

Universidad de **Cádiz**

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

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 14 metros de eslora y 10.000 Kg. de desplazamiento

Almudena VILLASEVIL DEL CERRO



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Abril 2008



INDICE

1. INTRODUCCION _____	1
1.1 DEFINICION Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE _____	1
2. ESPECIFICACIONES Y NORMATIVA A APLICAR _____	4
2.1. REGLAMENTACIONES APLICABLES _____	4
2.2. CATEGORIAS DE NAVEGACION _____	4
2.3. EQUIPO DE SALVAMENTO _____	5
2.4. EQUIPO DE NAVEGACION _____	6
2.5. ARMAMENTO DIVERSO _____	6
2.6. ACHIQUE Y CONTRAINCENDIOS _____	8
2.7. PREVENCION DE VERTIDO DE AGUAS SUCIAS _____	8
2.8. CONJUNTO DE NORMAS ARMONIZADAS Y NO ARMONIZADAS _____	8
3. ESTUDIO ESTADISTICO _____	10
3.1. INTRODUCCION _____	10
3.2. RELACIONES GEOMETRICAS _____	11
3.2.1. RESUMEN DE LAS RELACIONES GEOMETRICAS _____	12
3.3. RELACIONES FUNCIONALES _____	17
4. DIMENSIONAMIENTO _____	25
4.1. ESLORA (L.O.A.) _____	25
4.2. ESLORA DE FLOTACION (L.W.L.) _____	26
4.3. MANGA (B) _____	28
4.4. CALADO (T) _____	30
4.5. DESPLAZAMIENTO _____	35
4.6. POTENCIA _____	37
4.7. CONCLUSION _____	38
5. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS _____	39
5.1. INTRODUCCION _____	39
5.2. REGIMEN DE PLANEEO _____	40
5.3. RESISTENCIAS QUE ACTUAN SOBRE EL CASCO _____	42
5.3.1. RESISTENCIA POR FORMACION DE OLAS _____	43
5.3.2. RESISTENCIA VISCOSA _____	44
5.3.3. RESISTENCIA DEBIDA A APENDICES _____	45
5.3.4. RESISTENCIA AERODINAMICA _____	46

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

5.4. INFLUENCIA DE LA CARENA EN EL PLANEAMIENTO	46
5.4.1. INFLUENCIA DE LA SECCION TRANSVERSAL	46
5.4.2. INFLUENCIA DE LA SECCION LONGITUDINAL	50
5.5. ASTILLA MUERTA	52
5.6. SPRAY RAILS	53
5.7. CONCLUSION	55
5.8. DISEÑO DE LAS FORMAS CON MAXSURF	56
6. DISPOSICION GENERAL	58
6.1. DISPOSICION GENERAL DE LA EMBARCACION	58
6.2. DISEÑO DE CUBIERTA	58
6.3. DISEÑO DE INTERIORES	61
6.4. DISPOSICION DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES	64
6.5. CROQUIS	64
7. ESCANTILLONADO	66
7.1. MATERIALES DE CONSTRUCCION	66
7.1.1. ELECCION DEL TIPO DE MATERIAL	66
7.1.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS	69
7.2. PROCESO DE CONSTRUCCION	73
7.3. SOCIEDADES DE CLASIFICACION	76
7.4. APLICACIÓN DE LAS REGLAS DE LA “LLOYD’S REGISTER”	77
7.4.1. RESTRICCIÓN DE LA NORMATIVA	77
7.4.2. ESPESOR DEL LAMINADO	78
7.4.3. LAMINADO DEL CASCO	79
7.4.4. LAMINADO DE REFUERZOS LONG. DEL CASCO	84
7.4.5. LAMINADO DE CUBIERTA	89
7.4.6. LAMINADO DE MAMPAROS TRANSVERSALES	92
8. CALCULO DE DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD	94
8.1. PESO DEL CASCO	94
8.2. PESO DE LA CUBIERTA	96
8.3. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES	96
8.4. REFUERZOS DEL CASCO	98
8.5. TABLA DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD	100

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

9. PREDICCIÓN DE POTENCIA _____	104
9.1. INTRODUCCIÓN _____	104
9.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN PLANEADO _____	104
9.3. APLICACIÓN DEL MÉTODO SAVITSKY _____	108
9.3.1. DATOS DE PARTIDA _____	108
9.3.2. DATOS OBTENIDOS _____	110
9.4. AUTONOMÍA _____	114
10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD _____	115
10.1. INTRODUCCIÓN _____	115
10.2. FRANCOBORDO _____	115
10.3. CRITERIOS DE ESTABILIDAD SEGÚN CIRCULAR 12/90 _____	116
10.3.1. CONDICIONES DE CARGA _____	116
10.3.2. CRITERIOS DE ESTABILIDAD _____	116
10.3.3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO _____	118
10.4. CONCLUSIÓN _____	124
11. PRESUPUESTO _____	135
BIBLIOGRAFÍA _____	139
ANEXO _____	140

1. Introducción.

1.1 Definición y requerimientos del cliente

El cliente al cuál está dirigida esta embarcación, corresponde al perfil de un empresario 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 dos y cuatro días aproximadamente).

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

Esta amplitud geográfica, podría concretarse en función de la distancia entre los posibles puertos de destino.

La categoría de navegación, teniendo en cuenta las características de la embarcación, y la navegación que se desea realizar, la englobaremos en la categoría B. Es decir, navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas, según la circular N° 7 de 1995 de la dirección General de la Marina Mercante. Pudiéndose gobernar esta embarcación con el título de patrón de yate.

Un aspecto importante a tener en cuenta, es la autonomía. En este sentido, la embarcación debe tener recursos suficientes para ser capaz de moverse entre distintos puertos deportivos mas o menos lejanos, teniendo en cuenta la amplitud de la zona geográfica donde desarrollará su actividad.

Sería bastante acertado, conceder en este sentido, un amplio margen de seguridad, en previsión de cualquier problema durante la navegación. De esta forma, nos permitiría alcanzar el siguiente puerto marcado en la ruta. Considerando un valor de cuatro veces la distancia máxima entre puertos, (unas cien millas), conseguiremos alcanzar este objetivo.

Por tanto, se pondrá especial cuidado en proporcionar:

- ✓ Tanques de combustible suficiente para las rutas establecidas.
- ✓ Tanques de agua dulce con capacidad suficiente para consumo humano, servicios de aseo personal y otros servicios propios del barco.
- ✓ Espacio de almacenaje suficiente de víveres.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

En el apartado de la seguridad, se desea que la embarcación se mantenga de manera estable, en cualquier condición de navegación, entendiéndose por estabilidad, la propiedad mediante la cual, un buque recupera la condición de equilibrio después de ser perturbado por la acción de fuerzas externas al mismo. Se desea que los movimientos transversales y longitudinales del barco durante la navegación sean suaves, y con un recorrido lo mas corto posible.

En relación a la velocidad, no es requisito indispensable alcanzar altas velocidades, pero si, un ritmo adecuado para realizar las rutas previstas en el tiempo predeterminado, con la mayor suavidad de movimientos posible y a demás con la mayor seguridad en la navegación.

Teniendo en consideración lo comentado anteriormente, a demás de los requisitos del cliente, se establecerá una velocidad máxima aproximada de 26 nudos, y una velocidad de crucero de 22 nudos, con lo que se podrán realizar las rutas previstas en períodos de tiempo aceptables.

El equipamiento de la embarcación, respecto a los equipos de ayuda a la navegación y comunicaciones, deberá ser el mas completo posible, de fácil utilización y lectura, y que el aprendizaje de su manejo sea rápido y sencillo. Se instalarán sistemas de posicionamiento terrestre vía satélite, así como, otros sistemas que garanticen la seguridad de las personas a bordo en caso de accidente.

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

En relación a la habitabilidad, se diseñará una vivienda flotante, capaz de albergar cómodamente en su interior a cuatro personas, disponiendo servicios de fonda y hotel como; cocina, cuartos de baño y salón.

La embarcación dispondrá de dos camarotes independientes, uno, el del armador, con una cama doble, y el otro, con dos camas individuales. se habilitará de un único aseo con ducha, lavabo y WC, además de armarios lo suficientemente grandes para albergar el equipaje de al menos las personas que los ocupen.

Por tanto, se pretende conseguir una embarcación de fácil manejo, un crucero de cubierta Open de grandes cualidades para la navegación familiar, con acomodación para dormir cuatro personas en su interior y con un equipamiento básico elevado que permita cubrir un amplio abanico de necesidades.

Para poder cumplir los requisitos de velocidad, autonomía y albergar todo lo anterior, se considerarán las siguientes dimensiones iniciales, que servirán de base para las siguientes fases del proyecto.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

- Eslora total: 14 metros.
- Manga máxima: 4,2 metros.
- Velocidad máxima: 28 nudos.
- Velocidad de crucero: 22 nudos.
- Nº máximo de personas: 6
- Categoría de navegación: B
- Autonomía: mínimo será de 100 millas.

Con estos datos iniciales, nos haremos una idea 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 por aguas sucias, que deben de 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.

Debido a la amplia extensión de ambas y al nivel de detalle que alcanzan, se ha decidido no incluirlas como anexo en este proyecto aunque si, se hará referencia a apartados concretos que, por su importancia sobre la realización de este proyecto, merecen ser mencionados.

2.2 Categoría de navegación.

Teniendo en cuenta la amplitud geográfica que alcanzará la embarcación, así como el carácter de pesca y recreo de la misma, se ha optado por 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; Categoría B, es sustituida por las nuevas Zonas de Navegación; Zona de Navegación 2, según la orden ministerial: ORDEN FOM/1144/2003 de 28 de abril (B.O.E. 12 de MAYO de 2003). Ver siguiente cuadro.

ZONAS DE NAVEGACION DE RECREO.

Se sustituyen las Categorías de Navegación existentes por las nuevas 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 12 millas	
	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 este 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:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

- 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)

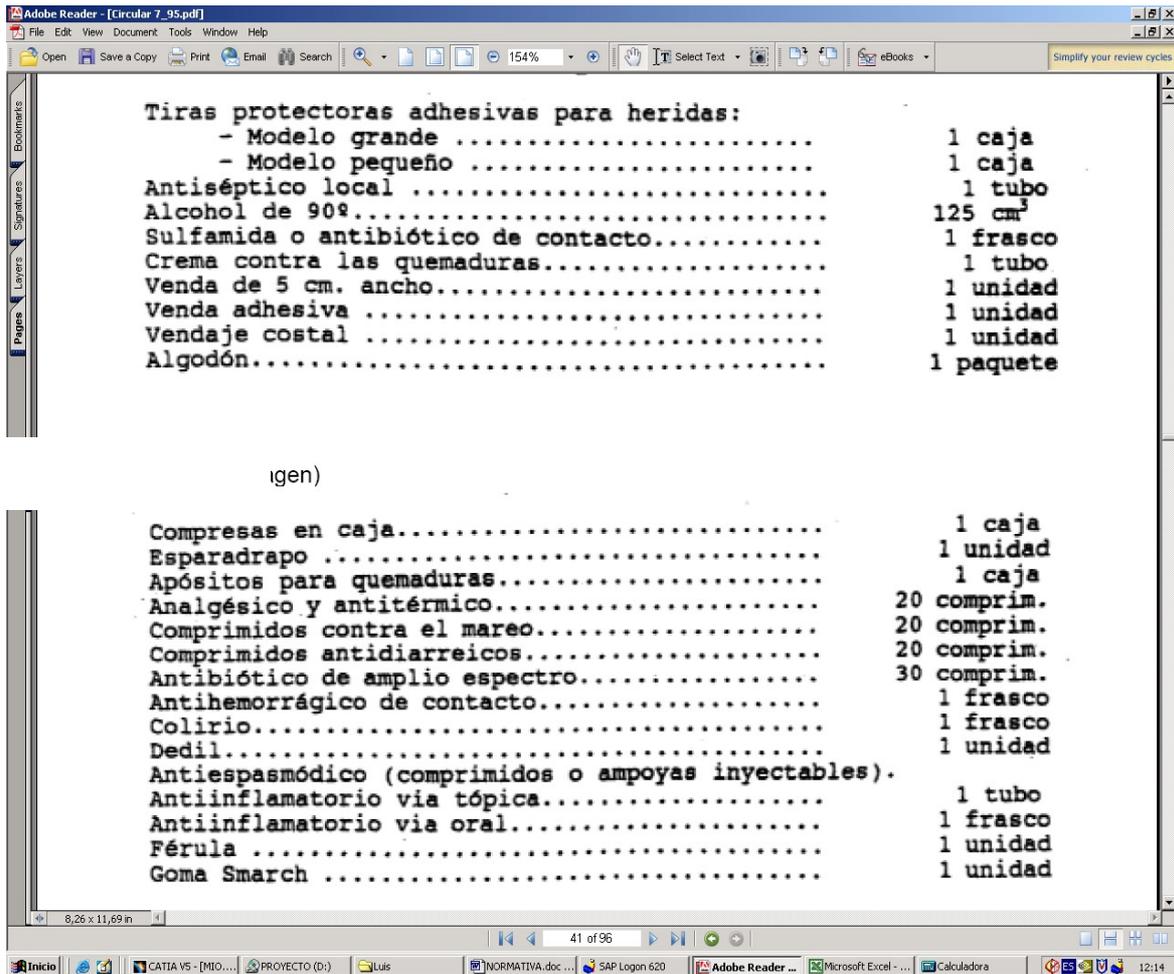
2.4 Equipo de navegación.

- Luces y marcas de navegación.
- Compases; uno con iluminación y otro de marcaciones.
- Corredera.
- Compás de puntas.
- Transportador.
- Regla de 40 centímetros.
- Prismático.
- Cartas y libros náuticos.
- Bocina de niebla.
- Pabellón nacional.
- Código de banderas.
- Linterna estanca. (2 unidades)
- Espejo de señales.
- Reflector de radar.
- Código de señales.

2.5 Armamento diverso.

- Estachas de amarre en muelle. (2 unidades)
- Botiquín. Tipo C:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



Item	Quantity
Tiras protectoras adhesivas para heridas:	
- Modelo grande	1 caja
- Modelo pequeño	1 caja
Antiséptico local	1 tubo
Alcohol de 90º	125 cm ³
Sulfamida o antibiótico de contacto.....	1 frasco
Crema contra las quemaduras.....	1 tubo
Venda de 5 cm. ancho.....	1 unidad
Venda adhesiva	1 unidad
Vendaje costal	1 unidad
Algodón.....	1 paquete
igen)	
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 antidiarreicos.....	20 comprim.
Antibiótico de amplio espectro.....	30 comprim.
Antihemorrágico de contacto.....	1 frasco
Colirio.....	1 frasco
Dedil.....	1 unidad
Antiespasmódico (comprimidos o ampozas inyectables).	
Antiinflamatorio via tópica.....	1 tubo
Antiinflamatorio via oral.....	1 frasco
Férula	1 unidad
Goma Smarch	1 unidad

- Líneas de fondeo.

- 1 eslora de cadena de acero galvanizado de 8 milímetros diámetro; Longitud: 11.50 metros.

- 4 esloras de estacha de nylon de 12 milímetros de diámetro; Longitud: 4 x 11.50 = 46 metros.

- Longitud total: 57.5 metros.

2.6 Achique y contraincendios.

- Extintores portátiles:

- En función de la eslora:

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

- En función de la potencia:

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

- Baldes contraincendios con rabiza. (2 unidades)
- Bombas de achique; 2 unidades, una de ella de accionamiento manual.
 - Capacidad (a 10 Kpa): 15 litros / minutos. (eléctrica) 45 emboladas / minutos. (manual)
 - Baldes de achique; Pueden ser los de contraincendios.

2.7 Prevención de vertidos de aguas sucias.

- 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

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

	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 10087: 1996	Embarcaciones menores. Identificación de cascos. Sistemas de codificación.
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.
UNE-EN ISO 11547: 1996	Dispositivos de protección contra el arranque con marcha engranada.
ISO 14945	Chapa del constructor.
ISO 15065	Prevención de caída.
ISO 11591	Visibilidad.
ISO12215-1 ISO 6185 RINA	Estructura.
ISO 12217-1/2002	Estabilidad y flotabilidad.
ISO 9093 ISO 12216	Aberturas.
ISO 11812 ISO 8849 ISO 15082	Inundación.
ISO 9094-1/2	Evacuación en caso de incendio.
ISO 15084	Fondeo.
ISO 10133	Sistema eléctrico.
UNE-EN ISO 8099:2001	Sistema de retención de desechos de instalaciones sanitarias.
UNE-EN ISO 10088:2002	Sistema de combustible instalado de forma permanente y tanques fijos de combustible.
UNE-EN ISO 12216:2003	Ventanas, portillos, escotillas, tapas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad.

La ORDEN FOM/1144/2003 de 28 de abril (B.O.E. 12 de mayo de 2003) citada anteriormente se adjunta al final del proyecto en el Anexo.

3. Estudio Estadístico

3.1 Introducción

Para llevar a cabo el diseño de nuestra embarcación, será muy útil realizar tal estudio estadístico, que consistirá en buscar un número de embarcaciones que ya han sido diseñadas con anterioridad y que se encuentran dentro de un margen de esloras alrededor de la de nuestra embarcación, e ir analizando las relaciones existentes entre sus dimensiones.

Con la realización de este estudio podemos lograr una ligera idea, tanto de las dimensiones como de la geometría del casco, que serán de gran ayuda para el progreso y desarrollo del proyecto.

Se han utilizado 18 embarcaciones, cuyas esloras varían entre 12 metros y 18 metros, de cada una se han recogido las características hidrodinámicas del flotador y los datos relativos a la navegación, como son los que listamos a continuación:

- Dimensiones principales: eslora total, eslora en la flotación, manga máxima, calado.
- El desplazamiento total de la embarcación, así como las capacidades de los tanques de combustible y de agua.
- La potencia requerida para alcanzar la velocidad requerida.
- La velocidad máxima y la de crucero.

A partir de estos datos, se conseguirán tablas y gráficas que relacionen unos parámetros con otros; dividiremos el estudio estadístico en:

- Relaciones Geométricas
- Relaciones Funcionales

El objetivo del estudio será en esencia, averiguar para que valores de estas relaciones, la embarcación es capaz de producir un óptimo rendimiento, siempre teniendo en cuenta que solo son valores estadísticos lo que obtendremos y que no serán aptos para cualquier embarcación, sino solo para la de nuestro proyecto o similares.

La siguiente tabla (tabla 2.1), recoge todos los datos mencionados anteriormente, con los que se llevará a cabo tal estudio estadístico.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

L.O.A. (m)	L.W.L. (m)	B max (m)	CALADO (m)	DESPLAZA MIENTO (Tn)	MAT. CONST.	TANQUES FUEL (lts)	TANQUES AGUA (lts)	MOTOR	POTENCIA	VELOCIDAD MAXIMA	VELOCID AD CRUCERO
12,130	11,610	3,650	1,500	7,687	PRFV	520	296	2x310 hp	620	32	
12,350		4,220	0,820	13,200	VTH & Fibra de Carbono	1000	500	2x380 hp	760	31	27
12,800	12,040	2,890	1,010	4,581	PRFV	870		2x375 hp	750	30	25
13,300	13,110	4,340	1,200	17,600	PRFV	1440	680	2x480 hp	960		
13,300	13,110	4,340	1,200	17,600	PRFV	1440	680	2x480 hp	960	30	27
13,400	13,060	4,150	1,060	11,000	PRFV	1900	1350	2x435 hp	870	39	33
13,780		4,050	0,950	12,500	PRFV	1200	400	2x540 hp	1080	32	28
14,180		3,650	0,940	8,200	PRFV	1350	220	2x440 hp	880	55	40
14,350	14,150	4,340	1,300	19,200	PRFV	1440	680	2x575 hp	1150	33	30,5
14,460	14,300	4,520	1,240	18,500	PRFV	2000	590	2x575 hp	1150		
14,480		4,450	1,270	14,200	PRFV	514	454	2x480 hp	960	30	26
14,800	12,450	4,100	1,200	13,800	PRFV	1800	600	2x370 hp	740		
14,930		4,360	1,020	17,700	PRFV	1700	500	2x505 hp	1010		
15,160		4,600	1,210	18,000	PRFV	1950	670	2x715 hp	1430	32	27
15,300		4,330	1,050	18,800	PRFV	1600	1500	2x480 hp	960		
15,540		4,720	1,210	21,900	PRFV	2220	500	2x670 hp	1340	32	29
15,650	15,350	4,600	1,470	22,400	PRFV	1820	680	2x730 hp	1460	33	30,5
15,800	14,950	4,400	1,370	17,200	PRFV	2000	470	2x575 hp	1150	40	32
16,100	14,150	7,100	1,200	22,000	PRFV	4000	800	2x285 hp	570	20	14
16,350	14,950	4,400	1,240	17,200	PRFV	2000	470	2x575 hp	1150	40	32

(Tabla 2.1.)

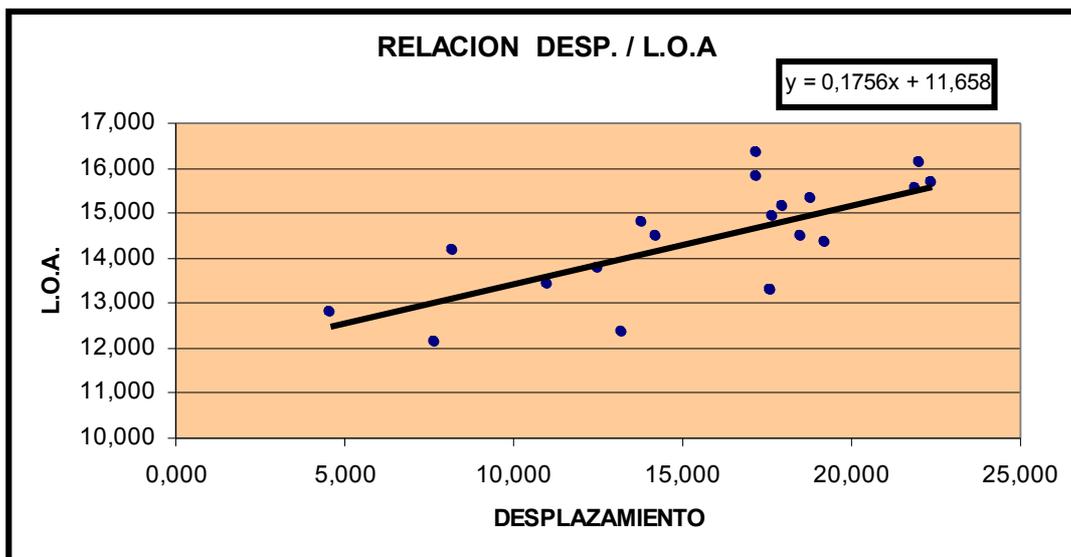
3.2. RELACIONES GEOMÉTRICAS

Las tablas y gráficas de este apartado, servirán para conocer las formas del casco a través de las relaciones entre las magnitudes de las embarcaciones listadas, la finalidad será establecer cuales son los valores que proporcionan un comportamiento mas óptimo del casco. Las relaciones son:

- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO - ESLORA
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - MANGA
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - CALADO
- RELACIÓN MANGA - CALADO
- RELACIÓN ESLORA TOTAL - ESLORA FLOTACIÓN

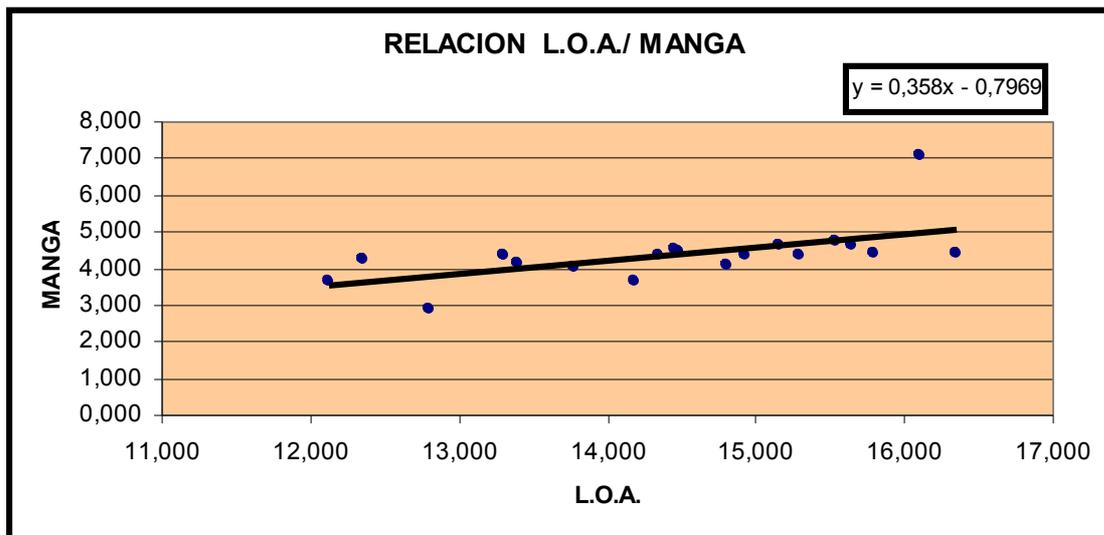
3.2.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- ESLORA.

