

Universidad de **Cádiz**

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

**Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV  
de 12 m. de eslora y 8 Tn. de desplazamiento**

**Yassin REDDAH BOUTAYEB**



**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

## **INDICE:**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Definición y requerimientos del cliente. ....	1
<b>2. NORMATIVA A APLICAR . ....</b>	<b>4</b>
2.1. Reglamentaciones aplicables.....	4
2.2. Zonas de navegación de recreo . ....	5
2.3. Equipo de salvamento. ....	6
2.4. Equipo de navegación. ....	6
2.5. Armamento diverso. ....	7
2.6. Achique y conta incendios. ....	8
2.7. Prevención de vertidos de aguas sucias.....	9
2.8. Conjunto de normas armonizadas y no armonizadas. ....	10
<b>3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>12</b>
3.1. Introducción. ....	12
3.2. Relaciones geométricas. ....	13
3.2.1. Relación Desplazamiento / Eslora total. ....	14
3.2.2. Relación Eslora total / Manga. ....	15
3.2.3. Relación Eslora total / Calado.....	16
3.2.4. Relación Manga / Calado. ....	17
3.2.5. Relación Eslora total / Eslora de flotación.....	18
3.3. Relaciones funcionales.....	19
3.3.1. Relación Desplazamiento / Potencia. ....	20
3.3.2 Relación Potencia / Combustible. ....	21
3.3.3. Relación Desplazamiento / Agua dulce. ....	22
3.3.4. Relación Desplazamiento / Velocidad máxima. ....	23
3.3.5. Relación Desplazamiento / Velocidad de crucero.....	24
3.3.6. Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad máxima. ....	25
3.3.7. Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad de crucero..	26
<b>4. DIMENSIONAMIENTO.....</b>	<b>28</b>
4.1. Eslora (L.o.a).....	28
4.2. Desplazamiento. ....	29

4.3. Manga (B). .....	31
4.4. Calado (T). .....	33
4.4.1. Relación Eslora total / Calado (L.o.a/T). .....	33
4.4.2. Relación Manga / Calado (B/T). .....	34
4.5. Eslora de flotación (L.w.l).....	36
4.6. Potencia. ....	37
4.7. Conclusión.....	38
<b>5. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS.....</b>	<b>39</b>
5.1. Introducción. ....	39
5.2. Régimen de planeo. ....	40
5.3. Resistencias que actúan sobre el casco. ....	42
5.3.1. Resistencia por formación de olas.....	43
5.3.2. Resistencia viscosa.....	44
5.3.3. Resistencia debida a apéndices. ....	45
5.3.4. Resistencia aerodinámica. ....	45
5.4. Influencia de la carena en el planeo. ....	46
5.4.1. Influencia de la sección transversal.....	46
5.4.2. Influencia de la sección longitudinal.....	50
5.5. Astilla muerta. ....	52
5.6. Spray rails.....	54
5.7. Conclusión.....	56
5.8. Diseño de las formas con el programa Maxsurf/pro. ....	57
5.9. Estructura resistente del casco.....	58
<b>6. DISPOSICIÓN GENERAL.....</b>	<b>59</b>
6.1. Diseño de cubierta.....	61
6.2. Diseño de interiores ....	63
6.3. Disposición de los mamparos transversales. ....	64
<b>7. ESCANTILLONADO.....</b>	<b>65</b>
7.1. Material de construcción. ....	65
7.1.1. Elección del tipo de material. ....	65
7.1.2. Propiedades de los materiales compuestos.....	68
7.2. Proceso de construcción. ....	73
7.3. Sociedad de clasificación. ....	77
7.4. Aplicación de las normas de “Lloyd’s Register of Shipping”. ....	79
7.4.1 Restricciones para la aplicación de la normativa. ....	79
7.4.2. Espesor del laminado. ....	80
7.4.3. Laminado del casco.....	81
7.4.4. Laminado de refuerzos longitudinales del casco.....	86

7.4.5. Laminado de cubierta.....	93
7.4.6. Laminado de mamparos transversales.....	98
<b>8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD.....</b>	<b>100</b>
8.1. Peso del casco.....	100
8.2. Peso de la cubierta.....	103
8.3. Peso de los mamparos transversales.....	104
8.4. Refuerzo del casco. ....	105
8.5. Tabla de pesos y centros de gravedad de la embarcación .....	108
<b>9.PREDICCIÓN DE POTENCIA. ....</b>	<b>111</b>
9.1. Elección del motor propulsor. ....	114
9.2. Autonomía .....	115
<b>10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.....</b>	<b>116</b>
10.1. Introducción. ....	116
10.2. Francobordo. ....	116
10.3. Criterios de estabilidad a cumplir según la circular 12/90 de la dirección general de la marina mercante.....	117
10.3.1. Condiciones de carga. ....	117
10.3.2. Criterios de estabilidad.....	118
10.3.3. Comprobación del cumplimiento de los criterios de estabilidad.....	119
<b>11. PRESUPUESTO .....</b>	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>138</b>

# **1. INTRODUCCIÓN.**

## **1.1. Definición y requerimientos del cliente.**

El perfil del cliente corresponde al de una persona con alto poder adquisitivo, interesado en disfrutar de una embarcación de mediano porte para ocio y recreo. La ocupación de la embarcación se realizará durante cortos períodos de tiempo (entre uno y tres días aproximadamente).

La zona de navegación prevista, se desarrollará principalmente en el Golfo de Cádiz, con la posibilidad de realizar rutas esporádicas por la costa Mediterránea, así, como por la costa atlántica de la Península Ibérica y el Norte de Marruecos.

La embarcación entrará en la categoría B de navegación, teniendo en cuenta sus características según la circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante, eso se traduce en una navegación comprendida entre la costa y una recta paralela a la misma trazada a 60 millas.

Hay que tener en cuenta un aspecto muy importante que es la autonomía. La embarcación debe tener recursos suficientes para ser capaz de navegar entre varios puertos deportivos de la zona de navegación anteriormente mencionada, teniendo en cuenta la amplitud de la zona geográfica donde desarrollará su actividad.

También habría que tener en cuenta un margen de seguridad amplio, en previsión de cualquier problema que pueda sufrir la embarcación durante la navegación. De esta manera, nos da la opción de llegar al siguiente puerto marcado en la ruta. Considerando un valor de cuatro veces la distancia máxima entre puertos (unas cien millas).

Por tanto , se pondrá especial atención en proporcionar :

- Tanques de combustible suficiente para las rutas establecidas.
- Tanques de agua dulce con capacidad suficiente para el consumo de los pasajeros y tripulación , servicios de aseo y otros servicios propios de la embarcación.
- Espacio de almacenaje suficiente de víveres.

La embarcación debe satisfacer los criterios de facilidad de gobierno y mantenimiento, para que cualquier individuo inexperto pueda navegar, así que contará con equipos de ayuda en la navegación que sean fáciles de manejar y que requieran el mínimo tiempo posible para saber con exactitud su funcionamiento. También contará con el sistema de posicionamiento terrestre (GPS).

Además se desea que los movimientos de la embarcación durante la navegación sean los mas suaves posible , tanto longitudinales como transversales y con un recorrido lo más corto posible.

Se establecerá una velocidad inicial de 30 nudos para realizar las rutas previstas en el tiempo predeterminado sin llegar a altas velocidades .

Refiriéndose a la habitabilidad, lo que se pretenderá es diseñar una vivienda flotante capaz de llevar a bordo 4 personas (como máximo 6) con todas las comodidades y servicios .

Habrá dos camarotes independientes, uno, el del armador con una cama doble y el otro con dos camas individuales . Se dispondrá de un aseo, situado a estribor con placa de ducha, lavabo y WC. Además de armarios grandes para colocar el equipaje de las personas que estarán a bordo .

La maquinaria propulsora y demás servicios se dispondrán de forma que su manipulación y accesibilidad sea la más cómoda posible , para disminuir al máximo el tiempo de mantenimiento y de reparaciones .

Para poder cumplir los requisitos de velocidad , autonomía y albergar todo lo anterior , se considerarán las siguientes dimensiones iniciales , que serán en principio la base para las futuras fases de nuestro proyecto .

- **Eslora total** : **12 metros.**
- **Manga máxima** : **3,8 metros.**
- **Velocidad máxima** : **30 nudos.**
- **Velocidad de crucero** : **22 nudos.**
- **Nº plazas homologadas** : **6.**
- **Personas en literas** : **4.**
- **Categoría de navegación** : **B.**
- **Autonomía** : **mínimo 100 millas.**

Con estos datos de partida, nos haremos una idea aproximada de cómo va a ser nuestra embarcación .

## **2. NORMATIVA A APLICAR .**

### **2.1. Reglamentaciones aplicables.**

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

Circular N° 7/95, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo.

La circular N° 7/95 emitida por la Dirección General de la Marina Mercante, recoge gran parte de normativa existente en cuanto a la construcción, equipos abordo y reconocimiento de embarcaciones de recreo con una eslora entre 2,5 y 24 metros.

Circular N° 12/90, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: Estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100 metros de eslora.

Hay que tener en cuenta la amplitud geográfica que va a alcanzar la embarcación , y según la reglamentación a las embarcaciones deportivas menores de 24 metros de eslora , dependiendo del tipo de navegación que se pretenda efectuar , quedarán a petición del propietario en el caso de ser superiores de 6 metros de eslora , la elección al final va a ser la categoría B, que corresponde a aquellas embarcaciones cuya navegación se restringe a la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas .

Esta categoría de navegación B, se ha sustituido por las nuevas Zonas de Navegación : Zona de navegación 2 , según la orden ministerial : Orden Fom /1144/2003 del 28 de abril ( B.O.E 12 de mayo del 2003 ).

## 2.2. Zonas de navegación de recreo .

Se sustituyen las Categorías de Navegación existntes por las Zonas de Navegación :

	Nueva zona de Navegación	Distancia a la costa	Antigua Categoría de Navegación
Navegación Oceánica	Zona "1"	Ilimitada	A
Navegación en Alta mar	Zona "2"	Hasta 60 millas	B
	Zona "3"	Hasta 25 millas	C
Navegación en aguas costeras	Zona "4"	Hasta 12millas	
	Zona "5"	Hasta 5 millas	D-1
	Zona "6"	Hasta 2 millas	D-2
Navegación en aguas protegidas	Zona "7"	Aguas protegidas en general	

Esta ORDEN entró en vigor a los tres meses (12/08/2003) de su publicación en el B.O.E .

Todas las embarcaciones de recreo que se matriculen a partir de la entrada en vigor de esta Orden , están obligadas a llevar a bordo los elementos de seguridad , salvamento , contra incendios , navegación y de prevención de vertidos que les corresponda en función de su zona de navegación .

A continuación se describirán todos los elementos que debe disponer esta embarcación según su zona de navegación.

## 2.3. Equipo de salvamento.

Los distintos elementos de salvamento abordo, así como el tipo, modelo y número de ellos, depende de la zona de navegación en la que se vaya a clasificar la embarcación.

En nuestro caso, se ha optado por clasificarla de acuerdo con la zona de navegación 2, por tanto y según la nueva orden ministerial, los elementos de salvamento necesarios son:

- Balsa salvavidas : con capacidad para el 100% de las personas abordo.
- Chalecos salvavidas : para el 100% del personal abordo.
- Aro salvavidas con luz y rabiza.
- Cohetes con luz roja y paracaídas. (6 unidades).
- Bengalas de mano. (6 unidades).
- Señales fumígenas flotantes. (2 unidades).
- Baldes contra incendios con rabiza (2 unidades y válidos para achique), de 7 Lts. como mínimo.

## 2.4. Equipo de navegación.

- Luces y marcas de navegación.
- Compas de gobierno. (2 unidades).
- Corredera. (1 unidad).
- Compás de puntas, transportador y regla de 40cm. (1 unidad).
- Prismáticos. (1 unidad).
- Cartas y libros náuticos.
- Bocina de niebla a presión manual. Si es de gas con recipiente y membrana de respeto. (1 unidad).
- Campana (para eslora inferior a 15m) o medios para producir sonido para esloras inferiores. (1 unidad).
- Pabellón nacional. (1 unidad).
- Código de banderas. Mínimo banderas “C” y “N”. (1 unidad).
- Linternas estancas con bombillas y pilas de respeto. (2 unidades).
- Espejo de señales. (1 unidad).
- Reflector de radar. (1 unidad).

- Código de señales si se montan aparatos de radiocomunicación.  
(1 unidad)

## 2.5. Armamento diverso.

- Estachas de amarre en muelle. (2 unidades)
- Botiquín Tipo C:
  - Tiras protectoras adhesivas para heridas:
    - Modelo grande ..... 1 caja.
    - Modelo pequeño .....1 caja.
  - Antiséptico local ..... 1 tubo.
  - Alcohol de 90° ..... 125 cm<sup>3</sup>.
  - Suflamida o antibiótico de contacto ...1 frasco.
  - Crema contra las quemaduras ..... 1 tubo.
  - Venda de 5 cm de ancho ..... 1 unidad.
  - Venda adhesiva ..... 1 unidad.
  - Venda costal ..... 1 unidad.
  - Algodón ..... 1 paquete.
  - Compresas en Caja..... 1 caja.
  - Esparadrapo..... 1 unidad.
  - Apósitos para quemaduras ..... 1 caja.
  - Analgésico y antitérmico ..... 20 comprim.
  - Comprimidos contra el mareo ..... 20 comprim.
  - Comprimidos antidiarréticos ..... 20 comprim.
  - Antibiótico de amplio espectro ..... 30 comprim.
  - Antihemorrágico de contacto ..... 1 frasco.
  - Colirio ..... 1 frasco.
  - Debil ..... 1 unidad.
  - Antiespasmódico (comprimidos o ampoyas inyectables).
  - Antiinflamatorio vía tópica ..... 1 unidad.
  - Antiinflamatorio vía oral ..... 1 frasco.
  - Férula ..... 1 unidad.
  - Goma Smarch ..... 1 unidad.

➤ Líneas de fondeo.

- 1 eslora de cadena de acero galvanizado de 8 milímetros de diámetro; Longitud: 12 metros.
- 4 esloras de estacha de nylon de 12 milímetros de diámetro, Longitud:  $4 \times 12 = 48$  metros.
- Longitud total: 60 metros.

## 2.6. Achique y conta incendios.

➤ Extintores portátiles:

- En función de la eslora:

Con cabina, de 10 a menor de 15 metros :1 del tipo 21 B.

- En función de la potencia:

De 150 a 300 kw: 2 del tipo 34 B ( con 2 motores )

➤ Baldes contraincendios con rabiza. Los mismos del equipo de salvamento. ( 2 unidades )

➤ Bombas de achique ; 2 unidades, una de ella de accionamiento manual.

- Capacidad ( a 10 kpa ): 15 litros / minuto. (eléctrica) 45 emboladas/ minuto (manual).

➤ Baldes de achique; Pueden ser los de contraincendios.

## 2.7. Prevención de vertidos de aguas sucias.

La embarcación estará construida de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y contaminadas como aceites o combustibles, en el agua. Todo esto implica necesariamente disponer de un tanque de retención con salida a instalaciones de tierra como opción más sencilla, o de otros medios alternativo.

Según la ORDEN FOM 1144/2003, está prohibida toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicciones:

- Zonas portuarias.
- Aguas protegidas.
- Rías, bahías y similares.

La opción de descarga será distinta dependiendo de la zona donde nos encontremos:

ZONA	OPCIÓN DE DESCARGA
Zonas portuarias Aguas protegidas Otras zonas como rías , bahías y similares.	No se permite ninguna descarga ni siquiera con tratamientos.
Hasta 3 millas	Se permite con tratamientos. Ni sólidos ni decoloración
Desde 3 hasta 12 millas	Se permite desmenuzada y desinfectada. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos .
Más de 12 millas	Se permite cualquier condición. Para descargar el tanque, la velocidad de la embarcación debe ser superior a 4 nudos.

En la embarcación se dispondrá:

- Depósitos de retención de aguas sucias.
- Equipos para desmenuzar y desinfectar.
- Equipos de tratamiento.

## 2.8. Conjunto de normas armonizadas y no armonizadas.

NORMA	TITULO
UNE-EN 1095:1998	Arnés de seguridad de cubierta y amarre de arnés destinado a las embarcaciones de recreo
UNE-EN 24565: 1992	Embarcaciones menores. Cadenas de ancla
UNE-EN 24567:1992	Construcción Naval. Yates. Accesorios de tuberías para aguas residuales
UNE-EN 28846:1994	Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables.
UNE-EN ISO 28847:1992	Mecanismos de gobierno. Sistemas de cable metálico y polea
UNE-EN 28848:1994	Mecanismos de gobierno a distancia.
UNE-EN 28849:1994	Bombas de sentina con motor eléctrico.
UNE-EN ISO 4566:1997	Extremo de los árboles portahélices y bujes de conicidad
UNE-EN ISO 7840:1996	Mangueras resistentes al fuego para carburantes.
UNE-EN ISO 8469:1996	Mangueras no resistentes al fuego para carburantes.
UNE-EN ISO 8665:1996	Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia.
UNE-EN ISO 9093:1998	Grifos de fondo y pasacascos.
UNE-EN ISO 10087:1996	Identificación de cascos. Sistemas de codificación
UNE-EN ISO 9097: 1996	Embarcaciones menores. Ventiladores eléctricos.
UNE-EN ISO 10240: 1996	Embarcaciones menores. Manual del propietario.
UNE-EN ISO 10592: 1996	Embarcaciones menores. Sistemas hidráulicos de gobierno.
UNE-EN ISO 11105: 1997	Embarcaciones menores. Ventilación de las salas de motores de gasolina y/o de los compartimentos para los depósitos de gasolina.

<i>UNE-EN ISO11547: 1996</i>	Dispositivos de protección contra el arranque con marcha engranada.
<i>ISO 14945</i>	Chapa del constructor.
<i>ISO 15065</i>	Prevención de caída.
<i>ISO 11591</i>	Visibilidad.
<i>ISO12215-1</i> <i>ISO 6185</i> <i>RINA</i>	Estructura.
<i>ISO 12217-1/2002</i>	Estabilidad y flotabilidad.
<i>ISO 9093</i> <i>ISO 12216</i>	Aberturas.
<i>ISO 11812</i> <i>ISO 8849</i> <i>ISO 15082</i>	Inundación.
<i>ISO 9094-1/2</i>	Evacuación en caso de incendio.
<i>ISO 15084</i>	Fondeo.
<i>ISO 10133</i>	Sistema eléctrico.
<i>UNE-EN ISO 8099:2001</i>	Sistema de retención de desechos de instalaciones sanitarias.
<i>UNE-EN ISO 10088:2002</i>	Sistema de combustible instalado de forma permanente y tanques fijos de combustible.
<i>UNE-EN ISO 12216:2003</i>	Ventanas, portillos, escotillas, tapas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad
<i>UNE-EN ISO 10087: 1996</i>	Embarcaciones menores. Identificación de cascos. Sistemas de codificación.

## **3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.**

### **3.1. Introducción.**

Para hacer el diseño de nuestra embarcación es necesario acudir a otras embarcaciones ya diseñadas o existentes y realizar un estudio estadístico y así obtener las dimensiones y formas del casco óptimas .

Vamos a utilizar 20 embarcaciones, cuyas esloras varían entre 11,13 y 13,70 metros , que recogeremos las características hidrodinámicas del flotador y los datos relativos a la navegación.

Los parámetros que se han tenido en cuenta en la toma de datos son aquellos que definen las formas del barco (eslora, manga, calado )y otros como la potencia, motorización, consumo, material de construcción, velocidades, número de motores, capacidad de combustible y de agua potable.

Partiendo de estos datos , vamos a elaborar gráficos de dispersión en los cuales se relacionan unos parámetros con otros, Con ello se pretende tener una idea aproximada de los valores para los que nuestra embarcación sería capaz de producir el máximo rendimiento, sin olvidar que estos valores obtenidos sólo poseen valor estadístico, y únicamente son válidos para el tipo de embarcación concreta que se pretende diseñar.

La tabla siguiente recoge los datos anteriormente mencionados, con los que se llevará a cabo el estudio estadístico.

<i>L.o.a</i> (m)	<i>L.w.l</i> (m)	<i>Bmax</i> (m)	<i>T</i> (m)	<i>Desp</i> (tns)	<i>Mat.</i> <i>Const</i>	<i>Tanq</i> <i>Fuel</i> (lts)	<i>Tanq</i> <i>Agua</i> (lts)	<i>Motor</i>  <i>Hp</i>	<i>Pote-</i> <i>ncia</i> <i>Hp</i>	<i>Vel.</i> <i>Máx</i>	<i>Vel.</i> <i>Cruc</i>
11,13	10,83	3,84	0,93	7,80	PRFV	700	400	2x600	1200	35,0	24,00
11,29		3,70	1,10	6,40	PRFV	650	200	2x260	520	33,7	22,00
11,40		3,40		5,50	PRFV	700	400	2x600	1200	35	24,00
11,89		3,81	0,94	8,392	PRFV	208	132	2x420	840	29,4	20,00
11,93		3,95	0,96	8,50	PRFV	1000	250	2x370	740	31,7	24,20
11,96		3,90	1,16	9,257	PRFV	1200	320	2x310	620		
12,13	11,61	3,65	1,50	7,687	PRFV	520	296	2x310	620	32,0	
12,62		4,21	0,95	8,50	PRFV	1300	400	2x370	740		
12,69		3,48		7,22	PRFV	940	200	2x350	700	43,1	27,90
12,75	11,98	4,25	1,00	11,00	PRFV	1500	400	2x500	1000	35,0	
12,80		4,60	0,75		PRFV	1000	320	2x370	740	25,3	22,00
12,85		3,85	1,35	8,86	PRFV	1130	330	2x450	900	26,0	20,00
13,15		3,73	0,92	7,60	PRFV	720	333	2x310	620	33,0	30,00
13,23	11,98	4,20	1,30	13,00	PRFV	1500	800	2x370	740	25,0	21,00
13,30	13,11	4,34	1,20	17,60	PRFV	1440	680	2x480	960	30,0	27,00
13,40	13,06	4,15	1,06	11,00	PRFV	1900	1350	2x435	870	35,0	30,00
13,60		4,10		9,50	PRFV	1700	500	2x650	1300	35,0	33,00
13,63	11,97	4,00	0,87	11,50	PRFV	1500	500	2x500	1000		
13,68		4,01	1,00	11,30	PRFV	996	320	2x435	870	32,0	23,60
13,70	11,90	4,20		13,75	PRFV	1300	400	2x370	740		

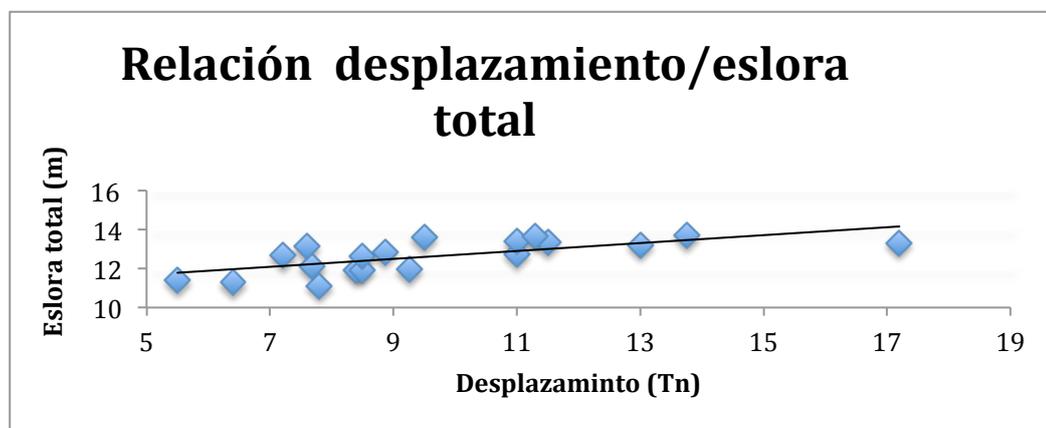
### 3.2. Relaciones geométricas.

Son aquellas relaciones en las cuales se estudian las formas del casco a través de la relación, las principales magnitudes de las embarcaciones, para analizar los valores de esas relaciones y así obtener un mejor comportamiento del casco y deducir las dimensiones principales de la embarcación. Estas relaciones son:

- **Relación Desplazamiento / Eslora total.**
- **Relación Eslora total/ Manga.**
- **Relación Eslora total / Calado.**
- **Relación Manga / Clado.**
- **Relación Eslora total / Eslora de flotación.**

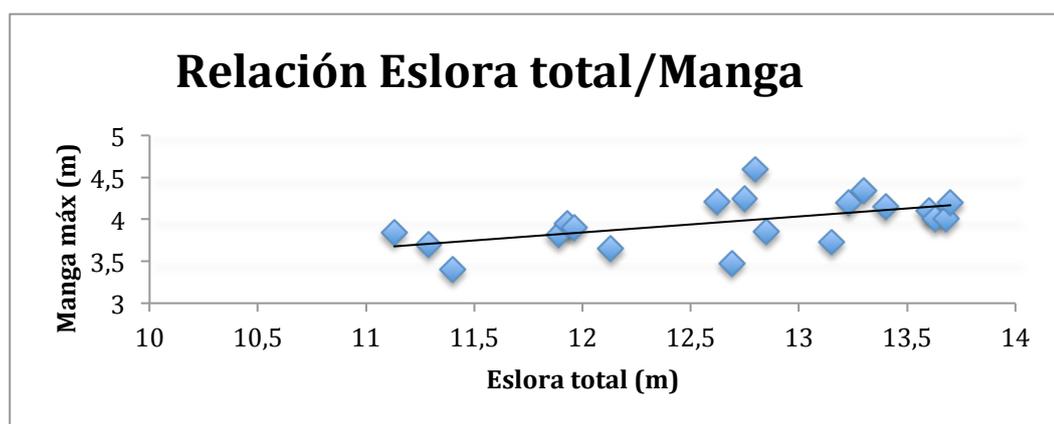
### 3.2.1. Relación Desplazamiento / Eslora total.

<i>Desp(Tn)</i>	<i>L.o.a(m)</i>	<i>Des/L.o.a</i>
7,89	11,13	0,7008
6,40	11,29	0,5668
5,50	11,4	0,4824
8,39	11,89	0,7058
8,50	11,93	0,7124
9,25	11,96	0,7739
7,68	12,13	0,6337
8,50	12,62	0,6735
7,22	12,69	0,5689
11,00	12,75	0,8627
	12,8	
8,86	12,85	0,6894
7,60	13,15	0,5779
13,00	13,23	0,9826
17,20	13,3	1,2932
11,00	13,4	0,8208
9,50	13,6	0,6985
11,50	13,36	0,8607
11,30	13,68	0,8260
13,75	13,7	1,0036
<b>MEDIA</b>		0,7597
<b>MÍNIMO</b>		0,4824
<b>MÁXIMO</b>		1,2932



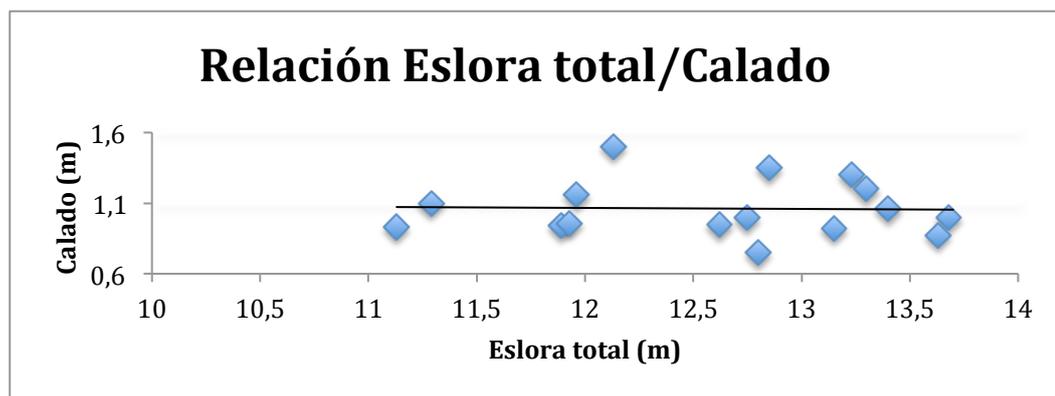
### 3.2.2. Relación Eslora total / Manga.

<i>L.o.a(m)</i>	<i>Bmax(m)</i>	<i>L.o.a/B</i>
11,13	3,84	2,8984
11,29	3,70	3,0513
11,40	3,40	3,3529
11,89	3,81	3,1207
11,93	3,95	3,0202
11,96	3,90	3,0666
12,13	3,65	3,3232
12,62	4,21	2,9976
12,69	3,48	3,6465
12,75	4,25	3,0000
12,80	4,60	2,7826
12,85	3,85	3,3376
13,15	3,73	3,5254
13,23	4,20	3,1500
13,30	4,34	3,0645
13,40	4,15	3,2289
13,60	4,10	3,3170
13,63	4,00	3,4075
13,68	4,01	3,4114
13,70	4,20	3,2619
<b>MEDIA</b>		3,1982
<b>MÍNIMO</b>		2,7826
<b>MÁXIMO</b>		3,6465



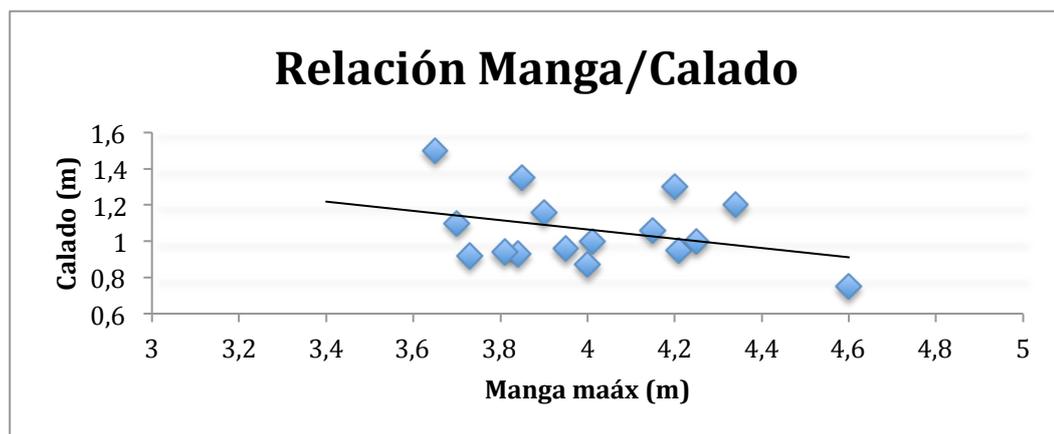
### 3.2.3. Relación Eslora total / Calado.

<i>L.o.a(m)</i>	<i>T (m)</i>	<i>L.O.A/T</i>
11,13	0,93	11,9677
11,29	1,10	10,2636
11,40		
11,89	0,94	12,6489
11,93	0,96	12,4270
11,96	1,16	10,3103
12,13	1,50	8,0866
12,62	0,95	13,2842
12,69		
12,75	1,00	12,7500
12,80	0,75	17,0666
12,85	1,35	9,5185
13,15	0,92	14,2934
13,23	1,30	10,1769
13,30	1,20	11,0833
13,40	1,06	12,6415
13,60		
13,63	0,87	15,6666
13,68	1,00	13,6800
13,70		
<b>MEDIA</b>		12,2416
<b>MÍNIMO</b>		8,0866
<b>MÁXIMO</b>		17,0666



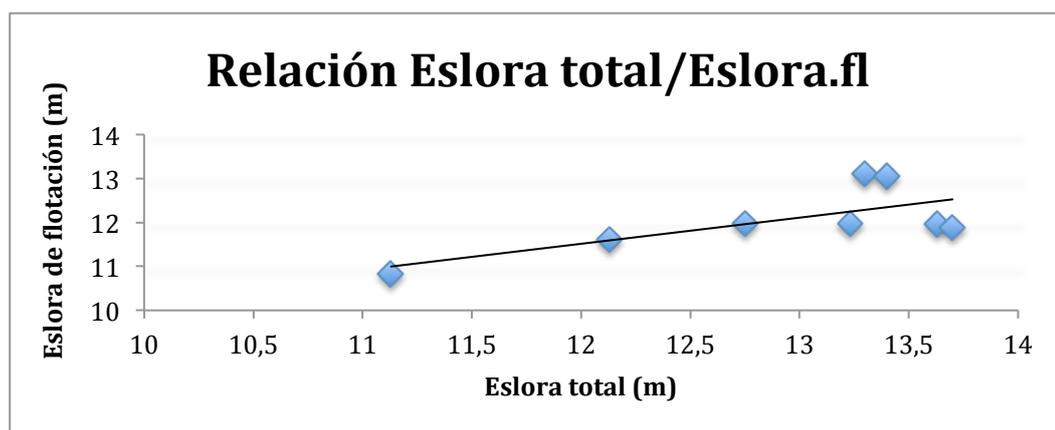
### 3.2.4. Relación Manga / Calado.

