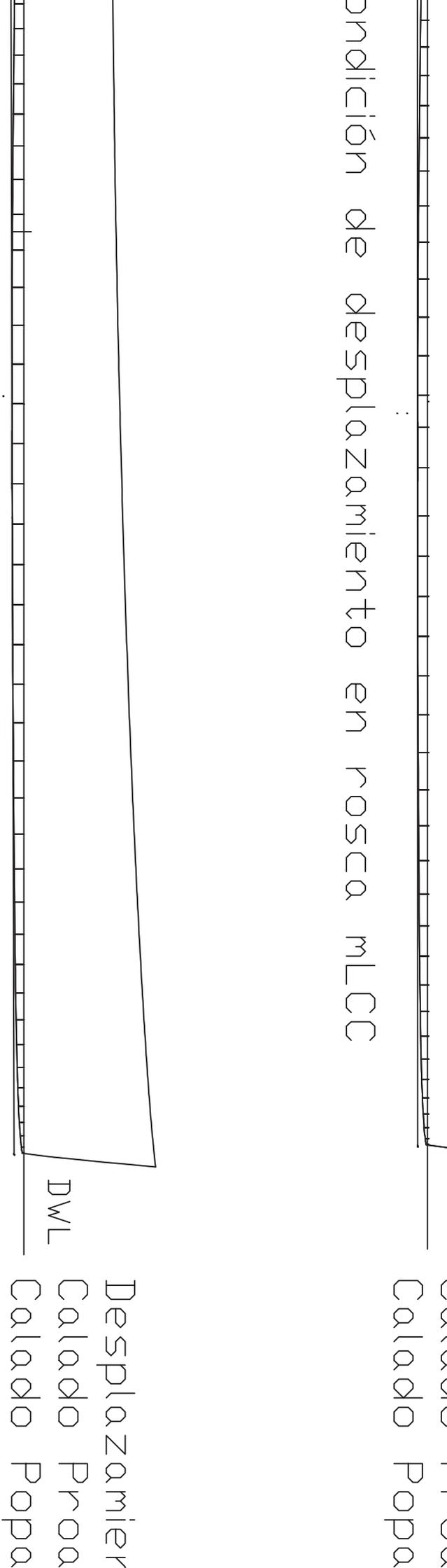
REFUERZO DE CUBIERTA SUPERESTRUCTURA



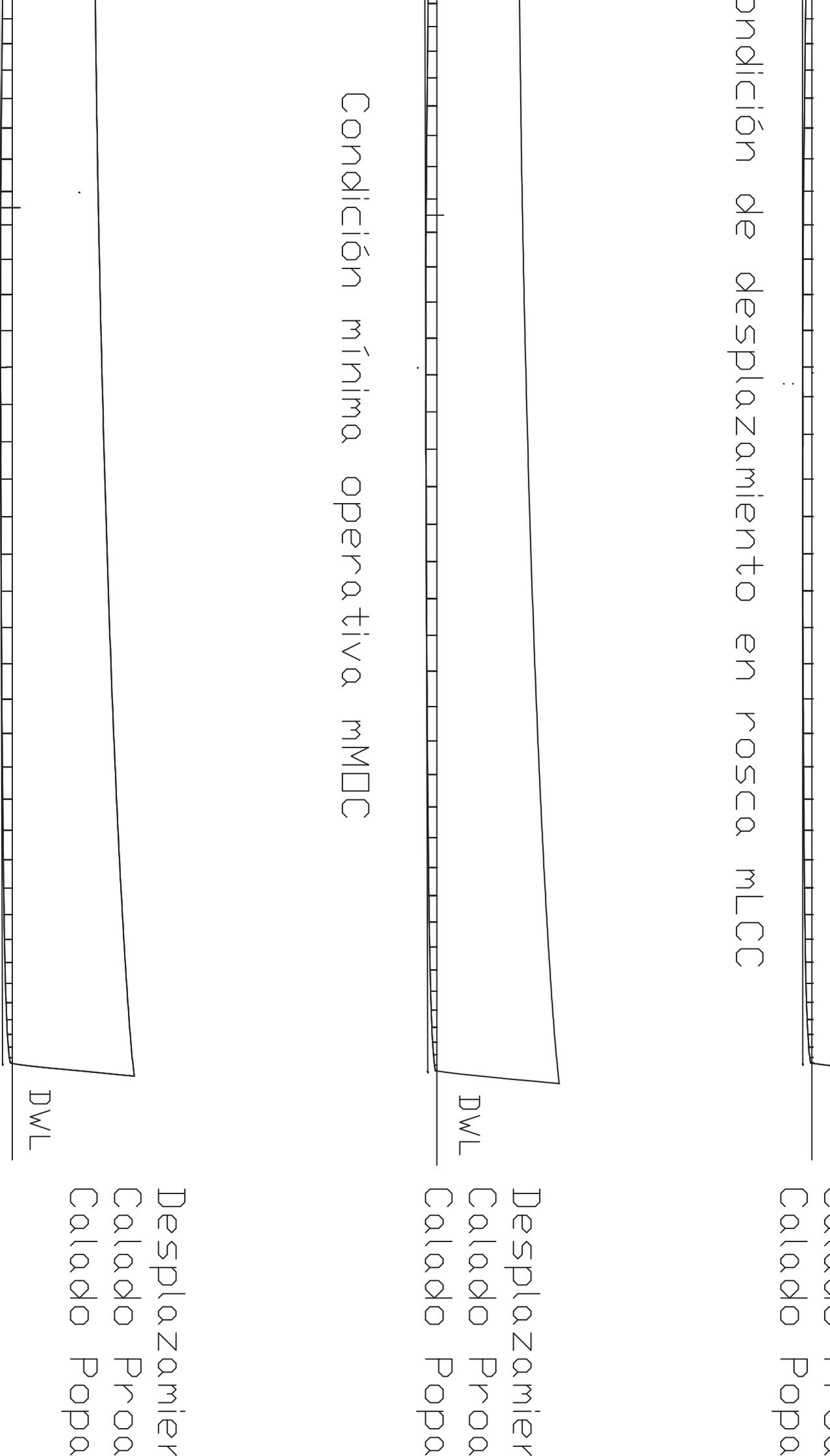
	T (mm)	t1 (mm)	t2 (mm)	C (mm)	h (mm)
Vagras	12	11	11	105	90
Long.costado	11	10	10	110	90
Cubierta	5	3	3	110	91
Cuadernas	10	14	14	150	135
Varengas	12	14	14	150	145
Baos	5	8	8	160	160

Norma utilizada: UNE-EN-ISO 12215-5, 2008
Materiales utilizados en el escantillonado
Fibras de carbono Tafetán 160 g/ma y Sarga 200 y 400 g/ma
Resina Epoxy