DESPLAZAMIENTO	L.O.A.	DES / LOA
7,687	12,130	0,6337
13,200	12,350	1,0688
4,581	12,800	0,3579
17,600	13,300	1,3233
17,600	13,300	1,3233
11,000	13,400	0,8209
12,500	13,780	0,9071
8,200	14,180	0,5783
19,200	14,350	1,3380
18,500	14,460	1,2794
14,200	14,480	0,9807
13,800	14,800	0,9324
17,700	14,930	1,1855
18,000	15,160	1,1873
18,800	15,300	1,2288
21,900	15,540	1,4093
22,400	15,650	1,4313
17,200	15,800	1,0886
22,000	16,100	1,3665
17,200	16,350	1,0520
MEDIA		0,9524



3.2.2. RELACIÓN ESLORA TOTAL – MANGA

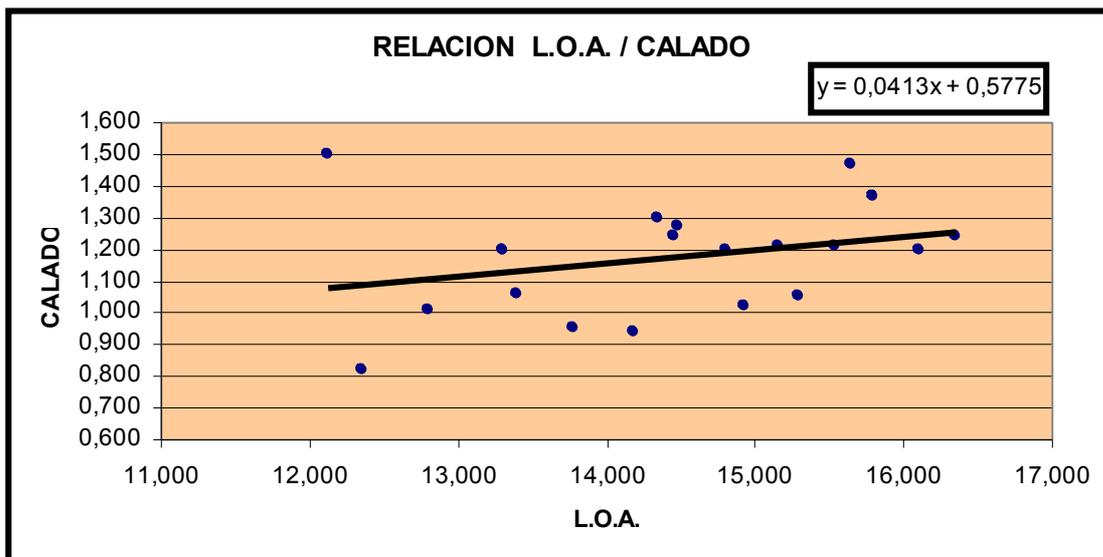
L.O.A.	MANGA	L.O.A. / MANGA
12,130	3,650	3,3233
12,350	4,220	2,9265
12,800	2,890	4,4291
13,300	4,340	3,0645
13,300	4,340	3,0645
13,400	4,150	3,2289
13,780	4,050	3,4025
14,180	3,650	3,8849
14,350	4,340	3,3065
14,460	4,520	3,1991
14,480	4,450	3,2539
14,800	4,100	3,6098
14,930	4,360	3,4243
15,160	4,600	3,2957
15,300	4,330	3,5335
15,540	4,720	3,2924
15,650	4,600	3,4022
15,800	4,400	3,5909
16,100	7,100	2,2676
16,350	4,400	3,7159
	MEDIA	3,3079



3.2.3. RELACIÓN ESLORA TOTAL – CALADO

	CALADO	L.O.A./CALADO
12,130	1,500	8,0867
12,350	0,820	15,0610
12,800	1,010	12,6733
13,300	1,200	11,0833
13,300	1,200	11,0833
13,400	1,060	12,6415
13,780	0,950	14,5053
14,180	0,940	15,0851
14,350	1,300	11,0385
14,460	1,240	11,6613
14,480	1,270	11,4016
14,800	1,200	12,3333
14,930	1,020	14,6373
15,160	1,210	12,5289
15,300	1,050	14,5714
15,540	1,210	12,8430
15,650	1,470	10,6463
15,800	1,370	11,5328
16,100	1,200	13,4167
16,350	1,240	13,1855

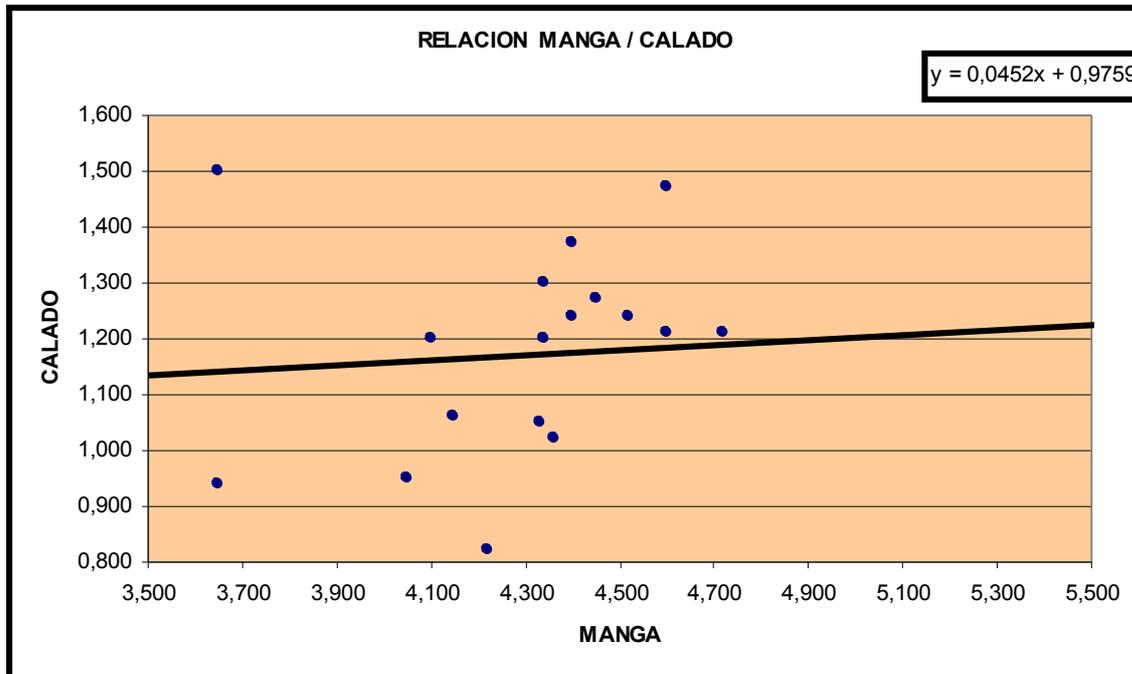
MEDIA	12,2360
--------------	----------------



3.2.4. RELACIÓN MANGA – CALADO

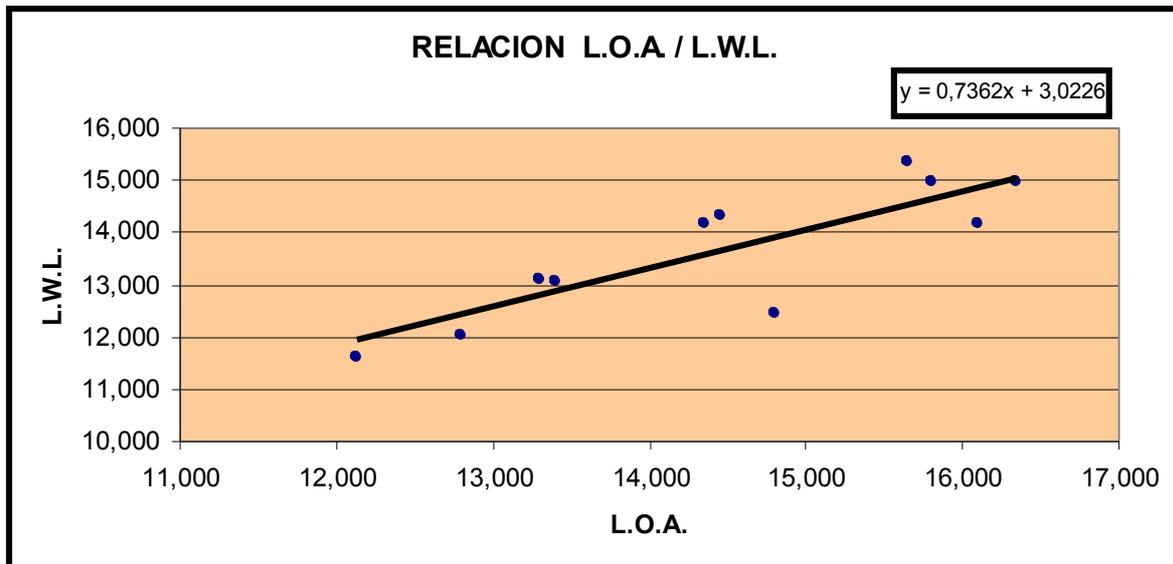
MANGA	CALADO	MANGA/CALADO
3,650	1,500	2,4333
4,220	0,820	5,1463
2,890	1,010	2,8614
4,340	1,200	3,6167
4,340	1,200	3,6167
4,150	1,060	3,9151
4,050	0,950	4,2632
3,650	0,940	3,8830
4,340	1,300	3,3385
4,520	1,240	3,6452
4,450	1,270	3,5039
4,100	1,200	3,4167
4,360	1,020	4,2745
4,600	1,210	3,8017
4,330	1,050	4,1238
4,720	1,210	3,9008
4,600	1,470	3,1293
4,400	1,370	3,2117
7,100	1,200	5,9167
4,400	1,240	3,5484

MEDIA	3,6464
--------------	---------------



3.2.5. RELACIÓN ESLORA TOTAL – ESLORA FLOTACIÓN

L.O.A.	L.W.L.	L.O.A. / L.W.L.
12,130	11,610	1,0448
12,350		
12,800	12,040	1,0631
13,300	13,110	1,0145
13,300	13,110	1,0145
13,400	13,060	1,0260
13,780		
14,180		
14,350	14,150	1,0141
14,460	14,300	1,0112
14,480		
14,800	12,450	1,1888
14,930		
15,160		
15,300		
15,540		
15,650	15,350	1,0195
15,800	14,950	1,0569
16,100	14,150	1,1378
16,350	14,950	1,0936
	MEDIA	1,0545



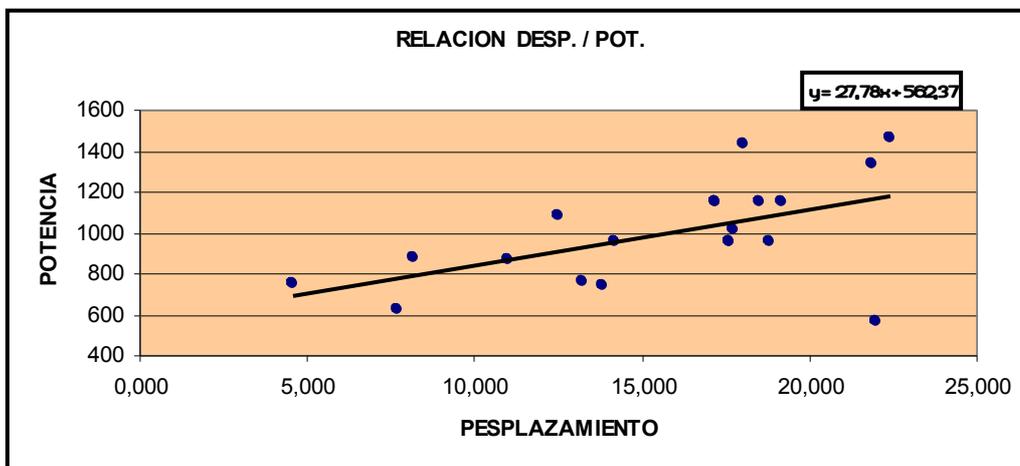
3.3. RELACIONES FUNCIONALES

Las relaciones que tendremos en cuenta serán:

- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA
- RELACIÓN POTENCIA – COMBUSTIBLE
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – AGUA DULCE
- RELACIÓN DESOLAZAMIENTO – VELOCIDAD MÁXIMA
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – VELOCIDAD CRUCERO
- RELACIÓN DESPLAZAMIEMTO/ POTENCIA – VEL. MAX.
- RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA – VEL. CRUCERO

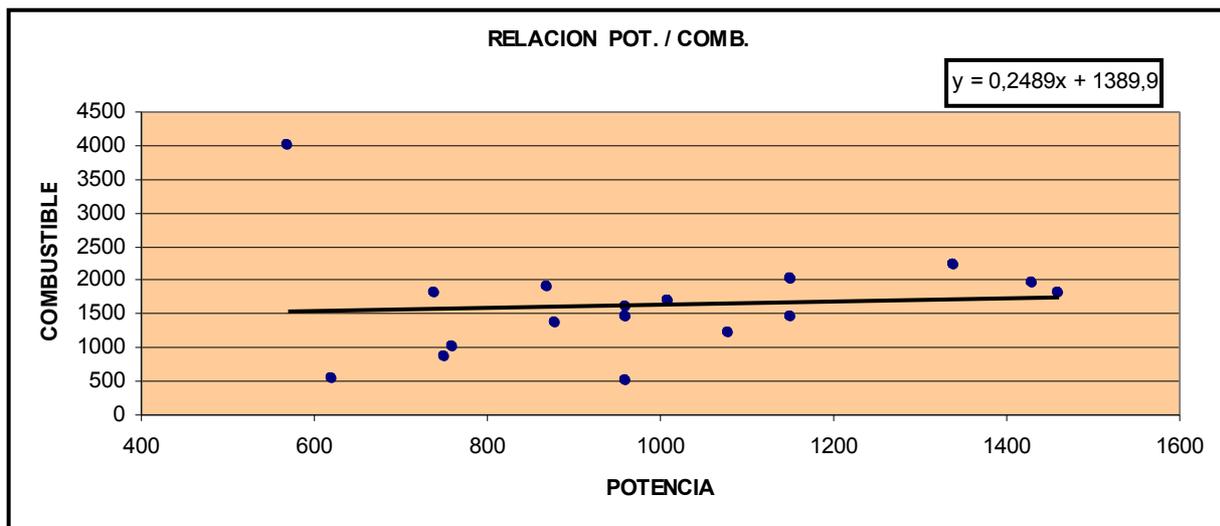
3.3.1. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA

DESPLAZAMIENTO	POTENCIA	DES / POT
7,687	620	0,0124
13,200	760	0,0174
4,581	750	0,0061
17,600	960	0,0183
17,600	960	0,0183
11,000	870	0,0126
12,500	1080	0,0116
8,200	880	0,0093
19,200	1150	0,0167
18,500	1150	0,0161
14,200	960	0,0148
13,800	740	0,0186
17,700	1010	0,0175
18,000	1430	0,0126
18,800	960	0,0196
21,900	1340	0,0163
22,400	1460	0,0153
17,200	1150	0,0150
22,000	570	0,0386
17,200	1150	0,0150
MEDIA		0,0143



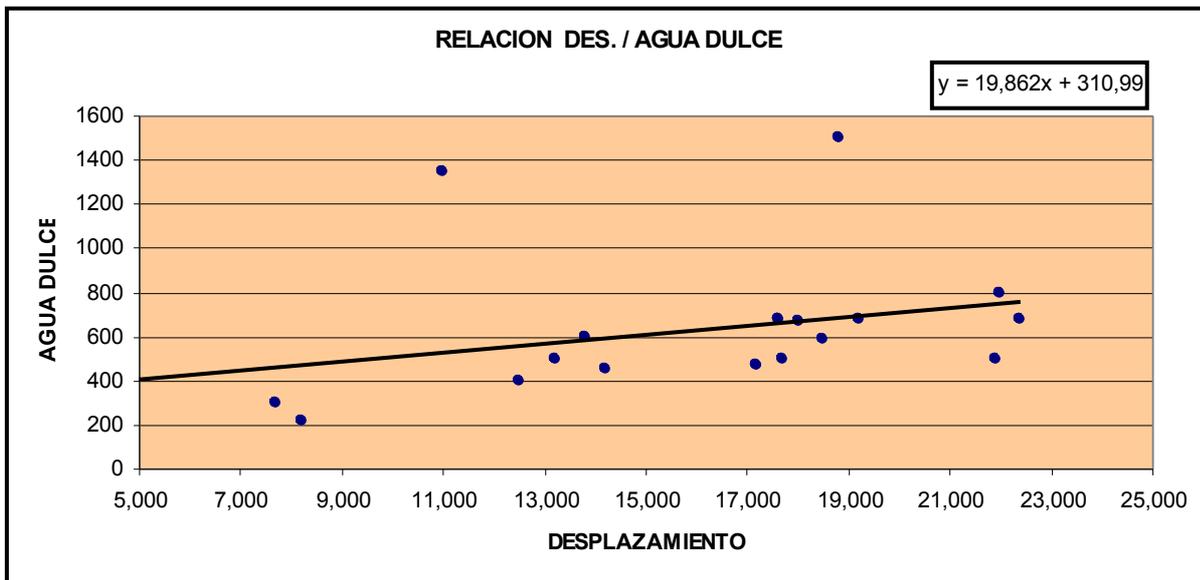
3.3.2. RELACIÓN POTENCIA- COMBUSTIBLE

POTENCIA	COMBUSTIBLE	POT. /COMB.
620	520	1,1923
760	1000	0,7600
750	870	0,8621
960	1440	0,6667
960	1440	0,6667
870	1900	0,4579
1080	1200	0,9000
880	1350	0,6519
1150	1440	0,7986
1150	2000	0,5750
960	514	1,8677
740	1800	0,4111
1010	1700	0,5941
1430	1950	0,7333
960	1600	0,6000
1340	2220	0,6036
1460	1820	0,8022
1150	2000	0,5750
570	4000	0,1425
1150	2000	0,5750
	MEDIA	0,5679



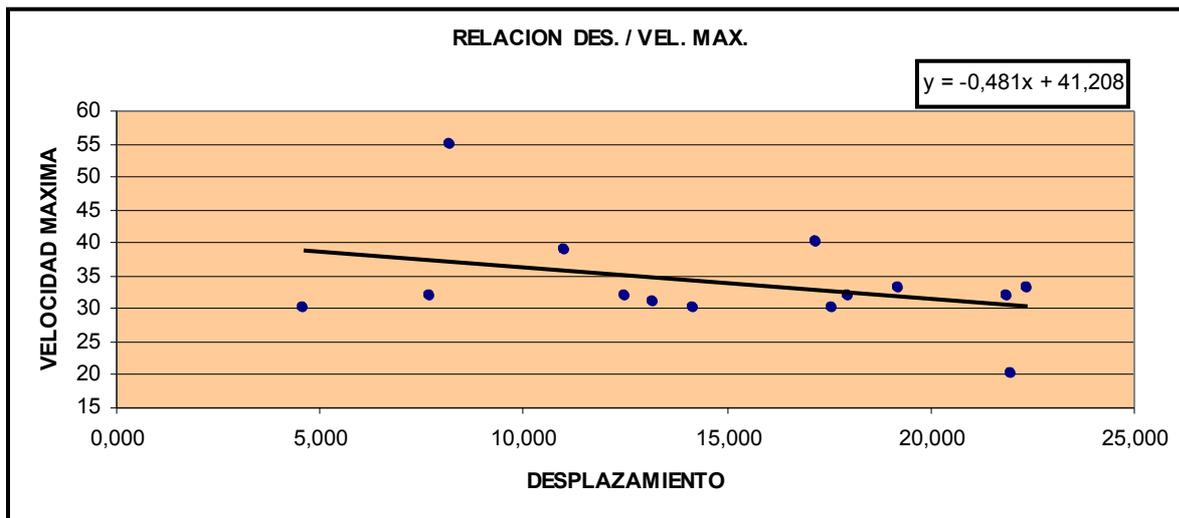
3.3.3. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- AGUA DULCE

DESPLAZAMIENTO	AGUA DULCE	DES. / A.D.
7,687	296	0,0260
13,200	500	0,0264
4,581		
17,600	680	0,0259
17,600	680	0,0259
11,000	1350	0,0081
12,500	400	0,0313
8,200	220	0,0373
19,200	680	0,0282
18,500	590	0,0314
14,200	454	0,0313
13,800	600	0,0230
17,700	500	0,0354
18,000	670	0,0269
18,800	1500	0,0125
21,900	500	0,0438
22,400	680	0,0329
17,200	470	0,0366
22,000	800	0,0275
17,200	470	0,0366
	MEDIA	0,0248



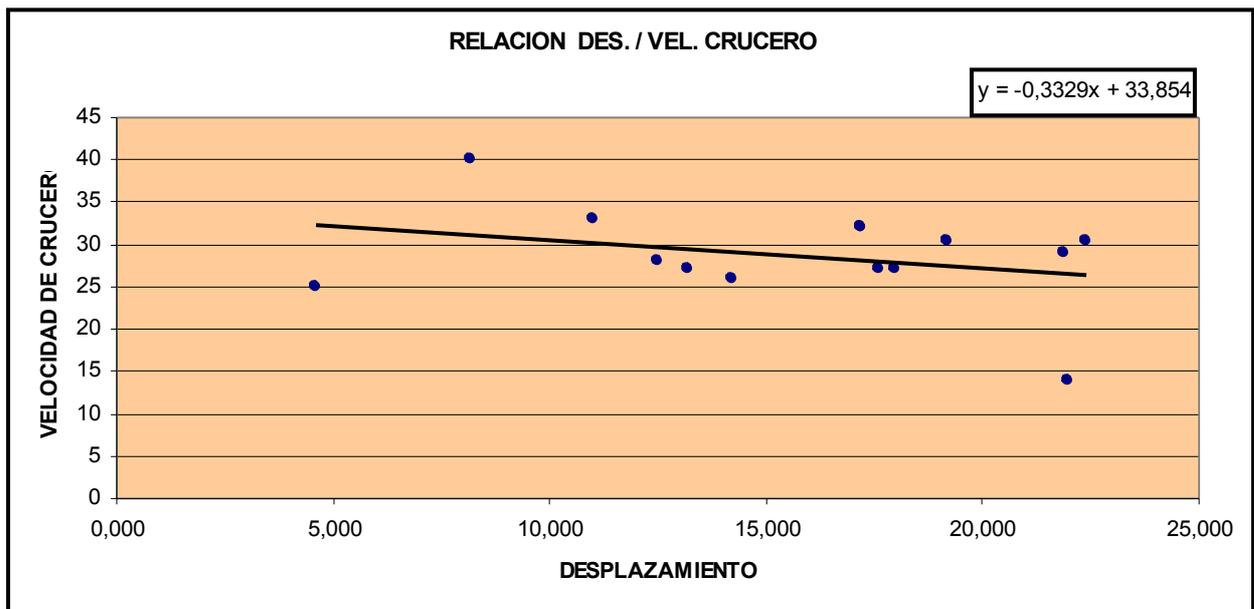
3.3.4. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD MÁXIMA

DESPLAZAMIENTO	VEL.MAX.	DES. / VEL. MAX.
7,687	32	0,2402
13,200	31	0,4258
4,581	30	0,1527
17,600		
17,600	30	0,5867
11,000	39	0,2821
12,500	32	0,3906
8,200	55	0,1491
19,200	33	0,5818
18,500		
14,200	30	0,4733
13,800		
17,700		
18,000	32	0,5625
18,800		
21,900	32	0,6844
22,400	33	0,6788
17,200	40	0,4300
22,000	20	1,1000
17,200	40	0,4300
	MEDIA	0,3599



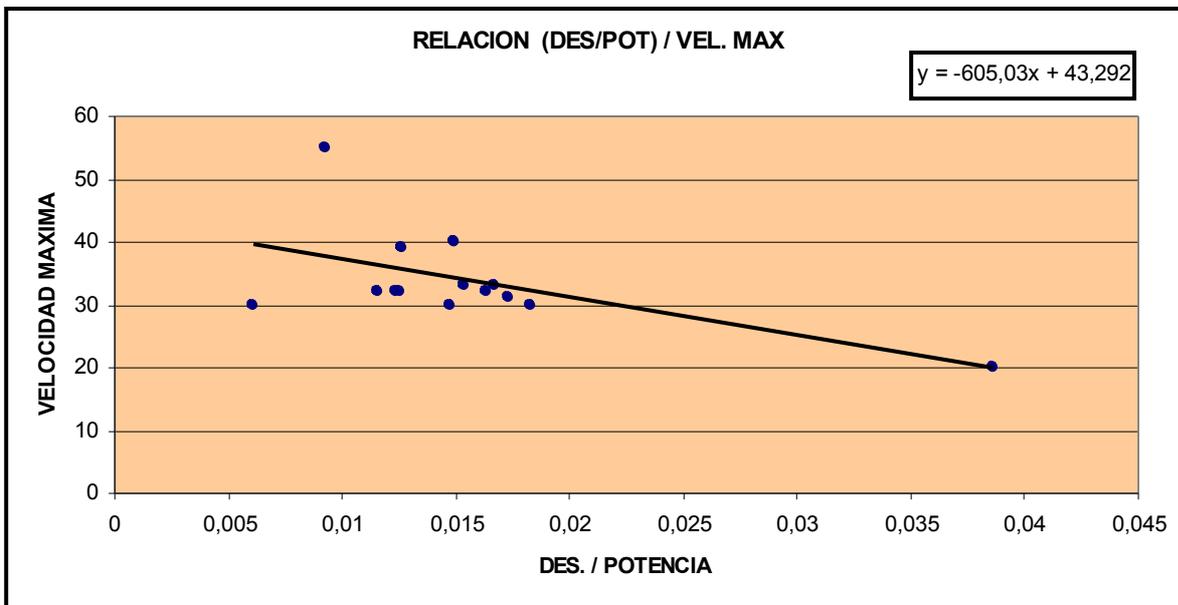
3.3.5. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO- VELOCIDAD DE CRUCERO

DESPLAZAMIENTO	VEL. CRUCERO	DES. /VEL. CRUC.
7,687		
13,200	27	0,4889
4,581	25	0,1832
17,600		
17,600	27	0,6519
11,000	33	0,3333
12,500	28	0,4464
8,200	40	0,2050
19,200	30,5	0,6295
18,500		
14,200	26	0,5462
13,800		
17,700		
18,000	27	0,6667
18,800		
21,900	29	0,7552
22,400	30,5	0,7344
17,200	32	0,5375
22,000	14	1,5714
17,200	32	0,5375
	MEDIA	0,4499



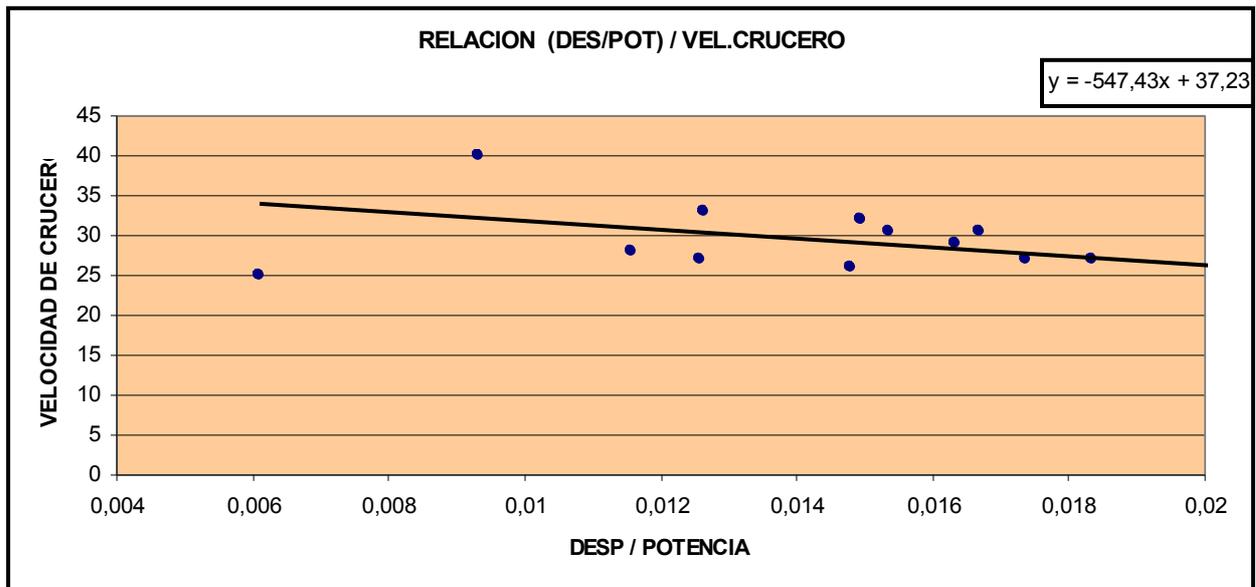
3.3.6. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA- VELOCIDAD MÁXIMA

DES/POT	VEL. MAX	(DES/POT) / VEL. MAX
0,01239839	32	0,00038745
0,01736842	31	0,00056027
0,006108	30	0,0002036
0,01833333		
0,01833333	30	0,00061111
0,01264368	39	0,0003242
0,01157407	32	0,00036169
0,00931818	55	0,00016942
0,01669565	33	0,00050593
0,01608696		
0,01479167	30	0,00049306
0,01864865		
0,01752475		
0,01258741	32	0,00039336
0,01958333		
0,01634328	32	0,00051073
0,01534247	33	0,00046492
0,01495652	40	0,00037391
0,03859649	20	0,00192982
0,01495652	40	0,00037391
MEDIA		0,00038277



3.3.7. RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/ POTENCIA- VELOCIDAD DE CRUCERO

DES/POT	VEL. CRUC.	(DES/POT) / VEL. CRUC
0,012398387		
0,017368421	27	0,00064327
0,006108	25	0,00024432
0,018333333		
0,018333333	27	0,00067901
0,012643678	33	0,00038314
0,011574074	28	0,00041336
0,009318182	40	0,00023295
0,016695652	30,5	0,0005474
0,016086957		
0,014791667	26	0,00056891
0,018648649		
0,017524752		
0,012587413	27	0,0004662
0,019583333		
0,016343284	29	0,00056356
0,015342466	30,5	0,00050303
0,014956522	32	0,00046739
0,038596491	14	0,00275689
0,014956522	32	0,00046739
MEDIA		0,00045788



CUADRO RESUMEN

RELACIONES GEOMÉTRICAS

3.1. DESPLAZAMIENTO / ESLORA:	MEDIA	0,9524
3.2. ESLORA TOTAL / MANGA:	MEDIA	3,3079
3.3. ESLORA TOTAL / CALADO:	MEDIA	12,2360
3.4. MANGA / CALADO:	MEDIA	3,6464
3.5. ESLORA TOTAL / E. FLOTACIÓN:	MEDIA	1,0545

RELACIONES FUNCIONALES

3.1. DESPAZAMIENTO / POTENCIA:	MEDIA	0,0143
3.2. POTENCIA / COMBUSTIBLE:	MEDIA	0,5679
3.3. DESPLAZAMIENTO / AGUA DULCE:	MEDIA	0,0248
3.4. DESPLAZAMIENTO / VEL. MÁXIMA:	MEDIA	0,3599
3.5. DESPLAZAMIENTO / VEL. DE CRUCERO:	MEDIA	0,4499
3.6. (DESP. / POT.) / VEL. MÁXIMA:	MEDIA	0,00038277
3.7. (DESP. / POT.) / VEL. CRUCERO:	MEDIA	0,00045788

4. DIMENSIONAMIENTO.

Una vez realizado el estudio estadístico sobre embarcaciones similares (Capítulo X. Estudio Estadístico), se procede a realizar el dimensionamiento de la embarcación. Éste se llevará a cabo teniendo en cuenta tanto la magnitud de los diferentes parámetros considerados en el estudio estadístico, como las relaciones, geométricas y funcionales, existentes entre los mismos. También serán tenidas muy en cuenta las consultas llevadas a cabo a proyectistas navales.