<i>B máx(m)</i>	<i>T (m)</i>	<i>Bmax/T</i>
3,84	0,93	4,1290
3,70	1,10	3,3636
3,40		
3,81	0,94	4,0531
3,95	0,96	4,1145
3,90	1,16	3,3620
3,65	1,50	2,4333
4,21	0,95	4,4315
3,48		
4,25	1,00	4,2500
4,60	0,75	6,1333
3,85	1,35	2,8518
3,73	0,92	4,0543
4,20	1,30	3,2307
4,34	1,20	3,6166
4,15	1,06	3,9150
4,10		
4,00	0,87	4,5977
4,01	1,00	4,0100
4,20		
<b>MEDIA</b>		3,9091
<b>MÍNIMO</b>		2,4333
<b>MÁXIMO</b>		6,1333



### 3.2.5. Relación Eslora total / Eslora de flotación.

<i>L.o.a(m)</i>	<i>L.w.l(m)</i>	<i>L.o.a/L.w.l</i>
11,13	10,83	1,0277
11,29		
11,40		
11,89		
11,93		
11,96		
12,13	11,61	1,0447
12,62		
12,69		
12,75	11,98	1,0642
12,80		
12,85		
13,15		
13,23	11,98	1,1043
13,30	13,11	1,0144
13,40	13,06	1,0260
13,60		
13,63	11,97	1,1386
13,68		
13,70	11,90	1,1512
<b>MEDIA</b>		1,0714
<b>MÍNIMO</b>		1,0144
<b>MÁXIMO</b>		1,1512



## RESUMEN DE LAS RELACIONES GEOMÉTRICAS

	<i>Desp/L.o.a</i>	<i>L.o.a/Bmáx</i>	<i>L.o.a/T</i>	<i>Bmáx/T</i>	<i>L.o.a/L.w.l</i>
<i>Máximos</i>	1,2932	3,6465	17,0666	6,1333	1,1512
<i>Mínimos</i>	0,4824	2,7826	8,0866	2,4333	1,0144

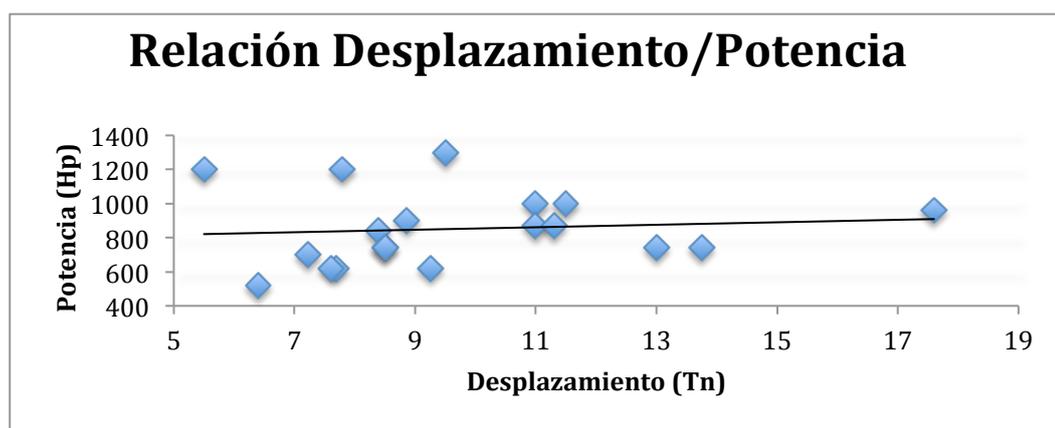
### 3.3. Relaciones funcionales.

Hay que tener en cuenta las relaciones siguientes:

- **Relación Desplazamiento / Potencia.**
- **Relación Potencia / Combustible.**
- **Relación Desplazamiento / Agua dulce.**
- **Relación Desplazamiento / Velocidad máxima.**
- **Relación Desplazamiento / Velocidad de crucero.**
- **Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad máxima.**
- **Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad de crucero.**

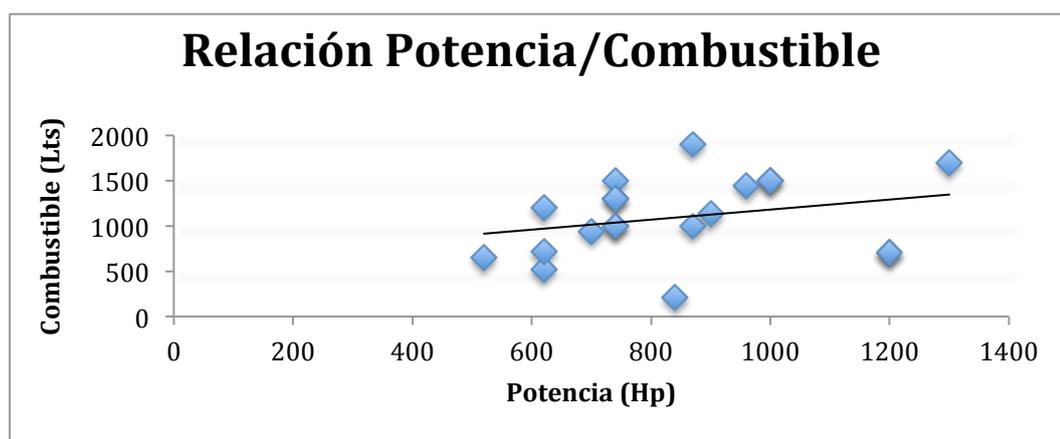
### 3.3.1. Relación Desplazamiento / Potencia.

<i>Desp (tn)</i>	<i>Potencia (hp)</i>	<i>Desp/Pot</i>
7,80	1200	0,0065
6,40	520	
5,50	1200	0,0045
8,39	840	0,0099
8,50	740	0,0114
9,25	620	0,0149
7,68	620	0,0123
8,50	740	0,0114
7,22	700	0,0103
11,00	1000	0,0110
	740	
8,86	900	0,0098
7,60	620	0,0122
13,00	740	0,0175
17,60	960	0,0183
11,00	870	0,0126
9,50	1300	0,0073
11,50	1000	0,0115
11,30	870	0,0129
13,75	740	0,0185
<b>MEDIA</b>		0,0118
<b>MÍNIMO</b>		0,0045
<b>MÁXIMO</b>		0,0185



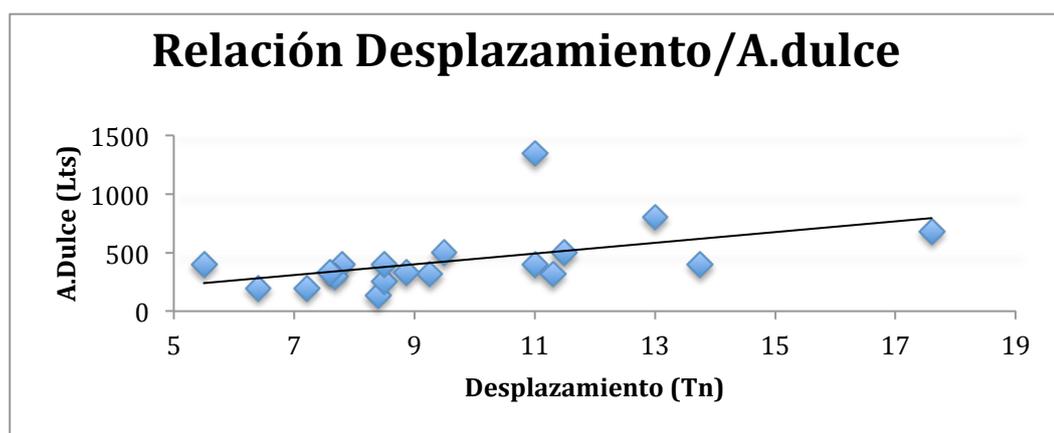
### 3.3.2. Relación Potencia / Combustible.

<i>Potencia(Hp)</i>	<i>Comb(ltrs)</i>	<i>Pot/Comb</i>
1200	700	1,7142
520	650	0,8000
1200	700	1,7142
840	208	4,0384
740	1000	0,7400
620	1200	0,5166
620	520	1,1923
740	1300	0,5692
700	940	0,7446
1000	1500	0,6666
740	1000	0,7400
900	1130	0,7964
620	720	0,8611
740	1500	0,4933
960	1440	0,6666
870	1900	0,4578
1300	1700	0,7647
1000	1500	0,6666
870	996	0,8734
740	1300	0,5692
<b>MEDIA</b>		0,9793
<b>MÍNIMO</b>		0,4578
<b>MÁXIMO</b>		4,0384



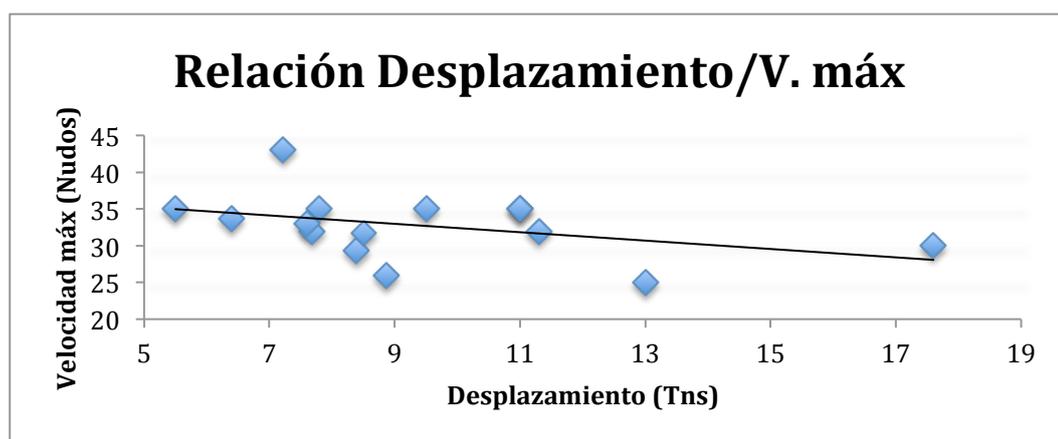
### 3.3.3. Relación Desplazamiento / Agua dulce.

<i>Desp(Tns)</i>	<i>A.Dulce(Its)</i>	<i>Desp/A.dlc</i>
7,80	400	0,0195
6,40	200	0,0320
5,50	400	0,0137
8,39	132	0,0635
8,50	250	0,0340
9,25	320	0,0289
7,68	296	0,0259
8,50	400	0,0212
7,22	200	0,0361
11,00	400	0,0275
	320	
8,86	330	0,0268
7,60	333	0,0228
13,00	800	0,0162
17,60	680	0,0258
11,00	1350	0,0081
9,50	500	0,0190
11,50	500	0,0230
11,30	320	0,0353
13,75	400	0,0343
<b>MEDIA</b>		0,0270
<b>MÍNIMO</b>		0,0081
<b>MÁXIMO</b>		0,0635



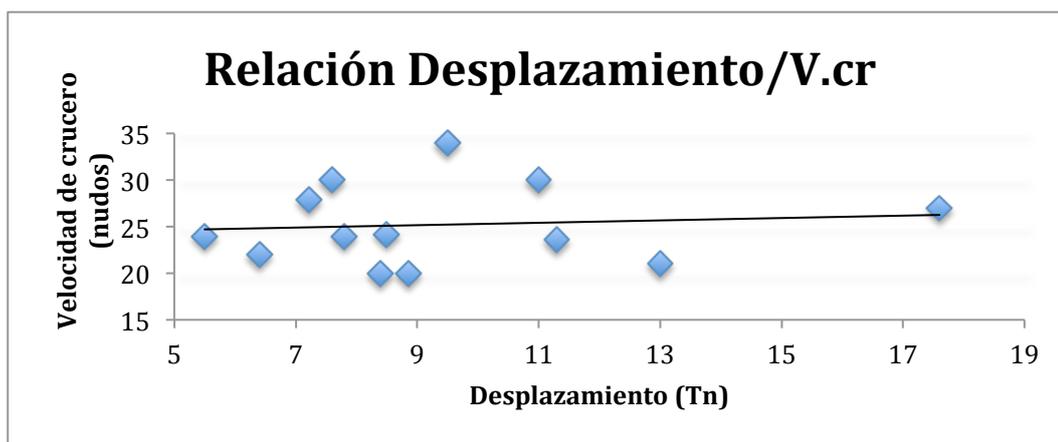
### 3.3.4. Relación Desplazamiento / Velocidad máxima.

<i>Desp(Tns)</i>	<i>Vel.Máx</i>	<i>Desp/V.max</i>
7,80	35,00	0,2228
6,40	33,70	0,1899
5,50	35,00	0,1571
8,39	29,40	0,2854
8,50	31,70	0,2681
9,25		
7,68	32,00	0,2402
8,50		
7,22	43,10	0,1675
11,00	35,00	0,3142
	25,30	
8,86	26,00	0,3407
7,60	33,00	0,2303
13,00	25,00	0,5200
17,60	30,00	0,5866
11,00	35,00	0,3142
9,50	35,00	0,2714
11,50		
11,30	32,00	0,3531
13,75		
<b>MEDIA</b>		0,2974
<b>MÍNIMO</b>		0,1571
<b>MÁXIMO</b>		0,5866



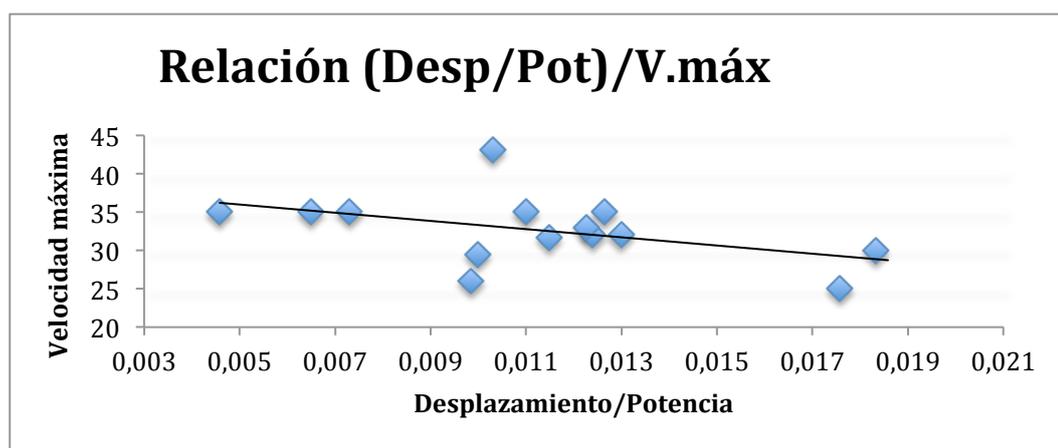
### 3.3.5. Relación Desplazamiento / Velocidad de crucero.

<i>Desp (Tns)</i>	<i>V.crucero(nudos)</i>	<i>Desp/V.cr</i>
7,80	24,00	0,3250
6,40	22,00	0,2909
5,50	24,00	0,2291
8,39	20,00	0,4196
8,50	24,20	0,3512
9,25		
7,68		
8,50		
7,22	27,90	0,2587
11,00		
	22,00	
8,86	20,00	0,4430
7,60	30,00	0,2533
13,00	21,00	0,6190
17,60	27,00	0,6518
11,00	30,00	0,3666
9,50	34,00	0,2794
11,50		
11,30	23,60	0,4788
13,75		
<b>MEDIA</b>		0,3820
<b>MÍNIMO</b>		0,2291
<b>MÁXIMO</b>		0,6518



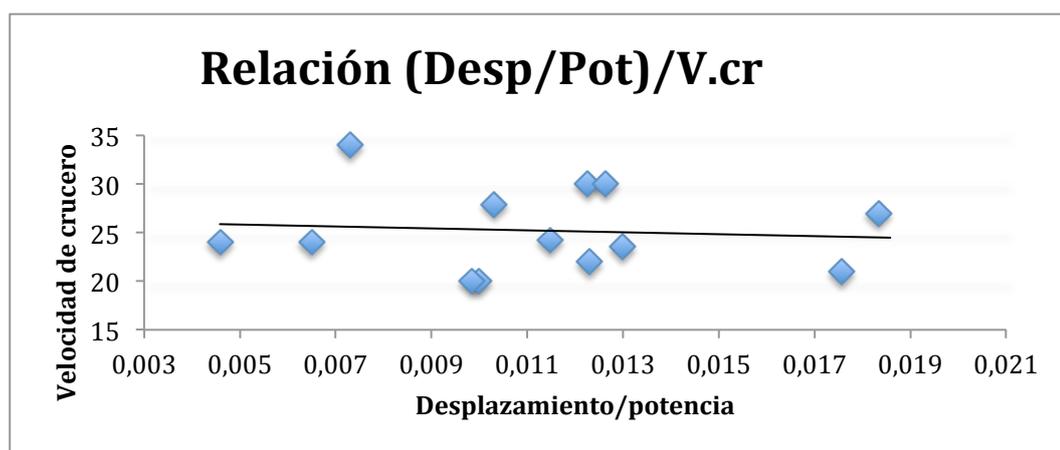
### 3.3.6. Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad máxima.

<i>Despl/Pot</i>	<i>V.máx</i>	<i>(Desp/Pot)/V.Max</i>
0,0065	35,00	0,00018
	33,70	
0,0045	35,00	0,00013
0,0099	29,40	0,00033
0,0114	31,70	0,00036
0,0149		
0,0123	32,00	0,00038
0,0114		
0,0103	43,10	0,00023
0,0110	35,00	0,00031
	25,30	
0,0098	26,00	0,00037
0,0122	33,00	0,00037
0,0175	25,00	0,00070
0,0183	30,00	0,00061
0,0126	35,00	0,00036
0,0073	35,00	0,00020
0,0115		
0,0129	32,00	0,00041
0,0185		
<b>MEDIA</b>		0,00035
<b>MÍNIMO</b>		0,00013
<b>MÁXIMO</b>		0,00070



### 3.3.7. Relación (Desplazamiento/Potencia) / Velocidad de crucero.

<i>Desp/Pot</i>	<i>V.crucero</i>	<i>(Desp/Pot)/V.crucero</i>
0,0065	24,00	0,00027
0,0123	22,00	0,00055
0,0045	24,00	0,00019
0,0099	20,00	0,00049
0,0114	24,20	0,00047
0,0149		
0,0123		
0,0114		
0,0103	27,90	0,00036
0,0110		
	22,00	
0,0098	20,00	0,00049
0,0122	30,00	0,00040
0,0175	21,00	0,00083
0,0183	27,00	0,00067
0,0126	30,00	0,00042
0,0073	34,00	0,00021
0,0115		
0,0129	23,60	0,00055
0,0185		
<b>MEDIA</b>		0,00045
<b>MÍNIMO</b>		0,00019
<b>MÁXIMO</b>		0,00083



**RESUMEN DE LAS RELACIONES FUNCIONALES:**

	<i>Desp/Pot</i>	<i>Pot/comb</i>	<i>Desp/A.d</i>	<i>Desp/Vmá x</i>	<i>Des/V.cr</i>	<i>(Desp/Pot)/ Vmáx</i>	<i>(Desp/Pot)/ V.cr</i>
<i>Máximo</i>	0,0185	4,0384	0,0635	0,5866	0,6518	0,00070	0,00083
<i>Mínimo</i>	0,0045	0,4578	0,0081	0,1571	0,2291	0,00013	0,00019

## **4. DIMENSIONAMIENTO.**

El dimensionamiento de nuestra embarcación se va a realizar en función de las gráficas obtenidas en las relaciones geométricas y funcionales que se han obtenido en el Estudio Estadístico en el capítulo anterior y por supuesto, la consulta a proyectistas navales.

El dimensionamiento servirá para tener una aproximación inicial de las dimensiones principales, tales como la eslora de flotación, manga y calado del casco, así como otros parámetros como el desplazamiento, potencia, capacidad de combustible, velocidades y capacidad de agua.

Estas dimensiones pueden verse alteradas o modificadas a medida que se avanza en el proyecto de la embarcación.

### **4.1. Eslora (L.o.a).**

En general la eslora de un buque determina el tamaño del mismo. Para un mismo desplazamiento, una embarcación de mayor eslora soporta un momento flector mayor, eso significa tener más escantillonado, lo que conlleva un aumento del coste económico.

Al incrementar la eslora y manteniendo la manga constante, aumenta el área mojada y en consecuencia la resistencia viscosa, a la vez disminuye la formación de olas, de tal forma y por norma general, disminuye la Resistencia total.

Una relación L/D alta, proporciona un peso mayor y una rigidez alta.

Una relación L/B baja, empeora el gobierno a velocidades bajas o moderadas.

El valor de la eslora es de **L.o.a = 12m.** ya que es un requisito impuesto por el cliente.

## 4.2. Desplazamiento.

El desplazamiento es una de las magnitudes que varía de forma lógica al aumentar la eslora , cuanto mayor sea la longitud de la embarcación , mayor será el peso.

Un aumento de la relación Desplazamiento – Eslora total produce:

- Embarcaciones más pesadas y lentas, necesitando de esta forma un gran volumen de carena para contrarrestar el peso.
- Embarcaciones con grandes calados y formas llenas que pueden producir el suficiente empuje.
- Gran estabilidad de pesos, esto se traduce en un correcto comportamiento durante la navegación .
- Instalación de grandes potencias en la propulsión para alcanzar un régimen de velocidad aceptable.

Una disminución de la relación Desplazamiento – Eslora produce:

- Embarcaciones más ligeras , por lo que necesitan menos volumen de carena para flotar.
- Disminución de calados, esto puede producir un cambio en las formas que pueden transformarse de “U” a “V”.
- El planeo se favorece y el incremento en la potencia se transforma en incremento de velocidad.

Por tanto, para ver que valores se podría mover el desplazamiento de nuestra embarcación, hemos recurrido a los valores de la tabla “Desplazamiento / Eslora total” del capítulo anterior (Estudio estadístico).

En la tabla, se obtiene que el rango de valores de la relación  $\Delta/L.o.a$ , varía entre 0,482 y 1,293.

Procederemos a estudiar tres posibles Desplazamientos para nuestra embarcación. Los tres posibles Desplazamientos a estudiar son: partiendo de la zona baja de la relación  $\Delta/L.o.a$ , pero sin llegar al extremo inferior de 0,482 así tomaremos un valor de 0,5; como segundo valor, uno alto de la misma sin llegar al extremo superior de 1,293 así tomaremos 1,25; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 0,875 que redondeándolo se queda en 0,9.

De esta forma, y considerando un valor inamovible de Eslora total de 12 metros como requisito del cliente, obtenemos los siguientes valores de Desplazamiento.

$$\Delta/L.o.a = 0,5 \quad \Delta = 12 * 0,5 = 6 \text{ Tn.}$$

$$\Delta/L.o.a = 0,9 \quad \Delta = 12 * 0,9 = 10,8 \text{ Tn.}$$

$$\Delta/L.o.a = 1,25 \quad \Delta = 12 * 1,25 = 15 \text{ Tn.}$$

El primer valor de Desplazamiento, nos daría una embarcación muy ligera y de alta velocidad, el tercero nos daría una embarcación pesada, mientras que el segundo nos daría una embarcación ni muy pesada ni muy ligera.

En éste proyecto, interesa diseñar una embarcación con una velocidad considerable, para ello el valor  $\Delta/L.o.a$  debe ser relativamente bajo. Realizando una media entre el primer valor y el segundo, descartando el tercero por dar un Desplazamiento elevado en función de la embarcación que queremos conseguir ( Baja potencia y velocidad media alta ), obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{Media } \Delta/L.o.a = ( 0,5 + 0,9 ) = 0,7$$

$$\Delta = 12 * 0,7 = 8,4 \text{ Tn.}$$

Comparando éste dato en la gráfica del capítulo anterior ( relación  $\Delta/L.o.a$  ) vemos que está en la zona donde se encuentran la mayoría de los valores de la relación, por lo tanto lo consideraremos como válido.

### 4.3. Manga (B).

Para decidir cual será la manga máxima de la embarcación se tendrán en cuenta estos factores:

- Un aumento de la manga supone un aumento de la resistencia total al avance y tiende a disminuir el peso de la estructura .
- Debe haber un espacio suficiente para la habitabilidad que se pretende introducir en la embarcación .
- Generalmente, cuanto mayor es el coeficiente  $L.o.a/B$ , más largo y estrecho y por lo tanto más esbelto es el casco, en este caso cortará mejor el volumen de agua a través del cual navega y opondrá menos resistencia al avance, pudiéndose alcanzar grandes velocidades.
- Cuanto más ancho y corto sea el casco, el coeficiente  $L.o.a/B$  disminuye . En este caso la embarcación dispondrá de una mayor estabilidad transversal por ser este factor directamente proporcional al valor de la manga, aunque en este caso será un barco más lento por ofrecer una mayor resistencia al avance, y una peor maniobrabilidad.

Para tener una idea aproximada de cual va a ser la manga máxima de la embarcación, recurriremos Al estudio estadístico, exactamente a la relación  $L.o.a/B$ . Los datos obtenidos en esta relación, dan una idea acerca de la Esbeltez del casco.

Procederemos a estudiar tres posibles Mangas para nuestra embarcación. Las tres posibles Mangas a estudiar son: partiendo de la zona baja de la relación  $L.o.a/B$ , pero sin llegar al extremo inferior de 2,782 así tomaremos un valor de 3; como segundo valor, uno alto de la misma sin llegar al extremo superior de 3,646 así tomaremos 3,5; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 3,25 .

De esta forma, y considerando un valor inamovible de Eslora total de 12 metros como requisito del cliente, obtenemos los siguientes valores de Manga:

$$L.o.a/B = 3 \qquad B = 4,00 \text{ m.}$$

$$L.o.a/B = 3,25 \qquad B = 3,70 \text{ m.}$$

$$L.o.a/B = 3,5 \qquad B = 3,43 \text{ m.}$$

Uno de los requisitos importante en este proyecto es el confort de la tripulación y sin que afecte considerablemente la resistencia al avance, entonces el último valor nos dará una embarcación estrecha en relación al volumen de habilitación que queremos instalar, haciendo una media entre el primer valor y el segundo obtenemos :

$$\text{Media} = ( 4 + 3,7 ) / 2 = 3,85 \text{ m.}$$

Despues de haber consultado este dato con proyectistas; con un valor de 3,8m. puede ofrecer los requisitos anteriormente expuestos. **B = 3,8m.**

## 4.4. Calado (T).

El calado es la dimensión más barata desde el punto de vista estructural, ya que su aumento provoca una disminución del módulo resistente de la cuaderna maestra . Pero un calado excesivo conlleva una menor operatividad de la embarcación, ya que el acceso a puertos está limitado por la profundidad de las aguas .

Para obtener el calado de nuestra embarcación procederemos de la misma manera para la obtención de la manga, utilizando el estudio estadístico del capítulo anterior. Aunque los valores son aproximados y pueden ser variados según lo que requiere un mejor diseño. Hay dos relaciones importantes para la obtención de nuestro calado ; la relación  $L.o.a/T$  y  $B/T$ .

### 4.4.1. Relación Eslora total / Calado ( $L.o.a/T$ ).

- Un valor elevado de la relación  $L.o.a/T$  implica, manteniendo constante los valores de la eslora total y desplazamiento, una disminución del calado, por lo tanto, las formas serán más “U” y las semimangas por debajo de la flotación más anchas . Como consecuencia, nos encontramos con embarcaciones lentas en régimen de desplazamiento.
- Un valor menor de la relación  $L.o.a/T$  implica , manteniendo siempre los valores de la eslora total y desplazamiento, un aumento de calado y por tanto las formas serán en “V” . Las semimangas serán más estrechas y por tanto la embarcación más rápida .

Procederemos a estudiar tres posibles Calados para nuestra embarcación. Los tres posibles Calados a estudiar son: partiendo de la zona baja de la relación  $L.o.a/T$ , pero sin llegar al extremo inferior de 8,0866 así tomaremos un valor de 8,1; como segundo valor, uno alto de la misma sin llegar al extremo superior de 17,066 así tomaremos 17; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 12,55 .

De esta forma, y considerando un valor inamovible de Eslora total de 12 metros como requisito del cliente, obtenemos los siguientes valores de Calado:

$$L.o.a / T = 8,1 \qquad T = 1,48 \text{ m.}$$

$$L.o.a / T = 12,55 \qquad T = 0,95 \text{ m.}$$

$$L.o.a / T = 17 \qquad T = 0,70 \text{ m.}$$

Para que la embarcación esté sometida al regimen de planeo, la relación  $L.o.a/T$  debe ser alta. Por lo tanto nos quedaremos con el valor de  **$T = 0,70 \text{ m.}$**

#### 4.4.2. Relación Manga / Calado (B/T).

Esta relación es muy importante por su capacidad para dar una idea del área sumergida de las distintas secciones transversales verticales. Cuanto mayor sea este valor, mayor estabilidad transversal tendrá el casco.

Teniendo en cuenta la relación anterior, Eslora total / Calado, dan una idea clara de las dimensiones ideales de la embarcación que permitan disponer de un volumen de carena que produzca el suficiente empuje para una correcta flotación.

Es importante la variación de la relación B/T a lo largo de la eslora para embarcaciones en regimen de planeo, interesa:

- Para la zona de popa una relación alta:
  - Formas llenas y planas.
  - Favorece la situación de planeo.
- Para la zona de proa una relación B/T algo menor:
  - Se adoptan formas mas en “V”, que facilitan la navegación
  - Alcanzan grandes velocidades.

Si la relación  $B/T$  es excesivamente baja, podemos encontrar el inconveniente de no disponer del espacio interior suficiente para la habilitación.

Calculando el valor de la relación  $B/T$  usando lo que hemos obtenido anteriormente;  $B = 3,8$  m. y  $T = 0,7$  m. nos da un valor de 5,42 que está comprendido entre 2,433 y 6,133 y rondando la zona del valor máximo que es lo que nos interesa para alcanzar la velocidad requerida.

Entonces consideraremos los valores de manga (  **$B = 3,8$  m** ) y calado (  **$T = 0,7$  m** ) como validos.

## 4.5. Eslora de flotación (L.w.l).

Es muy importante e imprescindible conocer la eslora de flotación porque es la dimensión real de la carena durante la navegación .

Hay que tener en cuenta lo siguiente :

- Un valor elevado del coeficiente L.o.a/L.w.l da a entender que la embarcación posee una proa “lanzada”, muy agresiva que suele ser de embarcaciones muy rápidas y un cuerpo de entrada afilado que favorece la navegación.
- Un valor bajo del coeficiente L.o.a/L.w.l implica que la proa se haga más vertical correspondiendo a embarcaciones menos rápidas, que generalmente navegan en regimen de desplazamiento . Esta proa concentra un volumen de carena más generoso, esto significa que en algunos momentos de navegación de la embarcación puede producir un empuje en proa , de manera que la embarcación navegue con problemas de cabeceo.

Con el mismo procedimiento calcularemos la eslora de flotación .

Teniendo los valores de máximo y mínimo obtenidos en la tabla de la relación L.o.a / L.w.l; partiendo de la zona baja de la relación L.o.a / L.w.l, pero sin llegar al extremo inferior de 1,151 así tomaremos un valor de 1,16 ; como segundo valor, uno alto de la misma sin llegar al extremo superior de 1,014 así tomaremos 1; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 1,08, Siempre con el valor fijo de la eslora total de 12 m.

$$L.o.a / L.w.l = 1,16 \qquad L.w.l = 10,34 \text{ m.}$$

$$L.o.a / L.w.l = 1,01 \qquad L.w.l = 11,88 \text{ m.}$$

$$L.o.a / L.w.l = 1,08 \qquad L.w.l = 11,11 \text{ m.}$$

Nuestra embarcación tendrá una proa relativamente lanzada, entonces consideraremos como válido el valor de **L.w.l = 10,34 m.**

## 4.6. Potencia.

Hay que tener en cuenta el peso final de la embarcación . Será necesario conocer un valor determinado de potencia para poder alcanzar las velocidades requeridas por el cliente , por lo tanto nos interesa conocer los valores usuales a instalar según el peso de este tipo de embarcaciones.

Por lógica , a mayor tamaño de la embarcación , mayor potencia será necesaria para una navegación deseada.

Cuanto mayor sea la relación Desplazamiento / Potencia :

- Embarcaciones más pesadas y con menos potencia.
- Embarcaciones más lentas.

Cuanto menor sea la relación Desplazamiento / Potencia:

- Embarcaciones mas rápidas y ligeras.