Condición de desplazamiento en rosca MLCC

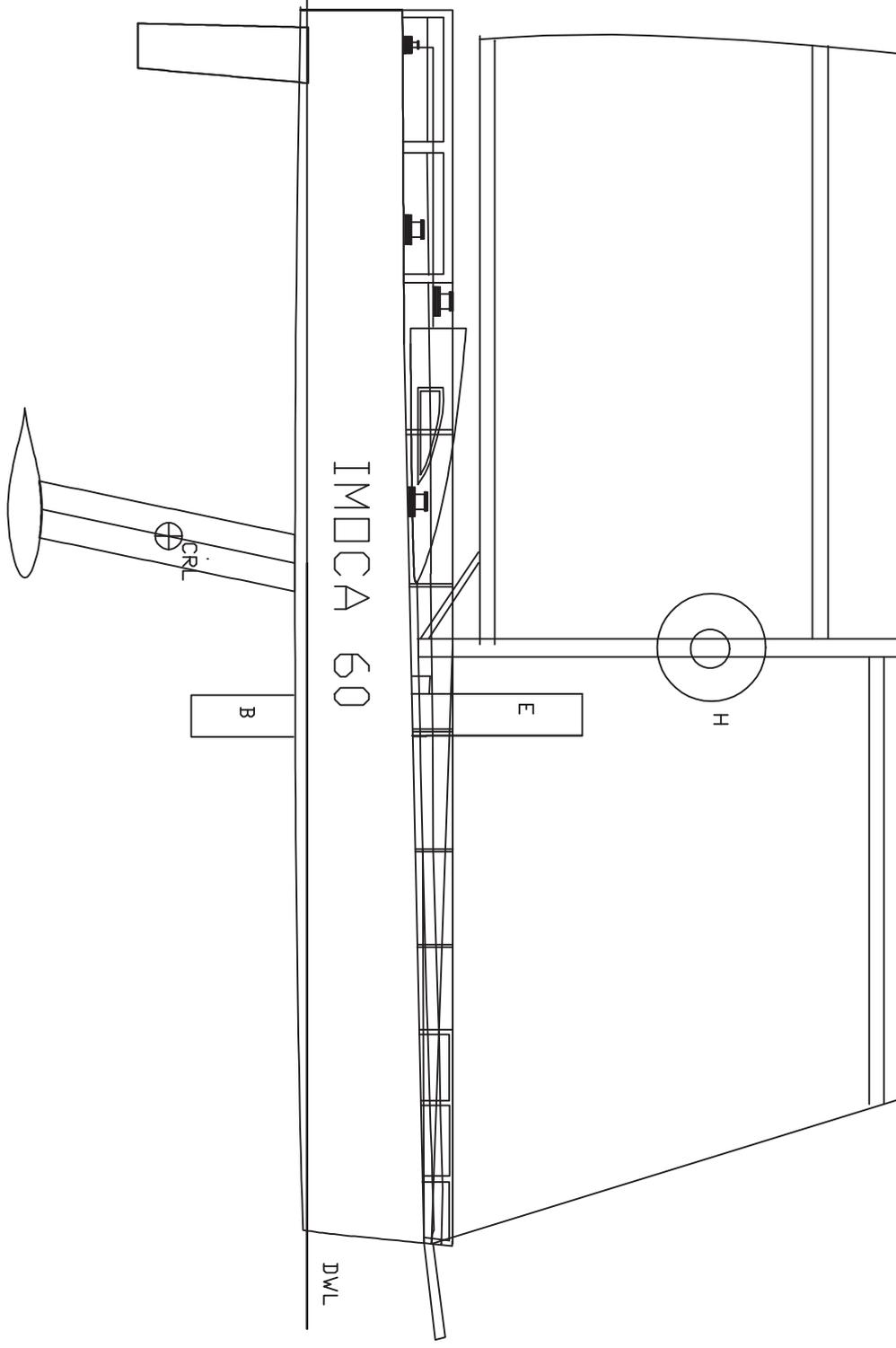


Condición mínima operativa MDOC



Condición de desplazamiento máxima carga MLDC

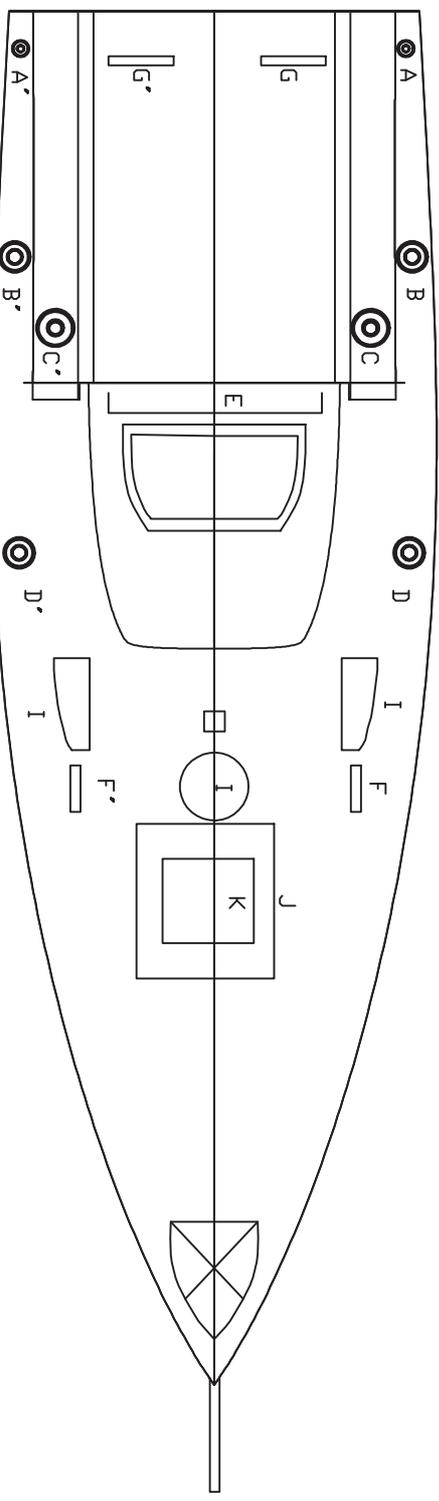
Desplazamiento
Calado Proa
Calado Popa

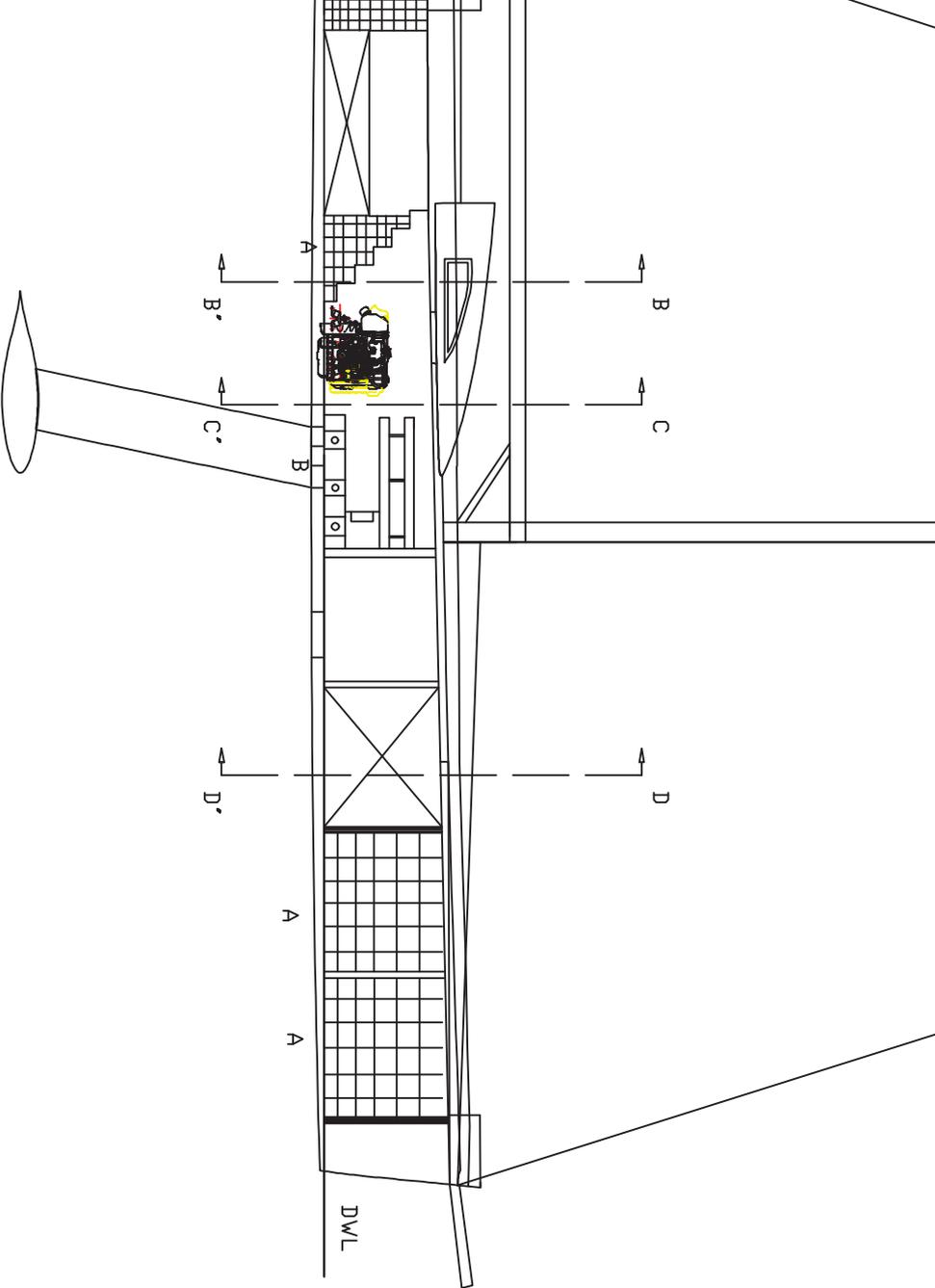