El dimensionamiento servirá para tener una aproximación inicial de las dimensiones principales, tales como eslora de flotación, manga y calado del casco, así como otros parámetros como son el desplazamiento, potencia o litros de combustible. La eslora total no se incluye entre estos valores puesto que es una condición impuesta por el cliente, de modo que no está sujeta a variaciones. Lo cual si ocurre con el resto de factores, por ello se habla de una *aproximación inicial*, ya que irán variando conforme vaya evolucionando el diseño de la embarcación.

4.1. Eslora (Loa).

La eslora de un buque determina en general el tamaño del mismo. Para un mismo desplazamiento un barco de mayor eslora soporta un momento flector mayor, por lo tanto ha de tener más escantillonado, lo que se traduce en un aumento del coste económico.

Al incrementarse la eslora, por una parte aumenta el área mojada y con ella la Resistencia Viscosa, por otro lado, disminuye la formación de olas. En consecuencia, por norma general, la Resistencia Total disminuye.

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

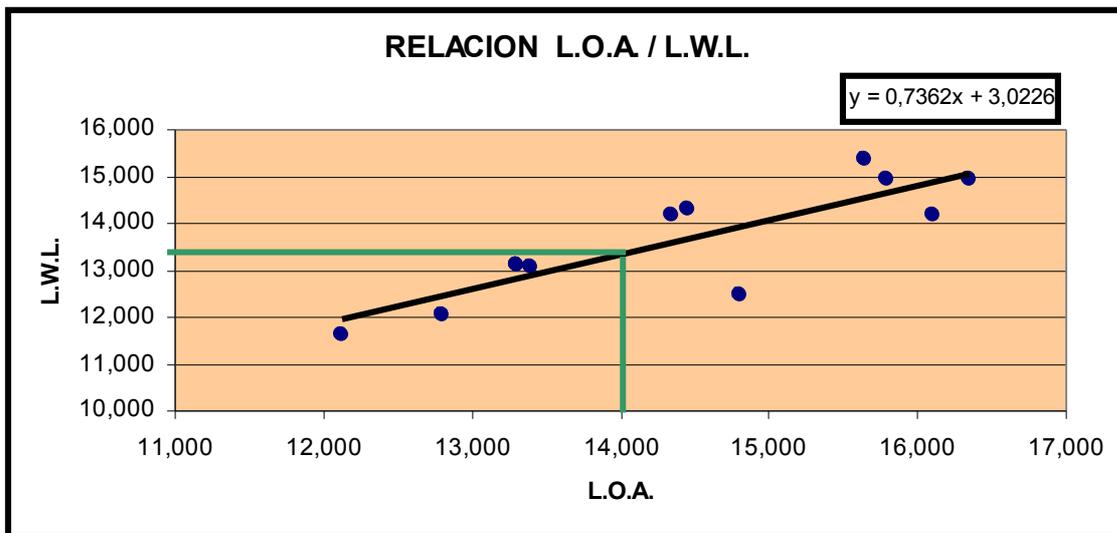
Una relación L/B baja, empeora el gobierno a velocidades bajas o moderadas.

4.2. Eslora de Flotación (Lwl).

La eslora de flotación constituye, en cualquier embarcación, un factor de vital importancia, y cuyo conocimiento, desde los orígenes del proceso de diseño, es imprescindible. Esto es debido a que es la dimensión real y efectiva de la carena durante la navegación.

Para la obtención de la eslora de flotación se recurre a la gráfica que se ha obtenido en el Capítulo 3: Estudio Estadístico, que relaciona la eslora total (Loa) con la eslora de flotación (Lwl). Entrando en esta gráfica con la eslora total se obtiene la magnitud de eslora de flotación.

En este caso concreto la eslora total es de 10 metros, por ello entrando en la gráfica:



Sustituyendo en la ecuación de la recta de tendencia:

$$y = 0,7362 * x + 3,0226 = 0,7362 * 14 + 3,0226$$

$$\underline{\underline{L.W.L. = 13,3294 \text{ m.}}}$$

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Con la eslora total ya mencionada, y la eslora de flotación obtenida en la ecuación, se obtiene un valor para la relación Loa/Lwl igual a **1,05**, el cual determina no solo la estética de la embarcación (sobre todo en la zona de proa y en menor medida en la zona de popa), sino también el comportamiento de la misma durante la navegación.

Según la tabla 3.5 del Capítulo 3: Estudio Estadístico, esta relación Loa/Lwl , tiene un rango de 1,0448 y 1,0936, con lo que el valor 1,05 del coeficiente obtenido en la gráfica está comprendido dentro de este rango.

Por lo tanto se tomará como aproximación de la eslora de flotación **13,3294 metros**, por estar comprendido dentro del rango de datos obtenidos en la estadística. Pudiendo ser modificada durante el proceso de diseño.

Los diferentes valores del cociente Loa/Lwl , dependiendo de su magnitud aportan diferentes cualidades a la embarcación. Para una misma geometría de la popa (normalmente popa de espejo en este tipo de embarcaciones), estas cualidades son las especificadas a continuación:

- Un valor elevado del coeficiente **Loa/Lwl** da a entender que la embarcación posee una proa “lanzada”, muy agresiva, que suele ser propia de embarcaciones muy rápidas, ya que de esta forma favorece el tener un cuerpo de entrada afilado que favorezca la navegación.
- Un valor bajo del coeficiente **Loa/Lwl** implica que la proa se haga más vertical, correspondiendo a embarcaciones relativamente más lentas, que en general navegan en régimen de desplazamiento. Esta proa concentra un volumen de carena más “generoso”, lo que en algunos momentos de la navegación de la embarcación puede producir un empuje en proa, de manera que la embarcación navegue con problemas de cabeceo.

El valor 1,05 de la relación Loa/Lwl que tiene como consecuencia una

Lwl = 13,3294 metros aportará, basándose en las cualidades mencionadas anteriormente, cualidades intermedias, evitando el citado cabeceo.

4.3. Manga (B).

A la hora de decidir cual será la manga máxima de la embarcación se tendrán en cuenta varios factores; por una parte hay que tener en cuenta que aumentar la manga supone un aumento de la resistencia total al avance y tiende a disminuir el peso estructural. Por otra parte debe haber espacio suficiente para toda la habitabilidad que se pretende introducir en la embarcación.

Para tener una idea aproximada de cual ha de ser la manga de la embarcación, se recurrirá al Estudio Estadístico, concretamente a la relación Loa/B . Los datos de esta relación, dan una idea acerca de la “esbeltez” del casco. Hay que tener en cuenta que el valor de la manga no aumenta de forma progresiva con respecto al aumento de la eslora. De esta relación se han obtenido los siguientes datos para el cociente Loa/B :

$$Loa / B = 2,2676 \quad B = 14 / 2,2676 = 6,174 \text{ metros}$$

$$Loa / B = 3,4291 \quad B = 14 / 3,4291 = 4,083 \text{ metros}$$

- En general, cuanto mayor es el coeficiente **Loa/B**, más largo y estrecho (y por 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

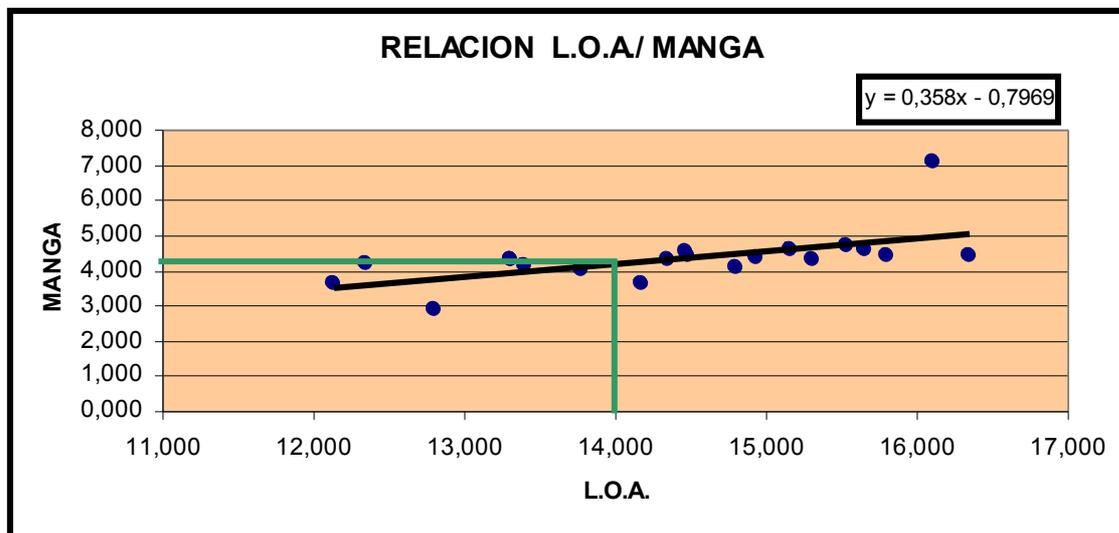
- Sin embargo, cuanto más ancho y corto sea el casco, el coeficiente Loa/B disminuye. En este caso la embarcación dispondrá de una mayor estabilidad transversal por ser este, un factor directamente proporcional al valor de la manga, aunque, en este caso será un barco más lento por ofrecer una mayor resistencia al avance, y una peor maniobrabilidad.

En este caso concreto no se busca conseguir una embarcación muy rápida sino segura y cómoda, pero que tenga cierta esbeltez por motivos de estética.

El valor medio obtenido de la relación Loa/B es **3,3079**. Para el caso concreto de la embarcación de 14 metros:

$$Loa / B = 3,3079$$

$$B = 14 / 3,3079 = 4,232 \text{ metros}$$



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Sustituyendo en la ecuación de la recta de tendencia de la gráfica:

$$y = 0,358 * x - 0,7969 = 0,358 * 14 - 0,7969 \quad \mathbf{B = 4,2151 \text{ metros}}$$

En este caso concreto, tras consultar a proyectistas navales, y observando los valores obtenidos anteriormente se va a tomar un valor aproximado de la manga de

4,2 metros.

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 la obtención del calado de la embarcación se procederá de igual forma que para la obtención de la manga, es decir; utilizando el estudio estadístico del Capítulo 3: Estudio Estadístico. Aunque hay que mencionar que estos valores son aproximados y pueden ser alterados según interesen para la realización del diseño del casco o por consejos de proyectistas navales. Hay dos relaciones importantes a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el estudio del calado; la relación **Loa/T** y la relación **B/T**.

4.4.1. Relación Eslora Total – Calado (Loa/T):

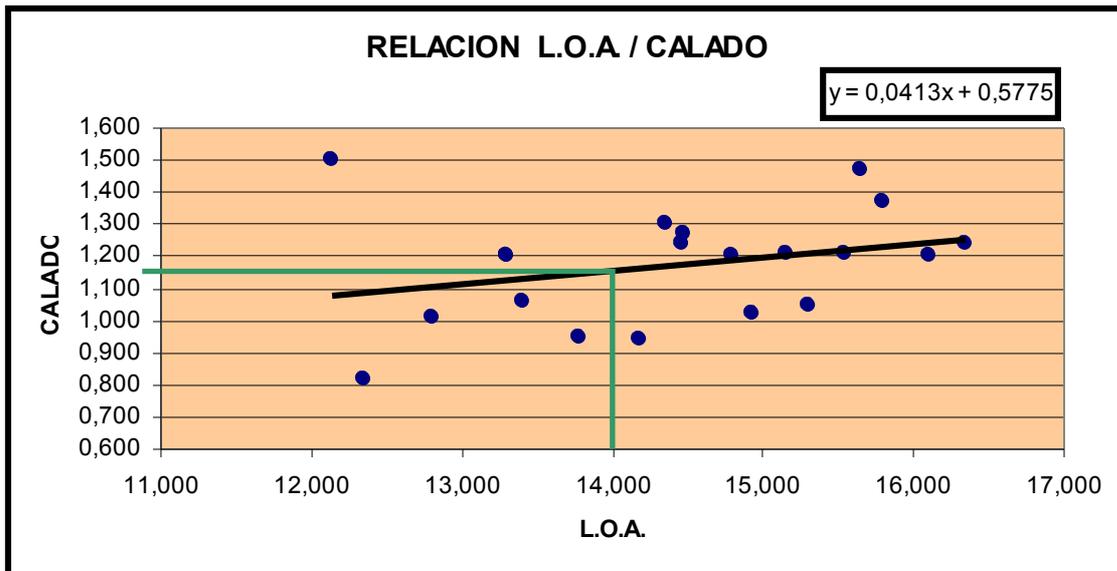
- Un valor elevado de la relación Loa/T implica, manteniendo constante los valores de eslora total y desplazamiento, una disminución del calado, por lo tanto, las formas serán más llenas y las semimangas por debajo de la flotación más anchas. Serán como consecuencia, embarcaciones lentas en régimen de desplazamiento.
- Un valor menor de la relación Loa/T implica, manteniendo constante los valores de eslora total y desplazamiento, un aumento del calado, y por tanto, las formas serán más en “V”. Las semimangas serán más estrechas y por tanto la embarcación más rápida.

De la tabla que relaciona la eslora total con el calado, se obtiene un valor mínimo de la misma de 8,0867 y un máximo de 15,0851. Sustituyendo en la relación, para un valor de la eslora igual a 10 metros se obtiene:

$$\begin{array}{ll} \text{Loa} / \text{T} = 8,0867 & \text{T} = 14 / 8,0867 = \mathbf{1,731 \text{ metros}} \\ \text{Loa} / \text{T} = 15,0851 & \text{T} = 14 / 15,0851 = \mathbf{0,928 \text{ metros}} \end{array}$$

Teniendo en cuenta que la embarcación que se pretende diseñar no es una embarcación rápida, sino cómoda y segura, interesa un valor de la relación Loa/T alto, para que así disminuya el calado y sea una embarcación de formas más llenas. Por lo tanto el calado se aproximará al valor menor, 0,928 metros.

Entrando en la gráfica, se obtiene que para una eslora total de 14 metros:



$$y = 0,0413 * X + 0,5775 = 0,0413 * 14 + 0,5775$$

$$\mathbf{T = 1,156 \text{ metros}}$$

Sustituyendo en la relación Loa/T:

$$\text{Loa} / T = 14 / 1,156 = \mathbf{12,11 \text{ metros}}$$

El calado obtenido en la gráfica Loa/T es 1,156 metros. Con lo cual, da una relación Loa/T =12,11 que está dentro del rango del coeficiente Loa/T que varía de 8,0867 a 15,0851. Y este calado de 1,156 metros parece aceptable.

4.4.2. Relación Manga - Calado (B/T):

Ésta es una relación que también aporta datos muy importantes, ya que expresa el área sumergida de las distintas secciones transversales verticales. Un valor elevado de la relación B/T se traduce en una embarcación de mayor estabilidad transversal. Es importante la variación de la relación B/T a lo largo de la eslora:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

- Un valor elevado de la relación B/T, da como consecuencia una embarcación de formas más llenas y planas, lo cual tiende a aumentar la Resistencia Total de la embarcación. En las embarcaciones de planeo interesa que en la popa se de esta situación (una relación B/T elevada) ya que favorece el planeo.
- Un valor menor de la relación B/T implica que el casco adopte formas más en “V” facilitando la navegación al producir un cuerpo de entrada más apropiado para alcanzar grandes velocidades que las formas en “U”. Por ello, en las embarcaciones de planeo es importante que esta situación se de en la zona de proa.
- Sin embargo si la relación B/T es excesivamente baja, podemos encontrarnos con el inconveniente de no disponer del espacio interior suficiente para equipos y acomodación.

A partir de los valores de la relación B/T, se obtienen las siguientes magnitudes para el calado:

$$B/T = 2,4333 \qquad T = 4,2 / 2,4333 = \mathbf{1,726 \text{ metros}}$$

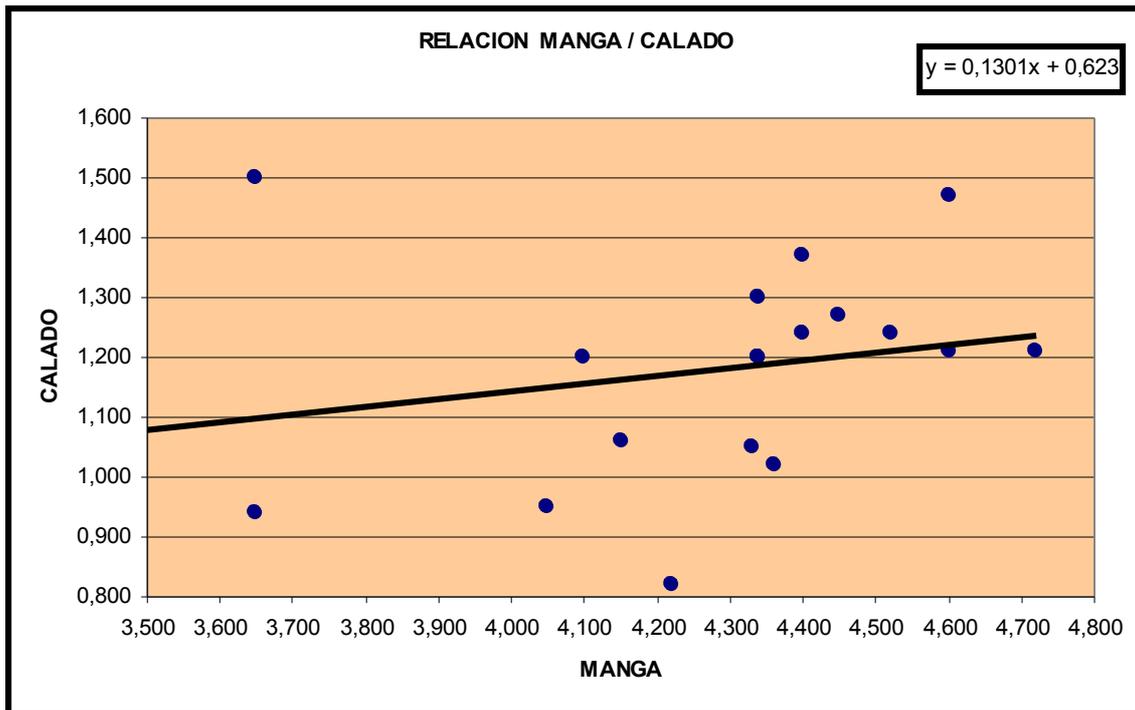
$$B/T = 5,1463 \qquad T = 4,2 / 5,1463 = \mathbf{0,816 \text{ metros}}$$

Este rango de datos difiere en su valor mínimo del rango de datos obtenido de la relación Loa/T, por lo que se establecerá como nuevo rango de datos para el calado:

$$\mathbf{0,489 \text{ metros} < T < 1,102 \text{ metros}}$$

Entrando en la gráfica, para una manga **B = 4,2 metros**:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



Se obtiene un valor del calado:

$$y = 0,1301 * X + 0,623 = 0,1301 * 4,2 + 0,623 \quad \mathbf{T = 1,169 \text{ metros}}$$

Este valor del calado está comprendido dentro del nuevo rango de datos establecido, por lo que es aceptable, aunque como se mencionó anteriormente, tras consultar a proyectistas navales, parece un calado elevado para la embarcación que se pretende diseñar. Por lo tanto se mantendrá el calado establecido anteriormente, $\mathbf{T = 0,7 \text{ metros}}$, para continuar con el proceso de diseño de la embarcación.

4. 5. Desplazamiento.

La variación que sufre el desplazamiento con respecto a la eslora, es una variación lógica, a mayor longitud de la embarcación, mayor peso.

De la relación Δ/Loa , se deducen las siguientes conclusiones:

- Si la relación Δ/Loa aumenta, significa que para una misma eslora el desplazamiento se ha incrementado, por lo que, como consecuencia, se obtienen barcos más pesados y lentos, ya que han de tener un gran volumen de carena para contrarrestar el peso. Esto origina embarcaciones con grande calados y formas más llenas que sean capaces de producir el empuje suficiente. Esto se traduce en embarcaciones con gran estabilidad de pesos, y como consecuencia, un correcto comportamiento durante la navegación. Por el contrario, ya se ha mencionado anteriormente, que son barcos pesados y lentos, por lo tanto necesitan una gran potencia propulsora para alcanzar un régimen de velocidad aceptable.
- Si por el contrario esta relación disminuye, los barcos se vuelven más ligeros y necesitan un menor volumen de carena para flotar. Ésto implica que el barco tenga un menor calado y sus formas sean menos llenas, pasando de “U” a “V”. Esta situación favorece el planeo y el incremento de potencia genera directamente un aumento de la velocidad.

Para llevar a cabo el estudio del desplazamiento de la embarcación, se ha procedido de igual forma que con la Lwl , la B , y el T , es decir, recurriendo a las relaciones y a las tablas del capítulo 3 que en este caso concreto relacionan el desplazamiento con la eslora total (Δ/Loa).

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

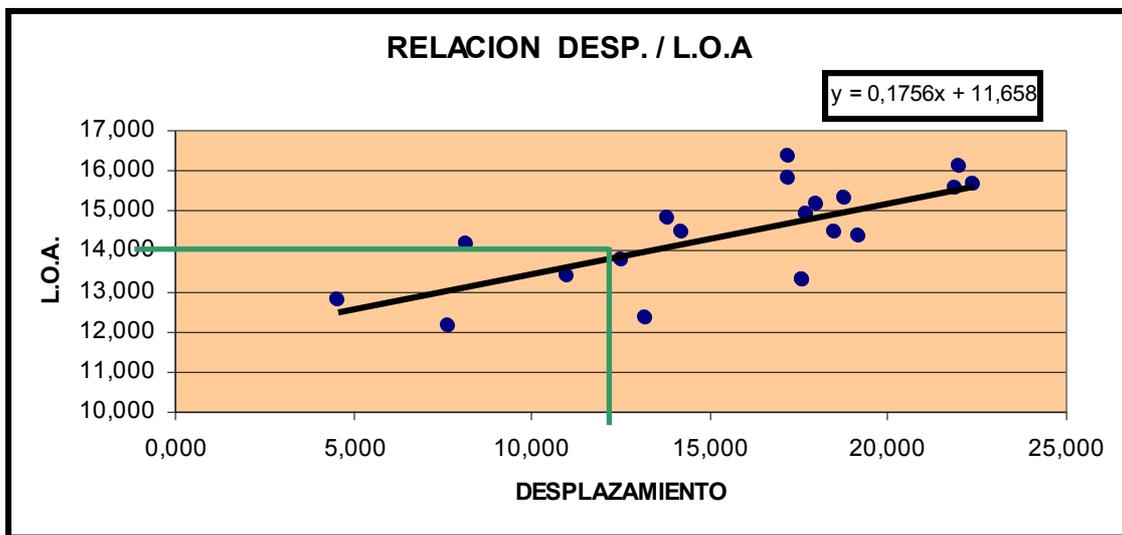
De la tabla 3.1 se obtienen el siguiente rango de valores para el desplazamiento (en este caso concreto, ya que no se puede trasladar a otras embarcaciones distintas):

$$\Delta/Loa = 0,3579 \quad \Delta = 14 * 0,3579 = 5,011 \text{ Tn.}$$

$$\Delta/Loa = 1,4313 \quad \Delta = 14 * 1,4313 = 20,038 \text{ Tn.}$$

$$5,011 \text{ Tn.} < \Delta < 20,038 \text{ Tn.}$$

Entrando en la gráfica de la relación Desplazamiento – Eslora total:



Se obtiene un valor para el desplazamiento:

$$X = (Y - 11,658) / 0,1756 = (14 - 11,658) / 0,1756 \quad \underline{\Delta = 13,337 \text{ Tn.}}$$

Este valor está comprendido dentro del rango de datos establecido para el desplazamiento, por tanto (redondeando) se tomará como desplazamiento válido para la embarcación 13 Tn., la cual es una magnitud intermedia según la estadística, más próxima al máximo. Con este desplazamiento se obtendrá un barco de formas ni muy llenas ni muy afinadas y con una velocidad media-baja. Una embarcación con una buena estabilidad y un calado adecuado para la navegación en planeo.