Entrando en la tabla del capítulo anterior ( Relación Desp / Pot) y comparando los valores máximo y mínimo; partiendo de la zona baja de la relación Desp / Pot, pero sin llegar al extremo inferior de 0,01858 así tomaremos un valor de 0,019 ; como segundo valor, uno alto de la misma sin llegar al extremo superior de 0,00458334 así tomaremos 0,00455; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 0,00822, siempre con el valor de desplazamiento de 8,4 Tn.

$$\text{Desp / Pot} = 0,019$$

$$\text{Pot} = 442 \text{ Hp.}$$

$$\text{Desp / Pot} = 0,0082$$

$$\text{Pot} = 1022 \text{ Hp.}$$

$$\text{Desp / Pot} = 0,00455$$

$$\text{Pot} = 1846 \text{ Hp.}$$

Haciendo una media entre el primer valor y el segundo nos da un valor de 0,0136, entrando en la gráfica con este último, vemos que se encuentra en la zona donde hay mas concentración de valores de la relación Desp / Pot . Por lo tanto nos dará un resultado final de **Pot = 617 Hp.**

## 4.7. Conclusión.

Tras realizar el dimensionamiento , se han obtenido las dimensiones principales para nuestra embarcación . Éstas dimensiones se considerarán como válidas . No obstante, pueden ser alteradas siempre que el diseño lo requiera .

Después de consultar estos datos, los redondearemos obteniendo los valores siguientes :

- **Eslora Total** = 12 m.
- **Eslora de flotación** = 10,34 m.
- **Manga** = 3,80 m.
- **Calado** = 0,70 m.
- **Desplazamiento** = 8,40 tn.
- **Potencia** = 617 hp.

## 5. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS.

### 5.1. Introducción.

Al diseñar una embarcación hay que tener en cuenta que la forma del casco es el factor más determinante de la misma, Esto es debido a que es la parte del barco que está en contacto directo con el fluido sobre el que se desplaza y por tanto, todas las próximas propiedades que posea la embarcación serán consecuencia directa de la geometría del casco.

Después de establecer, aproximadamente, las dimensiones principales de nuestra embarcación, procederemos a desarrollar cual será la forma del casco más apropiada para que con ella se consigan las propiedades que se pretenden dar a la embarcación.

En el capítulo anterior ( Dimensionamiento ), se ha concluido con las dimensiones aproximadas siguientes :

- Eslora total = 12 m.
- Eslora de flotación = 10,34 m.
- Manga = 3,80 m.
- Calado = 0,70 m.
- Desplazamiento = 8,40 tn.
- Potencia = 617 hp.

## 5.2. Régimen de planeo.

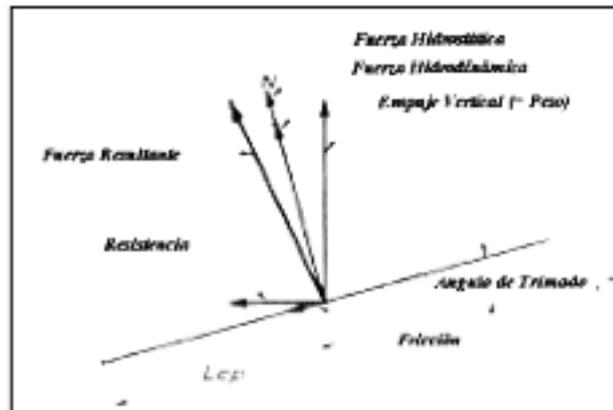
Cuando un cuerpo se encuentra sumergido prácticamente en un fluido, su flotación se debe a la presión hidrostática del fluido. Cuando dicho cuerpo se encuentra en reposo la fuerza hidrostática equilibra el peso de ésta. En cuanto el cuerpo empieza a desplazarse, el casco pone las partículas de agua de alrededor en movimiento, aplicando una fuerza en cada partícula determinada. La misma fuerza, pero en sentido contrario, es aplicada sobre el casco. Esta fuerza por área se denomina Presión Hidrodinámica, cuya componente horizontal (en el sentido del avance) es responsable de la resistencia por formación de olas y por presión de origen viscoso. La componente vertical, por otro lado, es responsable del asiento y elevación del casco. Sin embargo dicho efecto es despreciable a baja velocidad.

Cuando una embarcación navega a suficiente velocidad como para que la componente vertical de la presión hidrodinámica sea bastante mayor que la propia flotación o empuje hidrostático, provocando la elevación del casco, se considera que la embarcación navega en Régimen de planeo.

El planeo es la salida del agua de parte de la carena, debido a la sustentación por la fuerza hidrodinámica a que induzcan sus formas disminuyendo así el agua que desplaza. Así se produce un estancamiento en el crecimiento de la resistencia por formación de olas con la velocidad, de forma que una vez superada la velocidad umbral de planeo del casco el aumento de la resistencia es pequeño, lo que permite alcanzar velocidades muy altas con poco aumento de la potencia propulsiva.

La fuerza hidrodinámica, provocará en la embarcación dos efectos principales:

- Una sustentación de la embarcación que modificará la superficie mojada y un trimado o asiento como consecuencia del equilibrio longitudinal de fuerzas.
- Una resistencia como suma de dos componentes : Resistencia por fricción y Resistencia Hidrodinámica.



La importancia relativa de la resistencia de fricción y por formación de olas depende del llamado Número de Froude, que es un número adimensional, y que se define como :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \cdot Lwl}}$$

### 5.3. Resistencias que actúan sobre el casco.

La resistencia al avance de una embarcación , dependerá de sus formas, dimensiones y de su velocidad.

Al efectuar el diseño de un buque debemos determinar la mínima potencia de la maquinaria propulsora para que el buque navegue a la velocidad deseada y las pruebas de mar, eso significa que la velocidad en aguas tranquilas y con el casco limpio. Para conseguirlo sería necesario proyectar la carena de mínima resistencia y la hélice de máximo rendimiento para propulsarla.

Las resistencias que inciden sobre el casco serian :

$$\mathbf{R_t = R_w + R_v + R_{ap} + R_a + R_o}$$

- **R<sub>w</sub>**..... Resistencia por formación de olas.
- **R<sub>v</sub>**..... Resistencia Viscosa.
- **R<sub>ap</sub>**..... Resistencia debida a apéndices.
- **R<sub>a</sub>**..... Resistencia aerodinámica.
- **R<sub>o</sub>**..... Resistencias Menores.

### 5.3.1. Resistencia por formación de olas.

La resistencia por formación de olas es la parte de la Resistencia total originada por la formación de olas , que son de origen gravitacional (olas transversales y divergentes), y depende del número de Froude inferiores a 0,80. La formación de las olas se produce porque el barco se mueve en la superficie de separación de dos fluidos de distintos pesos específicos, agua y aire.

Esta resistencia puede descomponerse a su vez en:

$$R_w = R_{wp} + R_s + R_p$$

- **R<sub>wp</sub>** es la energía consumida por la embarcación en la generación de los trenes libres de olas de gravedad, transversales y divergentes. Esta componente predomina para números de Froude menores de 0,80, disminuye su importancia a velocidades mayores.
- **R<sub>s</sub>** sería la resistencia por generación del spray, se descompone en una parte de origen viscoso y otra de origen de presión. Debido a las indeterminaciones tanto en evaluación de área mojada por el spray como en su dirección y velocidad. No existe ningún método fiable para su cálculo . Lógicamente, esta componente de la resistencia será nula cuando se consideran embarcaciones con codillos pronunciados navegando a velocidades de desplazamiento . En régimen de planeo esta componente de resistencia se intentará reducir dotando al casco de junquillos anti-spray o spray-rails
- **R<sub>p</sub>** simboliza la resistencia inducida por la componente Horizontal de las fuerzas hidrodinámicas de presión que actúan normalmente en el casco. El calificativo de “inducida” se toma por ser una consecuencia de la generación de una sustentación dinámica. Esta componente resulta difícil reducir ya que , como se ha dicho anteriormente, aparece cuando se genera la sustentación para entrar en régimen de planeo.

### 5.3.2. Resistencia viscosa.

La resistencia viscosa hace referencia a la parte de la Resistencia Total que es debida a la influencia de la viscosidad. En placas planas, esta resistencia se corresponde a la resistencia de fricción, pero en una embarcación, al tener formas con curvaturas transversales en las distintas secciones y longitudinales a lo largo de la eslora hace que no coincida .

Se descompone en :

$$R_v = R_f + R_{pv}.$$

- **R<sub>f</sub>** es una resistencia tangencial debida a la fricción que se desarrolla en el casco mojado y aumenta su importancia relativa con la velocidad. Es equivalente al gasto de la energía empleada en acelerar las partículas de agua tangencialmente a la superficie del casco del barco. A números de Froude por encima de 1,00 es la componente mayor de la resistencia total al avance de la embarcación . Esta componente de resistencia es prácticamente imposible de eliminar ya que, el casco de la embarcación siempre estará en contacto con el agua.
- **R<sub>pv</sub>** es la resistencia por presión de origen viscoso. Es consecuencia de las componentes de presión normales al casco y a la viscosidad. En un fluido real se alteran las líneas de corriente y la distribución de las presiones alrededor del cuerpo debido al cambio de forma del contorno de la capa límite, que hace que las líneas de corriente queden más separadas de la carena y por tanto se pierdan gran parte de las componentes de presión favorables al avance en la zona de popa . Cuando el número de Froude es superior a aproximadamente 0,60, se puede considerar prácticamente nula esta componente.

### 5.3.3. Resistencia debida a apéndices.

Esta resistencia es consecuencia de todos aquellos elementos de la obra viva adosados a la carena, tales como: timón, quilla de balance, orzas, arbotantes, henchiminetos, aletas estabilizadoras, y en general todo lo que sobresalga del casco.

Esta resistencia , tiene bastante mas importancia en las embarcaciones rápidas que en los buques convencionales.

Dependiendo del tamaño y configuración de los apéndices, esta componente puede alcanzar, a velocidades mayores, valores hasta un 20% de la resistencia al avance del casco desnudo.

La resistencia de estos apéndices tiene una componente de fricción, otra de presión y otra inducida debido a la sustentación que también generan.

Existen formulas para estimar la resistencia de cada apéndice y suelen ser más fiables que el clásico procedimiento de incrementar en un porcentaje la resistencia al avance del casco desnudo para tener en cuenta el efecto de los apéndices.

### 5.3.4. Resistencia aerodinámica.

Se define como la resistencia que experimenta el buque sobre la obra muerta debido al movimiento del buque a través del aire. Depende del viento aparente ( que a su vez depende de la velocidad del buque, velocidad del viento, la dirección del viento, la dirección del viento respecto al rumbo) y de la forma de la obra muerta.

Esta resistencia puede representarse en embarcaciones rápidas hasta un 10% de su resistencia total. A velocidades bajas la resistencia debida al aire no tiene importancia, pero a medida que la velocidad aumenta se hace más considerable.

En nuestra embarcación habrá que tener en cuenta la resistencia aerodinámica sobre la obra muerta y sobre la cabina. Aunque no será una embarcación de alta velocidad, por tanto , esta resistencia no será muy significativa con respecto a la Resistencia Total al avance.

En el término **Ra** se incluyen otras componentes menores, de la resistencia al avance experimentada por una embarcación rápida en el mar.

Su naturaleza puede ser friccional o de presión, y sus causas son muy diversas: Válvulas de exhaustación , tomas de mar , ánodos de sacrificio... etc.

## 5.4. Influencia de la carena en el planeo.

### 5.4.1. Influencia de la sección transversal.

Existirán diferentes distribuciones transversales de presión, derivadas de la variación del ángulo de astilla muerta, el cual, es inversamente proporcional a la fuerza vertical hidrodinámica dependiendo de la forma transversal del casco.

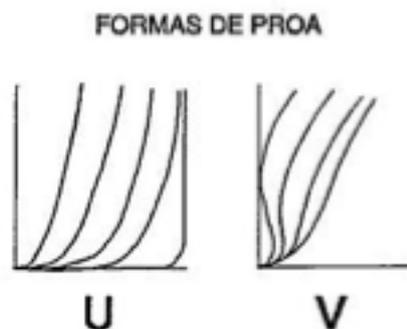
A la hora de estudiar las cuadernas, se diferenciará entre las formas de la zona de proa y la de popa.

- **Zona de proa** : Existen dos tipos de formas de cuadernas : en U y en V.

Las formas en U son más llenas que las en V. Tienen por tanto tendencia a producir “Salming” o pantocazos cuando se navega con mal tiempo de proa, con la reducción de velocidad y esfuerzos en la estructura de proa que ello conlleva.

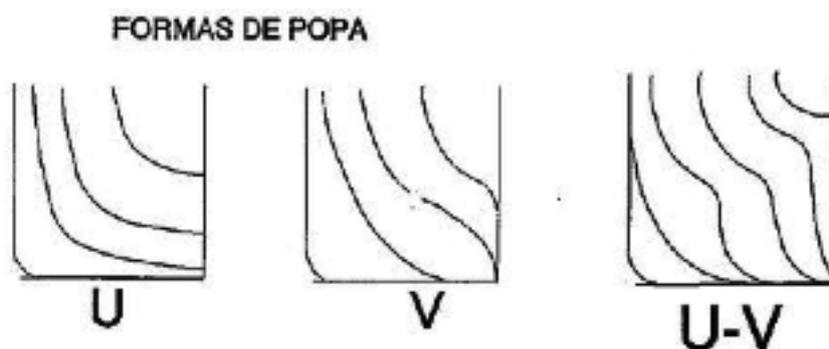
A los buques grandes y lentos se les suele dar formas en U, ya que aumentan la capacidad de carga y tienen menos problemas de comportamiento en el mar, ya que el mal tiempo les afecta menos.

Las embarcaciones pequeñas o rápidas son más afectadas en su comportamiento por el mal tiempo de proa y por consiguiente se les da formas más finas (en V) con el objetivo de que pasen mejor la ola de proa y tengan por tanto un mejor comportamiento en el mar.



- **Zona de popa** : las cuadernas en U son más llenas pero a su vez son malas respecto a la hidrodinámica porque aumentan la resistencia de presión de origen viscoso, pueden producir separación y por tanto grandes turbulencias.

Las cuadernas en V son mejores desde este punto de vista ya que el flujo discurre más perpendicilmente a las cuadernas, pero por otra parte estas formas pueden dar problemas en la configuración de la estela, la helice trabaja mal y pueden producirse vibraciones en la hélice. Para evitarlo diseñaremos cuadernas intermedias (U-V).

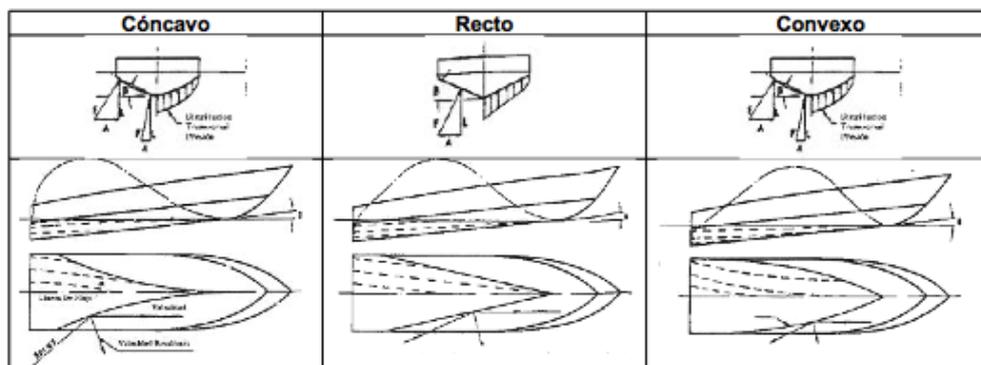


Puesto que la fuerza de sustentación es perpendicular a la superficie en contacto con el líquido, las formas que mejor aprovecha o producen esta fuerza son aquellas que más se aproximan a una placa plana, por lo que lo correcto sería que la parte del casco que queda sumergida durante el planeo adoptara esta forma, más o menos pronunciada según el aprovechamiento que se quiera realizar de esta fuerza ( la experiencia en barcos similares recomienda un valor aproximado de astilla muerta de entre 15 y 20 grados).

Cuanto más a popa, más plano debe ser el fondo, puesto que más sumergido estará e interesa controlar que el trimado no sea excesivo.

Una forma de evitar un cambio brusco de formas en la cuaderna entre proa y popa es el diseñar cuadernas intermedias entre formas U-V, en donde aparece el característico “codillo”.

Además de las formas en U y V, hay que tener en cuenta que estas cuadernas pueden tener formas cóncavas, convexas o rectas .



Se puede observar que en función del tipo de sección transversal la superficie mojada dinámica de la embarcación varía .

La principal diferencia en las formas cóncavas y convexas consiste en la distribución de presiones bajo el casco.

Entonces , en la sección cóncava, esta distribución aumenta produciendo más empuje a medida que se acerca al costado de la embarcación, con lo que hay mayor empuje en la zona del costado que bajo la quilla, todo lo contrario sucede en la sección convexa .

Esta distribución de presiones implica que cuando el casco se eleva al aumentar la velocidad, la sección cóncava pierde rápidamente empuje, además de dejar una cuña cóncava ineficaz en cuanto al planeo se refiere, mucha superficie mojada y una manga de planeo estrecha. En la sección convexa no ocurren estas desventajas, sino que por el contrario a altas velocidades muestra una significativa reducción de superficie mojada, buen empuje y mucha manga de planeo, además las secciones convexas tienen una excelente rigidez que permiten escantillonados más ligeros.

En el caso de la sección recta, ofrece unas condiciones muy parecidas a la convexa pero reduce la superficie mojada al aumentar la velocidad, más que en la sección convexa.

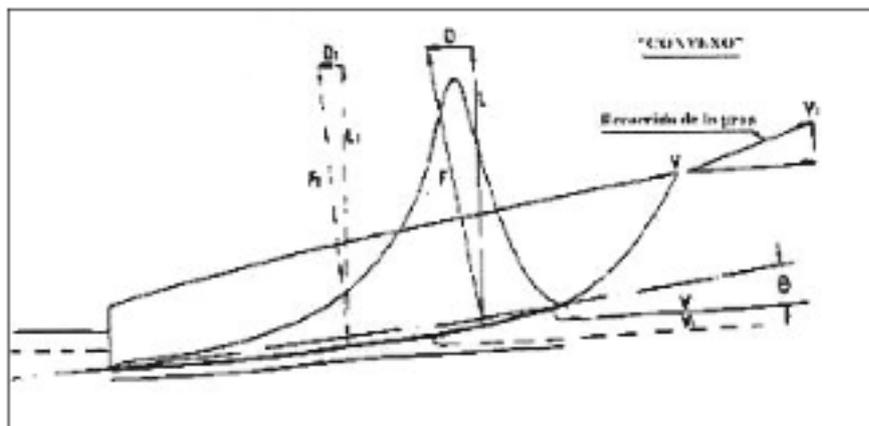
Lo que podemos sacar como conclusión es que las formas que se adoptan para el diseño del casco de la embarcación, serán formas “Híbridas” entre U y V con su característico “codillo” y sección transversal del fondo cóncavo en la proa variando suavemente hacia una sección recta en la popa.

### 5.4.2. Influencia de la sección longitudinal.

Igual que en la sección transversal del barco, hacemos una comparación de los diferentes fondos posibles en le sentido longitudinal del casco (cóncavo, convexo y recto ). En este caso las diferencias radican en el punto de mayor presión y en el comportamiento de la embarcación a baja (V) y a alta Velocidad.(V1).

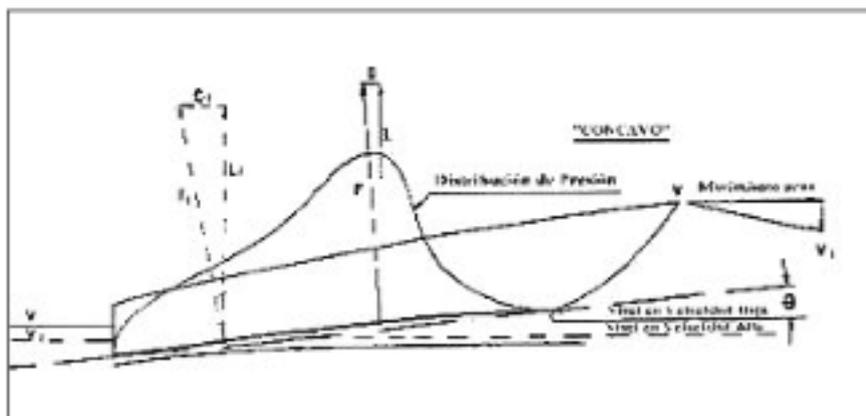
➤ Fondo convexo:

- Mejor rendimiento de planeo a alta velocidad (  $D < D_1$  )
- Movimiento ascendente de proa al aumentar la velocidad.
- Posición de máxima presión cerca de proa.



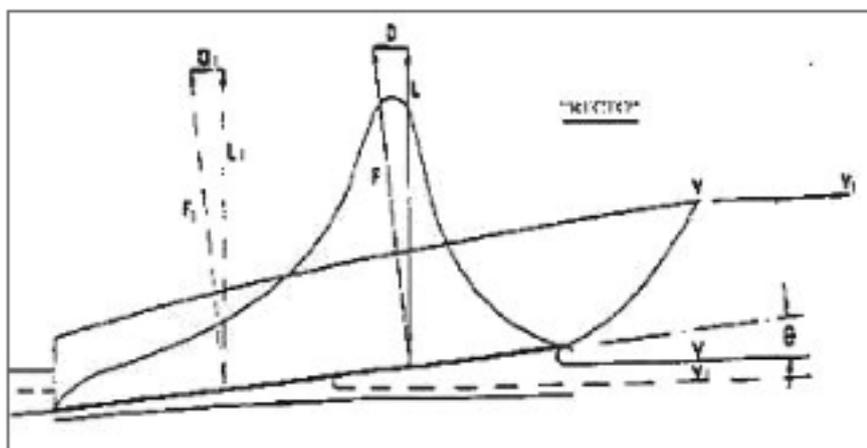
➤ Fondo Cóncavo:

- Mejor rendimiento de planeo a baja velocidad(  $D > D_1$  ).
- Movimiento descendente de proa al aumentar la velocidad.
- Posición más retrasada del punto de Máxima Presión.



➤ Fondo recto:

- Igual rendimiento a ambas velocidades ( $D = D_1$ ).
- Movimiento horizontal de la proa.
- Posición centrada del punto de máxima presión.

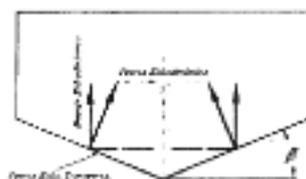


Para nuestra embarcación interesa tener un fondo recto ya que así se obtendría un igual rendimiento a las bajas velocidades y el punto de máxima presión se mantiene en posición centrada.

## 5.5. Astilla muerta.

La forma de obtener el máximo rendimiento de las fuerzas de sustentación generadas durante el planeo implica la proyección de fondos planos, ya que la superficie de planeo más eficiente es la placa plana. Pero por supuesto, hay que tener en cuenta que no se puede diseñar una embarcación rápida con fondo plano, ya que tendría una pobre capacidad de maniobra, sería de difícil gobierno en mal tiempo, unas aceleraciones e impactos excesivos.

El croquis representativo que viene a continuación nos da una ligera idea sobre la variación la componente vertical de la fuerza hidrodinámica.



Cuanto más plana sea la embarcación (Cuando tenga un ángulo menor de Astilla muerta), mayores serán los efectos dinámicos.

Esto se evita con la disposición de secciones en V, con lo que cuanto más profunda es la V, más pequeñas son esas aceleraciones verticales.

Pero diseñar las secciones en V implica obtener grandes ángulos de astilla muerta, lo que genera una reducción del empuje, por lo tanto para compensar esta pérdida, será necesario aumentar la superficie mojada y aumentar el ángulo de trimado, lo que provocará un aumento de la resistencia al avance.

La razón por la que la astilla muerta reduce el empuje hidrodinámico es que el agua que golpea el fondo sería en caso de astilla muerta pronunciada, desviada hacia los lados (y no hacia el fondo), a diferencia de un casco plano en el que la dirección del agua golpea el casco, cambia 180°.

Por otra parte el spray provocado por un fondo con astilla muerta incrementa la resistencia de fricción.

Una solución a este problema es diseñar fondos de astilla muerta variable y creciente a lo largo de la eslora, de popa a proa. Pequeñas astillas muertas en popa darán lugar a superficies de planeo efectivas , mientras que altas astillas muertas en proa disminuirán las aceleraciones producidas por los impactos hidrodinámicos y mejorarán la maniobrabilidad de la embarcación.

Unos valores de astilla muerta comunes entre proyectistas navales son del orden de 15 a 20 grados. Los cuales proporcionan buenas características marineras.

## 5.6. Spray rails.

En las embarcaciones de planeo y con en el casco en V profunda, se produce un efecto llamado “Abanico” o Spray de proa, que resulta incómodo para los navegantes que se encuentran en esta zona de la embarcación y además provoca el embarque de agua por la proa.

Por otra parte este spray incrementa la resistencia al avance al subir por las paredes del casco.

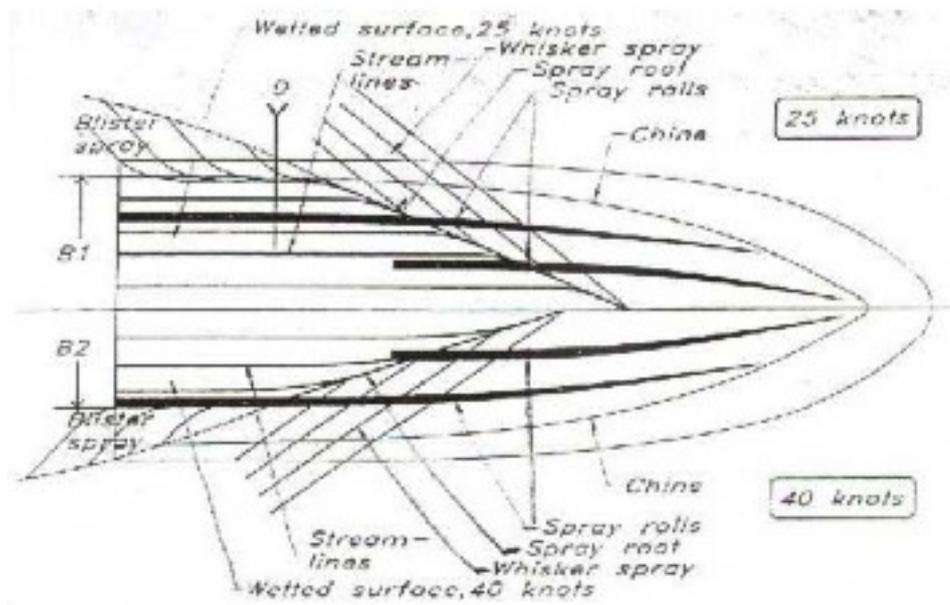
Para números de froude cercanos a uno, casi la totalidad de la resistencia al avance es de origen friccional como ocurre también a bajas velocidades. Resulta importante controlar en lo posible, la extensión de la superficie mojada del casco, y esta disminución se puede corregir e incluso eliminar dotando a la proa de junquillos anti-spray que producen una separación entre el casco y el flujo de agua hacia arriba, disminuyendo por tanto la resistencia de fricción.

Hemos mencionado antes que unas formas en V profunda son muy aconsejables para mejorar el comportamiento de la embarcación en el mar pero, no son muy eficientes para generar empuje.

Una forma para solucionar este problema es la colocación de spray-rails a lo largo del casco.

Los spray rails son eficientes hasta el momento en que el flujo por debajo del casco es más o menos paralelo a la quilla, en ese momento deben de ser cortados para evitar que incremente la resistencia en esa región, aunque se podría justificar el hecho de mantenerlos como dispositivos antibalances.

Cuando se dispone de dos spray rails, uno interior y otro exterior, a veces es conveniente cortar el interior, pero dejar el exterior, ya que si cortamos en la zona donde a ciertas velocidades el spray rails está dentro de la superficie mojada del casco, la no existencia de los mismos produciría que el centro de presión se trasladaba hacia la popa haciendo caer la proa produciendo de esta forma mayor resistencia e incluso problemas de gobierno.



Lo que podemos deducir de todo esto es que los spray rails básicamente proporcionan empuje vertical a la embarcación y la separación del flujo, reduciendo la superficie mojada y por tanto la resistencia de fricción .

A la hora de su colocación en el casco deben correr paralelos a la quilla en cuerpo de popa, pero en cuanto a su colocación en el cuerpo de proa, existen estas posibilidades: Desde que corran paralelos a las líneas de agua hasta la proa misma; que sean colocados a lo largo de los longitudinales . La mejor solución, es que corran aproximadamente paralelos al codillo, teniendo en cuenta la disminución de su anchura y aumento de astilla muerta al acercarse a proa.

Hay otros detalles constructivos que afectan principalmente al codillo que sería interesante conocer para el buen diseño del casco, normalmente el codillo recorre la línea de flotación hacia popa alrededor de un 20% de la longitud de la línea de agua medida desde el espejo de popa. Esto proporciona al casco una sección del área de planeo constante en esta porción de eslora. El codillo después se eleva formando una curva suave hasta que se encuentre con la roda disminuyendo a su vez la anchura.

## 5.7. Conclusión.

Tras hacer referencia a todos aquellos factores que hay que tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el diseño de la embarcación. Más correctamente de una embarcación que podrá navegar en régimen de planeo, se concluye con una idea clara de cuales son las formas que de tener la misma para que esté dotada de aquellas características que desde un principio se persigue conseguir .

- **Sección transversal:** Las formas que se adoptarán para el diseño del casco de la embarcación, será formas “híbridas” entre U y V con su característico “codillo” y sección transversal del fondo cóncavo, en la parte de proa para aliviar impactos y recto en la zona de popa para conseguir una buena superficie de planeo.
- **Sección longitudinal:** interesa un fondo recto, ya que no va a alcanzar altas velocidades.
- **Astilla muerta:** estará comprendida entre 15 y 20 grados aumentando desde popa hacia proa.

## 5.8. Diseño de las formas con el programa Maxsurf/pro.

El programa Maxsurf permite diseñar el casco de una embarcación de forma tridimensional . A partir de los datos de partida obtenidos en el Capítulo 4 . Se han ido definiendo las formas del barco. La ventaja de este programa es que permite comprobar si un diseño es satisfactorio, y cumple con los requerimientos .

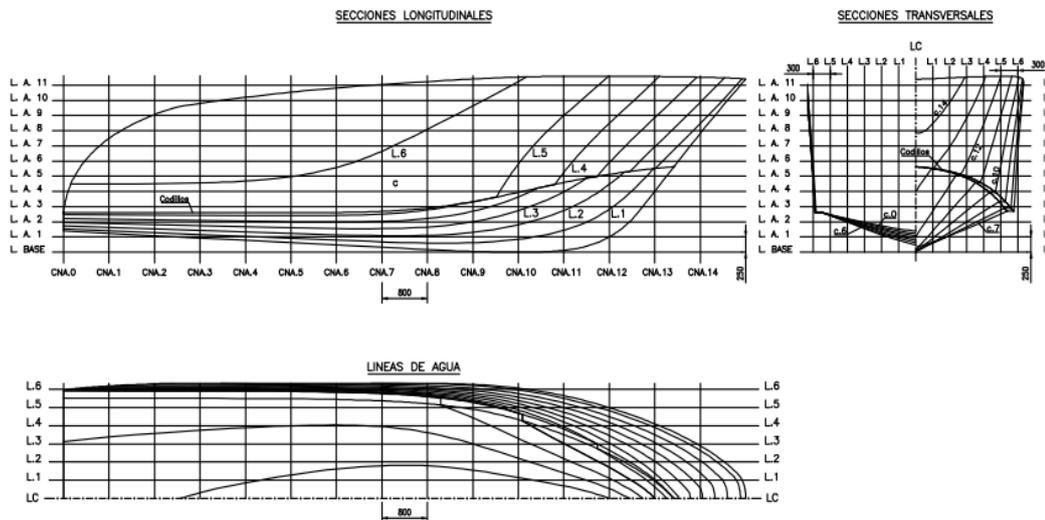
Se ha ido elaborando mediante el proceso de ensayo error, modificando cada uno de los parámetros hasta conseguir unas formas satisfactorias.

La eslora total se ha mantenido constante a lo largo de todo el proceso, y se toma un desplazamiento aproximado de 8,4 tn, a partir de ahí, se han ido ajustando el resto de parámetros, manga, calado y eslora de flotación, hasta conseguir unas formas coherentes de la embarcación .

Las formas obtenidas mediante este programa se considerarán definitivas, a no ser, en futuros capítulos se considere apropiado modificarlos.

Los datos obtenidos del programa maxsurf son los siguientes :

- **Eslora Total (Loa) = 12m.**
- **Eslora de flotación (Lwl) = 10,142 m.**
- **Manga Máx (B) = 3,80 m.**
- **Calado (T) = 0,70 m.**
- **Desplazamiento ( $\Delta$ ) = 8,50 Tns.**



## 5.9. Estructura resistente del casco.

A continuación se procede a realizar una pequeña introducción de cual será la estructura resistente del casco, ya que aparecerá más detallada en el Capítulo 7 . Escantillonado, donde se recogen espesores, dimensiones, morfología, módulos resistentes...etc.