IMOCA 60

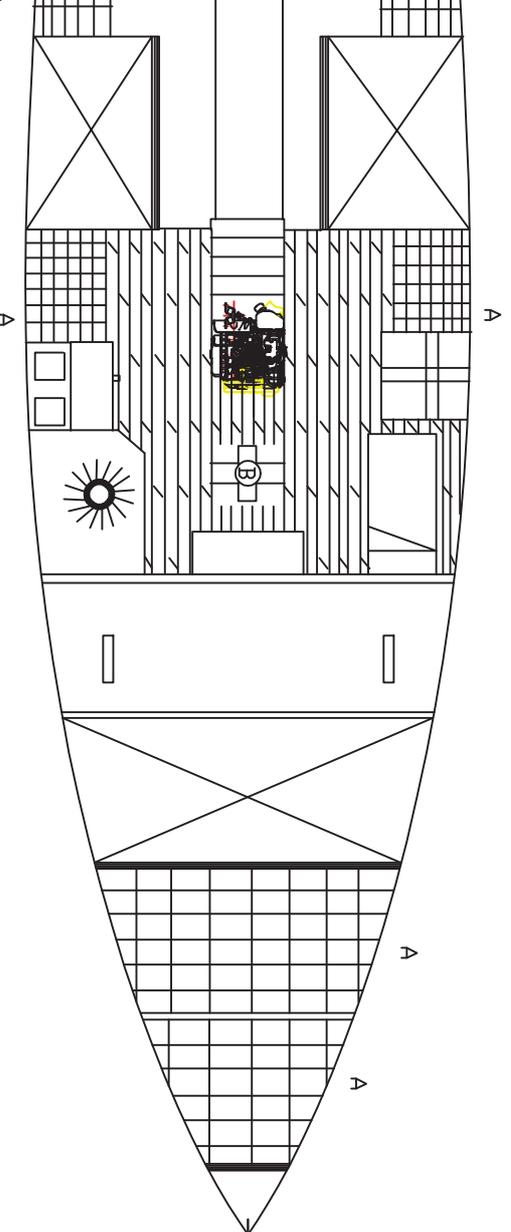
DWL

A-A'	Winches spi, código
B-B'	Winches génova
C-C'	Mayor
D-D'	Winches trinqueta,
E	Piano
F-F'	Orzas antideriva la
G-G'	Ruedas de timón ba
H	RadioBaliza
I	Escotillas
J	Balsas Salvavidas
K	Contenedor hermét





LDA	18,28 m
LWL	18,07 m
Bmax	5,85 m
Tmax	4,5 m
Tc	0,173 m
Desplz.	8,5T(con lastre)
Tanques lastre	400 kg cada uno
Tanques combustible	80 l
Pax max.	2
Motor	Yanmar 37 HP



A	Espacios inundables
B	Pistones de la Quilla Pivotante
C	Escotilla de evacuación de popa