4.6. Potencia

La potencia que necesitará la embarcación de nuestro proyecto para que alcance la velocidad requerida (fijada por el cliente o por el proyectista), dependerá totalmente del peso del barco, es decir, del desplazamiento que sabemos que vale 13,337 Tn.

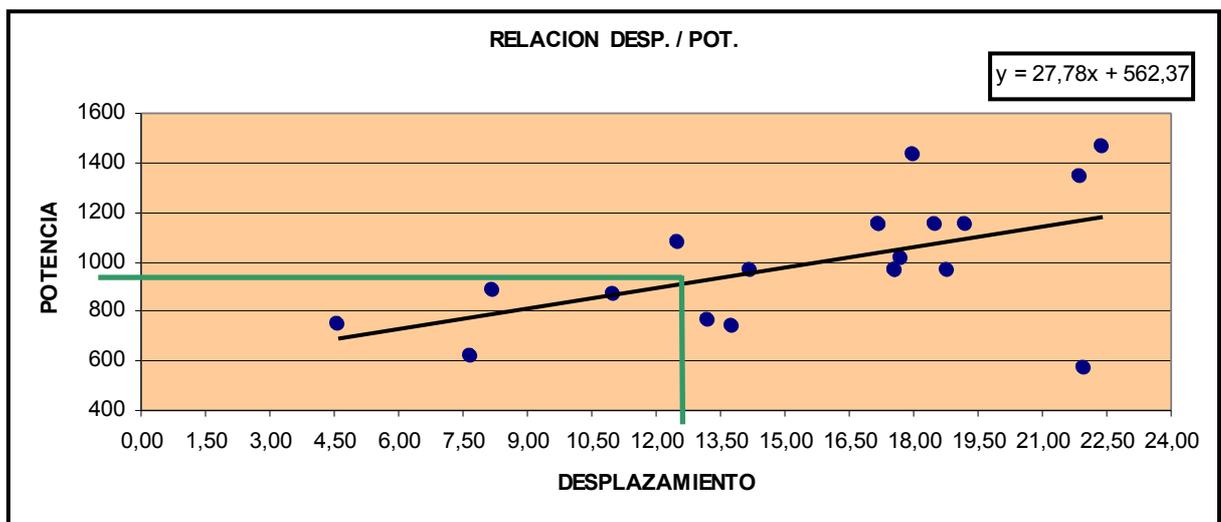
Está claro, que la potencia será mayor cuanto mayor sea la embarcación, y también si queremos que las velocidades que alcance sea mas elevadas.

Relación Desplazamiento- Potencia sea mayor:

- ✓ Barcos más pesados y lentos.
- ✓ Menor potencia en las embarcaciones.

Relación Desplazamiento – Potencia disminuye:

- ✓ Barcos más ligeros y rápidos.



Se obtiene un valor de Potencia

$$y = 27,7 * X + 562,37 = 27,7 * 13,337 + 562,37 \quad \text{Potencia} = \underline{\underline{931,8 \text{ hp}}}$$

Consideramos como primera aproximación una potencia de 960 hp., serán dos motores de 480 hp.

4.6. Conclusión

Una vez finalizado el dimensionamiento de la embarcación, tomando como partida el estudio estadístico sobre embarcaciones similares, así como las consultas a proyectistas navales, se concluye con una serie de magnitudes para las dimensiones principales que son válidas dentro de los rangos de datos obtenidos, pero que no obstante podrán sufrir modificaciones a medida que evolucione el proceso de diseño, pero siempre manteniéndose dentro de los rangos de datos establecidos.

A continuación aparece un cuadro resumen de las relaciones principales:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	14 metros
Eslora en Flotación (Lwl)	13,33 metros
Manga (B)	4,2 metros
Calado (T)	1,156 metros
Desplazamiento (Δ)	13,337 Tn
Potencia (P)	960 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. Ésto es consecuencia de que es la parte del barco que está en contacto directo con el fluido sobre el que se desplaza y por tanto, todas las futuras propiedades que posea la embarcación serán consecuencia directa de la geometría del casco. Propiedades tales como velocidad, comportamiento, confortabilidad, consumo, etc...Por todo ello, el diseño de toda embarcación comienza por el casco.

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

En el capítulo 4. Dimensionamiento, se ha concluido con las siguientes dimensiones aproximadas:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	14 metros
Eslora en Flotación (Lwl)	13,33 metros
Manga (B)	4,2 metros
Calado (T)	1,156 metros
Desplazamiento (Δ)	13,337 Tn
Potencia (P)	960 hp

A la hora de comenzar el diseño es muy importante tener en cuenta aquellas características que son inamovibles y que por tanto son requisito indispensable de la embarcación. En este caso concreto es: la eslora total (Loa = 14 metros)

5.2. Régimen de Planeo.

Cuando un cuerpo se encuentra sumergido parcialmente 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 comienza 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*.

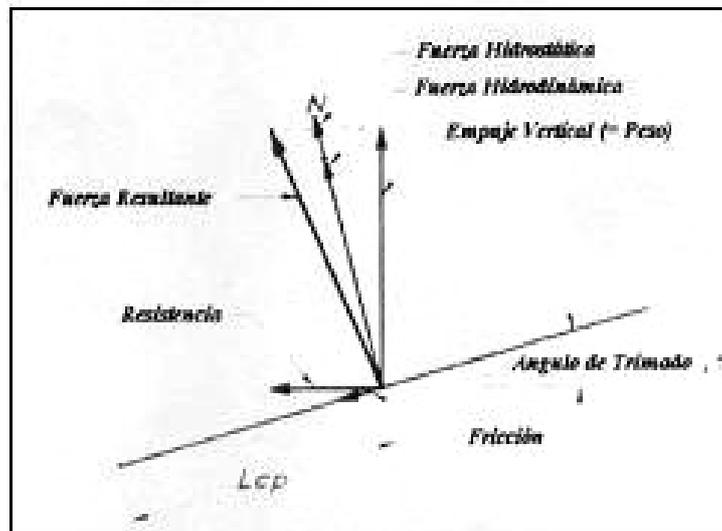
El planeo es la salida del agua de parte de la carena, debido a la sustentación por la fuerza hidrodinámica a que induzcan sus formas disminuyendo así el agua que desplaza (desplazamiento). Así se produce un estancamiento en el crecimiento de la resistencia por formación de olas con la velocidad, de 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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

1.- una sustentación de la embarcación que modificará la superficie mojada y un trimado o asiento como consecuencia del equilibrio longitudinal de fuerzas

2.- 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, va a depender de sus formas y dimensiones, además de su velocidad.

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

A continuación se detallan las diferentes resistencias que inciden sobre el casco de la embarcación:

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

- R_w Resistencia formación de olas
- R_v Resistencia viscosa
- R_{ap} Resistencia debida a apéndices
- R_a Resistencia aerodinámica
- R_o Resistencias menores

5.4.1 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 dependen del número de Froude, es más importante para números 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. El movimiento del buque provoca en el fluido una variación del campo de presiones que a su vez es originada por los cambios de velocidad causados por la distorsión en las líneas de corriente producidas al moverse el barco en la superficie a un rumbo y velocidad determinados.

Esta resistencia puede descomponerse a su vez en:

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

- **R_{wp}**: 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, disminuyendo su importancia a velocidades mayores.
- **R_s**: simboliza la resistencia por generación del spray, suele descomponerse en una parte de origen viscoso y otra de origen de presión.

Debido a las indeterminaciones tanto en la evaluación del área mojada por el spray, como en su dirección y velocidad, no existe actualmente ningún método fiable para su cálculo. Lógicamente, esta componente de la resistencia será nula cuando se consideren 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_p** 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 a dicho anteriormente, aparece cuando se genera la sustentación para entrar en régimen de planeo.

5.4.2. 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 con 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 por tanto en:

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

- **R_f** 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 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_{pv}** 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.

5.4.3. Resistencia debida a apéndices.

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

La **Resistencia debida a los apéndices (R_{ap})**, tiene bastante más importancias 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 de hasta un 20% de la resistencia al avance del casco desnudo.

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

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

5.4.4. Resistencia Aerodinámica.

La Resistencia Aerodinámica (R_a) 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, la velocidad del viento, la dirección del viento respecto al rumbo del buque) y de la forma de la obra muerta.

Esta resistencia puede representar en embarcaciones rápidas hasta un diez por ciento 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 significativa.

En esta embarcación concreta 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 lo que esta resistencia no será muy significativa con respecto a la Resistencia Total al Avance.

En el termino R_a se incluyen otras componentes menores o parásitas, de la resistencia al avance experimentada por una embarcación rápida en el mar. Su naturaleza puede ser friccional o de presión, y sus causas muy diversas: válvulas de exhaustación, tomas de mar, ánodos de sacrificio, etc.

5.5. Influencia de la carena en el planeo

5.5.1 Influencia de la sección transversal

Dependiendo de la forma transversal del casco, 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.

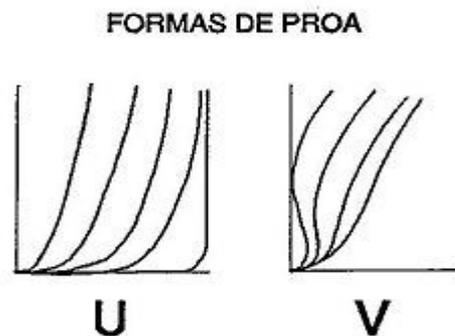
Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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

- **Zona de Proa:** Existen dos tipos de formas de cuadernas: en U y en V. Las formas en U son más llenas que las formas en V. Las formas en U tienen por tanto tendencia a producir “slamming” 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.

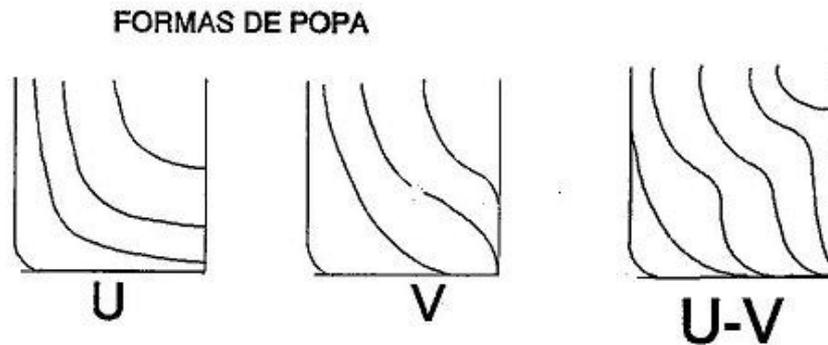
A los buques grandes y lentos se les suele dar formas en U, ya que aumentan la capacidad de carga y tienen menos problemas de comportamiento en la mar, ya que el mal tiempo les afecta menos.

Las embarcaciones pequeñas o rápidas son más afectadas en su comportamiento por el mal tiempo de proa y por consiguiente se va a unas formas más afiladas (V) con el objeto de que pasen mejor la ola de proa y tengan por tanto un mejor comportamiento en la mar.



- ❖ **Zona de Popa:** Las cuadernas en U son más llenas pero a su vez son malas hidrodinámicamente hablando 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 perpendicularmente a las cuadernas, pero por otra parte estas formas pueden dar problemas en la configuración de la estela, la hélice trabaja mal y pueden producirse vibraciones en la hélice. Para evitarlo se diseñan unas cuadernas intermedias (U-V).



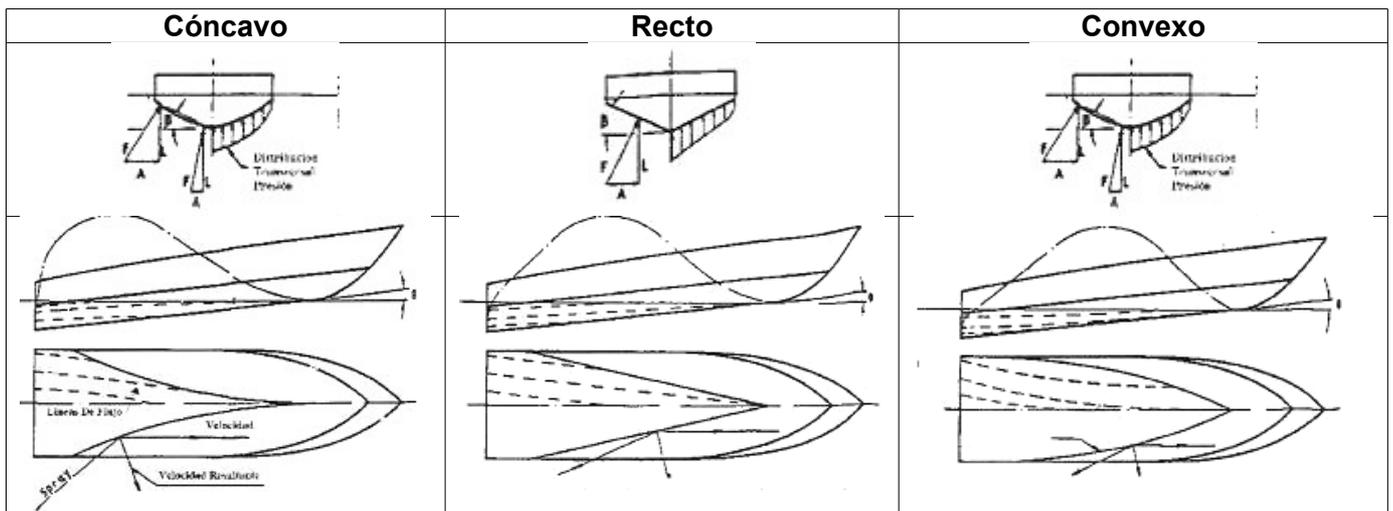
Puesto que la fuerza de sustentación es perpendicular a la superficie en contacto con el líquido, las formas que mejor aprovecha o producen esta fuerza son aquellas que más se aproximan a una placa plana, por lo que lo correcto sería que la parte del casco que queda sumergida durante el planeo adoptara 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 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 ambas 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 como se muestran en el croquis siguiente:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



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

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

Así pues, en la sección cóncava, esta distribución crece 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 ocurre 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.

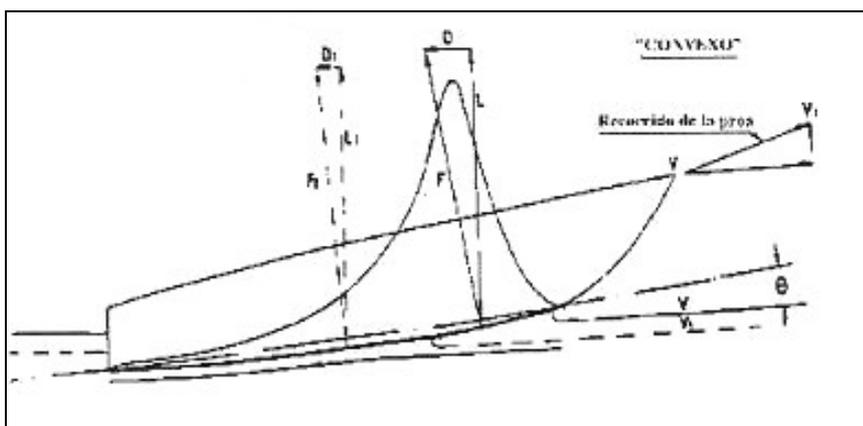
En conclusión, las formas que se adoptarán para el diseño del casco de la embarcación, según lo expuesto anteriormente, serán formas “híbridas” entre U y V con su característico “codillo” y sección transversal del fondo convexa en la popa variando suavemente hacia una sección recta en la proa.

5.5.2. Influencia de la sección longitudinal.

De igual forma que se ha procedido con la sección transversal del barco, a continuación se hace una comparación de los diferentes fondos posibles en el sentido longitudinal del casco: cóncavo, recto y convexo. En este caso las diferencias radican en el punto de mayor presión y en el comportamiento de la embarcación a baja velocidad (V) y a alta velocidad (V_1).

- **Fondo Convexo:**

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

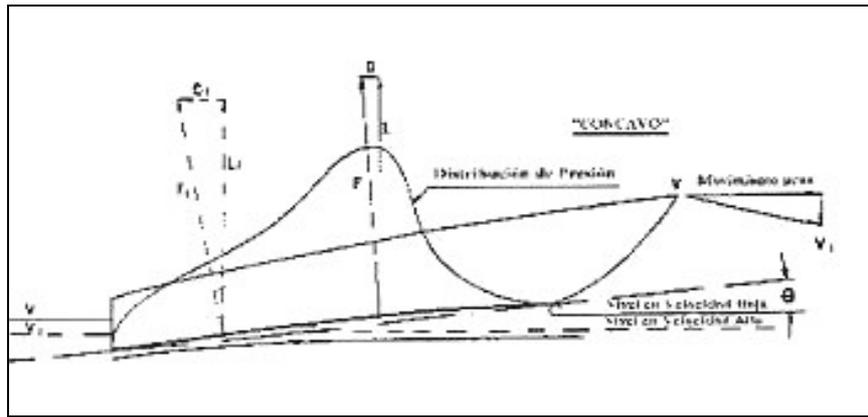


• F
on
do

Cóncavo:

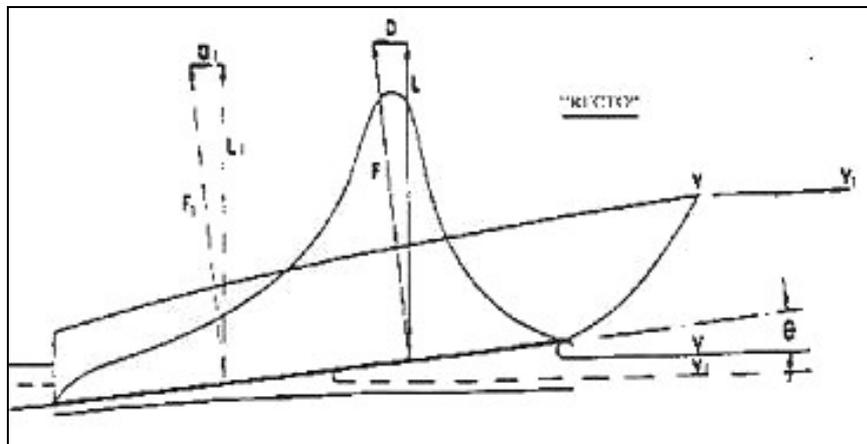
- Mejor rendimiento de planeo a baja velocidad ($D_1 > D$).
- Movimiento descendente de la proa al aumentar la velocidad.
- Posición más retrasada del punto de máxima presión.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



- **Fondo Recto:**

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



En la embarcación concreta de este proyecto, interesa un fondo cóncavo o recto, ya que no va a alcanzar altas velocidades (para lo cual sería mejor un fondo convexo), y además de este modo el punto de máxima presión se encontrará más retrasado produciendo un movimiento descendente de la proa a medida que la embarcación aumenta su velocidad, provocando una disminución del trimado.

5.6. 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 el fondo plano, ya que tendría una pobre capacidad de maniobra, sería de difícil gobierno y experimentaría en mala mar unas aceleraciones e impactos excesivos.

Esto se evita fácilmente 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, con lo que 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 de la embarcación 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 que golpea el casco cambia casi 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 muy extendidos entre proyectistas navales son del orden de 15° a 20° (grados). Los cuales proporcionan buenas características marinerías.

5.7. Spray Rails

En las embarcaciones de planeo y con el casco en V profunda se produce un efecto que es el llamado “abanico” o Spray de proa, que resulta incómodo para los navegantes que se encuentren 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.

Se puede decir que a 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 entonces importante controlar en lo posible, la extensión de la superficie mojada del casco, y esta disminución se puede conseguir e incluso eliminar dotando a la proa de junquillos antispray que producen una separación entre el casco y el flujo de agua hacia arriba, disminuyendo por tanto la resistencia de fricción.

Como hemos visto en puntos anteriores, 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 de mejorar esa generación de empuje necesaria para este tipo de embarcación, 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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 una 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 trasladara hacia popa haciendo caer la proa, produciendo de esta forma mayor resistencia e incluso problemas de gobierno.

En definitiva, 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 el cuerpo de popa, pero en cuanto a su colocación en el cuerpo de proa, existen varias posibilidades; desde que corran paralelos a las líneas de agua hasta la proa misma, o que sean colocados a lo largo de los longitudinales. Pero parece ser que 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.

Además de lo visto anteriormente, 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 encuentra con la roda disminuyendo a su vez la anchura.

5.8. 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 concretamente, de una embarcación que podrá navegar en régimen de planeo, se concluye con una idea clara de cuales son las formas que ha de tener la misma para que esté dotada de aquellas características que desde un principio se persigue conseguir.

En lo referente a la sección transversal, las formas que se adoptarán para el diseño del casco de la embarcación, serán formas “híbridas” entre U y V con su característico “codillo” y sección transversal del fondo ligeramente convexa en la popa variando suavemente hacia una sección recta en la proa.

En cuanto a la sección longitudinal, interesa un fondo cóncavo o recto, ya que no va a alcanzar altas velocidades (para lo cual sería mejor un fondo convexo), y además de este modo el punto de máxima presión se encontrará más retrasado produciendo un movimiento descendente de la proa a medida que la embarcación aumenta su velocidad, provocando una disminución del trimado.

La Astilla Muerta estará comprendida entre los 15° y los 20°, aumentando desde popa hacia proa.

5.9. 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 obtenidos en el capítulo 4. Dimensionamiento, se han ido definiendo las formas del barco. La ventaja de este programa es que permite comprobar si un diseño es satisfactorio, ya que al trabajar de forma tridimensional pueden verse las líneas de agua, cuadernas y longitudinales de la embarcación, y de ese modo, comprobar si satisface los requerimientos pertinentes, con esto, se hace referencia a lo mencionado a lo largo de este capítulo, en lo relacionado con la forma de las cuadernas, forma del fondo, etc...

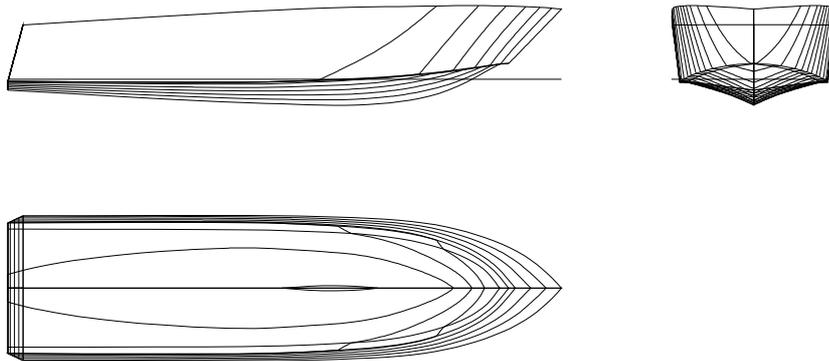
Se ha procedido mediante el proceso de ensayo error, modificando cada uno de los parámetros hasta conseguir unas formas satisfactorias. La eslora total se ha mantenido constante a lo largo de todo el proceso, y a partir de ella, se han ido ajustando el resto de parámetros: manga, calado, desplazamiento, y eslora de flotación, hasta conseguir unas formas coherentes de la embarcación.

Los datos obtenidos del programa Maxsurf son los siguientes:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	14,000 metros
Eslora de Flotación	11,716 metros
Manga Máx. (B)	4,130 metros
Calado (T)	0,738 metros

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Las formas obtenidas mediante el programa se considerarán definitivas, a no ser, que en futuros capítulos se llegue a la conclusión de que no son válidas. A continuación aparece un croquis de las formas obtenidas con el programa:



6. Disposición general.

6.1 Disposición general de la embarcación.

Una vez que el cliente ha expresado sus necesidades y exigencias, se tomarán estas, como punto de partida para establecer de una forma esquemática y aproximada, la disposición general de la embarcación.

En principio, se utilizará un método muy útil para asignar las medidas a nuestra embarcación, que consiste en dibujar un croquis esquemático en el que se dibujará la planta del casco. Este croquis obviará detalles tales como el grosor de los mamparos, la situación de refuerzos, tuberías, depósitos de combustible, tanques de agua, lastre, etc...solamente se tendrá en cuenta la disposición de los diferentes espacios.

Por otra parte, en este dimensionamiento se deberá tener en cuenta, el grado de espaciosidad del que desea disponer el cliente, puesto que este, desea una vivienda flotante, capaz de albergar en su interior a cuatro personas, y disfrutar del sol cómodamente en la bañera y cubierta de la misma. Además es determinante el aspecto y porte final que se desea conseguir.

En un principio, vamos a distinguir dos zonas: cubierta e interiores.

6.1 Diseño de cubierta.

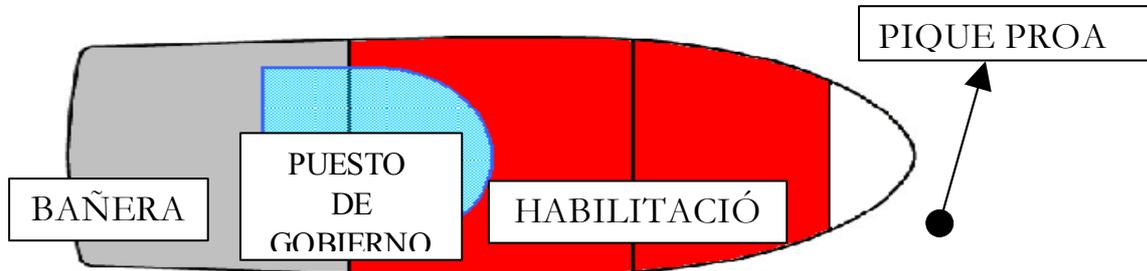
El diseño de la cubierta es uno de los pilares fundamentales a la hora de diseñar una embarcación, y aún más en esta que se trata de una embarcación de cubierta "Open", en la que la cubierta se convierte en un lugar muy importante, porque es ahí donde se desarrolla la vida durante la mayor parte del tiempo de estancia en la embarcación.

Como hemos mencionado, en una embarcación de estas características, la bañera es uno de los lugares donde debemos disponer más espacio para desarrollar la vida a bordo, contando con un acceso fácil hacia la zona de proa para facilitar la movilidad por la embarcación, no solo para acceder al solárium, sino también, para la maniobra de atraque por el costado o por la proa.

Las dimensiones de la cubierta ya están definidas cuando se realiza el diseño de la carena, puesto que es la parte superior de esta. Por tanto, lo que resta es reorganizar sus diferentes partes, como son, la bañera, plataforma de baño, pasillos laterales, espacio de proa, puesto de gobierno, y darle la importancia necesaria a cada una.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

A continuación, vemos en un croquis la distribución de estas zonas:



6.1.1. Bañera.

La bañera es la parte principal de la cubierta, por lo que se le ha dotado de generosas dimensiones.