La embarcación constará de estructura mixta, es decir, longitudinal y transversal, siguiendo la normativa de “Lloyds Register of Shipping”.

En el sentido longitudinal, constará de longitudinales de fondo a cada banda del casco , Serán paralelos y discurrirán a lo largo de toda la eslora del fondo . También llevará longitudinales de costado a cada banda. Dispondrá de longitudinales de cubierta o esloras. Tendrán la misma separación que se calculará más adelante.

En el sentido transversal, el casco dispondrá de 5 mamparos transversales; mamparo popa de Cámara de máquinas, mamparo de proa de Cámara de máquinas, , mamparo divisorio de camarote de popa, mamparo divisorio de camarote de proa y pique de proa. Todos los mamparos estarán fabricados en PRFV “tipo Sándwich” con un espesor de 20 mm. (2+16+2).

## **6. DISPOSICIÓN GENERAL.**

Una vez conocidas las exigencias y necesidades del cliente y teniendo las formas de la embarcación, procederemos a la distribución de los distintos espacios que componen la embarcación .

En primer lugar se hará un croquis esquemático de la planta de la embarcación y dentro de él se hará una aproximación de la distribución de las principales zonas, bañera, puesto de gobierno, habitación y pique de proa.

Mediante la comparación con estancias e instalaciones de otras embarcaciones proyectadas con éxito, se fijarán las medidas iniciales para cada una de las zonas, así como el reparto especial de las mismas a lo largo de la eslora del casco.

Un factor importante a la hora de llevar a cabo el dimensionamiento de la embarcación, es el grado de espacio del que desea disponer el cliente, ya que éste desea una vivienda flotante capaz de albergar en su interior de cuatro hasta seis personas y practicar la pesca deportiva cómodamente, también es determinante el aspecto y porte final que se desea conseguir.

Hay elementos de los cuales , debido a su tamaño y peso , es necesario conocer la ubicación de la forma más aproximada posible, ya que influirán de manera importante en la posición longitudinal del centro de gravedad de la embarcación.

Así por ejemplo es necesario tener lo más claro posible la posición de los motores. Para decidir la ubicación de los mismos , es necesario sopesar las diferentes ventajas e inconvenientes de situarlos en una zona u otra. En nuestro caso , tras comparar otras características similares, y hacer varias consultas , se ha considerado oportuno situarlos en la zona más a popa de la embarcación.

La colocación de la cámara de máquinas en este punto es consecuencia de una optimización del trimado . Y el hecho de que no esté completamente centrada es porque esta embarcación lleva la habilitación desplazada ligeramente hacia proa, y por tanto , al situar los motores despalzados más a popa se evita que el centro de gravedad se desplace en exceso hacia proa.

Al final del proyecto en el ANAEXO, se adjuntará el plano de disposición general donde se reflejarán todos los espacios de la embarcación.

## 6.1. Diseño de cubierta.

El diseño de la cubierta es de gran importancia debido a que la embarcación posee una cubierta de dos zonas de solarium a proa y a popa, ya que la mayor parte de la estancia se desarrollará en cubierta. Por lo tanto la cubierta es uno de los lugares de los que tendremos que dotar de más espacio para desarrollar la vida a bordo.

En este apartado se van a explicar cada una de las zonas que aparecen en el croquis; bañera, puesto de gobierno, habitación y pique de proa.

### ➤ **Bañera.**

Mide 1,513 metros de eslora y 2,60 metros de manga, aprovechando la ancha manga que posee la embarcación.

Seguidamente se dispondrá de un dinete y una mesa a babor de la superficie, frente a él se colocará un mueble bar con tapa para cubrir cuando no se esté usando.

### ➤ **Puesto de gobierno.**

Estará situado a proa de la bañera, tendrá una eslora de 3,740 metros y una manga de 2,70 metros. En él se dispondrá lo siguiente:

- Cuadro de mando a estribor con múltiples indicadores, asiento del patrón y otro para el acompañante, ambos en estribor.
- Acceso a habitación en la zona de proa mediante unos escalones.
- Comedor formado por un sofá y una mesa que son abatibles de modo que se convierte en cama doble y además posee cajones inferiores.
- Mesa de navegación que estará situada a estribor y popa de los asientos del patrón y acompañante.

➤ **Pasillos laterales.**

En muchas embarcaciones de este tipo, los pasillos laterales son demasiado estrechos y hacen que el acceso desde la bañera hacia la zona de proa tenga un riesgo innecesario. Se ha intentado solucionar este problema, dotándole a estos pasillos una barandilla de acero inoxidable que se eleva 0.55 metros sobre la regala de estos a lo largo de toda la eslora haciéndolo más amplios y seguros.

➤ **Cubierta de proa.**

La cubierta de proa tiene una eslora de 5,01 metros . Dispone de un amplio espacio el cuál será utilizado como “solárium” disponiendo de dos colchonetas para el efecto.

## 6.2. Diseño de interiores .

El objetivo de este apartado es el de diseñar y presentar el espacio interior de la embarcación, decidiendo la ubicación de cada elemento, atendiendo a criterios como el confort y la seguridad.

La embarcación está diseñada para albergar a cuatro tripulantes que puedan vivir cómodamente en su interior, a lo más seis, si dos de ellas duerman en el sofá del salón comedor.

El interior estará formado por, salón- comedor, cocina, cuarto de baño de estribor, camarote de proa que estará a 25 centímetros más elevado que la cubierta de habilitación y camarote de popa.

### ➤ **Salón- comedor.**

Está situado a babor, tiene una eslora de 2,305 metros, y está formado por un sofá y una mesa abatible que es regulable en altura y se puede bajar formando así una cama para dos personas.

### ➤ **Cocina.**

Está situada a estribor de la escalerilla de acceso al interior. Tiene una eslora de 1,355 metros.

Está compuesta por dos muebles inferiores, encimera en acero inoxidable, placa vitrocerámica, fregadero, frigorífico.

### ➤ **Cuarto de baño.**

Está situado a proa de la cocina y tiene una eslora de 1 metro aproximadamente. Compuesto de Placa de ducha, inodoro y un lavabo además de toallero, portarollos, espejo, etc...

➤ **Camarote de proa.**

Es el espacio situado más a proa ( excluyendo el pique de proa), y se hace independiente del salón y cocina mediante un mamparo, al igual que el camarote de popa.

Tiene una eslora de 2,84 metros y está formado por una cama doble en la parte más a proa, en sentido longitudinal de la embarcación con dos armarios ropero, a estribor y a babor de del camarote.

➤ **Camarote de popa.**

Se encuentra a popa de la cocina , se hace independiente del salón y cocina mediante un mamparo. Tiene una eslora de 2,25 metros y está formado por dos camas de 80 centímetros de ancho cada una, dispuestos transversalmente a la eslora de la embarcación y separadas por una mesita con cajones. Frente a la de proa se dispone un armario ropero.

### 6.3. Disposición de los mamparos transversales.

A lo largo de la eslora de la embarcación, se dispondrán cinco mamparos que son :

- **Mamparo de popa de cámara de máquinas**, que estará a 0,138 metros del extremo de popa, limitará la zona de la cámara de máquinas a popa.
- **Mamparo proa de cámara de máquinas**, que estará a 3,20 metros del extremo de popa, limitará la cámara de máquinas a proa.
- **Mamparo divisorio camarote de popa** que estará a 5,60 metros del extremo de popa, limitará el camarote de popa del resto de la habitación.
- **Mamparo divisorio camarote de proa** que estará a 8,00 metros del extremo de popa, limitará el camarote de proa del resto de habitación.
- **Pique de proa** que estará situado a 10,80 metros desde el extremo de popa, limitará el pique de proa con la zona de habitación.

## **7. ESCANTILLONADO.**

### **7.1. Material de construcción.**

#### **7.1.1. Elección del tipo de material.**

Cuando se diseña una embarcación es necesario decidir el material que se va a emplear para su construcción .

Los principales materiales utilizados en la construcción naval: madera, acero, aluminio y materiales compuestos .

Se ha destacado desde el primer momento, el uso de la madera como material de construcción.

La elección de nuestro proyecto ha sido una embarcación de recreo de un material compuesto como es la fibra de vidrio (PRFV), tanto en la embarcación del casco como en los refuerzos, cubierta y mobiliario exterior.

A continuación , aparece un breve análisis comparativo de los otros tres materiales posibles : aluminio , acero y materiales compuestos. Atendiendo a diversos aspectos como son : peso , resistencia estructural , fatiga , coeficiente de dilatación, resistencia a la corrosión, mantenimiento y reparación , soldadura, resistencia al fuego y coste.

#### **➤ PESO:**

Para una misma resistencia, las embarcaciones realizadas en acero son más pesadas que las realizadas en aluminio y estas a su vez , más que las de PRFV. Una embarcación de aluminio es un poco más pesada que una de PRFV con laminado monolítico, y la diferencia es mayor cuando se trata de laminado tipo “sándwich” .

Esto se traduce en que para conseguir la misma velocidad una embarcación de acero necesita más potencia que una de aluminio o una de PRFV.

➤ **RESISTENCIA ESTRUCTURAL:**

Esta cualidad por si sola no es indicativa, puesto que sea cual sea el material elegido, habrá que tener la misma resistencia , lo que variará es el espesor del mismo para conseguirla. En el caso del acero, tiene mucha resistencia por unidad de peso, es decir , se necesita menos espesor para obtener la misma resistencia.

➤ **FATIGA:**

El aluminio trabaja mal a la fatiga, por lo que si el diseño de la estructura no es suficientemente cuidadoso, pueden aparecer grietas, que generalmente aparecerán en zonas sometidas a continuas vibraciones.

➤ **COEFICIENTE DE DILATACIÓN :**

En el aluminio es más elevado, por encima del acero y el PRFV. Hay que tener especial cuidado durante los procesos de armado y soldadura, ya que debido al calor aplicado pueden aparecer deformaciones que después son difíciles de eliminar.

➤ **RESISTENCIA A LA CORROSIÓN:**

Hay que diferenciar entre dos tipos de corrosión, la provocada por el oxígeno del aire y la electrolítica. En el primer caso , el aluminio y el PRFV tienen un excelente comportamiento. El segundo caso , afecta al acero y sobre todo al aluminio, el cual en contacto con materiales más electropositivos sufre una corrosión galvánica, por lo que de ser utilizado hay que darle una buena protección catódica mediante ánodos de sacrificio, además de una constante vigilancia de la conservación de los mismos.

Por otra parte y por el punto de vista estético , una embarcación de PRFV siempre se encuentra en mejor estado que una de acero o de aluminio.

### ➤ **MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN:**

En lo referente al mantenimiento del PRFV es el que presenta unos gastos menores frente al acero y el aluminio. En cuanto a reparación, el aluminio es el que presenta mayores dificultades para encontrar talleres especializados.

### ➤ **SOLDADURA:**

En el caso del PRFV este problema no se presenta. Y como se ha mencionado anteriormente, el aluminio es el que presenta más problemas ya que en él aparecen grietas con facilidad si no se dispone de instalaciones adecuadas y un proceso controlado.

### ➤ **RESISTENCIA AL FUEGO:**

En este caso las embarcaciones construidas de acero son las más resistentes, ya que en el caso del aluminio el magnesio que contiene, la aleación arde. En el caso del PRFV, al ser la resina de poliéster un plástico termoestable, se carboniza sin deformación produciendo humos tóxicos, aun así las características de resistencia al fuego se pueden mejorar utilizando resinas de ácido caliente, que se utilizan alrededor de la llama.

### ➤ **COSTE:**

Si se construye una sola embarcación, el coste de la estructura fabricada en PRFV es similar al del aluminio y superior a una de acero. Si se construyen varias unidades, el coste de las estructuras en PRFV es muy por debajo del aluminio o acero. Esto se debe a que en el caso de PRFV se construye un modelo y molde cuyo coste se amortiza entre todas las unidades construidas.

### ➤ **CONCLUSIÓN:**

En pequeñas y medianas embarcaciones el PRFV se impone al acero y al aluminio, ya que los costes son más bajos porque se suelen construir varias embarcaciones, tiene un buen comportamiento en el mar, buena relación resistencia-peso, costes de mantenimiento bajos, fácil de reparar y buena presencia.

**Todo esto nos lleva a elegir PRFV como material de construcción (casco, cubierta y refuerzos).**

### 7.1.2. Propiedades de los materiales compuestos.

#### ➤ CLASIFICACIÓN:

Los materiales compuestos son una combinación de resinas sintéticas y material reforzante, de tal manera que las propiedades mecánicas de la resina y el refuerzo consigan combinarse y aumentarse.

Existen en el mercado una gran variedad de formatos de presentación de las resinas y fibras, cada una con unas propiedades características.

En cuanto a las fibras, se comercializan una variedad tal como la poliamida aromática o fibras naturales tales como el algodón, aunque no cabe la duda que las fibras más conocidas son las de carbono y vidrio.

Podemos hacer una clasificación, según su naturaleza, de las diferentes clases de fibras que existen en el mercado. Esta clasificación esta recogida en el siguiente cuadro:

<b>FIBRAS DE ORIGEN MINERAL</b>	<b>Fibras Cerámicas (Carburo de Silicio, Alúmina)</b>
	<b>Fibras Metálicas</b>
	<b>Fibras Inorgánicas (Carbono, Vidrio, Boro)</b>
<b>FIBRAS DE ORIGEN ORGÁNICO</b>	<b>Fibras Orgánicas (Aramida, Polietileno)</b>

Para la construcción de ésta embarcación se usará un tipo de fibra inorgánica, precisamente la fibra de vidrio. Su elección se debe principalmente a sus altos resultados, basados en la experiencia en otras embarcaciones y por sus generalidades y propiedades que son:

➤ **GENERALIDADES:**

- Basadas en óxido de silicio, con adicción de óxido de Ca, B, Na, Fe y Al.
- Vidrios amorfos.
- Resistencia y rigidez.
- Propiedades isótropas.
- Tratamiento superficial: protege, une, lubrica, antiestático, unión, matriz.

➤ **PROPIEDADES:**

- Alta adherencia Fibra-Matriz.
- Resistencia mecánica.
- Características eléctricas.
- Incombustibilidad.
- Estabilidad dimensional.
- Compatibilidad con las materias orgánicas.
- Imputrescibilidad.
- Débil conductividad térmica.
- Excesiva flexibilidad.
- Bajo coste.

Existen diferentes clases de vidrio. En este proyecto se utilizará la fibra de vidrio clase “S” debido a sus características principales, que se exponen a continuación y también , debido a su frecuente utilización en embarcaciones ya construidas con éxito.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VIDRIO "S"</b>
<b>Diámetro de hilo (μ m)</b>	<b>10</b>
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>2480</b>
<b>Módulo de elasticidad (GPa)</b>	<b>86</b>
<b>Resistencia a tracción (GPa)</b>	<b>4,59</b>
<b>Módulo específico</b>	<b>34</b>
<b>Coefficiente expansión térmica (10<sup>-6</sup>/°K)</b>	<b>5,1</b>

La fibra de vidrio se presenta en forma de "Tejido" de filamentos perfectamente entrecruzados. En este caso recibe la denominación de "WR" (Woven Roving). También se presentan en forma de masa de mechas de filamentos colocados aleatoriamente y recibe la denominación de CSM (Chopped Stran Mat). O simplemente MAT.

En empresas especializadas pueden adquirirse estos y otros formatos existiendo varias posibilidades en cuanto al peso de fibra por metro cuadrado que contiene cada uno.

Además para reforzar zonas concretas se utilizan "mechas" de fibras continuas que aportan gran resistencia en la dirección de la fibra.

El éxito del uso de la fibra de vidrio en el mundo de los materiales compuestos se debe a las excelentes características que proporciona al material una vez solidificado : baja densidad y por tanto , menor peso, gran resistencia mecánica y eléctrica y su reactividad química (en especial con agua salada).

En cuanto a la resina , en este proyecto se usará la resina termoestable con gran utilidad en construcción naval. Este tipo de resina se caracteriza porque no cambia sus propiedades al variar la temperatura.

### Resinas termoestables en función de la temperatura de utilización:

- La más usada en construcción naval es la resina de poliéster . Químicamente, son polímeros lineales de condensación que resultan de la reacción de ácidos carboxílicos con glicoles denominándose esta reacción “Esterificación”.

Los principales tipos de resinas de poliéster son:

- Isoftálica : Grandes propiedades de resistencia al desgaste y a agentes químicos.
  - Ortoftálica: Resina de utilización general.
  - Ácido Caliente: Se utiliza como retardador de llamas.
- 
- También son de uso común las resinas epoxi, que reciben ese nombre por incluir en su composición dos grupos epóxidos. Muestran buenas características de resistencia mecánica y química, también a la abrasión y poseen buenas cualidades eléctricas, aunque unas de sus principales ventajas sobre la resina de poliéster es su baja concentración (1%-2%) que incluso puede reducirse hasta prácticamente a cero. Es más cara que la resina poliéster.

### **En este proyecto utilizaremos la resina de poliéster isoftálica.**

Es necesario mencionar que para que se produzca el endurecimiento o curado de las distintas variedades de resina en un plazo que resulte lo suficientemente corto para que resulte rentable su uso, es necesario añadirle un catalizador y activador o acelerador, en proporciones concretas.

El catalizador produce radicales libres que provocan la iniciación de la reacción de polimerización y el activador o acelerador refuerzan la acción del catalizador y permiten polimerizar a temperaturas menos elevadas, por esta razón, también resulta un material excelente para la construcción , ya que variando las proporciones de estos productos se puede conseguir un curado mas o menos rápido según interese.

No está demás advertir que nunca se debe mezclar el catalizador y el activador o acelerador directamente, pues provoca una violenta explosión. El activador se añade a la resina previamente.

En el campo de las resinas, y en el caso de este proyecto, es necesario mencionar la posibilidad de añadir a la misma una cierta cantidad de material colorante para conseguir distintos acabados traslucidos u opacos. En el mercado existe gran cantidad de estos elementos, por ejemplo, para acabados metalizados, pueden añadirse polvo de aluminio o pequeñas láminas de vinilo.

**De todo lo explicado anteriormente, se ha decidido en este proyecto la aplicación de la resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio .**

## 7.2. Proceso de construcción.

Debido a la naturaleza del material a utilizar , resina reforzada con fibra de vidrio, es necesario disponer de una superficie sólida sobre la cual se aplicaría el material, de manera que adopte la forma deseada.

Existe la posibilidad de realizar moldes “macho” ó moldes “hembra”.

El primero es aquel que adopta la forma interior del casco de la embarcación. Una vez se ha producido el laminado y ha finalizado el proceso de fraguado, al separar el casco del molde, el exterior presenta una superficie áspera e irregular. Por tanto quiere un trabajo adicional de pulido y terminación de la superficie.

El segundo, sin embargo, adopta la forma exterior del casco, es el más indicado . Una vez desmoldeado, la superficie exterior de la embarcación está prácticamente lisa y terminada, a falta de corregir pequeñas imperfecciones. Otra ventaja de este tipo de moldes es la de permitir el control total de las dimensiones de la pieza, algo que en los moldes macho resulta difícil durante la laminación . Sin embargo, pueden presentar algunos riesgos tales como la aparición de bolsas de aire entre el molde y la superficie de la pieza que puede producir graves deformaciones en la misma.

Otro detalle a tener en cuenta es la posibilidad de realizar un molde válido para varias laminaciones o un molde de “usar y tirar”. En ambos casos es necesario tener en cuenta la rentabilidad del proyecto , pues la construcción de un molde multiuso requiere una gran inversión de tiempo y recursos económicos.

Por tanto en el caso de que se desee construir una serie completa de cascos iguales, puede estar indicado el empleo de moldes multiuso. Sin embargo, para la construcción de un solo casco o un número muy limitado, conviene estudiar la posibilidad de elaborar moldes de usar y tirar.

En el caso de este proyecto, se ha decidido por el empleo de un molde hembra de usar y tirar.

Durante todo el proyecto , factor que se ha intentado mantener es el del coste de una embarcación de calidad a un precio razonable, por esta razón un molde de usar y tirar de bajo presupuesto parece la opción mas acertada.

Además puesto que la carena que se ha pretendido obtener está destinada a una embarcación rápida y con capacidad para el planeo, se le ha dotado de un molde a partir de paneles de madera contrachapada.

Una vez construido el molde de laminación, se prepara convenientemente para que su interior presente una superficie perfectamente lisa y limpia.

Uno de los inconvenientes del uso de la resina de poliéster es que adhiere con gran fuerza a cualquier superficie. Por tanto a la hora de separar la pieza del molde, podemos encontrar con que esta labor resulte prácticamente imposible. Para solucionar este problema antes de aplicar las distintas capas de resina y fibra es necesario aplicar sobre la superficie de laminado un agente “desmoldeante”.

Este agente puede ser algún producto basado en cera brillante , acetato de celulosa disuelto en acetona, alcohol de polivinilo (siempre acompañado de otro desmoldeante y no como único agente) y algunos tipos de laminas de separación. Estas láminas pueden ser de acetato , neopreno y otros.

El más comúnmente utilizado es el desmoldeante que incluye como producto base la cera , por su fácil aplicación y excelentes propiedades.

El siguiente paso en el proceso de laminado es la aplicación de la capa de terminación o “Gel-Coat”. Teniendo en cuenta que se utilizará un molde hembra, la primera capa de resina que se aplicará será la más exterior. Por esta razón y para conseguir las propiedades hidrodinámicas y estéticas, esta capa debe aplicarse con mucho cuidado, evitando la formación de burbujas de aire. Si se desea un casco de un color determinado , es el momento de añadir a la resina que compone el Gel-Coat la carga necesaria de colorante, cuidando de que se disperse convenientemente por toda la capa de resina para que el color resulte uniforme por todo el casco de la embarcación.

El Gel-Coat se aplicará con una brocha ancha y suave dando largas pinceladas continuas. Se aplicará siempre en la misma dirección.

También podrá aplicarse con un rodillo de lana, siguiendo las mismas indicaciones. En cualquier caso, el objetivo es conseguir una capa de espesor 0,2 a 0,5 milímetros. Para ello se aplicarán tantas capas y cada una se tiene que solidificar antes de aplicarle la siguiente.

Una vez seca la capa de Gel-Coat , se aplicará una capa de resina y a continuación se comienza a laminar con la fibra de vidrio según el escantillonado calculado para la embarcación . Este proceso se efectuará de forma artesanal o mecánica, dependiendo de los medios del constructor.

Durante todo el proceso, se evitará en lo posible la aparición de burbujas de aire (una vez endurecido el casco, estas burbujas provocarían puntos débiles). También se pondrá especial cuidado en el empalme de las distintas piezas del tejido, realizando un solape que garantice suficientemente la unión.

Pueden aplicarse de forma consecutiva varias capas de resina y fibra , no siendo imprescindible esperar a que se endurezcan las anteriores. Sin embargo, en espesores gruesos es necesario contar con el efecto exotérmico que se produce durante el curado y en como este fenómeno pueda afectar al molde y a la capa de gel-coat. Conviene detener la laminación al alcanzar un espesor correspondiente a 2 kilogramos de laminado por metro cuadrado.

Una vez laminado el molde teniendo en cuenta los datos de escantillonado, se colocan en su interior en los lugares previamente calculados los núcleos de los refuerzos (cortados en las medidas establecidas) y se procede a su laminado. La terminación interior del casco, dependerá en gran medida de la decoración, siendo posible aplicar tratamientos estéticos tales como pintado o aplicación de resinas de terminación según esa zona quede visible o no.

Una vez terminada la laminación y transcurrido el tiempo necesario para el curado de la pieza, hay que proceder a la separación de la misma del molde. A pesar de aplicar agentes desmoldeantes, esta no suele ser una tarea fácil.

En el caso de embarcaciones pequeñas , se puede hacer dando la vuelta al molde, de manera que se separe por efecto de su propio peso.

En embarcaciones mayores, los métodos más comúnmente utilizados es la introducción de aire comprimido o de agua entre la superficie interior del molde y la exterior del casco. En el caso de usar agua, se produce un curioso efecto; el casco se separa repentinamente para

flotar dentro del molde. A continuación se coloca en casco sobre una cama de construcción con sus formas para proceder a la terminación superficial y montaje del resto de los elementos.

Para aprovechar los tiempos de secado y las cantidades de resina preparada , se procede a la vez del laminado del casco así como del resto de elementos que componen la embarcación, es decir; cubierta y elementos interiores y exteriores del casco.

Una vez preparados, se procede al montaje de toda la embarcación siguiendo un orden lógico en función de todos los servicios interiores que se hayan dispuestos.

### 7.3. Sociedad de clasificación.

Existen varias posibilidades para proceder al cálculo de los escantillones de la estructura de la embarcación, las más acertadas y aplicadas son las normativas expedidas por las distintas Sociedades de Clasificación. En este proyecto se procederá al cálculo aplicando las normas del LLOYDS REGISTER OF SHIPPING correspondiente al año 1978.

En el apartado 2. “Costrucción del casco”, capítulo 2 “plásticos reforzados con vidrio”, sección 4, página 4, punto 4.2, establece las características mecánicas del material conseguido tras la laminación y sobre todo las cuales se han elaborado el conjunto de regla que la forman .

Estas características mecánicas se recogen en el siguiente cuadro:

	N/mm <sup>2</sup>	Kgf/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo de tensión	85,00	8,66
Módulo de tensión	6350,00	647,00
Esfuerzo máximo de flexión	152,00	15,50
Módulo de flexión	5206,00	531,00
Esfuerzo máximo de compresión	117,20	11,90
Módulo de compresión	6000,00	612,00
Esfuerzo cortante máximo	62,00	6,32
Módulo de esfuerzo cortante	2750,00	280,00
Esfuerzo cortante interlaminar	17,25	1,76
Espesor nominal de placa por peso de refuerzo	0,7 mm por cada 300 g/m <sup>2</sup>	

La aplicación de la normativa o la imposibilidad de aplicación, para embarcaciones de distintas magnitudes y tipo, comienza con el cálculo de la eslora de escantillado, que no es más que la media aritmética de la eslora de flotación  $L_{wl}$  y la eslora total  $L_{oa}$ , en metros.

$$L = (L_{OA} + L_{WL}) / 2$$

$$L = (12 + 10,142) / 2 = 11,071 \text{ m .}$$

También es imprescindible conocer el valor del coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  donde  $V$  representa la velocidad máxima ( en nudos ) que puede alcanzar la embarcación.

Existe una serie de restricciones para poder aplicar la normativa de la LLOYD'S, que son:

- **La velocidad máxima menor de 35 nudos.**
- **El coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  menor o igual a 10,8.**
- **El desplazamiento de la embarcación con un coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  de 3,6 o mayor , ha de ser menor de  $0,094(L^2 - 15,8)$  toneladas.**
- **La eslora L, menor o igual a 30 metros.**

## 7.4. Aplicación de las normas de “Lloyd’s Register of Shipping”.

### 7.4.1 Restricciones para la aplicación de la normativa.

Para un correcto uso de los cálculos se deben cumplir todo lo mencionado anteriormente.

➤ **Velocidad máxima menor de 35 nudos .**

La velocidad de nuestra embarcación es de 30 nudos , por lo tanto **CUMPLE** con la restricción .

➤ **El coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  menor o igual 10,8.**

Con una velocidad máxima de 30 nudos y una eslora de flotación de 10,142 metros, se deduce:

$$V/\sqrt{L_{wl}} = 30/\sqrt{10,142} = 9,42018$$

El resultado 9,42018 es menor que 10,8 por lo tanto se **CUMPLE** la restricción .

➤ **El desplazamiento de la embarcación con un coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  mayor o igual que 3,6 , ha de ser menor de  $0,094(L^2 - 15,8)$  toneladas.**

El coeficiente  $V/\sqrt{L_{WL}}$  es  $9,42018 > 3,6$  y el desplazamiento estimado para la embarcación es de 8,5 Tns, por lo tanto:

$$0,94(L^2 - 15,8) = 0,094*(11,071^2 - 15,8) = 10,036 \text{ toneladas .}$$

en consecuencia  $8,5 \text{ tns} < 10,036 \text{ tns}$  , por lo tanto , se **CUMPLE** la restricción.

➤ **La elora de escatillonado, L , menor de 30 metros .**

La eslora de escantillonado de este proyecto es 11,071 metros, por lo tanto se **CUMPLE** la restricción .

### 7.4.2. Espesor del laminado.

Aplicando lo recogido en los puntos 4.2.2 y 4.2.3, apartado 2 , capitulo 2, sección 4, página 4 de la normativa, tenemos que el espesor de una determinada capa de laminado depende de la cantidad de resina que absorbe la fibra empleada:

Espesor de una capa de fibra :

$$t = (W/3072)*[(2,56 / Gc) - 1,36]$$

Donde : **W** = peso de la capa de refuerzo en gr/mm<sup>2</sup>.

**Gc** = fibra de vidrio contenida en la capa.

Este proyecto se realizará alternando “tejido” “mat”, también llamado de hebra debastada o fibras trenzadas y tela de mechas tejidas. EL GC va a ser de 0,34 para mat y 0,50 para tela de mechas tejidas.

Ambos tejidos se presentan en diferentes formatos que dependen del peso por unidad de superficie de los mismos. En el siguiente cuadro se recogen aquellos que se utilizarán en esta embarcación . Además, aparecen los espesores ya calculados aplicando la fórmula anteriormente citada:

TIPO F.V	W (gr/mm <sup>2</sup> )	Gc	Espesor (mm)
MAT 300	300	0,34	0,60
MAT 450	450	0,34	0,90
MAT 500	500	0,34	1,00
MAT 600	600	0,34	1,20
TEJIDO 450	450	0,50	0,55
TEJIDO 500	500	0,50	0,61
TEJIDO 600	600	0,50	0,75
TEJIDO 800	800	0,50	1,00

### 7.4.3. Laminado del casco.

El laminado del casco tiene que ser moldura simple o inicialmente moldeado como dos unidades.

La parte exterior del casco o forro exterior debe tener una capa de Gel-Coat. Donde los cambios de la forma del casco ocurren, como los del espejo de popa o pantoque, el refuerzo será llevado durante y después de la articulación.

En el cálculo del laminado del casco , se distinguen tres partes principales que se diferenciarán por su espesor que son los siguientes:

- **SIDE** o costado , que comprende la superficie delimitada por la línea de unión costado – cubierta y por una paralela a la flotación trazada 15 mm sobre la misma.
- **KEEL** o quilla , que se extiende en mayor o menor magnitud a ambos lados de la línea de crujía sobre el fondo de la embarcación .
- **BOTTON** o fondo, que es la superficie comprendida entre las dos anteriores

La tabla 2.5.1 del apartado 2, Capítulo, sección 5 página 8 de la normativa del Lloyd's Register of Shipping recoge los pesos del casco laminado necesario para las zonas de fondo y costado, dependiendo de la eslora de de la embarcación. De dicha tabla se ha deducido lo siguiente, para el casco concreto de la embarcación de 11,071 metros de eslora de escantillonado:

Eslora L(m)	Peso del laminado del casco ( gr/m <sup>2</sup> )					
	V / √ L <sub>WL</sub> = 9		V / √ L <sub>WL</sub> = 9,420		V / √ L <sub>WL</sub> = 10,8	
	Fondo	Costado	Fondo	Costado	Fondo	Costado
10	4850	3100	4920	3158,333	5150	3350
<b>11,071</b>			<b>5214,525</b>	<b>3345,758</b>		
12	5400	3450	5470	3508,333	5700	3700

➤ **LAMINADO DEL FONDO.**

De la tabla se ha deducido que la zona del fondo hará falta un laminado con un peso mínimo 5214,525 gr/m<sup>2</sup> .

Este peso obtenido no es el mínimo definitivo, ya que habrá de ser corregido aplicando el factor de corrección **Kw**, que aparece recogido en la sección 4.3.4.b) de la normativa y cuyo valor es :

$$\mathbf{Kw = 2,8 * Gc + 0,16.}$$

**Gc**: es el contenido de fibra de vidrio del laminado (excluyendo gel-coat ) se deduce de la siguiente manera :

$$\mathbf{Gc = 2,56 / [( 3072 * T / W ) + 1,36]}$$

Donde:

**T** : espesor medio del laminado en milímetros.

**W** : peso total del refuerzo de fibra de vidrio en gr / m<sup>2</sup>.

A continuación aparece una tabla en la que se especifica un posible laminado para conseguir un peso igual o mayor que el obtenido en la tabla 2.5.1

<b>Laminado del fondo</b>		
<b>Capa</b>	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>t(capa)</b>
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
<b>Nº DE CAPAS</b>	13	<b>Espesor total</b>
<b>Peso total</b>	6850	10,85

<b>Gc (Laminado)</b>	0,4112
<b>Kw</b>	1,3113
<b>Peso inicial</b>	5214,525

<b>Peso Laminado (CORREGIDO)</b>	6837,9
----------------------------------	--------

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.  
Espesores en mm.