Mide 4,90 metros de eslora por 4 metros de manga, aprovechando la ancha manga que posee la embarcación. Esto la convierte en una bañera de proporciones considerables, al tener una superficie total de 109,65 metros cuadrados.

La bañera está compuesta, de popa a proa, de los siguientes elementos;

Una plataforma de baño, forrada en teca, como el resto del piso de la bañera, e integrada en la estructura del casco. Cuenta con una pasarela hidráulica escamoteable, escala de baño y ducha.

A continuación se dispondrá una dinete en forma de U y mesa rectangular de ala plegable. Frente a este, se dispondrá un mueble bar, muy completo, con parrilla, fregadero y nevera, con una tapa que cubre el conjunto cuando no se está utilizando.

Finalizando la bañera, se dispondrá el puesto de gobierno, del que hablaremos en el siguiente punto. Todo el piso de la bañera y puesto de gobierno, estará forrado en madera de teca como se ha mencionado anteriormente.

6.1.2. Puesto de gobierno.

La zona del puesto de gobierno tendrá una eslora de 3,4 metros por 3 metros de manga. Está situado a proa de la bañera y a un nivel superior a esta, pues está encima del camarote de popa.

Esta zona está compuesta por:

- A babor, un amplio sofá en forma de “L”, y precediendo a este, un porta objetos de reducidas dimensiones.

- A estribor, se dispondrá el puesto de gobierno que estará compuesto de un asiento doble, para piloto y acompañante, volante de timón, cuadro de mando con múltiples indicadores como temperatura de los motores, trimado y ángulo de timón, nivel de carburante, etc... Justo detrás de los asientos se dispondrá un portaobjetos de grandes dimensiones.

En esta zona se dispondrán también, el acceso a zona de habilitación, acceso a cámara de máquinas mediante piso abatible y parabrisas abierto.

6.1.3. Pasillos laterales.

En muchas embarcaciones de este tipo, los pasillos laterales suponen un problema debido a que 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, dotando a estos pasillos de una manga de unos 50 centímetros, además, de una barandilla de acero inoxidable que se eleva entre 40 y 50 centímetros sobre la regala de estos y a lo largo de toda su eslora, haciéndolos con esto, mas amplios y seguros que los de otras embarcaciones de porte similar.

6.1.4. Cubierta de proa.

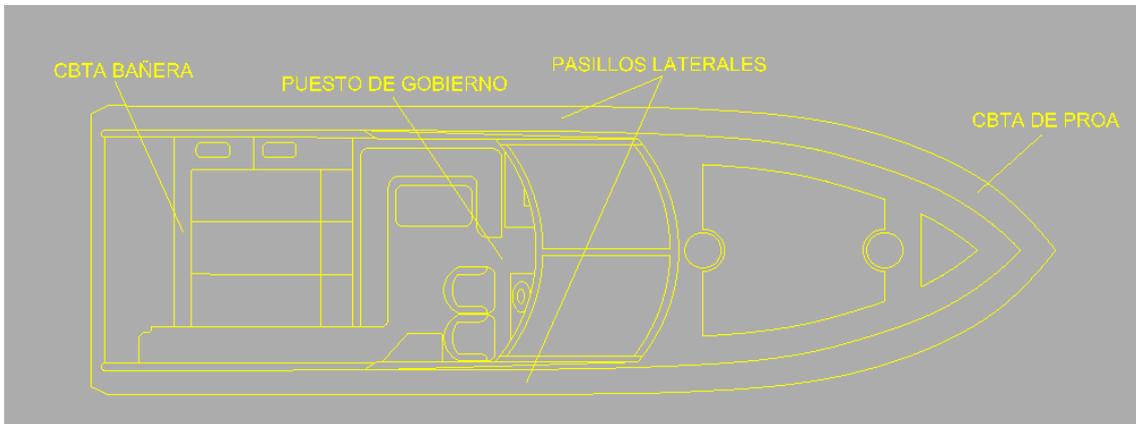
La cubierta de proa tiene una eslora de 5,65 metros. Dispone de un amplio espacio el cuál será utilizado como “solárium” disponiendo una colchoneta para tal efecto.

En el piso de esta se dispondrán de dos escotillas con tapas transparentes y abatibles para que entre claridad y se ventilen los interiores cuando estén abatidas. Estas escotillas se encuentran sobre el camarote de proa y salón-cocina.

El ancla y la cadena irán alojados en el pique de proa. Este pique de proa tendrá una longitud del 10 % de la eslora del barco (1,4 metros).

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

La situación y distribución de los elementos mencionados anteriormente se recogen en el siguiente croquis:



6.2. Diseño de interiores.

El objeto 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, seguridad y comodidad.

Un dato a tener en cuenta es establecer el número de tripulantes para el que se diseña el interior. Esta embarcación se diseña para que cuatro personas puedan vivir cómodamente en su interior.

El interior estará formado por, mesa de navegación, salón-comedor, cocina, cuarto de aseo, camarote de popa y camarote de proa.

6.2.1. Mesa de navegación

La mesa de navegación, junto con la cocina, es la primera zona que nos encontramos al acceder al interior. Este acceso al interior, se realizará por el puesto de mando a través de un espacio situado en crujía y descendiendo los escalones de una pequeña escalera.

La mesa de navegación está situada a babor de esta escalera de acceso al interior, y estará compuesta de mesa y asiento.

6.2.2. Cocina.

La cocina está situada a estribor de la escalerilla de acceso al interior. Tiene forma de “L” y una eslora de 1,6 metros.

Está compuesta por dos muebles inferiores y dos superiores, encimera en acero inoxidable, placa vitrocerámica de dos fuegos, fregadero de dos senos con grifo direccional, agua caliente y fría., horno microondas encastrado, cajón para cubertería y estiba bajo fregadero, frigorífico de 80 litros con apertura frontal, y espacio para botellero y especiero.

6.2.3 Salón-comedor.

El salón-comedor, está situado a babor, inmediatamente a proa de la mesa de navegación, y está formado por una dinete en forma de U muy abierta. En el centro, se dispone de una mesa rectangular, que es regulable en altura, de forma que, llegado el caso, se puede bajar y completar el sofá, quedando una cama amplia para dos personas.

El salón-comedor está bien iluminado gracias a la luz que entra a través de dos portillos en el casco.

6.2.4.. Cuarto de aseo.

El cuarto de aseo está situado a proa de la cocina y enfrente del salón-comedor. Tiene una eslora de 1,5 metros.

Está compuesto de placa de ducha, inodoro y un lavabo con elementos sanitarios e higiénicos, además de toallero, portarrollos, espejo, etc...

6.2.5. Camarote de popa.

El camarote de popa se encuentra a popa de la mesa de navegación, y debajo de la zona del puesto de mandos. Se hace independiente del salón y cocina mediante un mamparo Tiene una eslora de 2,10 metros, y está formado por:

Dos camas de 70 centímetros de ancho cada una, dispuestas transversalmente a la eslora del barco y separadas por una mesita con dos cajones.

Un armario ropero, estanterías a la largo del casco, y repisa a la entrada para depositar objetos personales. Además, cuenta con dos portillos de iluminación y ventilación en el casco.

6.2.6. Camarote de proa.

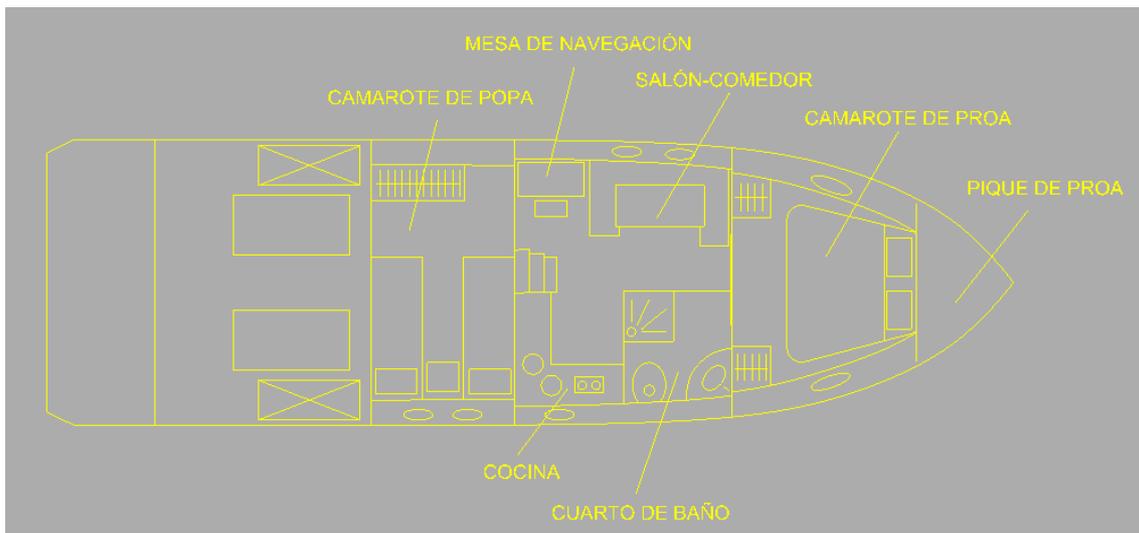
El camarote de proa es el principal, o camarote del armador. Es el espacio situado mas a proa (excluyendo el pique de proa), y se hace independiente del salón y cocina mediante un mamparo, al igual que el camarote de popa.

Este camarote contará con una eslora de 2,7 metros y está formado por una cama doble en la parte mas a proa, en sentido longitudinal de la eslora del barco, la cuál, puede bascular y descubre un espacio para estiba de mantas, chalecos, etc...

A ambos lados de la cama, nos encontramos con dos escalones que permiten tener un piso horizontal, ya que en esta zona, las formas de la embarcación son en V muy pronunciada.

También, a ambos lados nos encontramos con armarios en los que poder guardar ropa, compuestos por dos cajones en su parte inferior, y perchero en la parte superior.

Cuenta en la parte superior, de una escotilla de cristal transparente y abatible, que permite el paso de luz y aire.



6.3. Disposición de los mamparos transversales.

A lo largo de la eslora de la embarcación, se dispondrán, de cinco mamparos transversales, que son: mamparo de pique de proa, mamparo divisorio camarote de proa, mamparo divisorio camarote de popa, mamparo proa de cámara de máquinas y mamparo de popa de cámara de máquinas. Todos los mamparos se fabricarán en PRFV “tipo sándwich” con 20 mm. de espesor (2+16+2) es decir, 16 mm. de núcleo + 4 de laminado (2 por cada cara).

- Mamparo pique de proa: este mamparo limita el pique de proa con la zona de habilitación. Su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa será de 12,6 metros.
- Mamparo divisorio camarote de proa: este mamparo divide el camarote de proa del resto de la habilitación (salón, cocina, baño). Posee una puerta de acceso para acceder al camarote. Su posición longitudinal será de 9,5 metros.
- Mamparo divisorio camarote de popa: este mamparo separa el camarote de popa del resto de la habilitación, haciéndolo totalmente independiente. Tiene una puerta de acceso junto a la escalerilla de acceso a cubierta. Su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa será de 6,6 metros.
- Mamparo de proa cámara de máquinas: Este mamparo a su vez, es el mamparo de popa del camarote de popa, y aísla la cámara de máquinas de la zona de habilitación. Además, será totalmente estanco. Su posición longitudinal será de 4,7 metros.
- Mamparo de popa cámara de máquinas: este mamparo, limita la zona cámara de máquinas a popa. Será también estanco y su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa será de 1,6 metros.

El escantillonado de estos mamparos se verá en el Capítulo 7 de este proyecto: Escantillonado.

6.4. Croquis

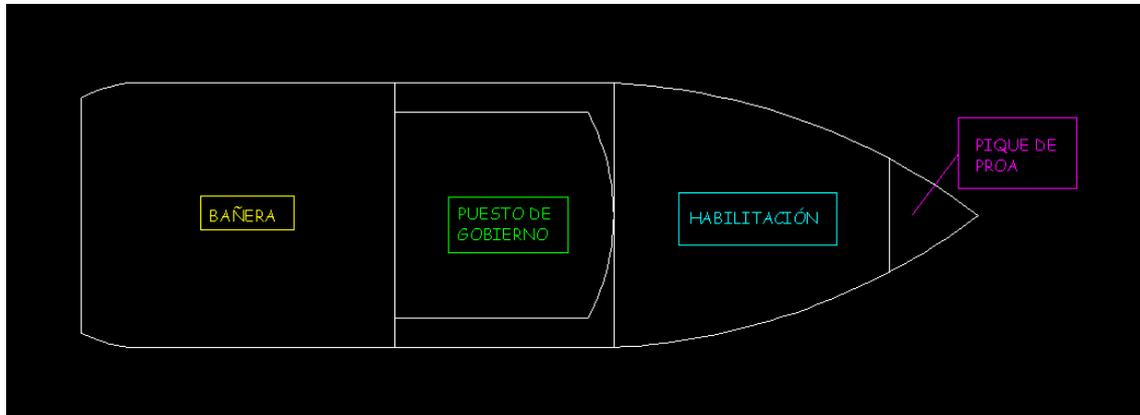
Serán esenciales para ver claramente como es la distribución del barco, se mostrarán:

- Croquis 1: Distribución de las zonas principales (Bañera, Puesto de gobierno, habilitación, pique de proa.
- Croquis 2: Situación y distribución de los espacios de la Cubierta Principal.

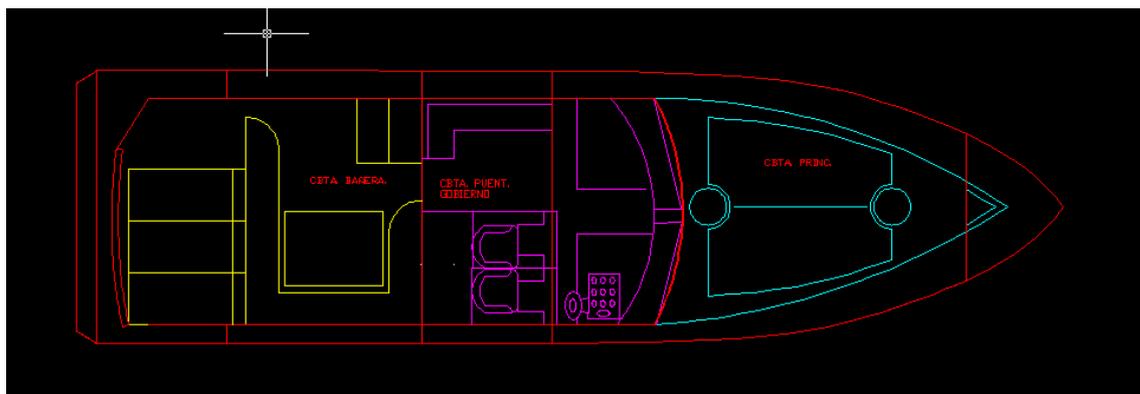
Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

- Croquis 3: Distribución de espacios y elementos del Diseño de Interiores (Habilitación).

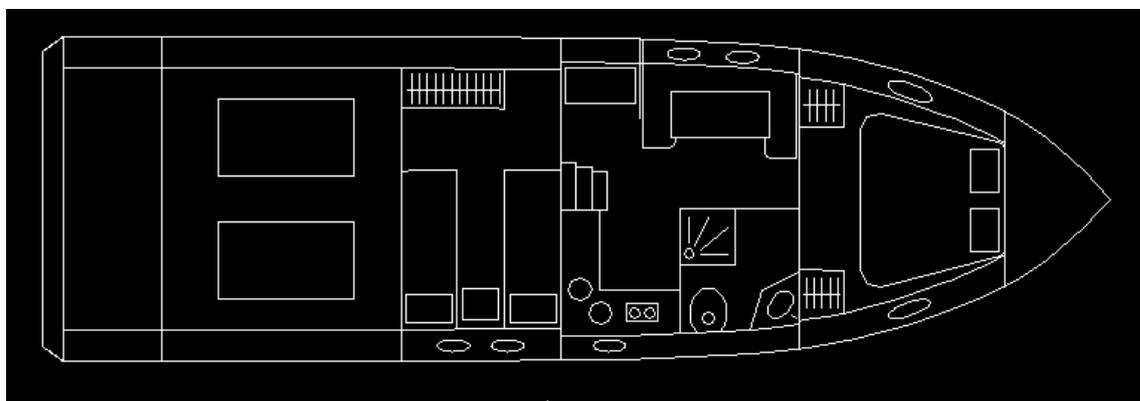
Estos croquis son orientativos, en el ANEXO se mostraran los Planos de Disposición General.



(Croquis 1)



(Croquis 2)



(Croquis 3)

7. Escantillonado

7.1 Materiales de construcción.

7.1.1 Elección del tipo de material.

A la hora de diseñar y construir la embarcación es necesario elegir el material que se va a emplear. Existe la posibilidad de construirlo en madera, acero, aluminio o materiales compuestos.

Se ha descartado, desde el primer momento, el uso de la madera como material de construcción de la embarcación. La madera es el material empleado tradicionalmente en la construcción naval, debido a su excelente flotabilidad y buen comportamiento ante reparaciones de pequeña y mediana envergadura, pero, sin embargo, presenta problemas a la hora de su utilización.

En primer lugar, durante la etapa de acopio del material, puede resultar difícil reunir la cantidad necesaria y su almacenamiento en condiciones favorables. Otro aspecto a tener en cuenta, es el coste económico, que en caso de algunos tipos de maderas puede ser un factor decisivo.

Una vez comenzada la construcción, puede resultar complicado conseguir las formas deseadas del casco o de otros elementos. También señalar que hoy día, resulta complicado encontrar personal cualificado y con la experiencia suficiente en este tipo de construcciones.

Con el barco a flote se presentan problemas de mantenimiento como la putrefacción de la madera, sin olvidar que una embarcación construida en madera, es mucho mas pesada que otra construida con otro tipo de material.

Descartando la madera como material de construcción para la embarcación, se llevará a cabo, para una adecuada elección del material, un breve análisis de comparación entre los otros materiales; acero, aluminio y material compuesto, atendiendo a diversas características

Peso

Para una misma resistencia, claramente la embarcación será más pesada en acero que en aluminio y este a su vez, que en plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

El peso de un barco construido en aluminio es ligeramente mayor que al de PRFV en estructura monolítica. La utilización de estructuras en sándwich, así como técnicas de vacío, disminuye el peso de la estructura notablemente.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Esta característica implica que para una misma velocidad de la embarcación, la potencia instalada en esta deba ser mayor en la construcción de acero que en aluminio o PRFV.

Resistencia Estructural.

Esta característica por si sola no es indicativa, puesto que ya sea de acero, aluminio o PRFV la embarcación deberá tener la misma resistencia estructural, y lo único que nos variará serán los espesores y números de refuerzos.

Aún así la aleación de aluminio utilizada en construcción naval (Al-MG-MN 4,5 %) se suministran con un tratamiento de dureza que cuando se sueldan los topes o un refuerzo a una plancha de aluminio, las características mecánicas de la zona bajan sensiblemente por el tratamiento de recocido que sufre la zona.

En cuanto a la rigidez, las estructuras de PRFV son menos rígidas que las de otros materiales.

Fatiga

El aluminio trabaja mal a fatiga, por lo que si el diseño de la estructura no ha sido lo suficientemente cuidadoso, puede existir zonas donde a lo largo de la vida de la embarcación aparezcan grietas, esto suele ocurrir en zonas localizadas y sometidas a vibraciones continuas.

Coefficiente de dilatación

El coeficiente de dilatación del aluminio es mayor que el del acero y el del PRFV, por lo que se requiere un cuidado especial en el proceso de armado y soldadura, ya que pueden aparecer deformaciones por el calor generado en los distintos procesos de construcción, que son muy difíciles de eliminar a posteriori.

Resistencia a la corrosión

Debemos diferenciar entre la corrosión por efecto del oxígeno del aire y la corrosión electrolítica.

En el primer caso tanto el aluminio como los materiales compuestos tienen un excelente comportamiento.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

En cambio, la corrosión galvánica no afecta a los materiales compuestos, pero al acero y sobre todo el aluminio se ven gravemente afectados. El aluminio en contacto con otros materiales más electropositivos se comporta de forma negativa, ya que sufre una fuerte corrosión galvánica (ej. En contacto con el acero) por lo que las embarcaciones construidas con este material deberán disponer de una buena protección catódica, mediante ánodos de sacrificio y una frecuente vigilancia del estado de conservación de estos.

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

Mantenimiento y reparación

Las embarcaciones construidas en PRFV presentan unos gastos de mantenimiento mínimos en comparación con estructuras construidas en acero o aluminio. En cuanto a la reparación, tanto el acero como el PRFV es relativamente fácil encontrar talleres preparados para reparar este tipo de materiales.

Sin embargo, debido a la dificultad que presentan los trabajos con aluminio, sobre todo en soldadura, siempre es más difícil encontrar talleres especializados.

Soldadura

Como hemos mencionado antes, es el aspecto más delicado de la fase de construcción y reparación de una estructura de aluminio, por ello, si no se disponen de instalaciones adecuadas, un proceso muy controlado y un diseño específico para el aluminio, pueden aparecer problemas a posteriori de agrietabilidad de difícil y costosa solución.

Resistencia al fuego

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

Coste

Si se construye una sola embarcación, el coste de la estructura fabricada en PRFV, es similar a la de aluminio y superior a una de acero.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Si se construyen varias unidades, el coste de las estructuras de las fabricadas en PRFV es claramente inferior a las de aluminio y 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.

Conclusiones

En pequeñas y medianas embarcaciones, se impone claramente los PRFV sobre otros materiales principalmente por:

- ❖ Costes más bajos, ya que normalmente se construyen varias unidades.
- ❖ Buen comportamiento en ambiente salino.
- ❖ Muy buena relación resistencia / peso.
- ❖ Coste de mantenimiento bajo.
- ❖ Fácil reparación.
- ❖ Buena confortabilidad.
- ❖ Embarcación siempre con buena presencia física.

Con respecto a la utilización de acero o aluminio, si se desea un barco con buena presencia, un bajo mantenimiento y alta velocidad, el aluminio es claramente mejor opción que el acero.

En este proyecto se usará PRFV para la construcción del casco, refuerzos, cubierta y mobiliario exterior.

7.1.2 Propiedades del material a emplear

Los materiales compuestos son una combinación de resinas sintéticas y material reforzante, de tal manera que las propiedades mecánicas de la resina y del refuerzo consiguen 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 multitud de variedades tales como la poliamida aromática o fibras naturales tales como el algodón, aunque no cabe 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:

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

Para la fabricación de esta embarcación se usará un tipo de fibra inorgánica, concretamente 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 se resumen a continuación:

GENERALIDADES:

- Basadas en óxido de silicio, con adicción de óxidos 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 fibras 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

CARACTERÍSTICAS	VIDRIO “S”
Diámetro de hilo (□ m)	10
Densidad (kg/m³)	2480
Módulo de elasticidad (GPa)	86
Resistencia a tracción (GPa)	4,59
Módulo específico	34
Coefficiente expansión térmica (10⁻⁶/°K)	5,1

La fibra de vidrio se presenta en forma de “tejido” de filamentos perfectamente entrecruzados. En este caso recibe la denominación de WR (del inglés “Woven rovings”). También se presentan en forma de masa de mechas de filamentos colocados aleatoriamente y recibe la denominación de CSM (del inglés 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, reducido peso, gran resistencia mecánica y eléctrica y su baja reactividad química (en especial con el 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.

En el cuadro siguiente se hace una clasificación de las resinas termoestables en función de la temperatura de utilización:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

BAJA TEMPERATURA	POLIESTER	ISOFTÁLICA ORTOFTÁLICA ÁCIDO CALIENTE
MEDIA TEMPERATURA	VINILESTER EPOXI	
MEDIA-ALTA TEMPERATURA	FENÓLICA	
ALTA TEMPERATURA	BISMALEIMIDA POLIIMIDA ESTERES CIANATO POLIETERAMIDA	

La más utilizada en construcción naval es la resina de poliéster. Químicamente, son polímeros lineales de condensación que resultan de la reacción de ácidos carboxílicos (o anhídridos de ácido) con glicoles, denominándose esta reacción “esterificación”.

Los principales tipos de resinas de poliéster son: (ver cuadro)

- ISOFTÁLICA: Grandes propiedades de resistencia al desgaste y a agentes químicos.
- ORTOFTÁLICA: Resina de utilización general.
- ÁCIDO CALIENTE: Se utiliza como retardador de llama.

También son de uso común las resinas epoxi, que reciben ese nombre por incluir en su composición dos grupos epóxidos. Muestran buenas calidades de resistencia mecánica y química, también a la abrasión y poseen buenas calidades eléctricas, aunque una 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 de poliéster.

En este proyecto se decantará por la utilización de 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 dos productos conocidos como 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 construcción, ya que variando las proporciones de estos productos se puede conseguir un curado más o menos rápido según interese.

No esta 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 o “carga” de material colorante para conseguir distintos acabados traslúcidos u opacos. En el mercado existe gran cantidad de estos elementos: así, por ejemplo, para acabados metalizados, pueden añadirse polvo de aluminio o pequeñas laminas de vinilo.

En **conclusión** de todo lo anterior se ha decidido en este proyecto utilizar como material de construcción la resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.

7.2 Proceso de construcción

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

Existe la posibilidad de realizar moldes “machos” o moldes “hembra”. El molde macho es aquel que adopta la forma del interior del casco de la embarcación. Una vez se ha procedido al laminado y ha finalizado el proceso de fraguado, al separar casco del molde, el exterior presenta una superficie áspera e irregular. Por tanto requiere un trabajo adicional de pulido y terminación de la superficie.

El molde hembra, sin embargo, adopta la forma exterior del casco. Es el más indicado. Una vez desmoldado la superficie exterior de la embarcación esta prácticamente lisa y terminada, a falta corregir pequeñas imperfecciones. Otra ventaja de este tipo de moldes es la de permitir un control total de las dimensiones de la pieza, algo que en los moldes machos resulta muy complicado durante la laminación. Sin embargo, también presentan 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Otro detalle a tener en cuenta es la posibilidad de realizar un molde valido 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 un el empleo de un molde hembra de usar y tirar. La elección del molde hembra se debe a las razones anteriormente expresadas: excelentes terminación exterior de la pieza y un más sencillo control dimensional.

Durante todo este proyecto, un factor que se ha intentado mantener es la de conseguir un producto comercialmente atractivo. Esto implica ofrecer una embarcación de calidad a un precio razonable. Por esta razón un molde de usar y tirar de bajo presupuesto parece la opción más acertada. Además, puesto que la carena que se ha pretendido obtener esta destinada a una embarcación rápida y con capacidad para el planeo, se le ha dotado de formas rectas que permiten la construcción rápida, sencilla y económica 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 se 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 comenzar a 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 acompañando a algún 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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 especial 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 de 0,2 a 0,5 milímetros. Para conseguir el espesor deseado, se aplicaran tantas capas como fuese necesario, esperando a que se solidifique cada capa antes de aplicar 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 de tejido, realizando un solape que garantice suficientemente la unión.

Pueden aplicarse de forma consecutivas 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 efecto puede 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 interior, siendo posible aplicar tratamientos estéticos tales como pintado o aplicación de resinas de terminación según esa zona quede visible o no.

Una vez finalizada la laminación 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

En cascos pequeños, puede intentarse dando la vuelta al molde, de manera que la pieza 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 el casco sobre una “cama” de construcción con sus formas para proceder a la terminación superficial y montaje del resto de los elementos.

Aunque no se ha mencionado, 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 la reglamentación LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING correspondiente al año 1978.

En particular, esta normativa, en el punto 4.2, establece las características mecánicas del material conseguido tras la laminación y sobre las cuales se han elaborado el conjunto de reglas que la forman.

Estas características mecánicas se recogen en el siguiente cuadro:

	N/mm ²	Kgf/mm ²
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 ²	

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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 escantillonado, que no es más que la media aritmética de la eslora de flotación L_{WL} la eslora total L_{OA} , en metros.

$$L = (L_{WL} + L_{OA}) / 2 \quad (\text{metros})$$

También es imprescindible conocer el valor del coeficiente $V/(L_{WL})^{1/2}$ donde V representa la velocidad máxima (en nudos) que puede alcanzar la embarcación.

El reglamento de la LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING establece en su normativa, punto 4.1.2, la imposibilidad de aplicar el mismo en los siguientes casos:

1. La velocidad exceda de 35 nudos.
2. El coeficiente $V/(L_{WL})^{1/2}$ exceda de 10,8.
3. El desplazamiento de una embarcación cuyo coeficiente $V/(L_{WL})^{1/2}$ de 3,6 o mayor, exceda de 0,094 ($L^2 - 15,8$) toneladas.
4. La eslora de escantillonado exceda de 30 m.

7.4 Aplicación de las Reglas de LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING:

7.4.1 Restricciones normativa LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING:

A continuación se recogen los resultados de aplicar dicha normativa, comenzando por la comprobación de los cuatro supuestos anteriores y que garantizan el uso correcto de los cálculos.

1. Velocidad máxima menor que 35 nudos.

En este proyecto la embarcación alcanza los 26 nudos, por lo cual, **cumple** esta restricción

2. El coeficiente $V/(L_{wl})^{1/2}$ no exceda de 10,8.

Con una velocidad máxima de 26 nudos y una eslora de flotación de 11,72 metros se deduce:

$$L = (L_{oa} + L_{wl}) / 2 = (14 + 11,72) / 2 = \mathbf{12,86 \text{ metros}}$$

Se obtiene un coeficiente de: $V/(L_{wl})^{1/2} = 7,25$ que es menor que 10,8.
Por lo cuál, cumple la segunda restricción.

3. El desplazamiento de la embarcación con un coeficiente $V/(Lwl)^{1/2}$ de 3,6 o mayor, no exceda de 0,094 ($L^2 - 15,8$) toneladas.

El coeficiente $V/(Lwl)^{1/2}$ de esta embarcación es de 7,25 y el desplazamiento aproximado de esta embarcación es de 11.029 kg.

Por lo tanto:

$$0,094 (L^2 - 15,8) = 0,094 (12,86^2 - 15,8) = 14,06 \text{ Tn.}$$

En consecuencia, la embarcación al tener un Desplazamiento próximo a 11.1 Tn, **cumple** esta restricción.

4. Eslora de escantillonado menor que 30 metros.

La eslora de escantillonado de la embarcación es de 12,86 metros, luego **cumple** esta restricción.

7.4.2 Espesor del laminado

Aplicando lo recogido en los puntos 4.2.2 y 4.2.3 de la normativa LLOY'S, tenemos que el espesor de una determinada capa de laminado depende de la cantidad de resina que absorbe la fibra empleada:

$$\text{Espesor de una capa de fibra (t)} = (w/3072) * [(2.56/Gc) - 1.36] \text{ (mm.)}$$

Donde: w es el peso de la capa de refuerzo.

Gc es la fibra contenida en la capa.

Este proyecto se realizará alternando tejido Chopped stram mat (CDM) y Woven roving (WR) los cuales tienen un contenido de fibra en una capa de laminado de:

0,34 % para chopped stram mat y,
0,50 % para Woven roving.

Estos tejidos se presentan en múltiples formatos, dependiendo del peso de refuerzo por metro cuadrado. En este proyecto se usará los que aparecen en la siguiente tabla, a los cuales se les ha calculado el espesor según la normativa aplicable.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

TIPO F.V	W (gr/mm ²)	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 una moldura simple o inicialmente moldeado como dos mitades unidas.

La parte exterior del casco tiene que tener una capa de gel-coat.

Donde los cambios de la forma del casco ocurren, como los del límite del espejo de popa o pantoque, el refuerzo será llevado durante y después de la articulación.

El casco será localmente incrementado en grosor para la colocación de la mecha del timón, soporte de la hélice, etc.

El incremento del peso del laminado tiene que ser gradualmente reducido al peso normal del laminado y los filos expuestos a cualquier abertura en el laminado del casco, serán sellados con resina.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguirá tres partes principales que se diferenciarán por su espesor.

Estas tres partes son:

- ◇ SIDE o “costado”, que comprende la superficie delimitada por la línea de unión costado-cubierta y por una línea 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.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

De la tabla 2.5.1 de la normativa LLOYD'S se obtiene el peso del laminado necesario para el casco.

En función de las divisiones mencionadas anteriormente y para un valor de $L = 12,86$ m, y $V/(L_{WL})^{1/2} = 7,25$ obtenemos por interpolación en la tabla 2.5.1 los siguientes datos:

ESLORA (m)	PESO DEL LAMINADO DEL CASCO (gr/m ²)					
	$V/(L_{WL})^{1/2} = 7,2$		$V/(L_{WL})^{1/2} = 8,37$		$V/(L_{WL})^{1/2} = 9$	
	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO
12	5000	3200	5260	3362	5400	3450
12,86	5265,5	3399,5				
14	5450	3550	5742	3683	5900	3750

Peso del LAMINADO EN FONDO = 5265,5 gr/m² ~ 5266 gr/m²

Peso del LAMINADO DEL COSTADO = 3399,5 gr/m² ~ 3400 gr/m².

Laminado del BOTTON o fondo

El peso del laminado del fondo (calculado anteriormente) es:

Peso del LAMINADO DEL FONDO = 5266 gr/m².

Este peso, al igual que el resto de los pesos para las demás zonas del casco, tiene que ser corregido multiplicándolo por el factor de corrección Kw según el punto de la normativa 4.3.4, sección b), donde:

$$K_w = (2,8 * G_c) + 0,16$$

Este Gc es el contenido de fibra en el conjunto del laminado;

$$G_c = 2.56 / (3072 * T/W) + 1,36$$

Siendo: T, el espesor total del laminado.

W, peso total del laminado.

En la siguiente tabla, se recoge un posible laminado para conseguir un peso igual o mayor que el hallado en la tabla 2.5.1 de la normativa LLOYD'S.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

LAMINADO DEL FONDO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
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	450	0,55
TEJIDO	300	0,60
MAT	450	0,55
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,6
N° Capas	15	Espesor total
Peso Laminado	7900	12

Gc (Laminado)	0,4248
Kw	1,3494
Peso inicial	5266

Pesos en gr/m².
Espesores en mm.

Peso Laminado (CORREGIDO)	7105,9
----------------------------------	---------------

Espesor del laminado en el fondo: 12 mm.

Con este laminado se obtiene un peso de laminado de 7900 gr/m² que supera el peso corregido; 7105,9 gr/m² con lo que este laminado es acceptable para satisfacer el peso del laminado corregido exigido por la normativa aplicable en la tabla 2.5.1

Laminado del “side” o costado

En la siguiente tabla se recoge un posible laminado para conseguir un peso de laminado igual o superior al obtenido en la tabla 2.5.1 de la normativa LLOYD’S. Al igual que en el caso del laminado del fondo, también se ha aplicado la corrección.

LAMINADO DEL COSTADO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	450	0,55
TEJIDO	300	0,60
MAT	450	0,55
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	11	Espesor total
Peso Laminado	5300	8,00

Gc (Laminado)	0,4269
Kw	1,3553
Peso inicial	3400

Pesos en gr/m²
Espesores en mm.

Peso Laminado (CORREGIDO)	4608,1
----------------------------------	---------------

Espesor del laminado de costado: 8 mm.

Con este laminado se obtiene un peso de laminado de 5300 kg/m² que supera al peso corregido que es de 4608,1 kg/m² con lo que este laminado es **acceptable** para satisfacer el peso de laminado corregido exigido por la normativa aplicable en la tabla 2.5.1

Laminado del “Keel” o quilla.

La obtención del peso del laminado en esta zona se realiza según lo recogido en el apartado 5.2.3 de la normativa LLOYD’S.

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 $V / (L_{WL})^{1/2}$ 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.

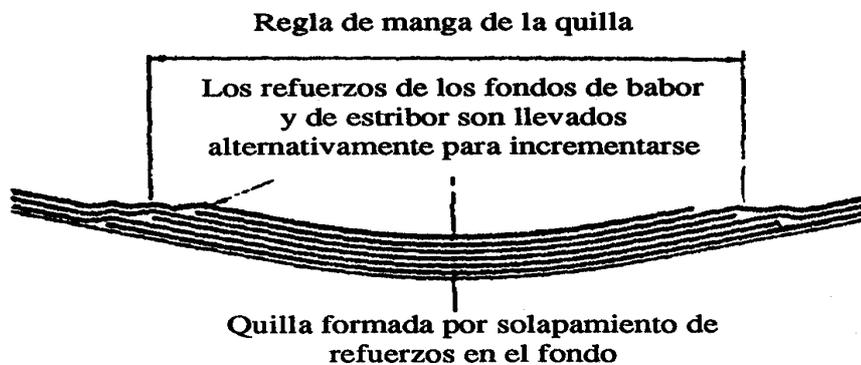
Eslora (L)	$V / (L_{WL})^{1/2} \leq 3,6$
	FONDO
12	3900
12,86	4099,5
14	4250

Interpolando, obtenemos un valor de 4100 gr/m², al cual, habrá que incrementarle un 50 %.

- Peso mínimo de la zona de quilla: $4100 * 1,5 = 6150$ gr/m².
- Anchura de la zona de quilla: $(25 * 12,86) + 300 = 621,5$ mm.

De tal manera, el peso requerido en la zona de quilla es de 6150 gr/m² y el del fondo es de 7900 gr/m², por lo que, al ser el peso de la quilla inferior al peso del fondo, no se tendrá que realizar un laminado de zona de quilla. Es decir, laminando el fondo superponiendo capas en la zona de crujía con un solape igual a la anchura de la zona de quilla, según normativa aplicable (ver siguiente figura), se obtendrá un sobre espesor suficiente para esta zona del casco.

Espesor del laminado de la quilla: 24 mm.



7.4.4 Laminado de refuerzos longitudinales del casco

Para el cálculo de los refuerzos longitudinales del casco, la normativa 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 de dicha normativa, aparece el módulo resistente para los longitudinales en función de la eslora y el coeficiente $V/(L_{WL})^{1/2}$.

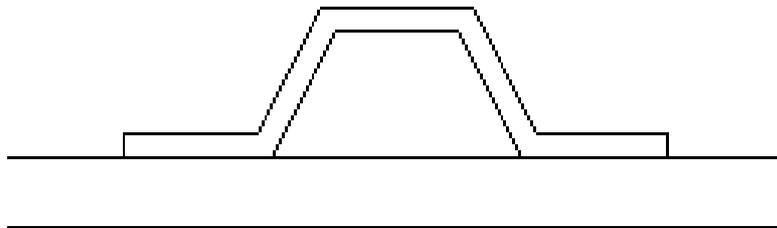
ESLORA (m)	MÓDULO RESISTENTE DE LONGITUDINALES (cm ³)					
	$V/(L_{WL})^{1/2} = 7,2$		$V/(L_{WL})^{1/2} = 8,37$		$V/(L_{WL})^{1/2} = 9,0$	
	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO
12	150	120	166,25	133	175	140
12,86	161,4	128,55				
14	170	135	189,5	148	200	155

El módulo resistente obtenido en la tabla para los longitudinales del fondo y costados, son:

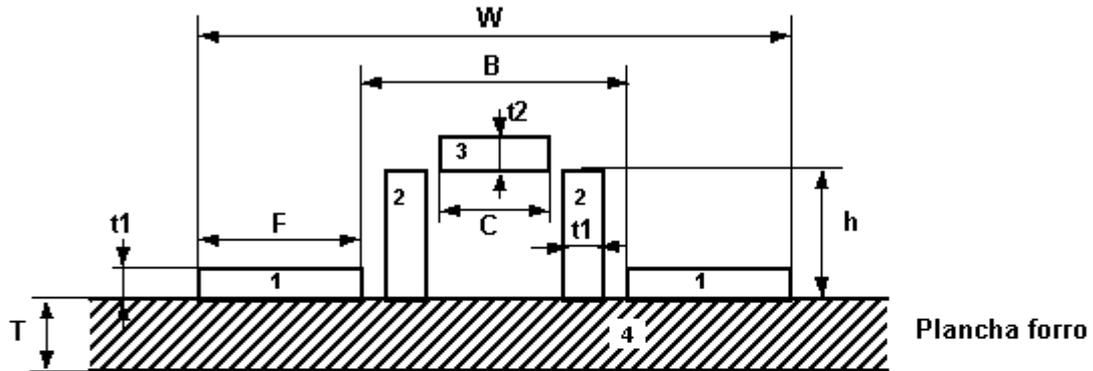
Módulo resistente longitudinales del fondo: 161,4 cm³ ~ **161 cm³**.

Módulo resistente longitudinales del costado: 128,55 cm³ ~ **129 cm³**.

Considerando una geometría del refuerzo según la siguiente figura, por descomposición del mismo en conjunto de paralelogramos se puede calcular su módulo resistente (en función de unas dimensiones iniciales), para comprobar si realmente alcanza el módulo requerido por la normativa.



La descomposición del paralelogramo se realiza de la siguiente manera:



Haciendo uso de una hoja de cálculo, se puede obtener el módulo resistente para estos refuerzos.

Los datos de partida son:

- Módulo resistente obtenido en la tabla 2.6.3
- Dimensiones iniciales.
- G_c del laminado de la zona a reforzar.
- Espesor de la zona a reforzar.

El módulo obtenido en la tabla 2.6.3 ha de ser corregido según el punto 4.3.5, sección b) de la normativa que se aplica, multiplicándolo por el factor de corrección K_z .

$$K_z = 1 / (15 * G_c^2 - (6 * G_c) + 1,45).$$

Longitudinales del fondo

DIMENSIONES (mm.)	
T	12
t1	10
t2	10
C	90
h	80
W	300
F	100

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

ELEMENTO	AREA (mm ²)	Yg (mm)	A*Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	I (mm ⁴)
1	2000	17	34000	16666,67	594666,67
2	1600	52	83200	853333,33	5179733,33
3	900	97	87300	7500,00	8475600,00
4	3600	6	21600	43200,00	172800,00
TOTAL	8100		226100		14422800,00

Yg (neutra)	27,91 mm.
Y máxima	74,09 mm
In (L. neutra)	811871539,51 mm ⁴
Módulo resistente Real	1094,5354 mm³
Gc (fondo)	0,4248
Kz	0,6219

MÓDULO COREGIDO	105718,577 mm³
------------------------	----------------------------------

Con las condiciones establecidas anteriormente se obtiene un módulo resistente de 109487,5354 mm³ que al ser mayor que el módulo corregido (105718,577 mm³) se aceptan las medidas establecidas para el refuerzo longitudinal del fondo, ya que proporciona un módulo resistente superior al módulo resistente corregido. Por tanto, un refuerzo con estas dimensiones es **acceptable**.

Otro aspecto importante referente a los refuerzos, es la necesidad de dejar un sobrante a los lados del núcleo a la hora de laminar, que nos garantizará una correcta adhesión al laminado del forro. El ancho de este sobrante o solape viene establecido en el punto 6.1.4 de la normativa, y tiene un valor de 25mm + 12 mm. por cada 600 gr/m².

$$F = 25 + 12 (7900/600) = 183 \text{ mm.}$$

En cualquier caso, nunca será menor de 50 mm.

Longitudinales de costado.

DIMENSIONES (mm.)	
T	8
t1	8
t2	8
C	90
h	80
W	300
F	100

ELEMENTO	AREA (mm ²)	Yg (mm)	A*Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	I (mm ⁴)
1	1600	12	19200	8533,33	238933,33
2	1280	48	61440	682666,67	3631786,67
3	720	92	66240	3840,00	6097920,00
4	2400	4	9600	12800,00	51200,00
TOTAL	6000		156480		10019840,00

Yg (neutra)	26,08 mm.
Y máxima	69,92 mm.
In (L. neutra)	5938841,60 mm ⁴
Módulo resistente Real	84937,6659 mm ³
Gc (costado)	0,4269
Kz	0,6165

MÓDULO COREGIDO	83224,0179 mm³
------------------------	----------------------------------

Con las dimensiones establecidas anteriormente se obtiene un módulo resistente de 84937,6659 mm³, que al ser mayor que el módulo corregido (83224,0179 mm³) son aceptables las medidas para el refuerzo longitudinal de costado, ya que da un módulo resistente superior al módulo resistente corregido. Por tanto el refuerzo es **acceptable**.

Se debe tener en cuenta la separación entre refuerzos, que se puede establecer según el criterio del proyectista, o utilizando la tabla 2.6.3 de la normativa, que da una idea de la separación o “clara” entre refuerzos.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

ESLORA (m)	ESPACIADO BÁSICO (mm.)
12	410
12,86	415,7
14	420

Luego, el **espaciado básico entre refuerzos** es: 415,7 mm. ~ **416 mm.**

A continuación se muestra un laminado apto para el refuerzo longitudinal de fondo y de costado, el primero tiene un espesor de 11 mm. y el segundo un espesor de 9 mm.

Laminado longitudinal de fondo:

Laminado longitudinal costado:

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL FONDO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
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	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	15	Espesor total
Peso Laminado	6700	10,7

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	500	0,61
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	0,61
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	500	0,61
MAT	300	0,60
Nº Capas	11	Espesor total
Peso Laminado	5300	8,13

Espesor laminado longitudinal fondo: 11 mm.

Espesor laminado longitudinal costado: 9 mm.

7.4.5. Laminado de cubierta.

Aunque lo habitual es que la cubierta de este tipo de embarcaciones tenga una construcción tipo “sándwich”, en este caso se procederá al escantillonado para la construcción de la misma en laminado monolítico.

La metodología para el cálculo del laminado de la superficie y de sus refuerzos, es la misma a seguir que la que se ha llevado a cabo para el casco.

El peso por metro cuadrado del laminado necesario viene recogido en la tabla 2.7.1 de la normativa:

ESLORA (m)	ESPACIADO BÁSICO (mm.)	PESO CUBIERTA (gr/m ²)
12	410	2150
12,86	415,7	2207
14	420	2250

Por tanto el peso del laminado en cubierta será: **2207 gr/m²**.

Este peso, como con el resto de los pesos para las demás zonas del casco, tiene que ser corregido, multiplicándolo por el factor de corrección Kw, según el punto de la normativa 4.3.4, sección b), donde:

$$Kw = (2,8 * Gc) + 0,16$$

En la siguiente tabla, se recoge un posible laminado para conseguir un peso de laminado igual o mayor que el hallado en la tabla 2.7.1 de la normativa LLOYD'S.

LAMINADO DE CUBIERTA		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
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
Nº Capas	7	Espesor total
Peso Laminado	3050	4,97

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Gc (Laminado)	0,4021
Kw	1,2860
Peso inicial	2207

Peso Laminado (CORREGIDO)	2838,2
---------------------------	--------

Espesor del laminado en cubierta: 5 mm.

Con este laminado se obtiene un peso de laminado de 3050 gr/m² que supera al peso corregido (2838,2 gr/m²), por tanto consideramos este laminado en cubierta como **acceptable**.

Laminado de refuerzos longitudinales de cubierta (Esloras).

Para dotar de mayor resistencia a la cubierta y por extensión al resto del casco, se dispondrá de una serie de refuerzos longitudinales en cubierta, denominados, esloras.

El módulo mínimo necesario de estos refuerzos se recogen en la tabla 2.7.3 de la normativa, en la cual, hemos considerado un valor de panel no soportado de 1,8 metros.

ESLORA (m)	Longitud de eslora 1,8 m
	Módulo (cm ³)
12	75
12,86	77,28
14	79

Por tanto el módulo resistente de eslora es: 77,28 cm³ ~ **77 cm³**

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

El módulo obtenido debe ser corregido según el punto 4.3.5, sección 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:

DIMENSIONES (m)	
T	5
t1	9
t2	9
C	100
h	50
W	500
F	100

ELEMENTO	AREA (mm ²)	Yg (mm)	A*Yg (mm ³)	Ip (mm ⁴)	I (mm ⁴)
1	1800	9,5	17100	12150,00	174600,00
2	900	30	27000	187500,00	997500,00
3	900	59,5	53550	6075,00	3192300,00
4	2500	2,5	6250	5208,33	20833,33
TOTAL	6100		103900		4385233,33

Yg (neutra)	17,03 mm.
Y máxima	46,97 mm
In (L. neutra)	2615526,78 mm ⁴
Módulo resistente Real	55688,35369 mm ³
Gc (cubierta)	0,4021
Kz	0,6836

MÓDULO COREGIDO	51950,0287 mm³
------------------------	----------------------------------

Las dimensiones establecidas proporcionan un módulo resistente de 55688,3536 mm³, el cuál es superior al módulo corregido establecido por la normativa (51950,0287 mm³). Por tanto, consideramos la morfología del refuerzo como **acceptable**.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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

LAMINADO ESLORAS		
Capa	gr/m ² (capa)	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
Nº Capas	11	Espesor total
Peso Laminado	6000	9,03

Espesor laminado de esloras: 9 mm.

Espesor laminado de baos: 4 mm.

7.4.8 Laminado de mamparos transversales.

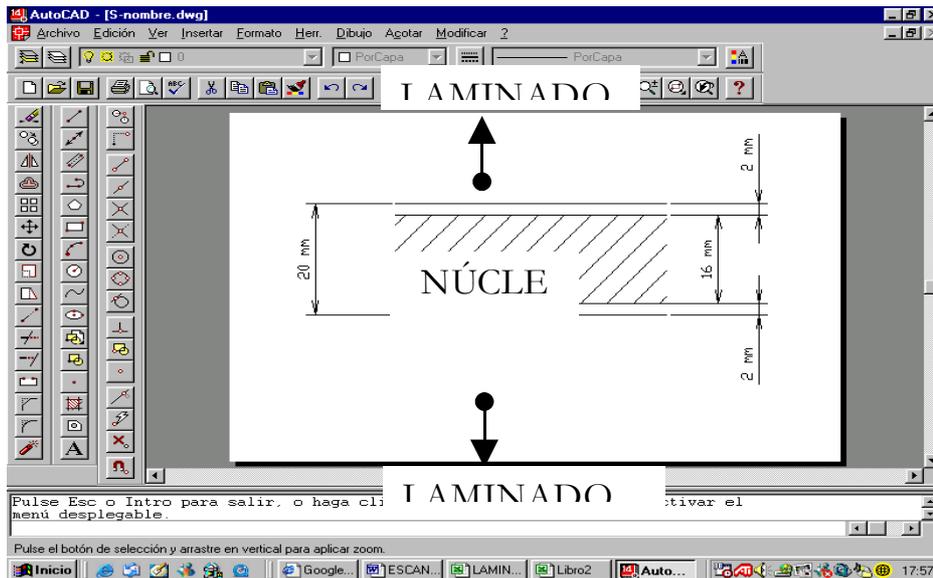
Los mamparos transversales se fabricarán con un laminado tipo “sándwich”, que consta de dos laminados monolíticos y un núcleo intermedio. Este núcleo puede ser de varios materiales, como; madera marina, madera de balsa, honey corn o panel de abeja, PVC (Policloruro de vinilo), etc...

En este caso, se utilizará para el núcleo el PVC que proporciona un módulo resistente apto, así como bajo peso. Densidad = 96 Kg/m³.

El espesor de los mamparos será de 20 mm.; 16 mm. para el núcleo y 2 + 2 mm. para el laminado monolítico.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Se puede ver en la siguiente figura:



En la siguiente tabla aparece un laminado apto para la fabricación de las capas de laminado que constituyen el “sándwich”:

LAMINADO SANDWICH		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	800	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	300	0,60
Nº Capas	3	Espesor total
Peso Laminado	1900	2,6

Espesor del laminado: 3 mm.

8. Cálculo del Desplazamiento y centro de gravedad.

8.1 Peso del casco.

En previsión de un posterior estudio de pesos para comprobar la estabilidad de la embarcación, es necesario conocer el peso y la posición del c.d.g. del casco, 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 7: Escantillonado.

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.

$$\text{Peso del casco} = \text{Superficie} \times \text{Peso por unidad de superficie}$$

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 informático 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 informático son los siguientes:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	52,31	7,116	1,698
Fondo	39,90	5,781	0,426
Codillo	4,94	6,421	0,717
Total	97,16	6,532	1,126

Debemos de tener en cuenta, que el fondo comprende, desde la línea de crujía hasta una línea trazada paralela a la flotación 150 milímetros sobre la misma.

Con lo cuál, el codillo se encuentra dentro de la superficie del fondo y por ese motivo, los datos anteriores varían de la manera siguiente:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	52,31	7,116	1,698
Fondo/Codillo	44,84	5,852	0,458
Total	97,16	6,532	1,126

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Además de las zonas anteriormente expuestas hay que tener en cuenta también la zona de quilla y de 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 el capítulo anteriormente dicho y tiene un valor de 607,25 milímetros que, multiplicado por la eslora de quilla, que comprende desde el espejo de popa hasta el punto alto de la roda, se obtiene la superficie de quilla más roda.

Por lo tanto los datos de esta superficie son:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Quilla/Roda	7,55	4,36	0,417

Hasta aquí, ya se puede conocer unos datos importantes; el área total y la posición del c.d.g de cada zona del casco “desnudo” (sin refuerzos). Estos datos se reflejan en la siguiente tabla:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	52,31	7,116	1,698
Fondo/Codillo	44,84	5,852	0,458
Quilla/Roda	7,55	4,36	0,417

Conociendo entonces, el peso del laminado por metro cuadrado y multiplicándolo por la superficie, obtendremos el peso de cada zona, así, como el peso total del casco “desnudo”.

Además, hemos de tener en cuenta el peso de la resina que absorbe la fibra durante su curado, el cual viene dado por el coeficiente Gc.

PESO DEL CASCO "DESNUDO" (sin estructura resistente)								
Zona	Superficie (m ²)	Peso laminado (Kg./m ²)	Gc	Peso total (Kg.)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Costados	52,31	5,300	0,4248	652,644	7,116	4644,21	1,698	1096,442
Fondo/Codillo	44,84	7,900	0,4248	833,888	5,852	4879,92	0,458	381,921
Quilla/Roda	7,55	7,900	0,4248	140,407	4,36	612,174	0,417	58,549
TOTAL				1626,94	6,465		1,095	

PESO DEL CASCO = 1626,94 Kg.