**ACEPTABLE**

**Se redondeará el espesor a 11mm.**

➤ **LAMINADO DEL COSTADO.**

De la misma tabla 2.5.1 de la normativa, se ha deducido que para la zona del costado hará falta un laminado con un peso mínimo 3345,758 gr/m<sup>2</sup>. Este peso obtenido no es el mínimo definitivo, ya que habrá de ser corregido de la misma manera que en el caso del fondo, por lo tanto un posible laminado es:

<b>Laminado del costado</b>		
<b>Capa</b>	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>t(capa)</b>
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	300	0,60
<b>Nº DE CAPAS</b>	9	<b>Espesor total</b>
<b>Peso total</b>	4600	7,3

<b>Gc (Laminado)</b>	0,4106
<b>Kw</b>	1,3096
<b>Peso inicial</b>	3345,758

<b>Peso Laminado (CORREGIDO)</b>	4381,7
----------------------------------	--------

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.  
Espesores en mm.

**ACEPTABLE**

**Se redondeará el espesor a 7 mm.**

➤ **LAMINADO DE LA QUILLA.**

La obtención del peso en esta zona se realiza según lo recogido en el apartado 5.2.3, apartado 2, capítulo 2, sección 5, página 8 de la normativa Lloyd's. Y entrando en la tabla 2.5.1 del mismo apartado.

En él, se especifica que el peso por metro cuadrado se obtiene incrementando un 50% el peso correspondiente a la zona de fondo correspondiente a una embarcación cuyo  $V / \sqrt{L_{WL}}$  sea menor o igual a 3,6. Además la zona de quilla tendrá una anchura de  $(25 L + 300)$  mm, siendo "L" la eslora de escantillonado.

ESLORA L(m)	$V / \sqrt{L_{WL}} \leq 3,6$
	Fondo
10	3500
<b>11,071</b>	<b>3714,2</b>
12	3900

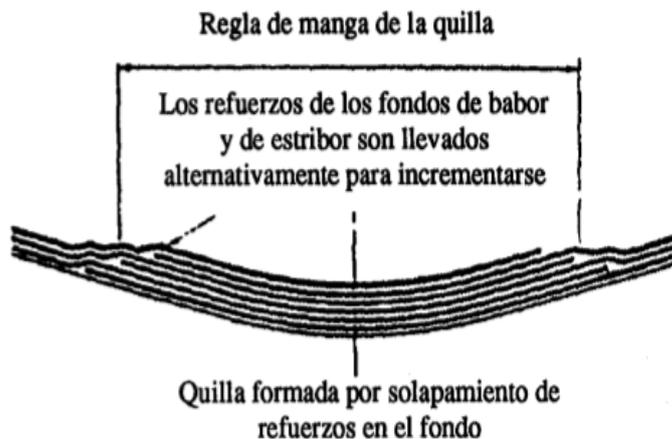
Incrementando el valor obtenido en 50% se obtiene:

$$\text{Peso obtenido} = 3714,2 \text{ gr/m}^2.$$

$$\text{Peso mínimo de la zona de quilla} = 3714,2 \times 1,5 = 5571,3 \text{ gr/ m}^2.$$

$$\text{Anchura de la zona de quilla} : ( 25 \times 11,071 ) + 300 = 576,77 \text{ mm.}$$

Por lo tanto , como el peso del laminado del fondo de la embarcación  $6837,9 \text{ gr/m}^2$ , supera al laminado requerido en la zona de quilla  $5571,3 \text{ gr/ m}^2$ , no es necesario hacer un laminado independiente de la zona de quilla , es decir se laminará la zona del fondo superponiendo capas en la zona de crujía con un solapamiento de refuerzos igual a la anchura de la zona de quilla antes calculada y con **un espesor de 22 mm.**



#### 7.4.4. Laminado de refuerzos longitudinales del casco.

Ésta embarcación dispondrá de refuerzos longitudinales en el casco. Para su cálculo, la normativa de Lloyd's establece unas reglas generales en cuanto al módulo resistente final que deben tener los mismos. Sin embargo detalles como la morfología de los refuerzos , queda a disposición del proyectista.

En la tabla 2.6.3, apartado 2, capítulo 2, sección 6, página15 de dicha normativa, aparece el módulo resistente para los longitudinales de fondo y costado, en función de la eslora y del coeficiente  $V / \sqrt{L_{WL}}$ , en esta sección también aparece el espaciado o “clara” entre refuerzos .

Eslora, L (m)	Espaciado Básico del refuerzo(mm)
10	400
<b>11,071</b>	<b>405,35</b>
12	410

**Espaciado básico entre refuerzos longitudinales = 405,35 ⇒ 405 mm.**

En la siguiente tabla se recogen los valores de los módulos resistentes referentes a los longitudinales de fondo y costado:

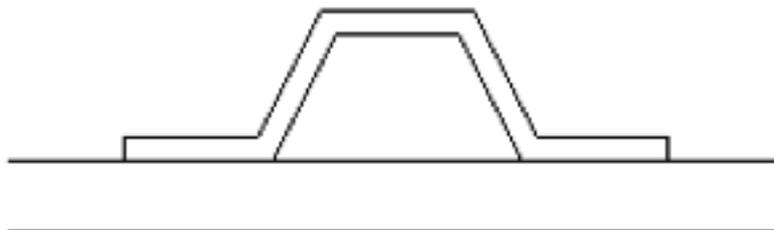
Eslor, L (m)	Módulo resistente de longitudinales (m <sup>3</sup> )					
	V / √ Lwl= 9		V / √ Lwl= 9,420		V / √ Lwl= 10,8	
	Fondo	Costado	Fondo	Costado	Fondo	Costado
10	140	120	144,66	122,33	160	130
<b>11,071</b>			<b>163,40</b>	<b>133,66</b>		
12	175	140	179,66	143,5	195	155

De la tabla se deduce:

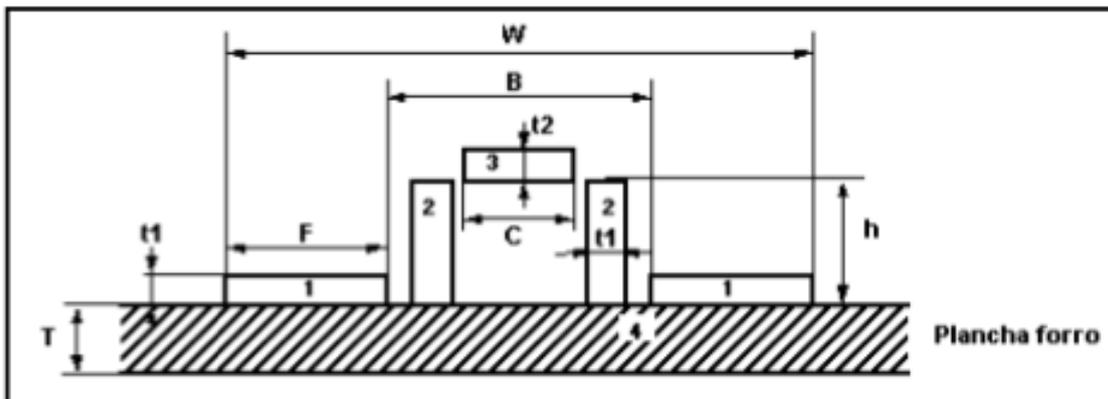
**Módulo resistente de longitudinales de Fondo = 163,40 cm<sup>3</sup>.**

**Módulo resistente de longitudinales de Costado =133,66 cm<sup>3</sup>.**

Considerando una geometría del refuerzo según la siguiente figura (cuya forma se denomina “Sombrero de copa”), por descomposición de la misma en conjunto de paralelogramos se puede calcular su módulo resistente ( en función de unas dimensiones principales) para comprobar si realmente alcanza el módulo requerido por la normativa.



La descomposición en paralelogramos aparece representada en el siguiente croquis.



Mediante una hoja de cálculo se pueden obtener los módulos resistentes para estos refuerzos. Los datos de partida son:

Módulo resistente obtenido de la tabla 2.6.3 de la normativa.

Dimensiones iniciales ( habrá que tantear hasta que se cumpla la normativa).

Gc del laminado de la zona a reforzar.

Espesor de la zona a laminar.

El módulo obtenido de la tabla 2.6.3., ha de ser corregido a la sección 4.3.5.b) de la normativa de la Lloyd's, multiplicándolo por el factor de corrección Kz, cuyo valor es :

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

➤ **LONGITUDINALES DEL FONDO.**

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
<b>T</b>	11
<b>t1</b>	10
<b>t2</b>	10
<b>C</b>	90
<b>h</b>	80
<b>W</b>	300
<b>F</b>	100

<b>ELEMENTO</b>	<b>AREA</b>	<b>Yg</b>	<b>A*Yg</b>	<b>Ip</b>	<b>I</b>
1	2000	16	32000	16666,67	528666,67
2	1600	51	81600	853333,33	5014933,33
3	900	96	86400	7500,00	8301900,00
4	3300	5,5	18150	33275,00	133100,00
<b>TOTAL</b>	<b>7800</b>		<b>218150</b>		<b>13978600,00</b>

<b>Yg (neutra)</b>	27,97
<b>Y máxima</b>	73,03
<b>In (L. neutra)</b>	7877391,99
<b>Módulo resistente Real</b>	<b>107862,1215</b>
<b>Gc (fondo)</b>	0,4112
<b>Kz</b>	0,6583

<b>MODULO COREGIDO</b>	<b>107570,553</b>
------------------------	-------------------

**Módulo corregido < Módulo resistente real**

$$107570,553 \text{ mm}^3 < 107862,1215 \text{ mm}^3.$$

**ACEPTABLE**

A continuación se muestra un laminado apto para los refuerzos longitudinales de fondo, siendo el espesor del laminado para el fondo de 10 mm.

<b>Laminado Refuerzo longitudinal del Fondo</b>		
<b>Capa</b>	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>t(capa) mm</b>
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	600	1,20
<b>TEJIDO</b>	500	0,61
<b>MAT</b>	500	1,00
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	500	1,00
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>Nº Capas</b>	15	<b>Espesor total</b>
<b>Peso laminado</b>	6300	10,11

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.

Espesores en mm.

**Espesor del laminado para el longitudinal del fondo = 10 mm.**

➤ **LONGIDUNALES DEL COSTADO.**

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
<b>T</b>	7
<b>t1</b>	9
<b>t2</b>	9
<b>C</b>	90
<b>h</b>	80
<b>W</b>	300
<b>F</b>	80

<b>ELEMENTO</b>	<b>AREA (A)</b>	<b>Yg</b>	<b>A*Yg</b>	<b>Ip</b>	<b>I</b>
1	1440	11,5	16560	9720,00	200160,00
2	1440	47	67680	768000,00	3948960,00
3	810	91,5	74115	5467,50	678990,00
4	2100	3,5	7350	8575,00	34300,00
<b>TOTAL</b>	<b>5790</b>		<b>165705</b>		<b>10970410,00</b>

<b>Yg (neutra)</b>	28,62
<b>Y máxima</b>	67,38
<b>In (L. neutra)</b>	6228070,27
<b>Módulo resistente Real</b>	<b>92430,8941</b>
<b>Gc (costado)</b>	0,4106
<b>Kz</b>	0,6600

<b>MODULO COREGIDO</b>	<b>88216,3327</b>
------------------------	-------------------

**Módulo corregido < Módulo Resistente Real**

$$88216,3327 \text{ mm}^3 < 92430,8941 \text{ mm}^3$$

**ACEPTABLE**

A continuación se muestra un laminado apto para los refuerzos longitudinales del costado , siendo el espesor del laminado para los refuerzos de costado de 9 mm.

<b>Laminado Refuerzo longitudinal del Costado</b>		
<b>Capa</b>	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>t(capa) mm</b>
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	300	0,60
<b>TEJIDO</b>	800	1,00
<b>MAT</b>	450	0,90
<b>TEJIDO</b>	500	0,61
<b>MAT</b>	600	1,20
<b>TEJIDO</b>	450	0,55
<b>MAT</b>	500	1,00
<b>TEJIDO</b>	800	1,00
<b>MAT</b>	500	1,00
<b>Nº Capas</b>	11	<b>Espesor total</b>
<b>Peso laminado</b>	5650	9,01

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.

Espesores en mm.

**Espesor del laminado para el longitudinal de los costados = 9 mm.**

#### 7.4.5. Laminado de cubierta.

El laminado de la cubierta será del mismo tipo que el resto del casco, así como el de los refuerzos, es decir, laminado monolítico.

La metodología utilizada para el cálculo del laminado de la superficie y de sus refuerzos es la misma que se ha utilizado en apartados anteriores . En la tabla 2.7.1, apartado 2, capítulo 2, sección 6y 7 , página 17 de la normativa de la “Lloyd’s” aparece cual ha de ser el peso por metro cuadrado de la cubierta.

<b>Eslora L,(m)</b>	<b>Peso cubierta (gr / m<sup>2</sup>)</b>
10	2050
<b>11,071</b>	<b>2103,55</b>
12	2150

**Peso del laminado de cubierta = 2103,55 gr / m<sup>2</sup>.**

Al igual que con el laminado del casco, el peso obtenido de esta tabla ha de ser corregido multiplicándolo por el factor de corrección Kw según la sección 4.3.4.b) de la normativa, donde

$$\mathbf{Kw = 2,8 * Gc + 0,16}$$

$$\mathbf{Gc = 2,56 / [( 3072 * T / W ) + 1,36 ]}$$

<b>Laminado de la cubierta</b>		
<b>Capa</b>	<b>gr/m<sup>2</sup></b>	<b>t(capa)</b>
MAT	300	0,60
TEJIDO	500	0,61
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	500	0,61
MAT	300	0,60
<b>Nº Capas</b>	7	<b>Espesor total</b>
<b>Peso total</b>	3050	4,97

<b>Gc (Laminado)</b>	0,4021
<b>Kw</b>	1,286
<b>Peso inicial</b>	2103,55

<b>Peso Lamidanado (CORREGIDO)</b>	2705,2
------------------------------------	--------

**ACEPTABLE**

**Se redondeará el espesor a 5 milímetros.**

➤ **LAMINADO DE REFUERZOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA ( ESLORAS).**

Para dotar de mayor resistencia a la cubierta y por extensión al resto del caso, se dispondrá de una serie de refuerzos longitudinales en cubierta, denominados , esloras. La morfología de dichos refuerzos será en forma de “sombbrero de copa”.

El módulo mínimo necesario de estos refuerzos se recogen en la tabla 2.7.3, apartado 2, capítulo 2, sección 7, página 19 de la normativa, en la cual , hemos considerado un valor de panel no soportado de 1,8 metros.

<b>Eslora L, (m)</b>	<b>Longitud de eslora 1,8 (m)</b>
	<b>Módulo (cm<sup>3</sup>)</b>
10	72
<b>11,071</b>	<b>73,60</b>
12	75

**Por lo tanto el módulo resistente de eslora es de 73,60 cm<sup>3</sup>.**

El módulo obtenido debe ser corregido según el punto 4.3.5, b) de la normativa, multiplicándolo por el factor de corrección Kz.

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

Utilizando la hoja de cálculo, obtenemos el siguiente refuerzo longitudinal para la cubierta:

DATOS DE ENTRADA	
T	5
t1	9
t2	9
C	100
h	50
W	300
F	90

ELEMENTO	AREA (A)	Yg	A*Yg	Ip	I
1	1620	9,5	15390	10935,00	157140,00
2	900	30	27000	187500,00	997500,00
3	900	59,5	53550	6075,00	3192300,00
4	1500	2,5	3750	3125,00	12500,00
TOTAL	4920		99690		4359440,00

Yg (neutra)	20,26
Y máxima	43,74
In (L. neutra)	2339501,77
<b>Módulo resistente Real</b>	<b>53489,2360</b>
Gc (cubierta)	0,4106
Kz	0,6600

<b>MODULO COREGIDO</b>	<b>48576,4035</b>
------------------------	-------------------

**Módulo corregido < Módulo resistente real**

$$48576,4035 \text{ mm}^3 < 53489,2360 \text{ mm}^3$$

**ACEPTABLE**

A continuación se muestra un posible laminado para los refuerzos longitudinales de cubierta (esloras):

Laminado de esloras		
Capa	gr/m <sup>2</sup>	t(capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	500	0,61
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	0,61
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	500	0,61
MAT	300	0,60
<b>Nº Capas</b>	11	<b>Espesor total</b>
<b>Peso total</b>	6000	9,03

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.

Espesores en mm.

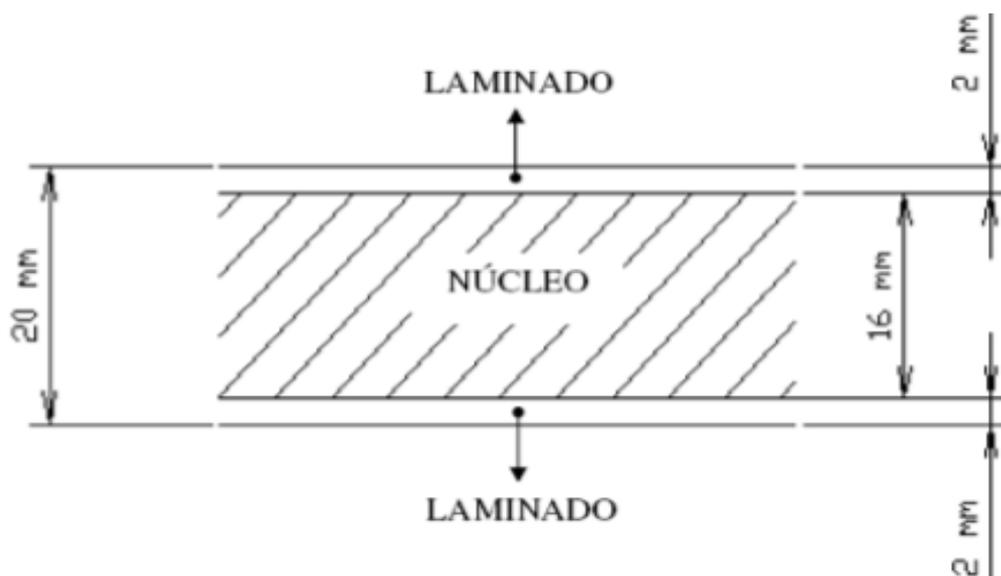
**Espesor del lamidado de esloras 9 mm.**

#### 7.4.6. Laminado de mamparos transversales.

Los mamparos transversales se fabrican con un laminado de tipo “sándwich”, que consta de dos laminados monolíticos y un núcleo intermedio . este núcleo puede ser de varios materiales, como ; madera marina , madera de balsa , panel de abeja, PVC ( policloruro de vinilo), etc...

En nuestro caso , usaremos para el núcleo el PVC que proporciona un módulo resistente apto, así como bajo peso. Densidad =  $96 \text{ Kg/m}^3$ .

El espesor de los mamparos será de 20 mm ; 16 mm para el núcleo y  $2 + 2 \text{ mm}$  para el laminado monolítico.



En la siguiente tabla se refleja un laminado apto para la fabricación de las capas de laminado que constituyen el sándwich :

Laminado mamparos		
Capa	gr/m <sup>2</sup>	t(capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	450	0,90
<b>Nº Capas</b>	3	<b>Espesor total</b>
<b>Peso total</b>	1200	2,05

Pesos en gr/m<sup>2</sup>.

Espesores en mm.

**Espesor del laminado 2mm.**

## 8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD.

### 8.1. Peso del casco.

Es necesario conocer el peso y la posición del (c.d.g) del casco para comprobar la estabilidad de la embarcación , despojado de cualquier otro elemento que sea ajeno a él , tales como mobiliario, equipamiento, tripulación , motores, tanques, etc...

Evidentemente , estos datos dependerán de los materiales y método de construcción del casco. Por tanto es necesario conocerlos a partir de los cálculos de escantillonado realizados en el capítulo anterior.

Puesto que se conoce el peso necesario por metro cuadrado de cada zona, bastará con conocer la superficie real de cada zona del casco para averiguar su peso.

**Peso del casco = Superficie \* Peso por unidad de superficie.**

Al igual que el peso también es necesario conocer la posición del centro de gravedad (c.d.g) de cada zona .

Con la ayuda del programa Maxsurf, que se utilizó para el diseño del casco anteriormente , se puede calcular automáticamente la superficie y c.d.g de cada zona del casco.

Los datos extraídos del programa son los siguientes:

Zona	Área (m <sup>2</sup> )	LCG (m)	KCG (m)
Costados	41,825	6,050	1,781
Fondo	34,076	5,033	0,468
Codillo	2,267	4,796	0,771
<b>Total</b>	<b>78,168</b>	<b>5,570</b>	<b>1,179</b>

Consideraremos que el codillo pertenece a la superficie del fondo y por ese motivo , los datos anteriores varían de esta manera:

Zona	Area (m <sup>2</sup> )	LCG (m)	KCG (m)
Costados	41,825	6,050	1,781
Fondo/Codillo	36,343	5,018	0,487
<b>Total</b>	<b>78,168</b>	<b>5,570</b>	<b>1,179</b>

Además de las zonas anteriormente expuestas hay que tener en cuenta también la zona de quilla y roda. Esta zona, según el Capítulo 7 : Escantillonado, se lamina alternando las capas que conforman el fondo en la zona de crujía con lo que se obtiene un sobre-espesor que hace las funciones de quilla. La anchura transversal de este sobre-espesor esta definida en capitulo anterior y tiene un valor de 576,77 mm , que multiplicado por la eslora de quilla , que comprende desde el espejo de popa hasta el punto más alto de la roda , se obtiene la superficie de quilla más roda.

Superficie	Area (m <sup>2</sup> )	LCG (m)	KCG (m)
QuillaRoda	7,610	5,620	0,4161

Una vez calculados estos datos, conociendo el peso del laminado por metro cuadrado y multiplicandolo por la superficie , obtenemos el peso de cada una de las zonas del casco “Desnudo”, sin refuerzos y por tanto su peso total.

Habrá que tener en cuenta el peso de la resina que absorbe la fibra durante el curado, el cual viene dada por el coeficiente Gc.

Peso del casco "Desnudo" ( sin estructura resistente)								
Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Peso Laminado (Kg/m <sup>2</sup> )	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Fondo/codillo	36,343	6,850	0,4112	605,422	5,018	3038,007	0,487	249,840
Costados	41,825	4,600	0,4106	468,570	6,050	2834,850	1,781	834,523
Quilla/Roda	7,6106	6,850	0,4112	126,771	5,620	712,456	0,4161	52,749
<b>Total</b>				<b>1200,774</b>	<b>5,484</b>		<b>0,984</b>	

**Peso Del Casco = 1200,774 Kg.**

**LCG = 5,484 m.**

**KCG = 0,984 m.**

## 8.2. Peso de la cubierta.

Para efectuar este cálculo se va a descomponer la cubierta en zonas:

- Cubierta Bañera y Gobierno.
- Pasillos laterales.
- Cubierta Camarote de proa.
- Cubierta de habitación y Camarote popa.
- Superestructura ( pesos Altos).

Para realizar los cálculos de las cubiertas se ha utilizado el programa Maxsurf, obteniendo así sus áreas y sus centros de gravedad.

Cuadro resumen de los datos:

Peso de las cubiertas								
Zona	Spf. (m <sup>2</sup> )	Peso laminado (kg/m <sup>2</sup> )	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto.LCG	KCG (m)	Mto.KCG
Cubierta Bañera + Gobierno	23,656	3,05	0,4021	179,434	2,627	471,3756568	1,954	350,6159244
Cubierta Camarote proa	2,809	3,05	0,4021	21,306	8,829	188,117423	0,85	18,11074981
Cubierta habitación y camarote pp	15,761	3,05	0,4021	119,549	4,903	586,153589	0,60	71,72999254
Superestructura (Pesos Altos)	30,324	3,05	0,4021	230,013	4,915	1130,513561	3,288	756,2825208
Pasillos	12,982	3,05	0,4021	98,470	7,562	744,6360264	2,782	273,9457055
<b>Total</b>				<b>648,775</b>	<b>4,810</b>		<b>2,266</b>	

**Peso de las cubiertas = 648,775 Kg.**

**LCG = 4,810 m.**

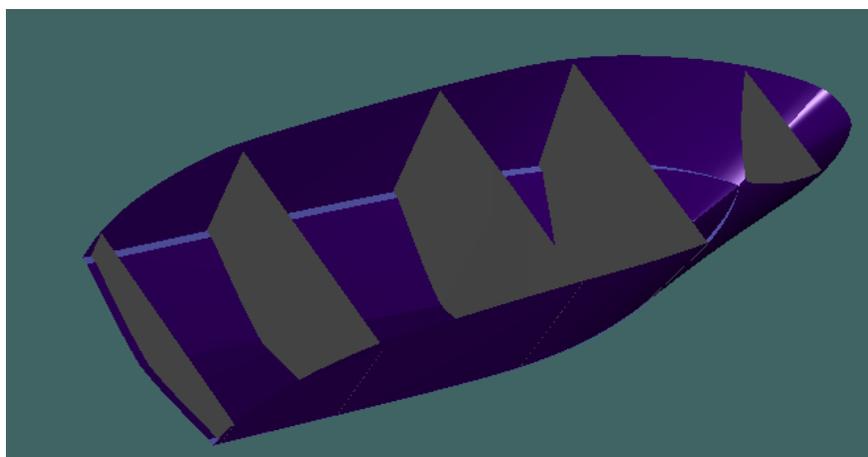
**KCG = 2,266 m.**

### 8.3. Peso de los mamparos transversales.

Mediante el programa Maxsurf se ha introducido una serie de planos transversales al casco en las posiciones establecidas según la disposición de los mamparos transversales definida en el capítulo 6 disposición general.

Con lo cual, mediante este programa informático se puede obtener la superficie en metros cuadrados y la posición de estos mamparos transversales.

A continuación aparece un croquis que, de modo meramente orientativo nos muestra la situación de los mamparos .



Según lo estipulado en el capítulo 7 : escantillonado, los mamparos se fabricarán con un laminado tipo “sándwich” de 16 mm. de espesor, para un núcleo de PVC ( densidad : 96 Kg/m<sup>3</sup> ) y 2 + 2 mm para las capas monolíticas.

Peso de los Mamparos											
Mamparo	Área (m <sup>2</sup> )	Espesor PVC (m)	Densidad PVC (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso PVC (Kg)	Peso Lamin.(kg/m <sup>3</sup> )	Gc	Peso Total (kg)	LCG (m)	Mto.L	KCG (m)	Mto.K
Pique de proa	1,618	0,016	96,000	2,485	1,200	0,387	12,509	10,813	135,260	2,349	29,384
Popa Camarote pr	6,338	0,016	96,000	9,735	1,200	0,387	49,000	8,011	392,539	1,678	82,222
Proa Camarote pp	7,512	0,016	96,000	11,538	1,200	0,387	58,076	5,613	220,455	1,500	87,115
Proa CCMM	6,461	0,016	96,000	9,924	1,200	0,387	49,951	2,212	110,491	1,337	66,784
Popa CCMM.	2,198	0,016	96,000	3,376	1,200	0,387	16,992	0,143	2,4300	0,792	13,4585
<b>TOTAL</b>							<b>169,536</b>	<b>5,702</b>		<b>1,645</b>	

**Peso total de los mamparos = 169,536 Kg.**

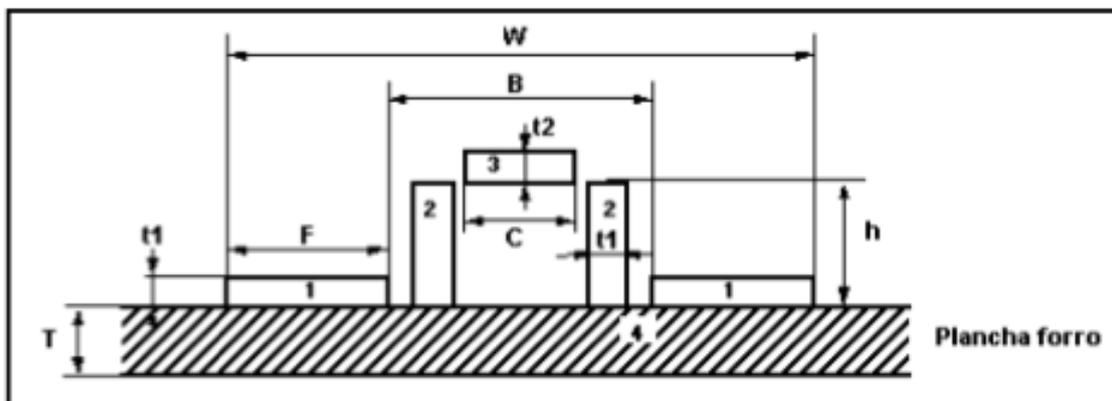
**LCG total = 5,702 m.**

**KCG total = 1,645 m.**

### 8.4. Refuerzo del casco.

De la misma manera que se ha procedido al cálculo de los elementos anteriores se va a proceder con el de los refuerzos: Esloras, longitudinales de costado y de cubierta.

Partiendo de la forma de los refuerzos, “sombbrero de copa”, se calcularán las dimensiones longitudinal y transversal de cada refuerzo de los mismos. Multiplicando el peso por unidad de superficie por la anchura de los refuerzos nos dará el Peso por metro lineal del refuerzo que a su vez multiplicandolo por la longitud se obtendrá el peso de los distintos refuerzos .



$$\text{Anchura} = 2F + c + 2*(t_2 + H - t_1)$$

Para la posición del centro de gravedad de los refuerzos, se ha tenido en cuenta que debe ser la misma que la de la zona que están situados, ya que éstos están repartidos de forma uniforme en cada una de las zonas.

➤ **LONGITUDINALES DE FONDO**

DATOS DE ENTRADA	
T	11
t1	10
t2	10
C	90
h	80
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2*(t_2 + h - t_1) = \mathbf{450 \text{ mm}}$$

$$\text{Peso por metro lineal del refuerzo} = 6,30 \text{ kg/m}^2 * 0,45 \text{ m} = \mathbf{2,835 \text{ kg/m.}}$$

➤ **LONGITUDINALES DE COSTADO**

DATOS DE ENTRADA	
T	7
t1	9
t2	9
C	90
h	80
W	300
F	80

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2*(t_2 + h - t_1) = \mathbf{410 \text{ mm.}}$$

$$\text{Peso por metro lineal del refuerzo} = 5,65 \text{ kg/m}^2 * 0,410 \text{ m} = \mathbf{2,316 \text{ kg/m.}}$$

➤ **ESLORAS**

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
<b>T</b>	5
<b>t1</b>	9
<b>t2</b>	9
<b>C</b>	100
<b>h</b>	50
<b>W</b>	300
<b>F</b>	90

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2*(t_2 + h - t_1) = \mathbf{380 \text{ mm.}}$$

$$\text{Peso por metro lineal del refuerzo} = 6,00 \text{ kg/m}^2 * 0,38 \text{ m} = \mathbf{2,28 \text{ kg/m .}}$$

A continuación aparece una tabla que recoge el cálculo del peso total de los refuerzos :

<b>Peso de los Refuerzos</b>								
<b>Refuerzo</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Peso por metro lineal (Kg/m)</b>	<b>GC</b>	<b>Peso total (kg)</b>	<b>LCG (m)</b>	<b>KCG (m)</b>	<b>Mto. L</b>	<b>Mto. K</b>
<b>Log. Fondo</b>	53,652	2,835	0,4112	369,9013132	4,578	0,406	1693,4	150,1799
<b>Log. Costados</b>	72,902	2,316	0,4106	411,2056308	4,665	1,787	1918,3	734,8244
<b>Esloras</b>	90,638	2,28	0,4106	503,2992	5,118	2,774	2575,9	1396,152
<b>Total</b>				<b>1284,406</b>	<b>4,817</b>	<b>1,776</b>		

$$\text{Peso total de los refuerzos} = \mathbf{1284,406 \text{ kg.}}$$

$$\text{LCG} = \mathbf{4,817 \text{ m.}}$$

$$\text{KCG} = \mathbf{1,776 \text{ m.}}$$

## 8.5. Tabla de pesos y centros de gravedad de la embarcación .

En la siguiente tabla se recogen de forma minuciosa los pesos y centros de gravedad de todos aquellos elementos que forman parte de la embarcación. Se ha llevado a cabo tomando los pesos de diversos catálogos así como la posición exacta de sus centros de gravedad . Posteriormente se han situado en los planos en su localización exacta para obtener la posición del centro de gravedad en la embarcación .

En la tabla aparecen diferenciadas las condiciones de carga más representativas para futuros cálculos, son :

“Rosca”, “Salida de puerto a plena carga” y “Llegada a puerto al 10% de consumo”. Las dimensiones Lg (Transversal), Xg (longitudinal) y Kg (Vertical) serán en metros y los pesos en Kg.

Cálculo de Pesos y Centros de Gravedad de la Embarcación							
Pique de proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto. a L	Mto. a X	Mto. a K
Ancla principal	20,000	0,000	11,927	2,686	0,000	238,540	53,720
Cadena + estacha	40,000	0,000	11,464	2,354	0,000	458,560	94,160
Molinete	20,000	0,000	11,203	2,653	0,000	224,060	53,060
Camarote Proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto. a L	Mto. a X	Mto. a K
Cama	50,000	0,000	9,923	1,356	0,000	59,923	67,800
Armarios/accesorios	80,000	0,000	8,236	1,693	0,000	88,236	135,440
Puerta	20,000	0,000	8,000	1,693	0,000	28,000	33,860
Cocina	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto. a L	Mto. a X	Mto. a K
Nevera-Congelador	50,000	-0,514	5,866	1,450	-25,700	293,300	72,500
Cocina eléctrica	10,000	-1,251	5,969	1,480	-12,510	59,690	14,800
Fregadero	9,000	-1,230	6,664	1,480	-11,070	59,976	13,320
Encimera-Muebles cocina	45,000	-1,256	6,328	1,480	-56,520	284,760	66,600
Cuarto de Baño	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto. a L	Mto. a X	Mto. a K
Mamparos Baño popa	20,000	-1,030	7,982	1,441	-20,600	159,640	28,820
Mamparo Baño proa	22,000	-1,052	7,030	1,441	-23,144	154,660	31,702
Mamparo Baño Longitudinal	17,000	-0,376	7,741	1,441	-6,392	131,597	24,497
Suelo	8,000	-0,860	7,506	0,600	-6,880	60,048	4,800
Módulo inodoro	15,000	-1,086	7,825	0,980	-16,290	117,375	14,700
Puerta	20,000	-0,376	7,312	1,441	-7,520	146,240	28,820
Módulo lavabo	20,000	-1,069	7,167	1,200	-21,380	143,340	24,000
Cabina Ducha	50,000	-1,526	7,556	1,420	-76,300	377,800	71,000
Salón	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto. a L	Mto. a X	Mto. a K
Sofá	90,000	0,718	6,804	1,306	64,620	612,360	117,540
Mesa con soporte telescópico	30,000	0,906	6,750	1,128	27,180	202,500	33,840

Escalera	25,000	-0,041	5,918	1,441	-1,025	147,950	36,025
<b>Camarote de popa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Cama a proa	30,000	-0,675	5,149	1,103	-20,250	154,470	33,090
Cama a popa	30,000	-0,675	3,699	1,103	-20,250	110,970	33,090
Armario	70,000	1,490	4,425	1,703	104,300	309,750	119,210
Puerta	20,000	0,509	5,574	1,693	10,180	111,480	33,860
Mesita	6,000	-1,375	4,424	1,100	-8,250	26,544	6,600
<b>Cámara de Máquinas</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Motor Estribor/Hélice	780,000	-0,761	1,090	0,646	-593,580	850,200	503,880
Motor babor/Hélice	780,000	0,761	1,090	0,646	593,580	850,200	503,880
Baterías	100,000	0,000	1,500	0,600	0,000	150,000	60,000
Tanque combustible Br	63,000	-1,100	2,800	1,000	-69,300	176,400	63,000
Tanque combustible Es	63,000	1,100	2,800	1,000	69,300	176,400	63,000
Aislamiento mamparo proa	6,000	0,000	3,200	1,417	0,000	19,200	8,502
Aislamiento mamparo popa	5,000	0,000	0,758	1,141	0,000	3,790	5,705
Aislamiento costados	15,000	0,000	1,872	1,146	0,000	28,080	17,190
A. Techo cámara de máquinas	8,000	0,000	1,717	1,760	0,000	13,736	14,080
<b>Puesto de gobierno</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Asiento mesa de navegacion	20,000	-0,728	3,488	2,532	-14,560	69,760	50,640
Mueble mesa-archivador	50,000	-1,138	3,746	2,585	-56,900	187,300	129,250
Equipo Hi-Fi	6,000	-1,248	4,007	2,700	-7,488	24,042	16,200
Panel instrumentos	50,000	-0,765	5,504	2,890	-38,250	275,200	144,500
Asiento gobierno	60,000	-0,800	4,589	3,206	-48,000	275,340	192,360
Dinete/tambucho Br	70,000	0,950	4,010	3,206	66,500	280,700	224,420
Mesa	30,000	0,577	4,602	2,832	17,310	138,045	84,960
Nevera armario	40,000	-0,556	4,010	2,585	-22,240	160,400	103,400
Parabrisas	120,000	0,000	6,441	3,745	0,000	772,920	449,400
Ventanal grande	60,000	0,000	5,158	3,489	0,000	309,480	209,340
Ventanal pequeño	50,000	0,000	3,734	3,359	0,000	186,700	167,950
<b>Bañera</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Sofá	70,000	0,688	2,302	2,785	48,160	161,140	194,950
Mesa	25,000	0,447	2,375	2,832	11,175	59,375	70,800
Mueble	30,000	-1,171	2,510	2,582	-35,130	75,300	77,460
Puerta Cristalera	170,000	-0,350	3,224	3,042	-59,500	548,080	517,140
<b>Cubierta</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Pasa manos	35,000	0,000	6,700	3,575	0,000	234,500	125,125
Elementos de amarre	20,000	0,000	6,000	3,000	0,000	120,000	60,000
Luces de navegación	6,000	0,000	5,555	2,570	0,000	33,330	15,420
Esc.Ventilación cam.proa techo	7,000	0,000	9,934	3,037	0,000	69,538	21,259
Esc. Ventilación cam.proa laterales	10,000	0,000	9,338	2,504	0,000	93,380	25,040
Esc.Ventilación salón techo	7,000	0,000	7,503	3,264	0,000	52,521	22,848
Esc. Ventilación habilitación lateral 1	10,000	0,000	6,277	2,222	0,000	62,770	22,220
Esc. Ventilación habilitacion lateral 2	10,000	0,000	7,419	2,273	0,000	74,190	22,730
Esc. Ventilación cam. Popa	30,000	0,000	4,400	1,806	0,000	132,000	54,180
Colchoneta solarium + tarima	30,000	0,000	8,113	3,230	0,000	243,390	96,900

<b>Estructura y otros</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Casco desnudo y sin refuerzos	1200,774	0,000	5,484	0,984	0,000	6585,045	1181,562
Cubiertas	648,775	0,000	4,810	2,266	0,000	3120,608	1470,124
Refuerzos long.(cubierta+Costados+Esloras	1284,406	0,000	4,817	1,776	0,000	6186,984	2281,105
Mamparos	169,536	0,000	5,702	1,645	0,000	966,694	278,887
Tanque agua potable	55,300	0,000	5,200	0,437	0,000	287,560	24,166
Tanque aguas residuales	17,500	0,000	5,899	0,350	0,000	103,233	6,125
<b>Total</b>					<b>-252,164</b>	<b>28849,539</b>	<b>10775,912</b>
<b>Rosca (Kg)</b>	<b>7029,291</b>						
<b>LG en Rosca (m)</b>	<b>-0,036</b>						
<b>XG en Rosca (m)</b>	<b>4,104</b>						
<b>KG en Rosca (m)</b>	<b>1,533</b>						
<b>Pesos a plena Carga</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Tanques combustible Br (360l)	306,000	1,10	2,800	1,000	336,600	856,800	306,000
Tanques combustible Es (360l)	306,000	-1,100	2,800	1,000	-336,600	856,800	306,000
Tanque agua potable	307,000	0,000	5,200	0,435	0,000	1596,400	133,545
tanque aguas residuales	0,000	0,000	5,899	0,433	0,000	0,000	0,000
Tripulantes	450,000	1,000	3,015	3,470	450,000	1356,750	1561,500
Pertrechos	100,000	0,000	2,000	2,340	0,000	200,000	234,000
<b>SALIDA PUERTO PLENA CARGA (kg)</b>	<b>8498,791</b>				<b>197,836</b>	<b>33719,256</b>	<b>13318,461</b>
<b>LG a Plena Carga (m)</b>	<b>0,023</b>						
<b>XG a Plena Carga (m)</b>	<b>3,968</b>						
<b>KG a Plena Carga (m)</b>	<b>1,567</b>						
<b>Pesos 10% Consumo</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto. a L</b>	<b>Mto. a X</b>	<b>Mto. a K</b>
Tanques combustible Br	30,600	1,100	2,800	0,73	33,660	85,680	22,338
Tanques combustible Es	30,600	-1,100	2,800	0,73	-33,660	85,680	22,338
Tanque agua potable	30,70	0,000	5,200	0,282	0,000	159,701	8,657
Tanque aguas residuales	106,000	0,000	5,9	0,430	0,000	625,400	45,580
Tripulantes	450,000	1,000	3,015	3,470	450,00	1356,750	1561,500
Pertrechos	10,000	0,000	2,000	2,340	0,000	20,000	23,400
<b>LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO (kg)</b>	<b>7687,691</b>				<b>197,836</b>	<b>31185,718</b>	<b>12461,229</b>
<b>LG al 10% Consumo (m)</b>	<b>0,026</b>						
<b>XG al 10% Consumo (m)</b>	<b>4,057</b>						
<b>KG al 10% Consumo (m)</b>	<b>1,621</b>						

## **9.PREDICCIÓN DE POTENCIA.**

En el presente capítulo, al ser ya conocidos los datos como las formas y el peso total de la embarcación, se hará una estimación de cual es la potencia necesaria a instalar en la misma para que alcance la velocidad requerida por el cliente.

Para llevar a cabo este estudio se recurrirá al metodo de Savitsky que se basa en el estudio de la resistencia que el agua opone al avance de la embarcación. Este método no tiene en cuenta la resistencia de los apéndices, lo cual no es de gran importancia en este tipo de embarcaciones ya que prácticamente no sobresale ningún elemento del casco, no siendo así el caso de los veleros y otras embarcaciones.

Aún así, no puede ser obviado y habrá que dar un margen amplio de potencia a la obtenida con estos cálculos.

Utilizado el programa “hullspeed”, que a partir de las formas obtenidas con el programa “maxsurf”, nos da la potencia a instalar requerida para la velocidad que deseamos obtener para nuestra embarcación

Para esta embarcación usaremos los métodos de Savitsky planning y Savitsky preplanning en la situación de carga mas desfavorable, eso se traduce en desplazamiento a máxima carga .

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas velocidades, eliminando los valores que no se reflejan ningún fenómeno de planing o pre-planing:

	Value	Units	Savitsky pre-planing	Savitsky planing
LWL	10,142	m	10,142	10,142
Beam	3,548	m	3,548	3,548
Displaced Volume	8,29	m <sup>3</sup>	8,29	8,29
Watted area	32,276	m <sup>2</sup>	32,276	32,276
Prismatic coeff.	0,738			
Watterplane area coeff.	0,794			
1/2 angle of entrance	25,85	deg	25,85	
LCG from midships(+ve for)	-0,547	m		-0,547
Transom area	0,733	m <sup>2</sup>	0,733	
transom draft	0,352	m		
Max section area	1,107	m <sup>2</sup>	1,107	
Draft at FP	0,7	m		
Didrise al 50% LWL	19,03	deg		19,03
Hard chine or round bilg	hard chine			
Frontal area	0	m <sup>2</sup>		
Head Wind	0	kts		
Drug coefficient	0			
Air density	0,001	tonne/m <sup>3</sup>		
Appendage area	0	m		
Nominal App. Length	0	m		
Correlation allow	0,0004			
Kinematic viscosity	0,0000011	m <sup>2</sup> /s		
Water density	1,026	tonne/m <sup>3</sup>		

Speed (Kts)	savitsky pre-planing resist(KN)	Savitsky pre-planing power(KW)	Savitsky planing resist(KN)	Savitsky planing power(KW)
9	5,24	48,5		
9,75	6,78	68,01		
10,5	7,68	82,95		
11,25	8,09	93,95		
12	8,58	105,99		
12,75	8,87	116,39	7,58	99,42
13,5	9,11	126,55	7,98	110,9
14,25	9,42	138,05	8,38	122,87
15	9,76	150,56	8,76	135,2
15,75	10,07	163,15	9,12	147,72
16,5	10,46	177,62	9,44	160,3
17,25	10,74	190,67	9,74	172,82
18			10	185,19
18,75			10,23	197,38
19,5			10,44	209,39
20,25			10,62	221,27
21			10,79	233,05
21,75			10,94	244,81
22,5			11,09	256,63
23,25			11,23	268,56
24			11,37	280,69
24,75			11,51	293,07
25,5			11,65	305,78
26,25			11,81	318,86
27			11,96	332,36
27,75			12,13	346,35
28,5			12,31	360,86
29,25			12,49	375,92
30			12,69	391,59

**Para nuestra velocidad de 30 nudos necesitamos una potencia de empuje mínima de 391,59 KW.**

## 9.1. Elección del motor propulsor.

Una vez obtenida la potencia necesaria para la embarcación según el método Savitsky a partir del programa Hullspeed, hay que decidir cual serán los motores a instalar. En este caso se ha optado por dos motores por motivos de seguridad para que en caso de que uno falle , se pueda continuar la navegación haciendo uso del otro motor exclusivamente.

Según ese método , el propulsor de la embarcación deberá desarrollar al menos 391,59 KW que es 525 Hp o 532 CV aproximadamente. Por supuesto no se va a ajustar la potencia a este valor puesto que Savitsky no tiene en cuenta la resistencia de apéndices , aunque en este caso no es de gran valor , provocará un aumento de la potencia necesaria.

Aunque el método es fiable, siempre es conveniente dar un margen de error .

En consecuencia, se ha decidido instalar dos motores VOLVO PENTA IPS-400, que juntos desarrollarán una potencia máxima en la hélice de 578 CV, dando el mencionado margen a la potencia obtenida.

En el ANEXO podremos encontrar un plano y las especificaciones técnica del motor elegido.

## 9.2. Autonomía .

Es necesario conocer la autonomía aproximada de la embarcación a la velocidad máxima de la misma. Para tener una idea de la distancia que se puede recorrer sin repostar.

La velocidad máxima establecida para la embarcación es de 30 nudos, y la potencia necesaria para conseguirla es de la condición de máxima carga de la embarcación es de 525 hp.

Por tanto, vamos a dotar la embarcación de dos motores de 285 hp cada uno. El consumo específico de estos motores es de 161 gr/hp.h.

La cantidad de combustible en los tanques es de 720 litros :

$$720 \text{ litros} * 0,85 \text{ kg/litro} = 612 \text{ kg} = 0,612 \text{ tn.}$$

El consumo de combustible a la máxima potencia por cada hora es :

$$161 \text{ gr/hp.h} * 285 \text{ hp} * 2 = 91.770 \text{ gr/hora} = 0,09177 \text{ tn/hora.}$$

Así obtenemos una autonomía en horas de :

$$0,612 \text{ tn} / 0,09177 \text{ tn/h} = 6,668 \text{ horas a la máxima potencia .}$$

La velocidad máxima es de 30 nudos, 1 nudo es una milla náutica por hora , luego conseguimos una autonomía de:

$$30 \text{ nudos} * 6,668 \text{ horas} = 200 \text{ millas náuticas.}$$

**Nuestra Autonomía será de 200 millas náuticas aproximadamente.**

## **10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD.**

### **10.1. Introducción.**

EL objetivo de este capítulo es realizar un estudio sobre la estabilidad de la embarcación que permita comprobar si cumple los requisitos mínimos establecidos por las normativas aplicables.

Concretamente se aplicarán el Circular 12/90 de la Dirección General de la Marina mercante: Estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100 metros de eslora y la Circular 7/95 de la Dirección General de la marina mercante : Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo, para el desarrollo de este apartado.

Sólo se van a mencionar en este capítulo la parte de ellas que es de interés para la realización del estudio de estabilidad de la embarcación.

### **10.2. Francobordo.**

En este capítulo se va a incluir el estudio del francobordo de la embarcación. La circular 7/95 en su punto 10.4.1 especifica las normas que deben cumplir, esta en concreto, referente al francobordo.

Según el Circular 7/95, el francobordo es la distancia vertical medida en el costado, desde la cara superior del trancanil o línea de cubierta hasta la línea de agua en la condición de desplazamiento de máxima carga.

$$\text{Francobordo medio (f)} = (\mathbf{F_a} + \mathbf{F_m} + \mathbf{F_f}) / 3.$$

- **F<sub>a</sub>** = francobordo en el extremo de proa.
- **F<sub>m</sub>** = francobordo medio en la mitad de la eslora.
- **F<sub>f</sub>** = francobordo en el extremo de popa.

Si existe algún punto por debajo de la línea de cubierta por donde pueda producirse inundación progresiva en el interior de la embarcación, se tomará este como límite de la distancia a medir.

Según lo referido en la Circular 7/95 para embarcaciones de eslora igual o mayor de 12 metros, el francobordo medio real no será inferior a  $0,2 * B$  en la condición de máxima carga.

**En este caso el francobordo medio corresponde a  $0,2 * 3,8 = 0,76$  m.**

El francobordo medio de la embarcación, según la fórmula anterior y las mediciones realizadas en el plano de formas, es de **1,405 m.**

Por lo tanto la embarcación **cumple** los requisitos mínimos exigidos por la circular 7/95.

### **10.3. Criterios de estabilidad a cumplir según la circular 12/90 de la dirección general de la marina mercante.**

#### **10.3.1. Condiciones de carga.**

Esta circular se aplica a los buques de carga y pasaje con cubierta y menores de 100 m de eslora .

Según la circular las condiciones de carga para el análisis de la estabilidad son, en función del tipo de embarcación :

- **Buques de pasaje** : al ser este proyecto de una embarcación de recreo, no está previsto al transporte de carga distinta a la del pasaje.
  - **Salida de puerto**, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje.
  - **Llegada a puerto** con el total de pasajeros con su equipaje, y con el 10% del combustible y provisiones.

Para éstas condiciones de carga, la embarcación debe cumplir los criterios expuestos en el apartado siguiente.

### 10.3.2. Criterios de estabilidad.

Las curvas de estabilidad de las situaciones de carga especificadas en el punto anterior deben cumplir lo siguiente :

- a) El área que quede debajo de la curva de brazos no será inferior a 0,055 m \* rad hasta el ángulo de escora de 30° , ni inferior a 0,09 m \* rad hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°.

Además, el área de quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos 30° y 40° y el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40°, no será inferior a 0,03 m \* rad.

- b) El brazo adrizante será de 200 mm como mínimo, para un ángulo de escora igual o superior a 30°.
- c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°.
- d) La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.

Por otra parte también debe cumplir :

- e) El ángulo de escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros no debe exceder de 10°.
- f) El ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la siguiente fórmula de cálculo :

$$M = 0,02 * (V^2 / L) * \Delta * (KG - d/2)$$

Donde :

**M** = momneto escorante en Tn\*m.

**L** = eslora en flotación en metros.

**V** = velocidad de crucero en m/seg

**Δ** = desplazamiento en tn.

**d** = calado medio en metros .

**Kg** = ordenada del centro de gravedad sobre la linea base.

### 10.3.3. Comprobación del cumplimiento de los criterios de estabilidad.

En este apartado veremos si nuestra embarcación cumple los criterios descritos anteriormente para las dos condiciones de carga expuestas.

De la gráfica de GZ nos da el valor del área tanto para 30° como para 40°, en las dos situaciones de carga :

#### ➤ 100% carga ó salida de puerto:

- Area 30° = 7,199 m.deg = 0,1256 m. rad.
- Area 40° = 10,753 m.deg = 0,1876 m. rad.
- $GZ_{30^\circ}$  = 0,349 m.
- $GZ_{40^\circ}$  = 0,359 m.
- $GZ_{m\acute{a}x}$  = 0,366 m. a 50°.

#### ➤ 10% Carga ó llegada a puerto:

- Area 30° = 7,123 m.deg = 0,1243 m.rad.
- Area 40° = 10,583 m.deg = 0,1847 m.rad.
- $GZ_{30^\circ}$  = 0,342 m.
- $GZ_{40^\circ}$  = 0,348 m.
- $GZ_{m\acute{a}x}$  = 0,348 m. a 45,4°.

➤ **Salida de Puerto**

	<b>Criterio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Dato a cumplir</b>	<b>Dato embarcación</b>	
<b>a.</b>	Área 0° a 30°	m * Rad	0,055 <	0,1256	<b>CUMPLE</b>
<b>a.</b>	Área 0° a 40° o pto inundación	m * Rad	0,09 <	0,1876	<b>CUMPLE</b>
<b>a.</b>	Área 30° a 40° o pto inundación	m * Rad	0,03 <	0,0620	<b>CUMPLE</b>
<b>b.</b>	GZ a 30°	mm	200 <	349	<b>CUMPLE</b>
<b>c.</b>	Ángulo de GZmáx	grados	25 <	50	<b>CUMPLE</b>
<b>d.</b>	GM (Alt.Met.Inicl)	mm	150 <	1828	<b>CUMPLE</b>
<b>e.</b>	Desp * GZ <sub>10°</sub>	Tn * m	0,720 <	1,861	<b>CUMPLE</b>
<b>f.</b>	Desp * GZ <sub>10°</sub>	Tn * m	1,9560 >	1,861	<b>CUMPLE</b>

• **Cálculo para el criterio “e”.**

Calcularemos el momento escorante en un ángulo de 10° y ver si es superior al par escorante que tenemos que aplicar será de :

$$\text{Par Escorante} = \Delta * GZ_{10} = 8,498 * 0,219$$

$$\text{Par escorante} = 1,861 \text{ Tn*m.}$$

Escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros:

$$0,075 * 6 * 1,6 = 0,720 \text{ Tn*m.}$$

- 0,075 es el peso considerado por persona en toneladas.
- 6 es el número de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada .
- 1,6 es la semimanga máxima a la que se van a poder encontrar las personas de abordó en metros.

- **Cálculo del momento M del criterio “f”.**

$$M_1 = 0,02 * (V^2 / L) * \Delta * (KG - d/2)$$

$$M_1 = 0,02 * ((22 * 0,51444)^2 / 9,972) * 8,498 * (1,567 - 0,671)$$

$$M_1 = 1,9560 \text{ Tn*m.}$$

➤ **Llegada a Puerto.**

	<b>Criterio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Dato a cumplir</b>	<b>Dato embarcación</b>	
<b>a.</b>	Área 0° a 30°	m * Rad	0,055 <	0,1243	<b>CUMPLE</b>
<b>a.</b>	Area 0° a40° o pto inundación	m * Rad	0,09 <	0,1847	<b>CUMPLE</b>
<b>a.</b>	Area 30° a 40° o pto inundación	m * Rad	0,03 <	0,0604	<b>CUMPLE</b>
<b>b.</b>	GZ a 30°	mm	200 <	342	<b>CUMPLE</b>
<b>c.</b>	Ángulo de GZmáx	grados	25 <	45,4	<b>CUMPLE</b>
<b>d.</b>	GM (Alt.Met.Inicl)	mm	150 <	1944	<b>CUMPLE</b>
<b>e.</b>	Desp * GZ <sub>10°</sub>	Tn * m	0,720 <	1,683	<b>CUMPLE</b>
<b>f.</b>	Desp * GZ <sub>10°</sub>	Tn * m	1,862 >	1,683	<b>CUMPLE</b>

Igual que en la salida se ve claramente que se cumplen todos los requisitos ó criterios que se deben aplicar .

➤ **Cálculo para el criterio “e”.**

$$\text{Par escorante} = 7,687 * 0,219 = 1,683 \text{ Tn. m.}$$

Escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros:

$$0,075 * 6 * 1,6 = 0,720 \text{ Tn*m.}$$

➤ **Cálculo del momento M del criterio “f”.**

$$M_2 = 0,02 * ((22 * 0,51444)^2 / 9,979) * 7,667 * (1,593 - 0,647)$$

$$M_2 = 1,862 \text{ Tn*m.}$$

A continuación se adjutarán las tablas y gráficas obtenidas, para cada condición de carga descritas anteriormente en el programa informático Hydromax .

➤ **SALIDA DEL PUERTO A PLENA CARGA.**

**Loadcase – Salida salida puerto a plena carga.**

**Damage case – Intact**

**Free to Trim**

**Specific Gravity = 1,025**

Item name	Quantity	Sounding m	Unit Mass Tn	Total Mass Tn	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1		7,029	7,029	4,104	-0,036	1,533
Combustible babor	100%	0,6	0,306	0,306	2,8	1,1	1
Combustible estribor	100%	0,6	0,306	0,306	2,8	-1,1	1
Agua dulce	100%	0,34	0,307	0,307	5,2	0	0,435
Pertrechos	1		0,1	0,1	2	0	2,34
Tripulantes	1		0,45	0,45	3,015	1	3,47
Agua Residual	0%	0	0,106	0	5,9	0	0,43
<b>Total Loadcase</b>				<b>8,498</b>	<b>3,967</b>	<b>0,023</b>	<b>1,567</b>
<b>FS correction</b>							<b>0</b>
<b>VCG fluid</b>							<b>1,567</b>

- **Condición de Equilibrio:**

**Hidrostatics-**

Draft Amidsh. m	0,671
Displacement tonne	8,498
Heel to Starboard degrees	0,7
Draft at FP m	0,528
Draft at AP m	0,815
Draft at LCF m	0,702
Trim (+ve by stern) m	0,288
WL Length m	9,972
WL Beam m	3,566
Wetted Area m <sup>2</sup>	31,07
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	27,306
Prismatic Coeff.	0,729
Block Coeff.	0,389
Midship Area Coeff.	0,684
Waterpl. Area Coeff.	0,768
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,937
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,007
KB m	0,516
KG fluid m	1,567
BMt m	2,879
BML m	19,725
GMt corrected m	1,828
GML corrected m	18,674
KMt m	3,395
KML m	20,241
Immersion (TPc) tonne/cm	0,28
MTc tonne.m	0,156
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,271
Max deck inclination deg	1,8
Trim angle (+ve by stern) deg	1,6

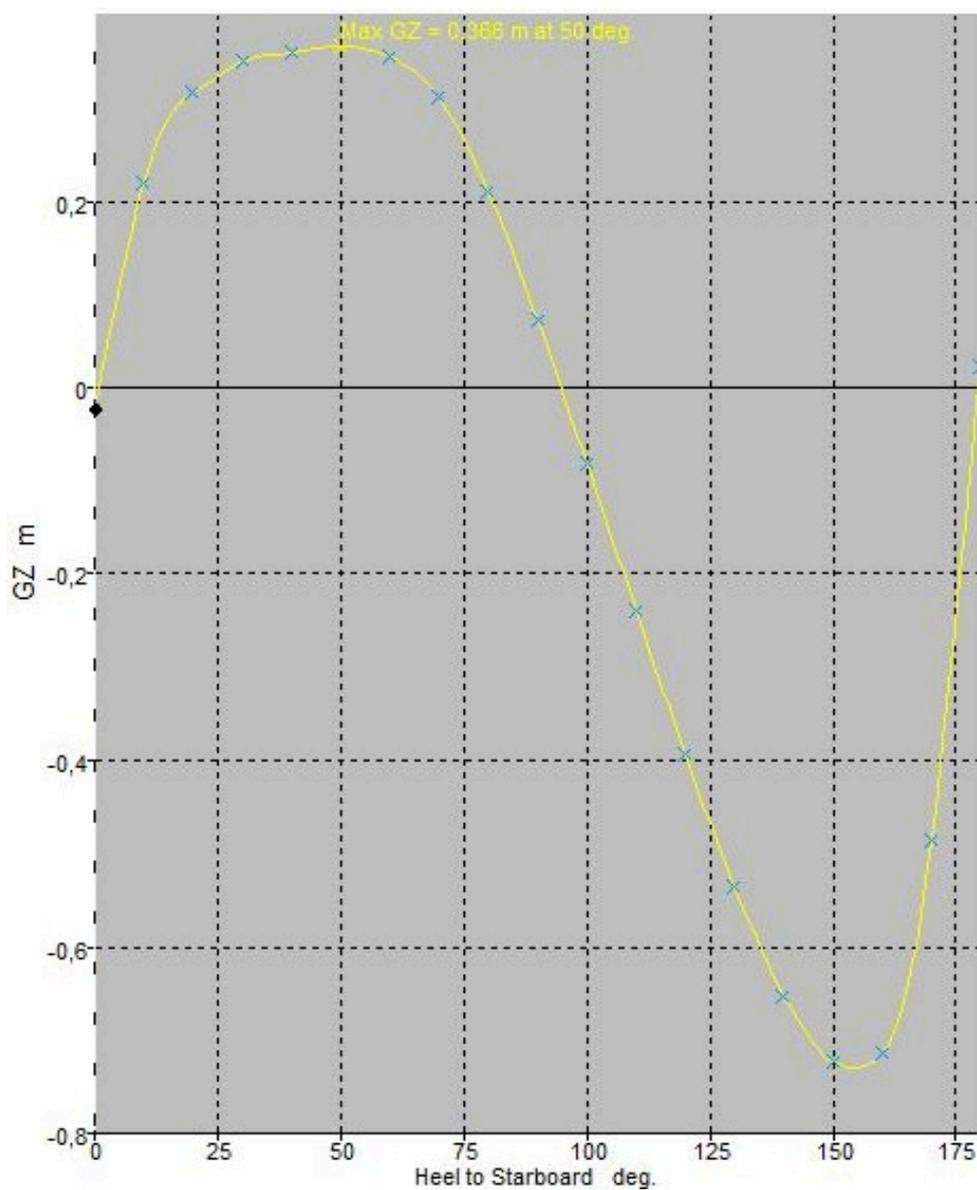
• **Estabilidad a Grandes Angulos :**

Heel to starbord degrees	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498
Draft at FP m	0,528	0,493	0,428	0,331	0,181	-0,076	-0,667	-2,096	-6,554	N/A
Draft at AP m	0,815	0,796	0,708	0,557	0,323	-0,046	-0,645	-1,729	-4,741	N/A
WL Length m	9,968	9,959	9,883	9,752	9,475	9,018	8,995	8,758	9,081	9,522
Immersed Depth m	0,6	0,561	0,663	0,807	0,89	0,911	0,887	0,851	0,808	0,798
WL Beam m	3,565	3,127	2,69	2,554	2,57	2,649	2,741	2,666	2,444	2,208
Wetted Area m <sup>2</sup>	31,08	28,804	27,371	26,682	26,484	25,917	25,736	25,676	25,436	25,319
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	27,3	24,285	22,252	21,348	21,252	20,772	20,23	18,808	17,349	16,471
Prismatic Coeff.	0,73	0,744	0,763	0,775	0,783	0,804	0,784	0,785	0,739	0,683
Block Coeff.	0,389	0,475	0,47	0,412	0,382	0,381	0,379	0,433	0,484	0,494
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,937	3,936	3,938	3,945	3,954	3,965	3,966	3,949	3,922	3,89
VCB from DWL m	-0,188	-0,2	-0,218	-0,239	-0,26	-0,277	-0,276	-0,271	-0,277	-0,291
GZ m	-0,023	0,219	0,316	0,349	0,359	0,366	0,354	0,311	0,21	0,073
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,01	4,146	4,295	4,405	4,493	4,519	4,549	4,642	4,621	4,564
TCF to zero pt. m	0	0,421	0,75	1,01	1,237	1,508	1,786	1,855	1,78	1,632
Max deck inclination deg	1,6	10,1	20,1	30	40	50	60	70	80	90
Trim angle (+ve by stern) deg	1,6	1,7	1,6	1,3	0,8	0,2	0,1	2,1	10,1	N/A

Heel to starbord degrees	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Displacement tonne	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498	8,498
Draft at FP m	-11,218	-6,738	-5,24	-4,482	-4,013	-3,681	-3,423	-3,226	-3,151
Draft at AP m	-6,834	-3,84	-2,801	-2,266	-1,942	-1,741	-1,634	-1,628	-1,651
WL Length m	9,814	10,021	10,152	10,226	10,249	10,213	10,046	9,553	7,839
Immersed Depth m	0,953	1,095	1,199	1,252	1,248	1,176	1,026	0,771	0,445
WL Beam m	2,158	2,21	2,26	2,311	2,383	2,607	3,111	3,816	3,76
Wetted Area m <sup>2</sup>	25,166	24,901	24,532	24,298	24,381	25,063	26,942	31,363	33,652
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,96	15,647	15,399	15,403	15,883	17,052	19,678	25,355	28,14
Prismatic Coeff.	0,639	0,603	0,575	0,557	0,545	0,53	0,517	0,517	0,631
Block Coeff.	0,411	0,342	0,301	0,28	0,272	0,265	0,259	0,295	0,632
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,856	3,825	3,798	3,783	3,777	3,786	3,806	3,833	3,845
VCB from DWL m	-0,31	-0,331	-0,348	-0,355	-0,348	-0,326	-0,283	-0,214	-0,172
GZ m	-0,081	-0,239	-0,393	-0,535	-0,652	-0,724	-0,714	-0,485	0,023
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,454	4,286	4,082	3,892	3,751	3,707	3,712	3,81	4,15
TCF to zero pt. m	1,429	1,193	0,945	0,691	0,443	0,235	0,11	0,165	0
Max deck inclination deg	100	109,9	119,8	129,5	139,2	148,7	158	166,7	171,6
Trim angle (+ve by stern) deg	23,4	15,9	13,5	12,3	11,5	10,8	10	9	8,4

- **Curva de Estabilidad:**

Este gráfico nos demuestra como se comporta el brazo GZ de 0° a 180° en la condición de 100% de carga.