LCG = 6,465 m.

KCG = 1,095 m.

8.2. Peso de la cubierta.

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

- Cubierta Principal
- Pasillos laterales
- Cubierta de la Bañera
- Cubierta puesto de gobierno
- Cubierta de Habilitación

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 LA CUBIERTA								
Zona	Superficie (m²)	Peso laminado (Kg./m²)	Gc	Peso total (Kg.)	LCG (m)	Mto. LCG	KCG (m)	Mto. KCG
Cbta. Pral.+Pasillos	24.77	3.050	0.4021	187.88	9.3	1747.284	3.04	571.155
Cubierta bañera	16.58	3.050	0.4021	125.76	2.478	311.633	1.938	243.723
Cubierta p. Gobierno	7.86	3.050	0.4021	59.62	5.74	342.219	2.208	131.641
Cubierta habilitación	12.44	3.050	0.4021	94.36	7.86	741.669	0.54	50.954
TOTAL				467.62	6.721		2.133	

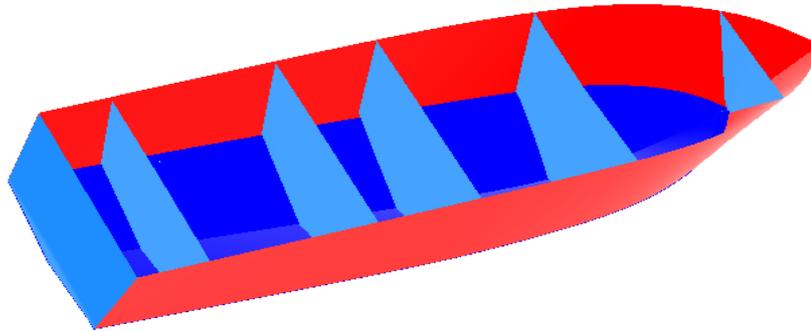
8.3. Peso de los mamparos transversales.

Mediante el programa informático 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. En éste apartado se incluye el espejo de popa.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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 en núcleo de PVC (densidad: 96 kg/m³) y 2 + 2 mm. para las capas monolíticas.

Así, el peso de los mamparos es el siguiente:

PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES											
MAMPARO	Superficie (m ²)	Espesor PVC (m)	Densidad PVC (Kg/m ³)	Peso PVC (Kg)	Peso laminado (Kg/m ²)	Gc	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Pique de proa	2,074	0,016	96,000	3,156	1,900	0,402	12,998	12,599	163,762	2,208	28,699
Cam. proa	8,381	0,016	96,000	12,873	1,900	0,402	52,485	9,351	490,787	1,595	83,714
Cam. popa	8,719	0,016	96,000	13,392	1,900	0,402	54,602	6,608	360,081	1,551	84,688
CC.MM proa	6,449	0,016	96,000	9,905	1,900	0,402	40,386	4,760	192,237	1,529	61,751
CC.MM popa	6,110	0,016	96,00	9,385	1,900	0,402	38,263	1,648	63,057	1,401	53,606
Espejo popa	6,907	-	-	-	1,900	0,402	43,253	0,170	7,353	1,405	60,770
TOTAL							244,987	5,186		1,539	

PESO DE LOS MAMPAROS TRANVERSALES = 244,987 Kg.

LCG = 5,186 m.

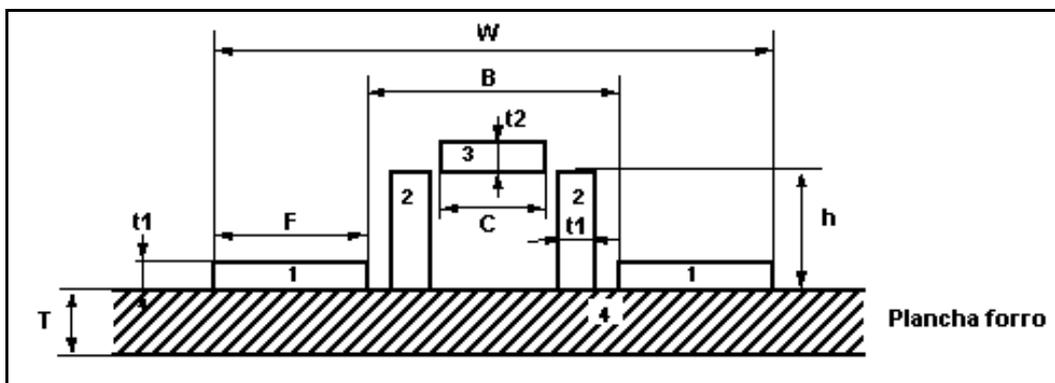
KCG = 1,539 m.

8.4. Peso de los refuerzos.

Partiendo de la geometría de refuerzo utilizada, “sombbrero de copa”, se procederá a calcular la anchura del laminado en función de las medidas del núcleo en un corte transversal.

Posteriormente, se multiplicará por la longitud del mismo para conocer así la superficie laminada que supone el refuerzo. Una vez conocida esta, basta con seguir el mismo procedimiento usado anteriormente.

Para el cálculo del peso y la posición del centro de gravedad de estos, tenemos que tener en cuenta que el centro de gravedad de los refuerzos coincide con el centro de gravedad de cada zona, ya que estos están repartidos de forma uniforme en cada una de estas zonas.



Longitudinales del fondo

Dimensiones del refuerzo:

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	10
t2	10
C	90
h	80
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T_2 + h - T_1) = 450 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$6,7 \text{ kg/m}^2 * 0,45 \text{ m} = 3,015 \text{ kg/m.}$$

Longitudinales de costado

Dimensiones del refuerzo:

DIMENSIONES (mm.)	
T	8
t1	8
t2	8
C	90
h	80
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 450 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$5.3 \text{ kg/m}^2 * 0,45 \text{ m} = 2,385 \text{ kg/m.}$$

Esloras

Dimensiones:

DIMENSIONES (m)	
T	5
t1	9
t2	9
C	100
h	50
W	500
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 400 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$6,0 \text{ kg/m}^2 * 0,4 \text{ m} = 2,4 \text{ kg/m.}$$

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

El peso total de los refuerzos, se resumen en la siguiente tabla:

REFUERZOS	Superficie total (m ²)	Peso laminado (Kg/m ²)	Gc	Peso total (Kg)
Long. Fondo	33,92	6,70	0,4248	534,990
Long. Costado	48,03	5,30	0,4269	596,296
Esloras	55,35	6,00	0,4021	825,914
TOTAL				1957,2

Por tanto, el peso total y centro de gravedad de los refuerzos estructurales del casco son:

PESO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES DEL CASCO					
REFUERZOS	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Long. Fondo	534,990	5,851	3130,226	0,426	227,906
Long. Costado	596,296	7,116	4243,242	1,698	1012,511
Esloras	825,914	6,721	5550,968	2,133	1761,675
TOTAL	1957,2	6,861		1,791	

PESO DE REFUERZOS ESTRUCTURALES = 1957,2 Kg.

LCG = 6,861 m.

KCG = 1,791 m.

8.5. Tabla de pesos y centro de gravedad de la embarcación.

En la siguiente tabla se recogen de forma rigurosa los pesos y centros de gravedad de todos aquellos elementos que forman parte de la embarcación. Se ha llevado a cabo de forma minuciosa tomando los pesos de diversos catálogos así como la posición exacta de sus centros de gravedad.

En la tabla aparecen las condiciones de carga más representativas, son: “rosca”, “salida de puerto a plena carga” y “llegada a puerto al 10% de consumos”.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Cálculo de PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD de la embarcación							
Pique de proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Ancla principal	19,000	0,000	13,838	3,071	0,000	269,922	58,349
Cadena + estacha	40,000	0,000	12,941	2,746	0,000	517,640	109,84
Molinete	20,000	0,000	13,071	3,095	0,000	261,420	61,900
Camarote Proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Cama	50,000	0,000	11,843	1,594	0,000	592,150	79,700
Armarios	45,000	0,000	10,204	1,992	0,000	459,180	89,640
Accesorios	20,000	0,000	10,502	2,057	0,000	210,040	41,140
Cocina	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Nevera-congelador	30,000	-0,674	7,088	1,241	-20,220	212,640	37,230
Cocina eléctrica	5,000	-1,493	7,644	1,400	-7,465	38,220	7,000
Fregadero	5,000	-1,253	7,855	1,378	-6,265	39,275	6,890
Encimera/Muebles cocina	45,000	-1,475	7,597	1,314	-66,375	341,865	59,130
Cuarto de baño	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Mamparo baño proa	20,000	-0,495	9,082	1,833	-9,900	181,640	36,660
Mamparo baño popa	18,000	-0,495	8,352	1,833	-8,910	150,336	32,994
Mamparo baño longitudinal	15,000	-0,862	8,689	1,833	-12,930	130,335	27,495
Suelo	6,000	-0,918	9,161	0,538	-5,508	54,966	3,228
Cabina ducha	45,000	-0,496	8,717	1,400	-22,320	392,265	63,000
Módulo Inodoro	20,000	-1,466	8,732	0,862	-29,320	174,640	17,240
Módulo lavabo	15,000	-1,420	9,679	1,185	-21,300	145,185	17,750
Mesa de navegación	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Asiento	20,000	0,108	7,307	0,874	2,160	146,140	17,480
Mueble mesa/archibador	50,000	1,511	7,307	1,221	75,550	365,350	61,050
Equipo Hi-Fi	3,000	1,292	7,646	1,807	3,876	22,938	5,421
Salón	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Sofá madera + Tambucho	80,000	1,166	8,864	1,137	93,280	709,120	90,960
Mesa con soporte telescópico	22,000	1,115	8,879	1,003	24,530	195,338	22,066
Escalera	15,000	0,000	7,118	1,088	0,000	106,770	16,320
Camarote de popa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Cama a proa	30,000	-0,659	6,408	0,955	-19,770	192,240	28,650
Cama a popa	30,000	-0,659	5,073	0,955	-19,770	152,190	28,650
Armario	45,000	1,437	5,387	1,346	64,665	242,415	60,570
Accesorios	20,000	1,682	6,611	1,713	33,640	132,220	34,260
Mesita	15,000	-1,381	5,743	0,915	-20,715	86,145	13,725
Camara Maquinas	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Motor Er	750,000	-0,836	3,446	0,862	-627,000	2584,400	646,500
Motor Br	750,000	0,836	3,446	0,862	627,000	2584,400	646,500
Baterías	100,000	0,807	2,294	0,646	80,700	229,400	6,460
Eje/Hélice/Timón Er	160,000	-0,836	1,825	0,215	-133,760	292,000	34,400

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Eje/Hélice/Timón Br	160,000	0,836	1,825	0,215	133,760	292,000	34,400
Tanque combustible Er	70,000	-1,702	3,812	0,862	-119,140	266,840	60,340
Tanque combustible Br	70,000	1,702	3,812	0,862	119,140	266,840	60,340
Aislamiento mamparo proa	2,000	0,000	4,697	1,179	0,000	9,394	2,358
Aislamiento mamparo popa	2,000	0,000	1,566	1,144	0,000	3,112	2,288
Aislamiento costados	4,000	0,000	3,130	1,087	0,000	12,520	4,348
A. techo cámara máquinas	3,000	0,000	3,130	1,831	0,000	9,390	5,493
Puesto de gobierno	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Panel instrumentos	50,000	-0,969	6,435	2,854	-48,450	321,75	142,700
Asiento gobierno	40,000	-0,928	5,573	2,530	-37,120	222,920	101,200
Asiento/tambuchos Br	80,000	0,622	5,264	2,530	49,760	421,120	202,400
Tambucho Br	30,000	0,646	4,965	2,477	19,380	148,950	74,310
Tambucho Er	50,000	-1,369	4,769	2,477	-68,450	238,450	123,850
Parabrisa	200,000	0,000	7,481	3,769	0,000	1496,200	753,800
Mam. acceso habilitación	20,106	0,000	6,004	2,510	0,000	120,716	50,466
Cubierta puesto gobierno	59,62	0,000	5,740	2,208	0,000	342,219	131,641
Cubierta	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Pasa manos	40,000	0,000	7,830	3,769	0,000	313,200	150,760
Elementos de amarre	10,000	0,000	7,000	3,015	0,000	70,000	30,150
Luces de navegación	6,000	0,000	6,460	3,015	0,000	38,760	18,090
Esc. ventilación cam. proa	7,000	0,000	12,863	3,037	0,000	90,041	21,259
Esc. ventilación salón	7,000	0,000	9,669	3,037	0,000	67,683	21,259
Esc. ventilación baño	5,000	-1,283	9,082	2,844	-6,415	45,410	14,220
Colchoneta solárium+Tarima	30,000	0,270	2,490	1,940	8,100	74,700	58,200
Cubierta Bañera	125,760	0,000	2,478	1,938	0,000	311,633	243,723
Estructura y otros	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Casco	1626,940	0,000	6,465	1,095	0,000	10518,167	1781,499
Cubierta principal	187,880	0,000	9,300	3,040	0,000	1747,284	571,155
Cubierta habilitación	94,360	0,000	7,860	0,540	0,000	741,669	50,954
Longitudinales fondo	534,990	0,000	5,851	0,426	0,000	3130,226	227,906
Longitudinales costado	596,296	0,000	7,116	1,698	0,000	4243,242	1012,511
Longitudinales cubierta	825,914	0,000	6,721	2,133	0,000	5550,968	1761,675
Mamparo pique proa	12,998	0,000	12,599	2,208	0,000	163,762	28,699
Mamparo camarote proa	52,485	0,000	9,351	1,595	0,000	490,787	83,714
Mamparo camarote popa	54,602	0,000	6,608	1,551	0,000	360,081	84,688
Mamparo proa cámara máquinas	40,386	0,000	4,760	1,529	0,000	192,237	61,751
Mam. popa cámara máquinas	38,263	0,000	1,648	1,401	0,000	63,057	53,606
Espejo de Popa	43,253	0,000	0,170	1,405	0,000	7,353	60,770
Tanque agua potable	30,000	0,000	5,600	0,337	0,000	168,000	10,110
Tanque aguas residuales	30,000	0,000	8,352	0,307	0,000	250,560	9,210
Aumento 15% pesos bajos	428,550	0,000	10,536	1,400	0,000	4515,203	599,970
Aumento 8% pesos altos	215,385	0,000	6,740	1,308	0,000	1451,695	281,723
ROSCA	8391,788				24,438	49347,904	11449,644

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

LG en Rosca	0,003
XG en Rosca	5,880
KG en Rosca	1,364

Pesos a plena Carga	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Tanque combustible Br (400 litros)	340,000	1,702	3,812	0,862	578,680	1296,080	293,080
Tanque combustible Er (400 litros)	340,000	-1,702	3,812	0,862	-578,680	1296,080	293,080
Tanque agua potable (300 litros)	300,000	0,000	5,600	0,337	0,000	1680,000	101,100
Tanque aguas residuales	0,000	0,000	8,352	0,307	0,000	0,000	0,000
Tripulantes	300,000	0,000	2,154	2,530	0,000	646,200	759,000
Pertrechos	100,000	0,000	2,154	2,530	0,000	215,400	253,000
SALIDA PUERTO PLENA CARGA	9771,788				24,438	54481,664	13148,904
LG a Plena Carga	0,002						
XG a Plena Carga	5,575						
KG a Plena Carga	1,146						
Pesos 10% Consumo	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Tanque combustible Br (400 litros)	34,000	1,702	3,812	0,862	57,868	129,608	29,308
Tanque combustible Er (400 litros)	34,000	-1,702	3,812	0,862	-57,868	129,608	29,308
Tanque agua potable (300 litros)	30,000	0,000	5,600	0,337	0,000	168,000	10,110
Tanque agua residuales	30,000	0,000	8,352	0,307	0,000	250,560	9,210
Tripulantes	300,000	0,000	2,154	2,530	0,000	646,200	759,000
Pertrechos	10,000	0,000	2,154	2,530	0,000	21,540	25,300
LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO	8829,788				24,438	50693,42	12311,88
LG a 10% Consumo	0,002						
XG a 10% Consumo	5,741						
KG a 10% Consumo	1,394						

9. Predicción de potencia

9.1 Introducción.

Llegado a este punto, en el proceso de diseño de la embarcación, en el cual se dispone de bastantes datos relativos a la embarcación, se estudiará si el diseño es favorable desde el punto de vista del comportamiento de la embarcación durante la navegación en régimen de planeo. Es decir, se desarrollará un estudio de la resistencia al avance en planeo de la embarcación, y de esta manera conocer la potencia necesaria para satisfacer la velocidad requerida por el cliente.

9.2 Cálculo de la Resistencia en planeo (Método de Savitsky).

Uno de los factores determinante para que una embarcación alcance la condición de planeo y navegue correctamente en esta situación es el valor de la potencia instalada a bordo.

A partir de los datos obtenidos en capítulos anteriores, puede calcularse de forma aproximada esta potencia a través del método de "Savitsky".

En este método se calcula la potencia en función de la resistencia que opone el agua al avance de la embarcación. Es importante mencionar que con este método no se tiene en cuenta la resistencia de los apéndices. Este detalle, aunque no debe ser obviado, tiene mayor importancia en cascos en los que se dispongan varios de ellos como es el caso de veleros y otras embarcaciones. En el caso de motoras, como es el caso, la ausencia casi total de elementos que sobresalgan del casco disminuye sensiblemente el error.

El empleo del método de Savitsky está especialmente indicado para el cálculo de la resistencia al avance en embarcaciones que navegan en régimen de planeo. Por esta razón, los parámetros a utilizar en los cálculos varían en cuanto a dimensiones y parámetros de la embarcación cuando flota en reposo o navega en régimen de desplazamiento.

A continuación se describe detalladamente los pasos que se seguirán en el método de Savitsky computado:

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

1. Datos de partida:

M	Masa desplazada en kg
LCG	Distancia longitudinal desde popa al c.d.g en metros
VCG	Distancia vertical desde la línea base al c.d.g (KG)
b	Manga máxima entre pantoques en metros
ϵ	Inclinación del eje relativa a la línea base
B	Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y la sección en c.d.g.)
F	Distancia entre el eje y el c.d.g., en metros
V	Velocidad en m/s
φ	1025 kg/m ³

2. Calcular el Coeficiente de velocidad C_v :

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{(g \cdot b)}}$$

3. Calcular el Coeficiente de Sustentación utilizando la formula:

$$C_{L\beta} = \frac{m \cdot g}{(0.5 \cdot \varphi \cdot V^2 \cdot b^2)}$$

4. Computar el Coeficiente de Sustentación para fondos rectos C_{L_0} mediante ensayo y error (calcular el valor de C_{L_0} para obtener el valor de $C_{L\beta}$ obtenido en el punto 3).

$$C_{L\beta} = C_{L_0} - 0.0065 \cdot \beta \cdot C_{L_0}^{0.6}$$

Asumir un valor de ángulo de trimado, τ (por ejemplo 4°), llamado τ_1 .

5. Computar la relación de eslora mojada-manga, λ , utilizando la siguiente formula por ensayo y error (calcular λ para obtener el C_{L_0} obtenido en el punto 4).

$$C_{L_0} = \tau^{1.1} \cdot \left(0.012 \cdot \lambda^{0.5} + 0.0055 \cdot \frac{\lambda^{2.5}}{C_v^2} \right)$$

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

6. Calcular la eslora media mojada, L_m , y obtener el número de Reynolds (Rn) usando L_m .

$$\lambda = \frac{L_m}{b}$$

7. Calcular el coeficiente de fricción según fórmula de ITTC.

$$C_f = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

8. Hallar el incremento de λ debido al spray, $\Delta\lambda$ usando la gráfica 3 y obtener la resistencia por fricción R_f .

$$R_f = \frac{C_f \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot (L + \Delta\lambda) \cdot b^2}{\cos \beta}$$

9. Calcular el brazo de palanca ff para la R_f relativo al centro de gravedad, según la fórmula:

$$ff = VCG - \left(\frac{b}{4}\right) \cdot \tan \beta$$

10. Calcular la posición longitudinal del centro de presión L_{cp} (distancia medida desde el espejo de popa), utilizando la siguiente fórmula y asumiendo que L_w es igual a L_m para fondos con astilla muerta.

$$\frac{L_{cp}}{L_w} = 0.75 - \frac{1}{\frac{5.21 \cdot C_v^2}{\lambda^2} + 2.39}$$

11. Calcular el brazo de palanca para la fuerza de presión, e , como diferencia entre LCG y L_{cp} .

$$e = LCG - L_{cp}$$

12. Calcular el momento de cabeceo resultante M en newton por metros (Nm), como suma de los momentos M_h (originado por N y el brazo e) y M_f (originado por R_f y el brazo ff), utilizando las siguientes formulas:

$$M_h = g \cdot m \cdot \left[\frac{e \cdot \cos(\tau + \varepsilon)}{\cos \tau} - f \cdot \frac{\text{sen} \tau}{\cos \varepsilon} \right]$$

$$M_f = R_f \cdot \left(ff - e \cdot \tan \varepsilon - \frac{f}{\cos \varepsilon} \right)$$

$$M = M_h + M_f$$

13. Dado que el ángulo de trimado se ha elegido de manera aleatoria, lo normal es que el momento resultante sea distinto de cero, con lo que es necesario variarlo para conseguir el equilibrio. Es necesario pues, volver al punto 5 y repetir los cálculos con otro valor de τ , (llamado τ_2), teniendo en cuenta que si el momento resultante es negativo debemos incrementar τ y si es positivo reducirlo.

14. Calcular el trimado de equilibrio τ_0 , como interpolación lineal utilizando la siguiente formula:

$$\tau_0 = \tau_1 - \frac{M_1 \cdot (\tau_2 - \tau_1)}{M_2 - M_1}$$

15. Calcular la resistencia de fricción en el trimado de equilibrio, R_{f0} , mediante interpolación lineal usando la siguiente formula:

$$R_{f0} = R_{f1} + \frac{R_{f2} - R_{f1}}{\tau_2 - \tau_1} \cdot (\tau_0 - \tau_1)$$

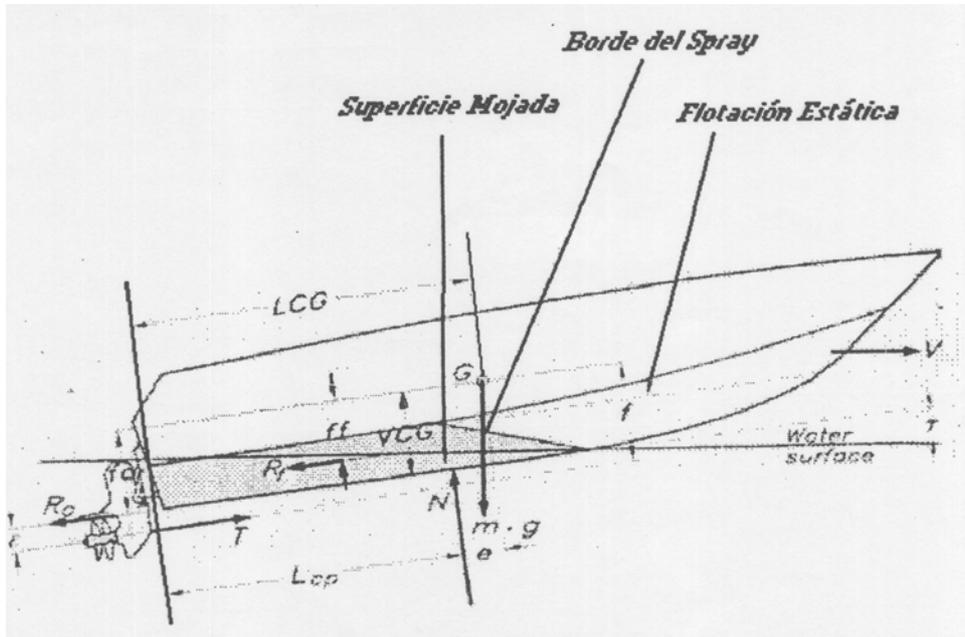
16. Calcular la resistencia total R :

$$R = (g \cdot m \cdot \text{sen} \tau_0 + R_f) \cdot \frac{\cos(\tau_0 + \varepsilon)}{\cos \varepsilon}$$

17. Calcular la Potencia Efectiva:

$$P_E = V \cdot R$$

Croquis de momentos actuantes en la embarcación:



9.3 Aplicación del método de Savitsky computado por Hadler al diseño de la embarcación.

Para aplicar el método anteriormente descrito al diseño de la embarcación de este proyecto, se ha realizado una hoja de cálculo en la cual se reflejan los resultados obtenidos en cada uno de los pasos descritos en el apartado anterior.

9.3.1 Datos de partida

Masa desplazada, LCG y VCG:

En el Capítulo 8: Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad, se ha realizado una estimación lo más exacta posible del peso de la embarcación en las dos condiciones de carga extremas: condición de salida de puerto a plena carga y condición de llegada a puerto al 10% de consumos. Las cuales se usarán para la realización del cálculo de resistencia y potencia en cada condición.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

En la siguiente tabla se refleja los datos obtenidos:

	Peso (kg)	LCG (m)	VCG (m)
Salida puerto plena carga	9771,788	5,880	1,364
Llegada puerto 10% consumos	8829,788	5,741	1,394

b: Manga máxima entre pantoques: es ligeramente menor que la manga total de la embarcación, para nuestro caso tenemos una manga de 3,650 m.

e: Inclinación del eje relativa a la línea base:

Basándose en ejemplos de publicaciones específicas se considera como un valor acertado de la inclinación del eje respecto a la línea base 8°.

B: Ángulo de astilla muerta (valor medio entre popa y en la sección en c.d.g.): Este es un parámetro que, como ya se ha comentado anteriormente, tiene gran influencia en el comportamiento hidrodinámico de la embarcación.

Usando el plano de formas, se han tomado medida en el espejo de popa y en la sección de c.d.g, obteniéndose una astilla muerta de 19°, siendo este el valor medio. Los valores que poseen embarcaciones similares que han dado buenos resultados, presentan un valor comprendido entre los 15°-20° grados.

f: distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad: Tomando medidas en los planos y de una forma aproximada se ha establecido una distancia vertical entre el eje y el centro de gravedad de 1 metro.

V: velocidad: A esta embarcación no se le ha exigido una gran velocidad por parte del cliente. Se ha establecido como objetivo conseguir un buen comportamiento en la navegación en las distintas condiciones de carga a una velocidad de 26 nudos (13.37 m/sg).