➤ **LLEGADA A PUERTO CON EL 10% DE CONSUMOS.**

**Loadcase – llegada a puerto con el 10% de consumos.**

**Damage case – intact**

**Free trim**

**Specific Gravity = 1,025**

Item name	Quantity	Sounding m	Unit Mass Tn	Total Mass Tn	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m
Lightship	1		7,029	7,029	4,104	-0,036	1,464
Combustible babor	10%	0,06	0,306	0,031	2,8	1,1	0,73
Combustible estribor	10%	0,06	0,306	0,031	2,8	-1,1	0,73
Agua dulce	10%	0,042	0,307	0,031	5,202	0	0,282
Agua Residual	100%	0,34	0,106	0,106	5,9	0	0,43
Pertrechos	1		0,01	0,01	2	0	2,34
Tripulantes	1		0,45	0,45	3,015	1	3,47
<b>Total Loadcase</b>				<b>7,687</b>	<b>4,056</b>	<b>0,026</b>	<b>1,558</b>
FS correction							0,036
VCG fluid							1,593

- **Condición de equilibrio:**

**Hidrostatics-**

Draft Amidsh. m	0,647
Displacement tonne	7,687
Heel to Starboard degrees	0,8
Draft at FP m	0,527
Draft at AP m	0,767
Draft at LCF m	0,673
Trim (+ve by stern) m	0,24
WL Length m	9,979
WL Beam m	3,558
Wetted Area m <sup>2</sup>	30,2
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	26,857
Prismatic Coeff.	0,774
Block Coeff.	0,361
Midship Area Coeff.	0,65
Waterpl. Area Coeff.	0,756
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,031
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,981
KB m	0,495
KG fluid m	1,593
BMt m	3,043
BML m	21,551
GMt corrected m	1,944
GML corrected m	20,452
KMt m	3,538
KML m	22,046
Immersion (TPc) tonne/cm	0,275
MTc tonne.m	0,155
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,261
Max deck inclination deg	1,6
Trim angle (+ve by stern) deg	1,4

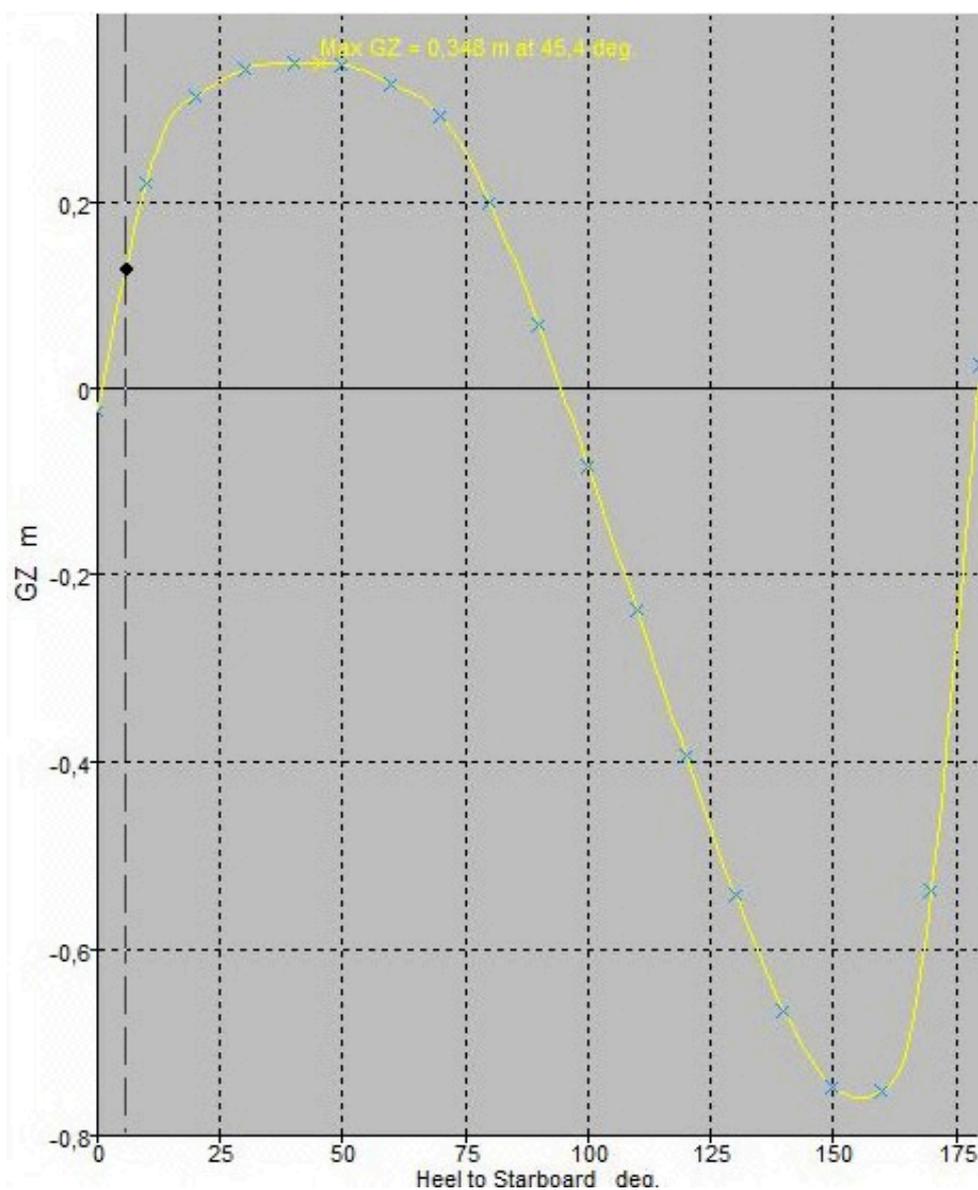
• **Estabilidad a Grandes Angulos :**

Heel to starbord degrees	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Displacement tonne	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,688	7,687
Draft at FP m	0,527	0,495	0,435	0,344	0,202	-0,043	-0,61	-1,997	-6,338	N/A
Draft at AP m	0,767	0,737	0,636	0,47	0,219	-0,181	-0,834	-2,041	-5,41	N/A
WL Length m	9,975	9,959	9,888	9,763	9,502	9,04	9,028	8,792	9,163	9,607
Immersed Depth m	0,585	0,545	0,596	0,732	0,81	0,851	0,829	0,747	0,691	0,691
WL Beam m	3,558	2,974	2,61	2,498	2,526	2,588	2,662	2,664	2,441	2,196
Wetted Area m <sup>2</sup>	30,188	27,806	26,419	25,726	25,473	24,755	24,694	24,817	24,589	24,469
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	26,897	23,676	21,722	20,84	20,69	20,066	19,835	18,764	17,315	16,437
Prismatic Coeff.	0,775	0,78	0,774	0,769	0,77	0,789	0,778	0,787	0,749	0,699
Block Coeff.	0,361	0,464	0,488	0,42	0,386	0,377	0,376	0,447	0,51	0,514
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,031	4,03	4,035	4,043	4,055	4,068	4,072	4,058	4,032	4,001
VCB from DWL m	-0,177	-0,185	-0,201	-0,221	-0,243	-0,26	-0,257	-0,246	-0,247	-0,26
GZ m	-0,026	0,219	0,312	0,342	0,348	0,346	0,326	0,292	0,199	0,067
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	3,978	4,169	4,323	4,437	4,542	4,56	4,57	4,684	4,671	4,619
TCF to zero pt. m	0	0,45	0,767	1,018	1,24	1,514	1,798	1,882	1,8	1,644
Max deck inclination deg	1,4	10,1	20	30	40	50	60	70	80	90
Trim angle (+ve by stern) deg	1,4	1,4	1,1	0,7	0,1	-0,8	-1,3	-0,3	5,2	N/A

Heel to starbord degrees	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Displacement tonne	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687	7,687
Draft at FP m	-10,984	-6,626	-5,175	-4,444	-3,988	-3,661	-3,405	-3,206	-3,129
Draft at AP m	-7,547	-4,192	-3,029	-2,43	-2,07	-1,846	-1,719	-1,695	-1,718
WL Length m	9,898	10,097	10,214	10,27	10,283	10,23	10,055	9,563	7,783
Immersed Depth m	0,859	1,004	1,112	1,171	1,173	1,109	0,967	0,722	0,399
WL Beam m	2,145	2,202	2,184	2,185	2,244	2,457	2,93	3,815	3,762
Wetted Area m <sup>2</sup>	24,306	23,98	23,51	23,205	23,252	23,914	25,699	30,375	33,041
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	15,922	15,551	15,142	14,999	15,315	16,311	18,826	24,827	28,548
Prismatic Coeff.	0,655	0,618	0,588	0,571	0,554	0,538	0,527	0,525	0,641
Block Coeff.	0,411	0,336	0,302	0,286	0,277	0,269	0,263	0,285	0,642
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	3,967	3,934	3,905	3,884	3,876	3,883	3,902	3,928	3,94
VCB from DWL m	-0,28	-0,303	-0,324	-0,334	-0,33	-0,309	-0,268	-0,202	-0,156
GZ m	-0,083	-0,238	-0,394	-0,542	-0,666	-0,749	-0,753	-0,539	0,026
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,512	4,338	4,124	3,94	3,818	3,79	3,813	3,887	4,212
TCF to zero pt. m	1,433	1,19	0,94	0,682	0,43	0,212	0,065	0,14	0
Max deck inclination deg	100	109,9	119,8	129,6	139,3	148,8	158,2	167	172,1
Trim angle (+ve by stern) deg	18,7	13,5	11,9	11,2	10,7	10,1	9,4	8,5	7,9

- **Curva de estabilidad:**

Este gráfico nos demuestra como se comporta el brazo GZ de 0° a 180° en la condición 10% de carga.

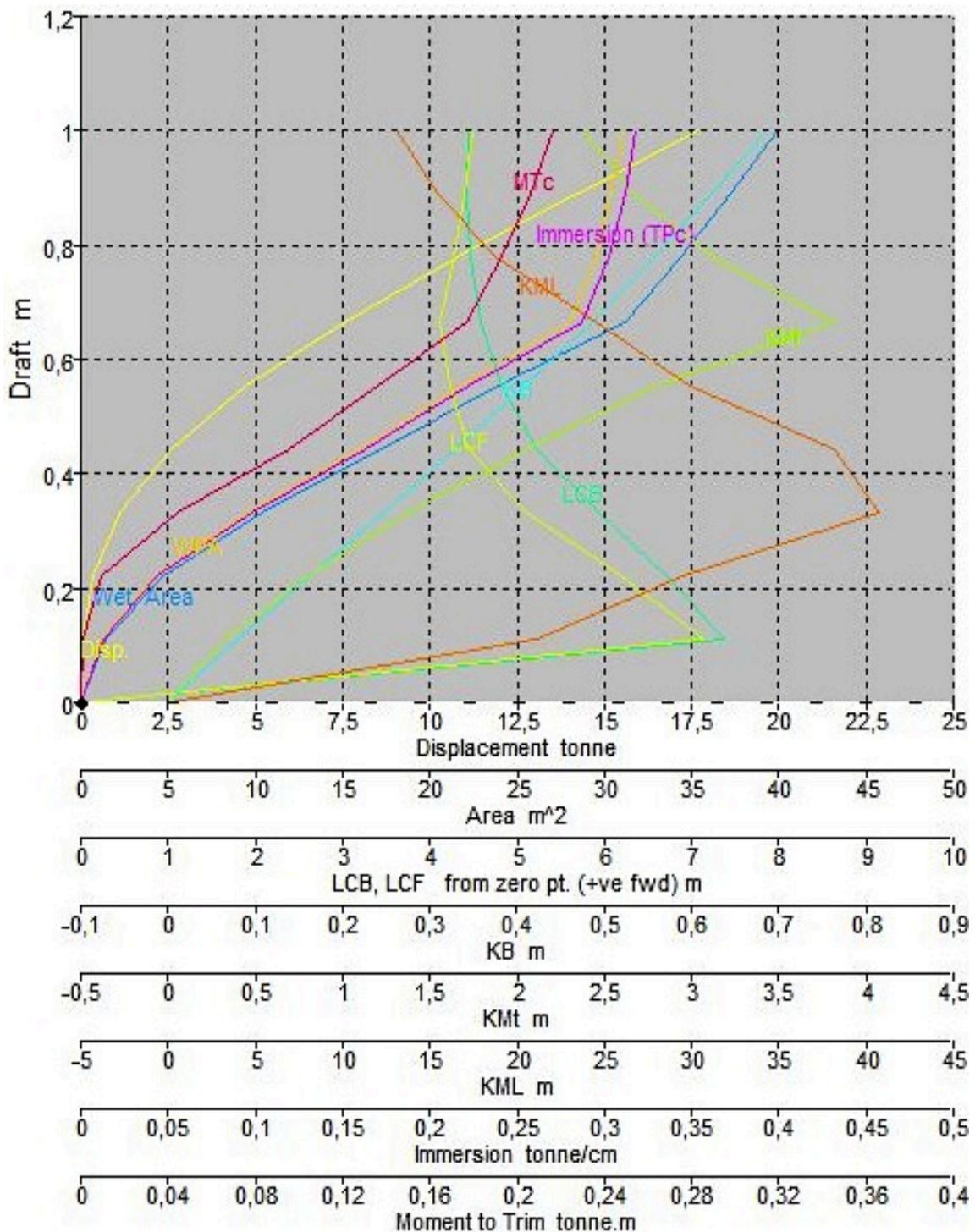


- **Tabla y gráfica para un rango de calados dados.**

### Hidrostatics-

Draft Amidsh. M	0	0,111	0,222	0,333	0,444	0,556	0,667	0,778	0,889	1
Displacement tonne	0	0,0535	0,3466	1,113	2,576	4,721	7,539	10,83	14,24	17,74
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0	0,111	0,222	0,333	0,444	0,556	0,667	0,778	0,889	1
Draft at AP m	0	0,111	0,222	0,333	0,444	0,556	0,667	0,778	0,889	1
Draft at LCF m	0	0,111	0,222	0,333	0,444	0,556	0,667	0,778	0,889	1
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	0	4,233	6,768	9,387	9,892	10,014	10,116	10,2	10,266	10,323
WL Beam m	0	0,436	0,951	1,525	2,118	2,734	3,543	3,56	3,577	3,594
Wetted Area m <sup>2</sup>	0	1,373	4,712	10,42	17,289	23,826	31,183	34,452	37,2	39,918
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	0	1,216	4,267	9,58	15,905	21,724	28,072	29,53	30,437	31,039
Prismatic Coeff.	0	0,544	0,528	0,522	0,617	0,689	0,734	0,752	0,765	0,776
Block Coeff.	0	0,256	0,237	0,228	0,27	0,303	0,308	0,374	0,426	0,467
Midship Area Coeff.	0	0,516	0,525	0,527	0,53	0,532	0,531	0,581	0,637	0,678
Waterpl. Area Coeff.	0	0,659	0,663	0,669	0,759	0,793	0,783	0,813	0,829	0,837
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0	7,373	6,709	5,939	5,224	4,818	4,575	4,459	4,429	4,433
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0	7,143	6,192	5,116	4,454	4,24	4,105	4,269	4,392	4,492
KB m	-0,001	0,08	0,163	0,247	0,33	0,409	0,485	0,557	0,624	0,687
KG m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
BMt m	0	0,25	0,64	1,138	1,728	2,386	3,326	2,554	2,041	1,69
BML m	0	21,021	29,356	40,548	37,867	29,492	24,025	18,225	14,775	12,405
GMt m	-0,701	-0,37	0,103	0,685	1,358	2,095	3,111	2,412	1,965	1,676
GML m	-0,701	20,401	28,819	40,095	37,497	29,201	23,81	18,083	14,698	12,392
KMt m	-0,001	0,33	0,803	1,385	2,058	2,795	3,811	3,112	2,665	2,376
KML m	-0,001	21,101	29,519	40,795	38,197	29,901	24,51	18,783	15,398	13,092
Immersion (TPc) tonne/cm	0	0,012	0,044	0,098	0,163	0,223	0,288	0,303	0,312	0,318
MTc tonne.m	0	0,001	0,01	0,044	0,095	0,136	0,177	0,193	0,206	0,217
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0	0	0,001	0,013	0,061	0,173	0,409	0,456	0,488	0,519

• **Curvas hidrostáticas:**



## 11. PRESUPUESTO .

Es necesario conocer si la embarcación en cuestión será competitiva en el mercado, comprobandola con otros productos que sean de similares características.

La estimación del presupuesto es lo más detallada posible, consultando catálogos de distintos proveedores y realizando una estimación de los materiales necesarios para la construcción de la embarcación .

En cuanto la estimación de la mano de obra ( horas-hombre ), se ha consultado directamente con fabricantes de embarcaciones similares, para poder establecer un número coherente de horas.

Hay que tener en cuenta en el precio de venta, la fabricación del molde y el modelo, al igual que unos gastos fijos derivados del funcionamiento del astillero ( agua, luz,..)

Dividiremos el presupuesto en dos partes:

- Materiales
- Mano de obra.

El precio que hemos obtenido en la tabla que veremos a continuación es sin duda el precio de construcción de la misma, pero este tiene que ser incrementado con los costes fijos del astillero que rondan entre un 30% o un 40%, así como los gastos de realización del proyecto, los cuales pueden suponer un porcentaje considerable en el precio final de la embarcación.

Hemos calculado un PRECIO TOTAL BASE de **217.908,50 €** , que teniendo en cuenta lo anteriormente dicho el COSTE TOTAL de salida al mercado será de :

<b>Coste de los materiales</b>			
<b>LAMINADO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Mat de fibra 300, 450, 500, 600 (por Kg)	968	5,50	5.324,0
tejido de fibra de vidrio 450, 500, 600, 800 (por Kg)	1290	4,80	6.192,0
Resina (por Kg)	2655	4,50	11.947
Gel coat (por Kg)	94	12,50	1.175
Espuma de poliuretano ( por Kg)	90	5,20	468
Material diverso ( rodillos, acetona,...etc.)	1	100,00	100
		<b>Subtotal</b>	<b>25.206</b>
<b>CARPINTERIA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Puerta con bisagra	3	175,00	525,00
Mesa salón comedor	1	300,00	300,00
Mesa cubierta	1	250,00	250,00
Mesa Bañera	1	200,00	200,00
Armario camarote proa	1	300,00	300,00
Armario camarote popa	1	300,00	300,00
Cama camarote de proa	1	450,00	450,00
Cama camarote de popa	2	250,00	500,00
Mesita de noche Camarote proa	2	80,00	160,00
Guanteras laterales Camarote proa	2	75,00	150,00
Guanteras laterales Camarote popa	1	75,00	75,00
Mamparos Camarotes	2	600,00	1.200,00
Armario de cocina	4	120,00	480,00
Encimera cocina	1	500,00	500,00
Piso forrado tablero marino laminado en teca	1	3.000,00	3.000,00
Sofá salón	1	600,00	600,00
Sofá puente de gobierno	1	700,00	700,00
Sofá Bañera	1	450,00	450,00
Mueble Aseo	2	190,00	380,00
Escalera Acceso Habilitacion	1	700,00	700,00
		<b>Subtotal</b>	<b>11.220</b>
<b>ASEO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
W.C Marino	1	120,00	120,00
Deposito de aguas fecales	2	210,00	420,00
Grifo de fondo pasacasco entrada de agua W.C.	2	25,00	50,00
Tuberías y arandelas W.C	1	35,00	35,00
Bombas fecales de achique, filtro anti-olor, etc...	1	115,00	115,00
Lavabo con grifo	2	50,00	100,00
Tuberías, grifo de fondo y abrazaderas lavabo	1	45,00	45,00
Manguera hasta el deposito de agua	2	40,00	80,00
Espejo	2	45,00	90,00
Accesorios varios	2	25,00	50,00
cabina de ducha con mampara	1	350,00	350,00

suelo material plástico en aseos	1	125,00	125,00
		<b>Subtotal</b>	1.535,00
<b>COCINA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Cocina vitrocerámica	1	300,00	300,00
horno eléctrico	1	250,00	250,00
Fregadero inox con desagüe+ Grifo	1	115,00	115,00
Grifo fondo y pasacasco	1	20,00	20,00
manguera hasta deposito de agua	1	60,00	60,00
bomba presión agua	1	200,00	200,00
Nevera eléctrica con congelador	1	450,00	450,00
		<b>Subtotal</b>	1.395
<b>HABILITACIÓN</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Colchón camarote de proa	1	250,00	250,00
Colchones camarote de popa	2	140,00	280,00
Almohadas, sábanas, mantas y edredones Cam. Proa	1	80,00	80,00
Almohadas, sábanas, mantas y edredones Cam. Popa	2	50,00	100,00
Televisor LED	1	680,00	680,00
		<b>Subtotal</b>	1.390,0
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Baterías de 12 V 120 AH	2	200,00	400,00
Cajas de baterías de polipropileno	2	50,00	100,00
Acopladores de baterías 4 posiciones	2	40,00	80,00
Panel de fusibles 8 entradas	1	65,00	65,00
Conector de mechero 12 V en Inox	1	20,00	20,00
Bomba de achique 30 l/min	2	95,00	190,00
contacto automático bomba de achique	2	22,00	44,00
Luces de techo halógenas	14	21,00	294,00
Luces de navegación ( costado y alcance )	1	52,00	52,00
Molinete de ancla	1	1.350,00	1.350,00
Limpia parabrisas eléctrico	1	235,00	235,00
		<b>Subtotal</b>	2.830,0
<b>PUESTO DE GOBIERNO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Escalera de baño en acero INOX con 3 peldaños	1	185,00	185,00
Roldana de fondeo en acero INOX. Con pasador	1	32,00	32,00
cornamusas de amarre	4	16,00	64,00
Boca de llenado de agua 45 mm	1	24,00	24,00
Boca de llenado de gasoil de 70 mm	2	30,00	60,00
Boca de succión de deposito séptico	1	40,00	40,00
Respiradero de tanque séptico con mangueras	1	12,00	12,00
Respiraderos Cámara de máquinas	2	22,00	44,00
Bisagras de bodega de pertrechos y pozo de ancla	6	11,00	66,00
Barandilla en acero INOX	1	1.580,00	1.580,0
Colchonetas solarium	2	100,00	200,00

Embarcación Deportiva a Motor Fabricada en PRFV de 12 m. de Eslora y 8 tn. de Desplazamiento.

Parabrisas frontal	1	1.500,00	1.500,0
Ventanas Grandes	2	750,00	1.500,0
Ventanas Pequeñas	2	350,00	700,00
		<b>Subtotal</b>	<b>6.007,0</b>
<b>OTROS EQUIPAMIENTOS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Sonda	1	985,00	985,00
Compas Horizon 135	1	282,00	282,00
GPS lector de cartas Tracker	1	1.280,00	1.280,0
Extintores	2	35,00	70,00
Botiquin homologado	1	30,00	30,00
Aros salvavidas de rabiza y luz	2	177,00	354,00
Equipo de cohetes SOLAS	1	95,00	95,00
Balsa salvavidas	1	2.950,00	2.950,0
Chalecos Salvavidas	6	19,00	114,00
Ancla	1	76,00	76,00
Cadena de ancla	1	390,00	390,00
		<b>Subtotal</b>	<b>6.626,00</b>
<b>DEPÓSITOS Y TANQUES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Tanque de combustible	2	150,00	300,00
Indicador de fuel	1	56,00	56,00
Accesorios varios sistema combustible	1	75,00	75,00
Depósito de agua potable	1	100,00	100,00
Depósito de aguas negras	1	100,00	100,00
		<b>Subtotal</b>	<b>631,00</b>
<b>CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio + IVA</b>	<b>Total</b>
Motor Volvo penta IPS 400	2	60.000,0	120.000
Inslatación completa con todos los accesorios y escape	1	4.500,00	4.500,0
Instalación completa conjunto de dirección	1	1.000,00	1.000,0
		<b>Subtotal</b>	<b>125.500</b>
<b>Total Coste Materiales</b>			
<b>182.340,50 €</b>			

A continuación se mostrará una tabla, la cual se refleja el número de horas aproximadamente de la construcción y montaje de la embarcación.

<b>Coste Mano de obra</b>		
<b>Construcción del casco</b>	<b>Horas/Hombre</b>	<b>Total</b>
Limpieza de cera del molde	16,00	
Pintado de Gelcoalt	14,00	
Laminado	250,00	
Desmoldeo	16,00	
	<b>Subtotal</b>	296,00
<b>Costrucción cubierta y bañera</b>	<b>Horas/Hombre</b>	<b>Total</b>
Limpieza y cera del molde	23,00	
Pintado de gelcoalt	19,00	
Laminado	230,00	
Desmoldeo	20,00	
	Subtotal	292,00
<b>Costrucción cubierta y bañera</b>	<b>Horas/Hombre</b>	<b>Total</b>
Montaje del casco - cubiertas	50,00	
Montaje de mobiliario	195,00	
montaje de equipos	155,00	
	Subtotal	400,00
<b>Total</b>	<b>Horas/Hombre</b>	<b>Total</b>
		988,00
Precio HORA/HOMBRE	36,00	
<b>Total mano de obra</b>		
<b>35.568,00 €</b>		

Coste total de la embarcación = Total coste materiales + total coste mano de obra

**Coste total de la embarcación = 217.908,50 €**

Este precio es sin duda el precio de construcción de la embarcación, pero como dijimos en el objetivo de este capítulo, éste tiene que ser incrementado con los costes fijos del astillero, así como los gastos de realización del proyecto, los cuales pueden suponer un porcentaje considerable en el precio final de la embarcación, pudiendo suponer un incremento del 30% al 40%.

**Con Incremento del 30% = 283.281,05**

**Con incremento del 40% = 305.071,90**

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **Apuntes:**

- Construcciones en Materiales compuestos.

Gaspar Penagos García.

- Teoría del Buque.

Aurelio Guzman Cabañas.

Pedro Gallardo Mateo.

- Embarcaciones Deportivas.

Antonio de Querol Sahagun.

### **Libros:**

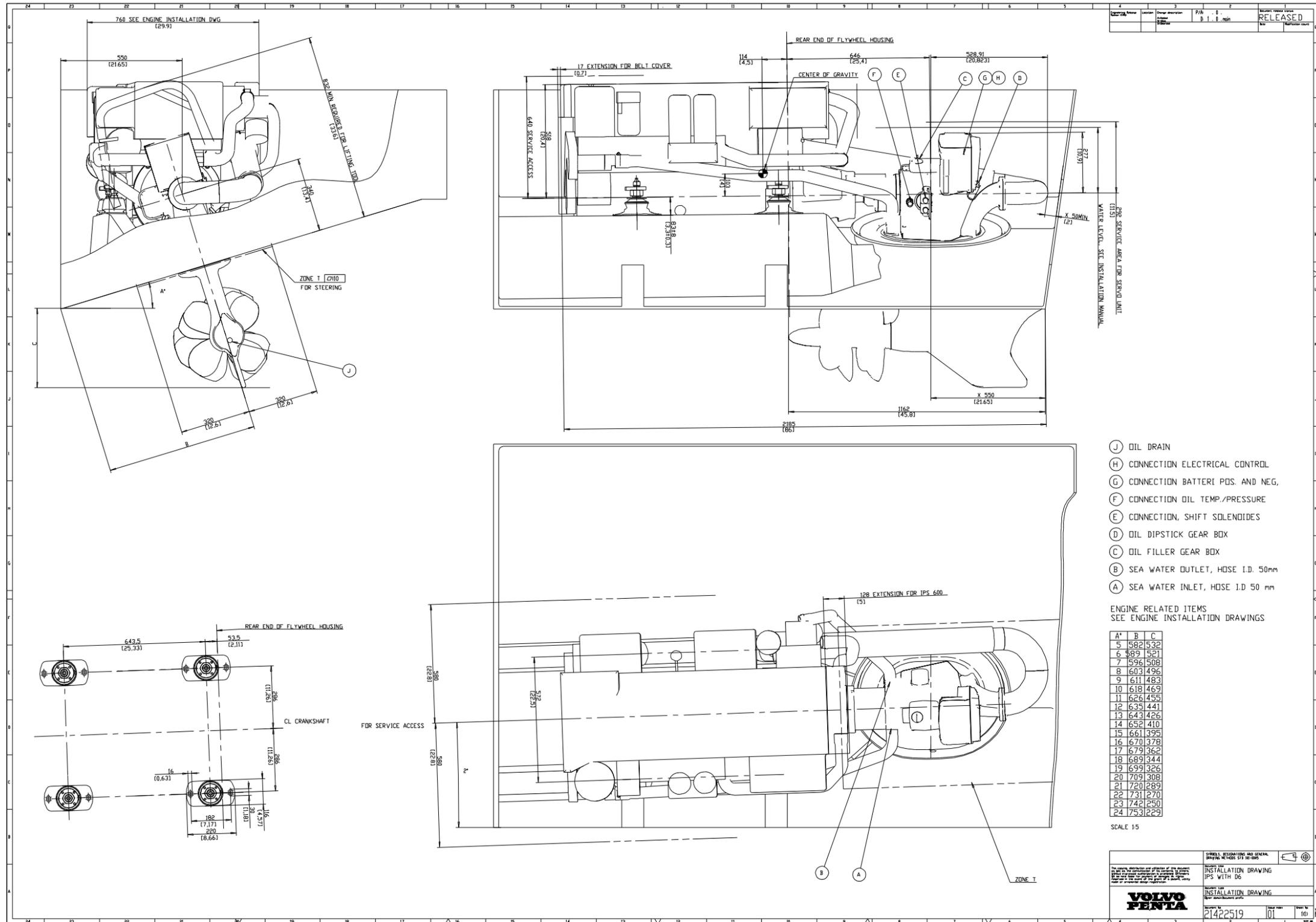
- Materiales compuestos. Tecnología de los Materiales Reforzados.

J.L. Gonzales Diez.

### **Páginas Web:**

- [www.fondear.com](http://www.fondear.com)
- [www.barcos.com](http://www.barcos.com)
- [www.volvopenta.com](http://www.volvopenta.com)
- [www.barcosyamarres.com](http://www.barcosyamarres.com)
- [www.revistayate.com](http://www.revistayate.com)
- [www.nautibarcos.com](http://www.nautibarcos.com)
- [www.princess-yate.com](http://www.princess-yate.com)
- [http://www.nmsc.gov.au/media/pages\\_media\\_files/files/Rules and Regulations for the Classification of Yachts and Small Crafts Part 2, May 1979.pdf](http://www.nmsc.gov.au/media/pages_media_files/files/Rules_and_Regulations_for_the_Classification_of_Yachts_and_Small_Crafts_Part_2,_May_1979.pdf)

# ANEXO



RELEASED

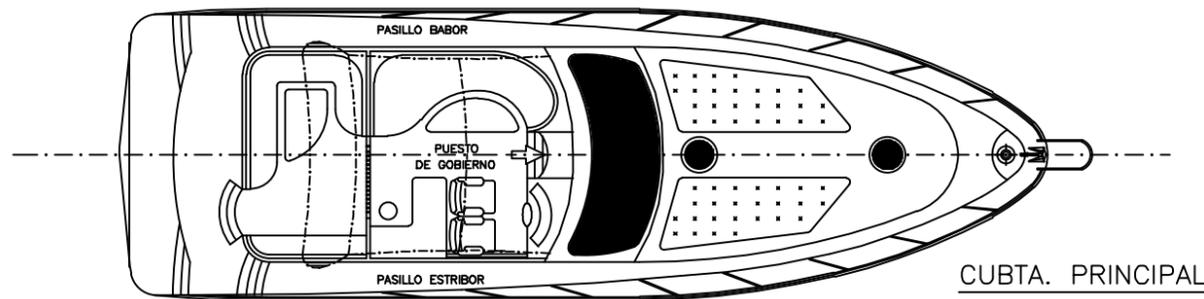
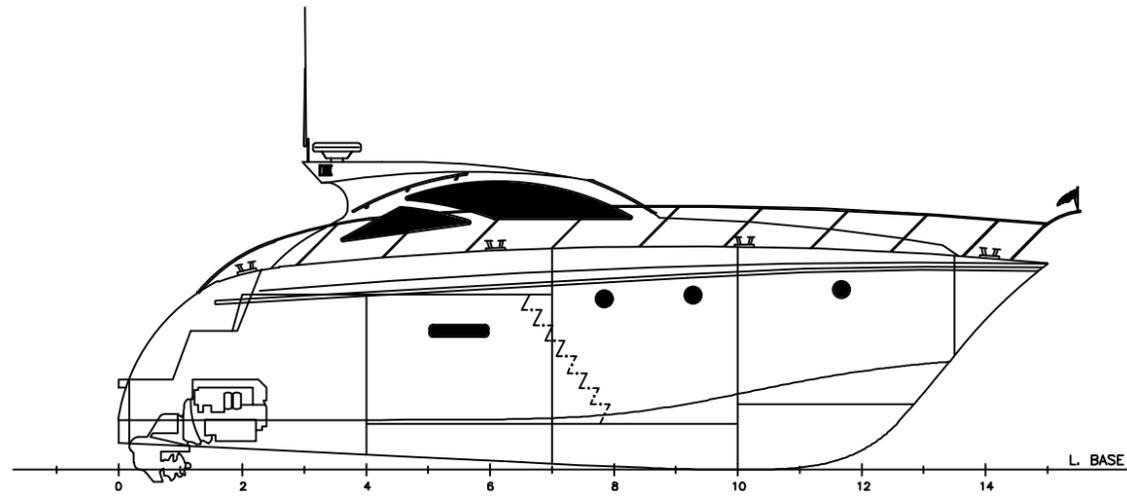
- (J) OIL DRAIN
- (H) CONNECTION ELECTRICAL CONTROL
- (G) CONNECTION BATTERY POS. AND NEG.
- (F) CONNECTION OIL TEMP./PRESSURE
- (E) CONNECTION, SHIFT SOLENOIDS
- (D) OIL DIPSTICK GEAR BOX
- (C) OIL FILLER GEAR BOX
- (B) SEA WATER OUTLET, HOSE I.D. 50mm
- (A) SEA WATER INLET, HOSE I.D. 50 mm

ENGINE RELATED ITEMS  
SEE ENGINE INSTALLATION DRAWINGS

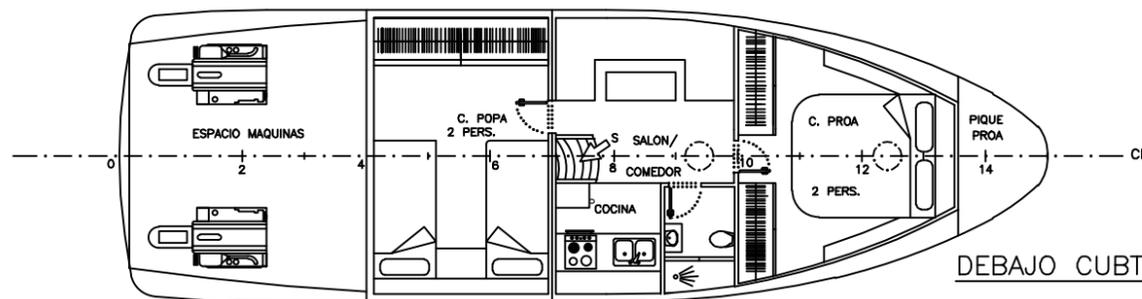
A*	B	C
5	582	532
6	589	521
7	596	508
8	603	496
9	611	483
10	618	469
11	626	455
12	635	441
13	643	426
14	652	410
15	661	395
16	670	378
17	679	362
18	689	344
19	699	326
20	709	308
21	720	289
22	731	270
23	742	250
24	753	229

SCALE 1:5

**INSTALLATION DRAWING**  
 IPS WITH D6  
**INSTALLATION DRAWING**  
 21422519



CUBTA. PRINCIPAL



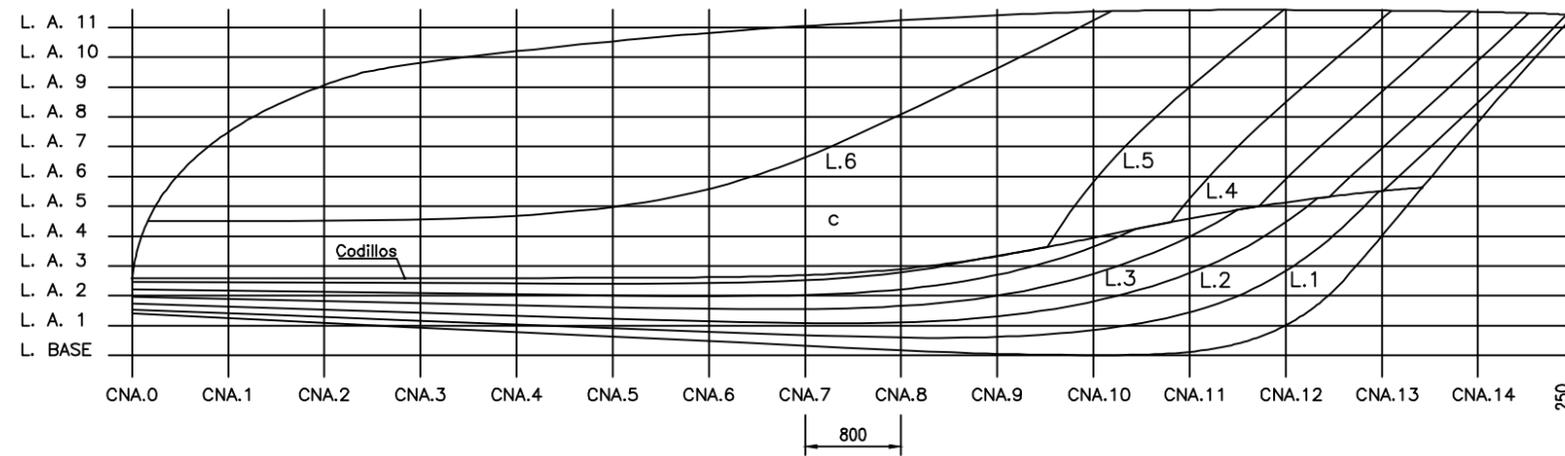
DEBAJO CUBTA. PPAL.

CARACTERISTICAS

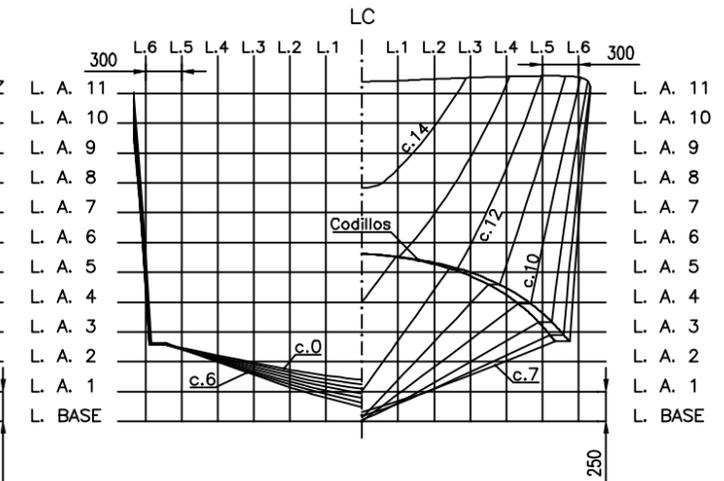
ESLORA TOTAL \_\_\_\_\_ 12.00 M  
 MANGA MAXIMA \_\_\_\_\_ 3.80 M  
 PUNTAL \_\_\_\_\_ 2.90 M  
 CALADO \_\_\_\_\_ 0,70 M

ESCALA: 1/75	FORMATO: A3	UNIDADES: MM	15/02/2012 FECHA	YASSIN REDDAH DIBUJADO	... VERIFICADO
ASTILLERO:		CLIENTE:			HOJA: 1 Of 1
PLANO N°: 01		BUQUE: "EMBARCACION DEPORTIVA DE 12.00 M"			
REFERENCIA DOCUMENTO: PROY. FIN DE CARRERA		DOCUMENTO: DISPOSICION GENERAL			

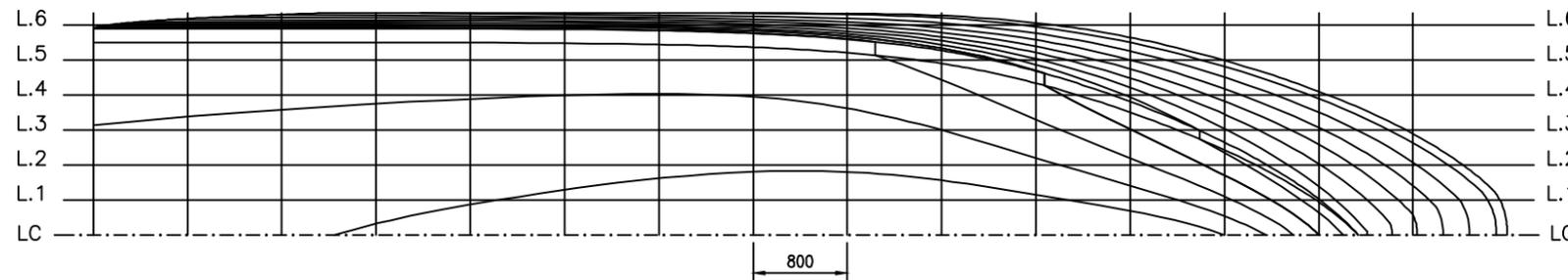
SECCIONES LONGITUDINALES



SECCIONES TRANSVERSALES



LINEAS DE AGUA

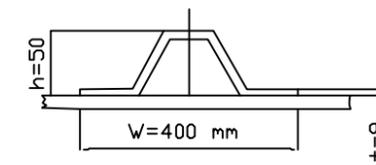
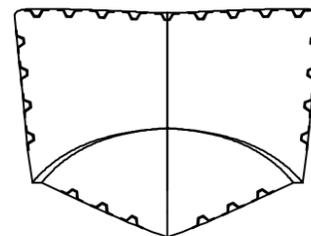
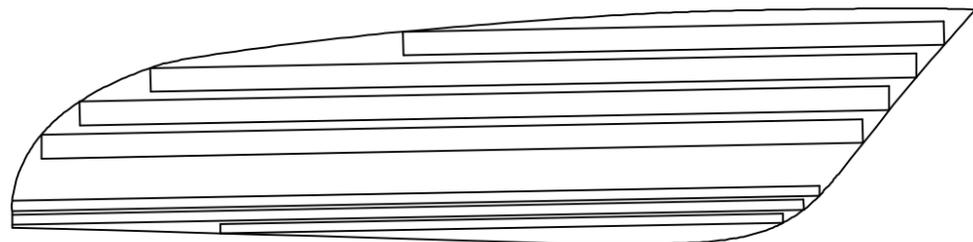


CARACTERISTICAS

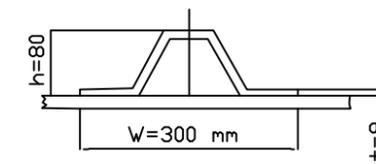
ESLORA TOTAL	12.00 M
MANGA MAXIMA	3.80 M
PUNTAL	2.90 M
CALADO	0,70 M

SEPARACION ENTRE SECCIONES	0.80 M
SEPARACION ENTRE LONGITUDINALES	0.30 M
SEPARACION ENTRE L. AGUA	0.25 M

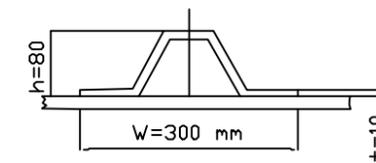
ESCALA: 1/65	FORMATO: A3	UNIDADES: MM	15/02/2012 FECHA	YASSIN REDDAH DIBUJADO	... VERIFICADO
ASTILLERO:		CLIENTE:			HOJA: 1 DE 1
PLANO N°: 02		BUQUE: "EMBARCACION DEPORTIVA DE 12.00 M"			
REFERENCIA DOCUMENTO: PROY. FIN DE CARRERA		DOCUMENTO: PLANO DE FORMAS			



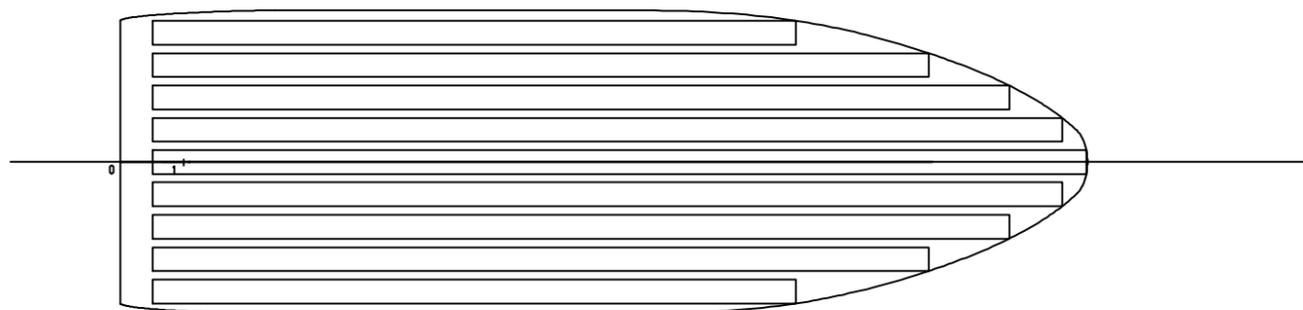
DETALLE 1



DETALLE 2



DETALLE 3



CARACTERISTICAS

ESLORA..... 12 M.  
 MANGA..... 3,80 M.  
 PUNTAL..... 2,90 M.  
 SEPARACION ENTRE REF..... 405 MM.

ESCALA: 1/75	FORMATO: A3	UNIDADES: MM	15/02/2012 FECHA	YASSIN REDDAH DIBUJADO	..... VERIFICADO
ASTILLERO:		CLIENTE:			HOJA: 1 DE 1
PLANO N°: 03		BUQUE: "EMBARCACION DEPORTIVA DE 12M."			
REFERENCIA DOCUMENTO: PROY. FIN DE CARRERA		DOCUMENTO: PLANO DE REFUERZOS			

# VOLVO PENTA IPS 350/400/450/500/600 INBOARD PERFORMANCE SYSTEM

191/221/243/272/320 kW (260/300/330/370/435 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

## Sistema revolucionario de propulsión marina

Existe una demanda permanente de velocidades más altas, un manejo más fácil, un mayor confort a bordo y reducción de emisiones de escape. Los usuarios de cruceros deportivos, los aficionados a la pesca, los yates con flybridge y otras embarcaciones con propulsión interior tradicional desean velocidades muy por encima de los 30 nudos. Sin embargo, es aquí donde realmente empieza a decaer el rendimiento de las instalaciones convencionales de eje.

Se necesita algo nuevo para combinar placer de navegación, confort a bordo y fiabilidad con buenas cualidades ambientales.



### Aspectos generales

El sistema de propulsión interior Volvo Penta IPS está disponible ahora en cinco versiones, con un rango de potencias desde 350 a 600 CV, aptas para embarcaciones de planeo de aprox. 30 hasta 50 pies.

El Volvo Penta IPS fija un nuevo estándar:

- Rendimiento muy mejorado, mayor velocidad punta, menor consumo/mayor autonomía, y gran aceleración
- Las maniobras a baja velocidad son más fáciles que nunca, y el pilotaje a velocidades elevadas es un placer
- El confort a bordo está muy mejorado gracias a la reducción del nivel de ruidos y vibraciones
- La instalación se simplifica notablemente
- Hay más espacio disponible
- Seguridad y calidad mejoradas
- Facilidad de servicio, y sistema completo suministrado por un solo proveedor
- Mayor respeto medioambiental

Todo esto se combina con las ventajas habituales de las propulsiones tradicionales interiores, por ejemplo, construcción robusta y resistente, excelentes cualidades anticorrosivas y hélices bajo el casco.

### Rendimiento y prestaciones

Alrededor de los 30 nudos, el sistema convencional de eje empieza a perder eficiencia (ver la curva inferior en el diagrama adjunto). Una baja eficiencia significa que es necesario instalar mayor potencia, lo que, a su vez, se traduce en un aumento del consumo de combustible, en menor autonomía de crucero y en mayores emisiones de escape. El Volvo Penta

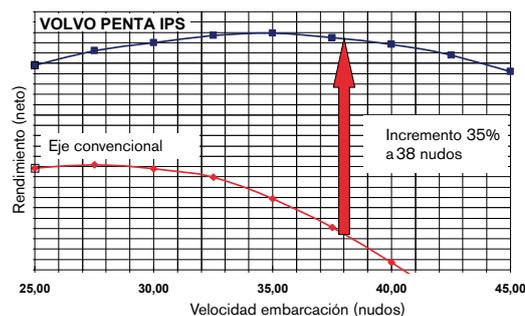
IPS ofrece una solución revolucionaria a todo esto, con un rendimiento extraordinario a lo largo de todo su régimen, de 25 a 45 nudos (ver la curva superior en el diagrama adjunto).

El Volvo Penta IPS ofrece un rendimiento un 35 % superior a 38 nudos. Esto significa que la potencia del motor es transmitida con mucha mayor eficiencia al agua, lo que tiene como resultado:

- Mayor velocidad
- Consumo reducido de combustible
- Aceleración más rápida
- Menos emisiones de escape por milla náutica

En una comparación entre dos barcos idénticos equipados con la misma potencia diesel hemos obtenido con el sistema Volvo Penta IPS una velocidad punta de 6 nudos más, un consumo de combustible reducido en un 30 % a 30 nudos en velocidad de crucero y finalmente una aceleración un 15 % mayor.

El rendimiento en comparación con instalaciones de eje convencional se mejora para toda la gama de los productos 350/400/450/500/600.



**VOLVO  
PENTA**

# VOLVO PENTA IPS 350/400/450/500/600

## ¿Por qué es superior el Volvo Penta IPS?

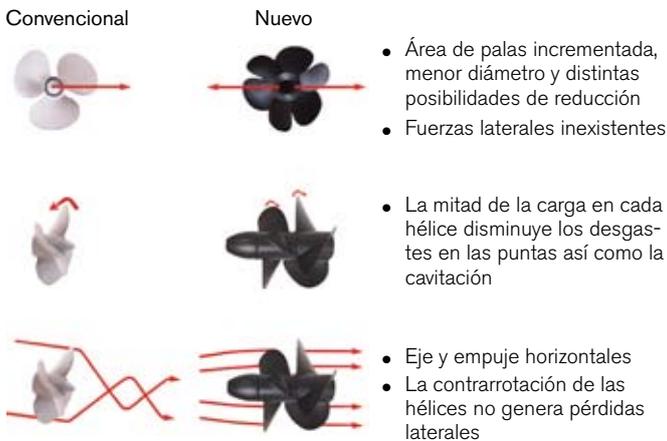
Parte de la mejora en rendimiento se debe al hecho de que el sistema cuenta con motores de alta tecnología – el Volvo Penta D4 y el D6 – pero casi todo se debe a la unidad propulsora. La explicación la obtenemos si estudiamos lo que ocurre debajo de la superficie del agua.

- Las patentadas hélices Volvo Penta IPS tienen una mayor superficie de pala, soportando la mitad de la carga cada una de ellas, y un diámetro más pequeño que minimizan las pérdidas en las puntas así como la cavitación.
- Además, el sistema de la hélice evita pérdidas por rotación y no genera fuerzas laterales.
- El empuje que producen las hélices es horizontal empleándose toda la fuerza para propulsar la embarcación adelante.
- Las hélices se hallan en la parte frontal de la unidad propulsora, funcionando en aguas no agitadas con un mínimo de pulsos de presión que afecten al casco.

Un sistema de eje convencional pierde eficiencia en el empuje debido al ángulo hacia abajo y al trabajar las hélices en agua agitada por el soporte de las hélices y los ejes.

También la elección de hélice es muy fácil, ya que Volvo Penta ofrece relaciones de cambio optimizadas y series completas y sistemáticas de hélices desarrolladas para el sistema Volvo Penta IPS.

## Ventajas de las hélices Volvo Penta IPS



## Maniobras y manejo

En las maniobras, manejo y placer de navegación es donde el Volvo Penta IPS fija un estándar completamente nuevo. Olvide todo lo que sabe sobre complicadas maniobras de amarre – con Volvo Penta IPS son fáciles y seguras, incluso con un solo motor. A velocidades altas disfrutará de respuestas predecibles e inmediatas a las órdenes del timón. La conducción de la embarcación es a la vez placentera y segura.

Las razones de esta asombrosa manejabilidad son:

- Las unidades propulsoras son gobernables, tanto en las viradas como en la dirección de empuje. El resultado es un rendimiento mucho mayor y una mejor respuesta a las órdenes del piloto.
- Las dos hélices contrarrotantes por unidad propulsora anulan las fuerzas laterales, consiguiendo un avance completamente rectilíneo.

- Los mandos electrónicos confieren una sensación de control distinta y precisa; la respuesta del cambio es inmediata. Gracias a la dirección electrónica progresiva, el volante se maneja más fácilmente a baja velocidad, reduciendo aún más el esfuerzo del piloto.

## Confort

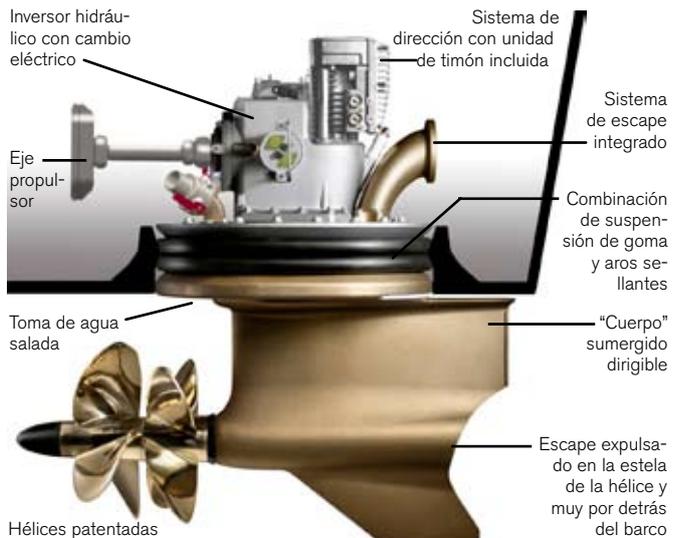
El confort a bordo es uno de los principales factores que proporcionan una navegación placentera. Niveles reducidos de ruido, vibraciones y humos de escape hacen que la vida a bordo sea mucho más agradable. La nueva tecnología de Volvo Penta IPS comporta grandes mejoras en todo lo que afecta a la comodidad.

- Las fuerzas de propulsión y las vibraciones son absorbidas por la combinación de la suspensión de goma y aros sellantes.
- La junta cardan del eje propulsor permite una suspensión blanda del motor, lo que reduce eficazmente las vibraciones de funcionamiento.
- Las hélices trabajan en agua tranquila, sin cavitación y con una buena separación al casco.
- Las fuerzas se distribuyen gracias al mayor número de palas. Así, los pulsos de presión originados por las hélices tienen muy poco efecto sobre el casco.
- Las emisiones de humos de escape se reducen verdaderamente. Las emisiones de los motores son bajas por sí solas. Además de esto, la salida de escape se efectúa muy por detrás del barco a través del flujo de agua desplazado por la unidad propulsora.

Se ha llevado a cabo una prueba acústica con dos barcos idénticos, uno con Volvo Penta IPS y el otro con un sistema de eje convencional; el ruido a bordo de la embarcación con Volvo Penta IPS fue muy inferior, habiéndose reducido hasta el 50 %.

## Instalación

### “Todo incluido” en un diseño robusto



El Volvo Penta IPS ha sido desarrollado y se fabrica como un sistema completo que lo incluye todo: motor, unidad de propulsión con caja de engranajes, hélices, sistemas de escape y agua salada, gobierno, y mandos.

# VOLVO PENTA IPS 350/400/450/500/600

La instalación de las unidades es fácil. Nuestras pruebas indican que el tiempo de instalación se ha reducido en más del 50 por ciento.

El sistema Volvo Penta IPS puede instalarse de varias maneras, como un sistema compacto o con un eje intermedio prolongado, lo que permite el montaje en barcos de diferentes diseños.

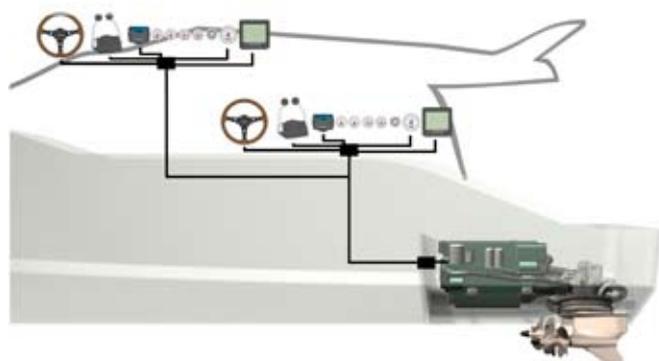
**El sistema se usa siempre en instalaciones de dos o múltiples motores.**

En el casco se integra un collarín de montaje especial. La unidad de propulsión se coloca en su sitio desde debajo del casco, con la suspensión de goma combinada con el sellado ya instalada.

El anillo de sujeción se coloca y fija mediante pernos normales.

Se gana tiempo al no ser necesaria la alineación.

Los mandos de gobierno, cambios y acelerador además de otros instrumentos se acoplan de la manera más sencilla posible.



## Seguridad y calidad

El material Heavy duty empleado se traduce en una excelente resistencia a la corrosión. Todo lo que está en contacto con el agua salada es de una aleación especial de níquel-bronce-aluminio o de acero inoxidable. La unidad propulsora, los cojinetes, acoplamientos, etc. están robustamente dimensionados para resistir situaciones no esperadas y asegurar una vida de servicio larga y libre de problemas.

El EVC, Electronic Vessel Control, de Volvo Penta enlaza entre sí los componentes del sistema a la vez que es la interfaz del usuario. Esta red basada en la tecnología CAN-bus ha sido desarrollada por Volvo Penta para uso marino y tiene conectores y cables Heavy duty. Se basa en la misma tecnología que se utiliza actualmente en aviación, buques y automóviles. El EVC maneja todas las comunicaciones y controles incluyendo los cambios de marcha, el acelerador y la dirección. El sistema incluye varias funciones de seguridad que minimizan el riesgo de daños en el motor o unidad propulsora.

El sistema Volvo Penta IPS está diseñado con redundancia, es decir, incluso en caso de avería total en una línea motriz, la restante le hará llegar a puerto con seguridad.

## Servicio

Las necesidades de servicio del Volvo Penta IPS son extremadamente bajas; actualmente, incluso más bajas que en una instalación interior tradicional – es innecesaria la alineación

de ejes. Con las unidades de propulsión ubicadas debajo del casco y todos los componentes expuestos a la acción del agua compuestos de níquel-bronce-aluminio o acero inoxidable, la resistencia a la corrosión es excelente al tiempo que son mínimas las incrustaciones marinas.

El servicio anual sólo consiste en las operaciones convencionales de cambio de ánodo e inspección visual. El aceite y el filtro en la unidad de propulsión se cambian cada año o cada 400 horas.

Como la instalación está acoplada al EVC – Electronic Vessel Control – no hay necesidad de ajustar cables. Los diagnósticos y la búsqueda de averías se realizan fácilmente en cualquier concesionario de Volvo Penta.

## Respeto ambiental

El Volvo Penta IPS ha sido desarrollado como sistema completo con unas características medioambientales excelentes – uno de los principales objetivos del diseño. El muy elevado rendimiento del sistema Volvo Penta IPS proporciona unas emisiones totales sumamente reducidas.

Los nuevos motores Volvo Penta D4 y D6 en línea incorporan la última tecnología diesel. Incluyen el sistema de inyección de combustible common-rail, doble árbol de levas en cabeza, cuatro válvulas por cilindro, turbo y compresor (no compresor en el 450) y aftercooler. La incorporación de estas tecnologías junto con el sistema EVC se traduce en unas prestaciones del motor diesel excepcionales en combinación con bajas emisiones de escape.

Los motores cumplen las exigencias de emisiones de escape IMO NOx, US EPA Tier 2 y EU RCD.

## Descripción técnica de los motores:

- Bloque y culata de hierro de fundición
- Refuerzo en escalera del bloque
- Tecnología de cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Camisas integradas
- Cigüeñal de siete apoyos (cinco para el 350 y 400)
- Suspensión elástica
- Filtro de aceite de paso total y by-pass fácilmente cambiable
- Enfriador de aceite tipo tubular, refrigerado por agua salada
- Sistema de inyección common-rail
- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua
- Compresor accionado por correa con silenciador (no compresor en el 450)
- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación del cárter al sistema de admisión
- Codo o deflector de escape
- Turbocompresor refrigerado por agua dulce
- Refrigeración por agua dulce de regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Rodete de bomba de agua fácilmente accesible
- Alternador de 115A adaptado a uso marino con diodos zener para proteger contra aumentos de tensión y integrado regulador de carga con sensor de batería para compensar caídas de tensión
- Fusibles con reajuste
- Mecanismo de paro eléctrico
- Cuadro completo con interruptor de llave, instrumentos y cuadro alarma bloqueado
- Cuadros de supervisión EVC
- Mando electrónico para acelerador, cambio de marcha y dirección
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

# VOLVO PENTA IPS 350/400/450/500/600

## Datos Generales

Modelo del sistema

Volvo Penta IPS .....	IPS350	IPS400	IPS450	IPS500	IPS600
Cilindrada, l.....	3,7	3,7	5,5	5,5	5,5
Número de cilindros y configuración.....	4 en línea	4 en línea	6 en línea	6 en línea	6 en línea
Potencia al cigüeñal, kW (CV) @ 3500 rpm.....	191 (260)	221 (300)	243 (330)	272 (370)	320 (435)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV) @ 3500 rpm.....	182 (248)	212 (289)	230 (314)	259 (352)	307 (418)
Aspiración .....	Turbo, aftercooler, compresor	Turbo, aftercooler, compresor	Turbo, aftercooler	Turbo, aftercooler, compresor	Turbo, aftercooler, compresor
Potencia - Rating .....	R5	R5	R4 & R5	R5	R5
Peso del paquete, kg.....	780	780	863	887	901
Serie de hélices.....	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6	T2-T10, TS3-TS6
Voltaje .....	12V	12V	12V o 24V	12V o 24V	12V o 24V
Aplicación .....	En instalaciones dobles o múltiples en embarcaciones de planeo				
Gama de velocidades .....	25 a 45 nudos				
Conexión motor .....	Compacto (de serie), eje de unión como opción				

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

Los motores cumplen las exigencias de emisiones de escape IMO NOx, US EPA Tier 2 y EU RCD.

Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

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

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

## La revolución del Joystick (opcional)



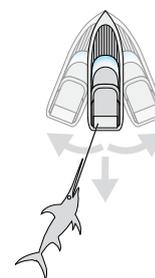
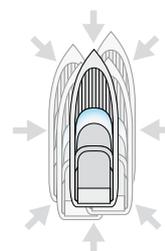
Puertos atestados. Fuerte viento lateral. Atraques estrechos. Situaciones capaces de poner algo nervioso al aficionado más experimentado. Se acabó. El Joystick de Volvo Penta IPS le permite un control total para maniobrar en cualquier dirección - hacia los costados, en diagonal, avante, atrás o girar la embarcación - todo con una sola mano. ¡Visite [volvopenta.com](http://volvopenta.com) para verlo por sí mismo!

### Mando de atraque (Docking station)

Puede Ud disponer de un joystick en el puesto de mando o en un puesto de atraque sin necesidad de control de mandos y timón. Instale uno en cubierta de popa o donde tenga la mejor visibilidad. Puede instalar hasta cuatro joysticks.

## Otras opciones:

- Pantalla LCD a color
- Computadora de viaje
- Marcha lenta
- Sistema de Posicionamiento Dinámico  
Tocando un botón se activa nuestro Sistema de Posicionamiento Dinámico, que mantiene la posición de la embarcación dentro del área deseada incluso bajo fuertes condiciones de viento y corrientes. El sistema consiste de un software especialmente diseñado que junto con una doble antena receptora de GPS gestiona/maniobra automáticamente el sistema de propulsión IPS.
- Modo de pesca deportiva  
La mejor herramienta para seguir el ritmo de los peces grandes. Pensado para la pesca de altura.
- Protección anticorrosión activa (ACP) para Volvo Penta IPS  
Protección de tres niveles, integrado con EVC. Protege su inversión y le proporciona protección contra la corrosión.



# VOLVO PENTA

AB Volvo Penta

SE-405 08 Göteborg, Sweden  
[www.volvopenta.com](http://www.volvopenta.com)