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

9.3.2 Datos obtenidos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos mediante el método de Savitsky computado por Hadler para los datos de entrada especificados y para cada una de las 2 condiciones de carga:

METODO SAVISTKY: SALIDA PUERTO PLENA CARGA

1. Datos de partida:

m	masa desplazada	9771,788	kg		
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,880	m		
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,364	m		
b	Manga máxima entre pantoques	3,650	m		
Ángulo del eje respecto L.B.	Inclinación del eje relativa a la línea base	8	grados		
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	19	grados		
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	1	m		
V	Velocidad	13,37	m/s		
Cv		2,234		2,234	
CLB (formula 1)		0,078		0,078	
CLB (formula 2)		0,078		0,078	
CLo		0,201		0,201	
Clo (formula 3)		0,201		0,201	
Trimado		4	grados	3	grados
Landa		2,317		2,569	
Lm		8,457	m	9,377	m
Rn		1,03E+08		1,14E+08	
Cf		2,07E-03		2,04E-03	
Delta Landa (gráfico)		0,310		0,430	
Rf		6,418	Kn	7,075	Kn
ff		1,050	m	1,050	m
Lcp		5,174	m	5,551	m
e		0,706	m	0,329	m
Mh		59,609	Kn*m	25,935	Kn*m
Mf		-0,379	Kn*m	-0,043	Kn*m
M		59,230	Kn*m	25,892	Kn*m
Trimado medio				2,223	grados
Rfo				6,928	Kn
R				13,395	Kn
Pe				179,09	Kw
Pd				358,18	Kw
Rendimiento transmisión		0,5		487,32	HP

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

METODO SAVISTKY: LLEGADA A PUERTO 10% CONSUMO

1. Datos de partida:

m	masa desplazada	8829,788	kg	
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,741	m	
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,394	m	
b	Manga máxima entre pantoques	3,650	m	
Ángulo del eje respecto L.B.	Inclinación del eje relativa a la línea base	8	grados	
Astilla muerta	Media entre popa y la sección en c.d.g.	19	grados	
f	Distancia entre el eje y el c.d.g.	1	m	
V	Velocidad	13,37	m/s	
Cv		2,234		2,234
CLB (formula 1)		0,071		0,071
CLB (formula 2)		0,071		0,071
CLo		0,195		0,195
Clo (formula 3)		0,195		0,195
Trimado		4 grados		3 grados
Landa		2,293		2,545
Lm		8,369	m	9,289 m
Rn		1,02E+08		1,13E+08
Cf		2,08E-03		2,04E-03
Delta Landa (gráfico)		0,310		0,430
Rf		6,384	Kn	7,012 Kn
ff		1,080	m	1,080 m
Lcp		5,136	m	5,516 m
e		0,605	m	0,225 m
Mh		45,283	Kn*m	14,579 Kn*m
Mf		-0,095	Kn*m	0,270 Kn*m
M		45,188	Kn*m	14,849 Kn*m
Trimado medio				2,510 grados
Rfo				7,319 Kn
R				8,655 Kn
Pe				115,71 Kw
Pd				231,42 Kw
Rendimiento transmisión		0,5		314,86 HP

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

El cálculo de la resistencia al avance por el método de Savitsky no sólo permite conocer la resistencia al avance, si no que también permite comprobar si el régimen de planeo es “estable” o si, por el contrario, la embarcación planea en régimen de “porpoising” a través de la utilización de los gráficos que se acompañan en el Anexo. Estos gráficos representan, según Savitsky, los límites de estabilidad longitudinal en planeo, en función del ángulo de asiento, el ángulo de astilla muerta y el coeficiente de empuje dinámico en cascos no planos ($CL\beta$).

Los resultados que se han de valorar son:

$$\sqrt{CL\beta/2}$$

; este parámetro se utiliza para valorar el régimen de planeo de la embarcación, y comprobar si se produce, o no, el fenómeno de “porpoising”, ya que es un parámetro de entrada en el gráfico, antes mencionado, que evalúa los límites de estabilidad de planeo longitudinal.

Ángulo de asiento: representa el otro parámetro de entrada en el gráfico mencionado.

Potencia requerida: expresa la potencia necesaria, según este método, para alcanzar la velocidad requerida en la condición de carga dada y con los datos de entrada utilizados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

	Peso (kg)	$\sqrt{CL\beta/2}$	Ángulo de asiento (grados)	Potencia (HP)
Salida puerto plena carga	9771,788	0,197	2,223°	487,32
Llegada puerto 10% consumos	8829,788	0,188	2,510°	314,86

Si se entra con los valores del Ángulo de asiento y de $\sqrt{CL\beta/2}$ en la siguiente gráfica, se observa que la embarcación no entra en “porpoising” a la velocidad de diseño (26 nudos), por lo tanto no se realizará ningún cambio en el diseño de la carena.

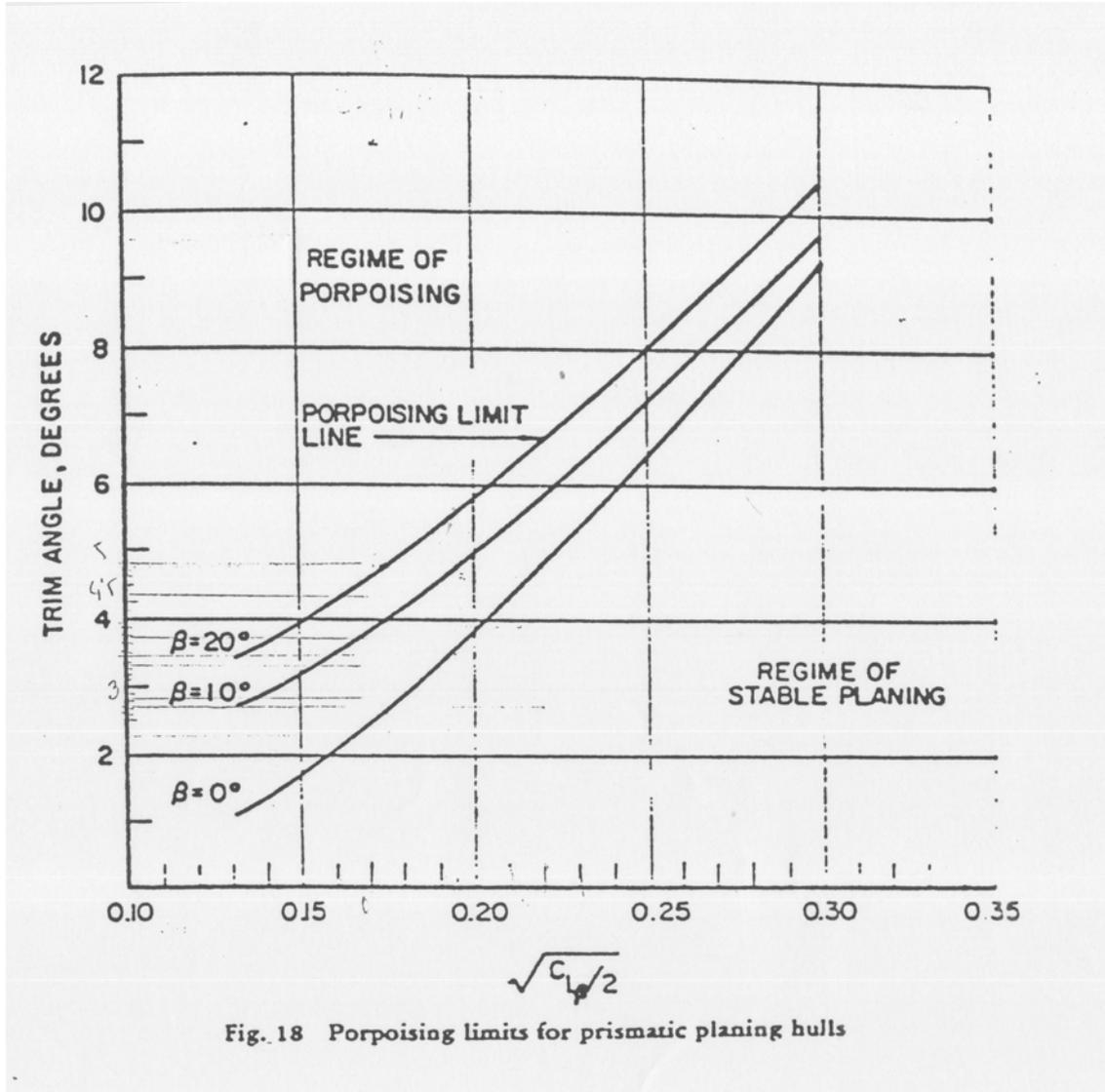


Fig. 18 Porpoising limits for prismatic planing hulls

9.4 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 26 nudos, y la potencia necesaria para conseguirla en condiciones de máxima carga de la embarcación es de 487,32 Hp.

Por tanto, vamos a dotar a la embarcación, de dos motores de 260 HP cada uno. El consumo específico de estos motores es de 220 g/HPh

Potencia	205 Hp
Revoluciones por minuto	2500 r.p.m
Consumo	220 g/hora
Par	630 Nm

La cantidad de combustible en los tanques es de 800 litros:

$$800 \text{ litros} * 0,85 \text{ kg/litro} = 680 \text{ kg} \sim 0,68 \text{ tn.}$$

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

$$220 \text{ g/HPh} * 410 \text{ HP} * 1 \text{ hora} = 90200 \text{ g/hora.} \sim 0,0902 \text{ tn/h.}$$

Así, obtenemos una autonomía en horas de:

$$0,68 \text{ tn} / 0,0902 \text{ tn/h} = 6,123 \text{ horas a la máxima potencia.}$$

La velocidad máxima son 26 nudos, 1 nudo es una milla náutica por hora, luego a una velocidad de 26 nudos, conseguimos una autonomía en millas de:

$$26 \text{ nudos} * 6,123 = 169,198 \text{ millas.}$$

En el Anexo al final del proyecto, se adjuntan las características del tipo de motor elegido, así como un plano con las principales cotas del mismo.

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 la 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 capítulo.

Debido al gran tamaño de estas circulares solo se expondrá 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 ha decidido 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 embarcación en concreto, referente al francobordo.

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

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

Donde:

F_a = francobordo en el extremo de proa.

F_m = francobordo medio en la mitad de la eslora.

F_f = francobordo en el extremo de popa.

Si existe un 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 $0,2 \times 4,130 = 0,826$ m.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

El francobordo medio de la embarcación, según la fórmula anterior y las mediciones realizadas en el plano de formas, es de 1,988 metros.

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

10.3 Criterios de estabilidad a cumplir según 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 metros de eslora.

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

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

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

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 adrizantes no será inferior a $0,055 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta el ángulo de escora de 30° , ni inferior a $0,09 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40° .

Además, el área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escoras de 30° y 40° o entre 30° y el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40° , no será inferior a $0,03 \text{ m} \times \text{rad}$.

- b) El brazo adrizante será de 200 mm. como mínimo, para un ángulo de escora igual o superior a 30° .

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

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 = momento escorante en Tm x m.

V = Velocidad de crucero en m/seg.

L = eslora en flotación en mts.

Δ = desplazamiento en Tm.

d = calado medio en mts.

KG = ordenada centro gravedad sobre quilla.

10.3.3. COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS CRITERIOS DE ESTABILIDAD.

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

SALIDA DE PUERTO

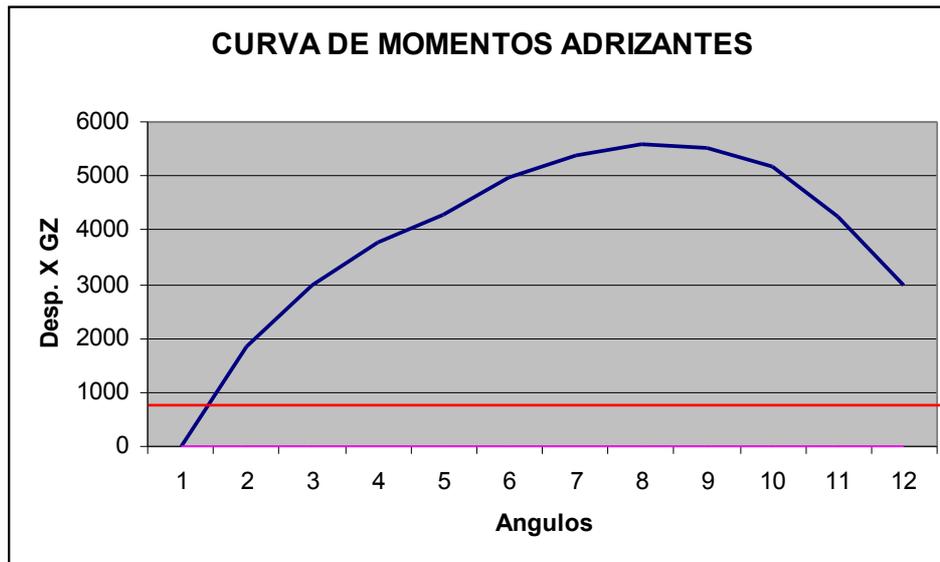
	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,208	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,09	0,316	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,03	0,108	CUMPLE
b.	GZ a 30°. de escora	mm.	200	664	CUMPLE
c.	Brazo adrizante máximo (GZ max)	Grados	25	50	CUMPLE
d.	Altura metacéntrica inicial corregida (GM)	mm.	150	3175	CUMPLE

e. Para comprobar que este criterio se cumple como en el caso de los demás calcularemos la gráfica de curva de momento escorante, donde el par escorante que tenemos que aplicar será de:

$$75 * 6 * 1,9 = 855$$

- 75 es el peso considerado por persona.
- 6 es el número de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada.
- 1,9 es la manga máxima a la que se van a poder encontrar las personas de abordó.

A continuación se muestra la tabla y grafica donde se comprueba que se cumple lo establecido en esta circular.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	855
5	0,221	1854,632	855
10	0,356	2987,552	855
15	0,448	3759,616	855
20	0,512	4296,704	855
30	0,593	4976,456	855
40	0,641	5379,272	855
50	0,664	5572,288	855
60	0,656	5505,152	855
70	0,617	5177,864	855
80	0,507	4254,744	855
90	0,354	2970,768	855

Desp.= 9772 Kg.

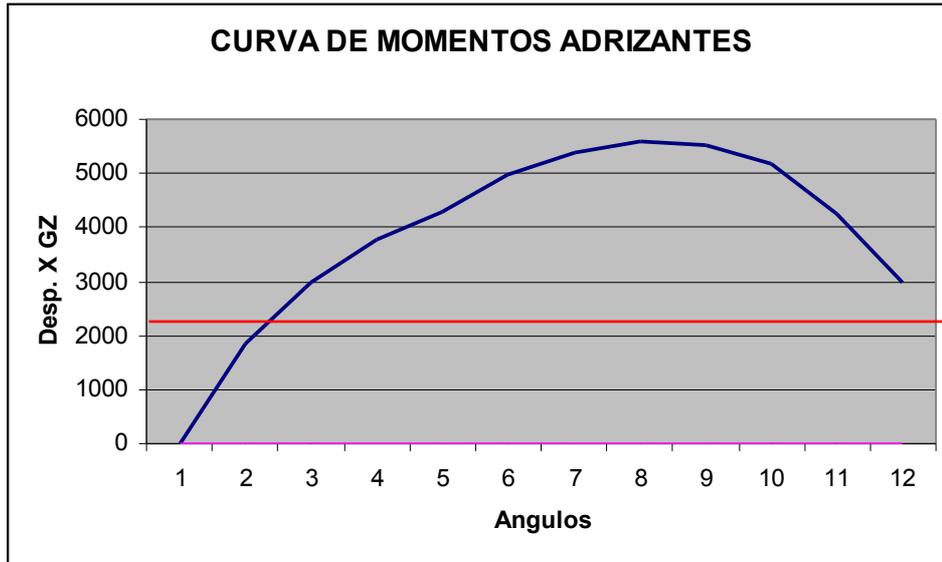
Par escorante = 855

Comprobando el punto donde intersectan la curva y la línea recta podemos decir que no se excede de un ángulo de escora de 10° en la posición de escora mas desfavorable.

f. Para comprobar que se cumple este criterio, debemos demostrar que el ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la fórmula citada en el apartado 10.3.2. Criterios de Estabilidad.

A continuación se mostrara la tabla y gráfica donde se demuestra que se cumple lo que se pide en este criterio de estabilidad.

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	2313
5	0,221	1854,632	2313
10	0,356	2987,552	2313
15	0,448	3759,616	2313
20	0,512	4296,704	2313
30	0,593	4976,456	2313
40	0,641	5379,272	2313
50	0,664	5572,288	2313
60	0,656	5505,152	2313
70	0,617	5177,864	2313
80	0,507	4254,744	2313
90	0,354	2970,768	2313

Desp.= 9772 Kg.

Par escorante = 2313 Kg/m.

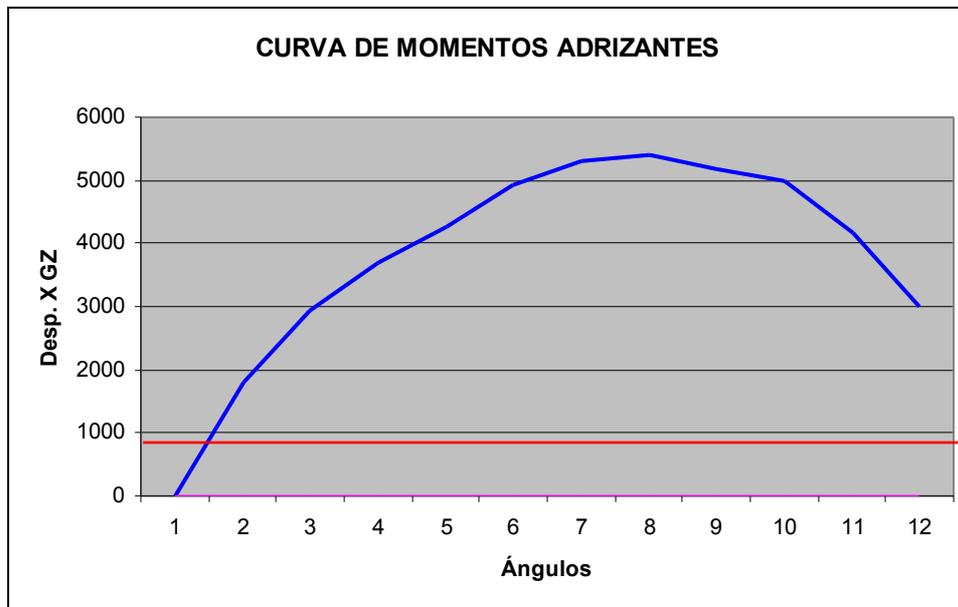
Se ve claramente que el ángulo de escora por efecto de una virada no es superior a 10°, por lo tanto cumple este criterio.

LLEGADA A PUERTO

	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,205	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,09	0,312	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. ó Punto de inundación	m.*Radianes	0,03	0,106	CUMPLE
b.	GZ a 30°. de escora	mm.	200	642	CUMPLE
c.	Brazo adrizante máximo (GZ max)	Grados	25	50	CUMPLE
d.	Altura metacéntrica inicial corregida (GM)	mm.	150	3101	CUMPLE

Tenemos que ver si se cumplen los criterios e. y f. que hemos comprobado en la condición de salida de puerto a plena carga para la condición en la que nos encontramos.

e. Mostraremos la tabla y la gráfica donde comprobaremos el resultado a comprobar.



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

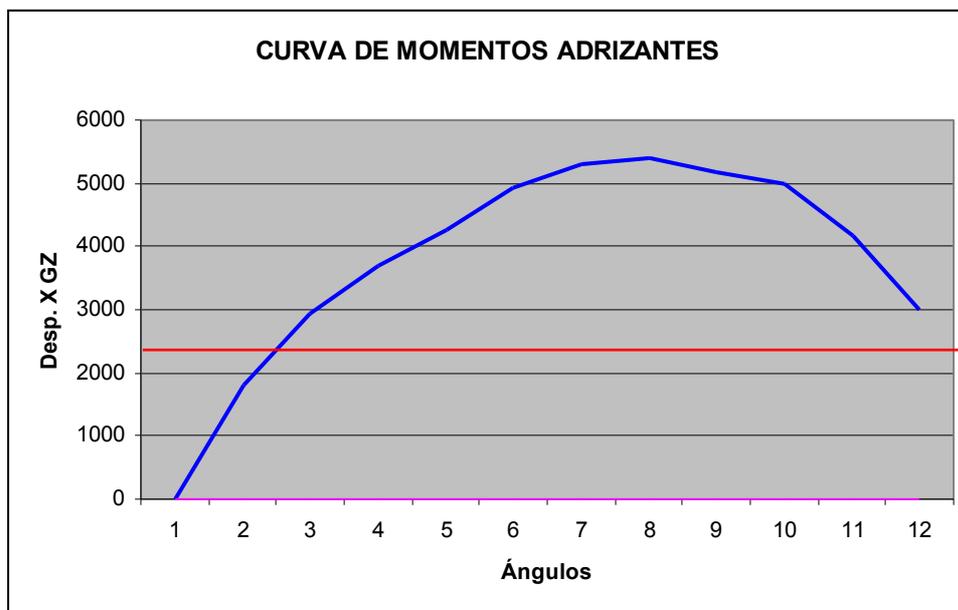
Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	855
5	0,213	1787,496	855
10	0,350	2937,2	855
15	0,442	3709,264	855
20	0,507	4254,744	855
30	0,588	4934,496	855
40	0,631	5295,352	855
50	0,642	5387,664	855
60	0,618	5186,256	855
70	0,593	4976,456	855
80	0,498	4179,216	855
90	0,356	2987,552	855

Desp.= 8830 Kg.

Par escorante = 855 Kg/m

Mirando la gráfica se comprueba que el ángulo de escora en la situación de carga de legada a puerto al 10%, no se supera un ángulo de 10° de escora.

f. Comprobaremos una gráfica y una tabla iguales que en la condición de salida de puerto, pero para esta condición, demostraremos si el criterio se cumple o no.



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	2313
5	0,213	1787,496	2313
10	0,350	2937,2	2313
15	0,442	3709,264	2313
20	0,507	4254,744	2313
30	0,588	4934,496	2313
40	0,631	5295,352	2313
50	0,642	5387,664	2313
60	0,618	5186,256	2313
70	0,593	4976,456	2313
80	0,498	4179,216	2313
90	0,356	2987,552	2313

Desp.= 8830 Kg.

Par escorante = 2313 Kg/m

Se cumple el criterio de estabilidad ya que para el momento de escora calculado no se excede de un ángulo de 10°.

10.4. CONCLUSIÓN

Realizadas todas las comprobaciones podemos afirmar que nuestra embarcación cumple todos los Criterios de Estabilidad para las ambas condiciones de carga, Salida de puerto y Llegada a Puerto.

Mostraremos una pequeña tabla para ver las dimensiones principales en ambos casos.

SALIDA DE PUERTO					
Desplazamiento =	9772	kg	GM =	3,175	m
			GM long =	35,546	m
T =	0,667	m			
BwL =	3,754	m	LCG =	5,575	m
LwL =	11,671	m	VCG =	1,345	m

LLEGADA A PUERTO					
Desplazamiento =	8830	kg	GM =	3,101	m
			GM long =	37,371	m
T =	0,639	m			
BwL =	3,747	m	LCG =	5,822	m
LwL =	11,679	m	VCG =	1,368	m

A continuación se adjuntan las gráficas obtenidas, para cada condición de carga descritas anteriormente, en el programa informático Hydromax Pro, el cual realiza distintos análisis según la condición de carga determinada.

SALIDA DEL PUERTO A PLENA CARGA

Loadcase - Salida puerto plena carga

Damage Case - Intact

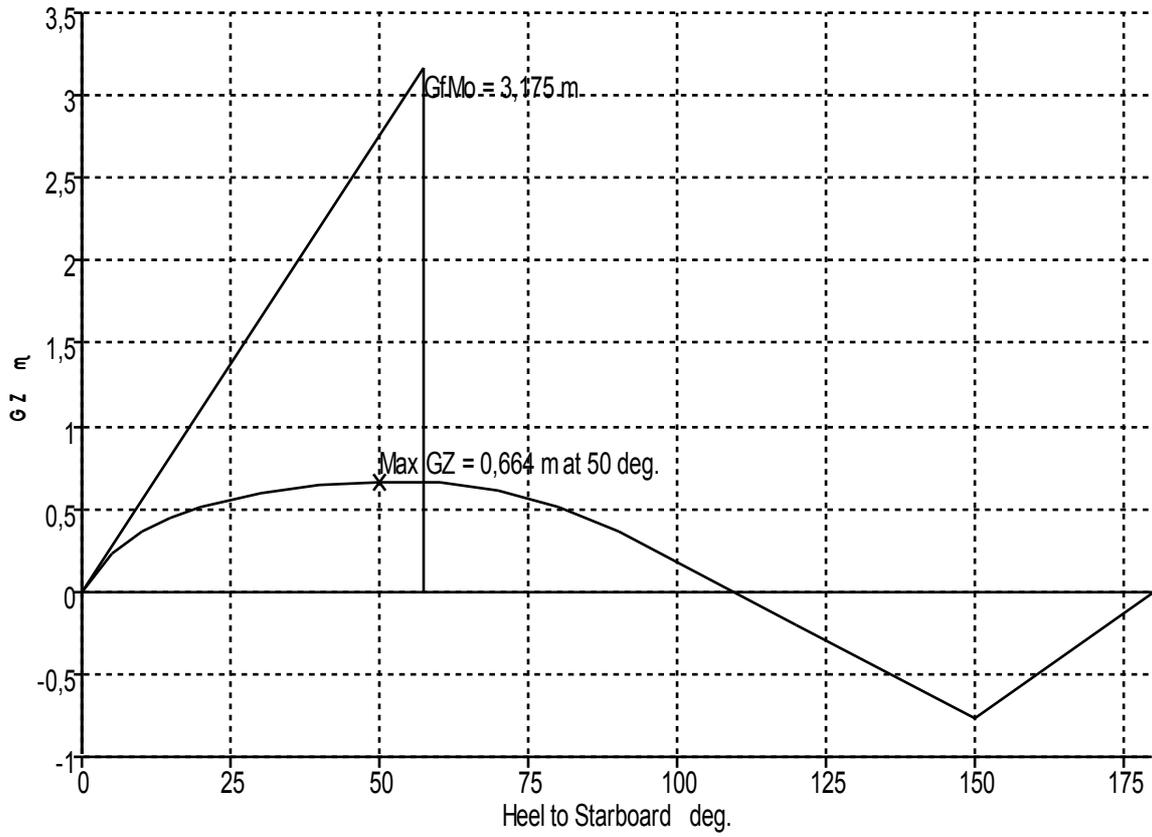
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Rosca	1	8392	5,880	1,364
2	Tanque combustible br.	1	340	3,812	0,862
3	Tanque combustible er.	1	340	3,812	0,862
4	Tanque agua potable	1	300	5,600	0,337
5	Tanque aguas residuales	1	0,000	8,352	0,307
6	Tripulantes	4	75,0	2,154	2,530
7	Pertrechos	1	100	2,154	2,530
8		Total Weight=	9772	LCG=5,575 m	VCG=1,345 m

1	Draft Amidsh. m	0,667
2	Displacement kg	9772
3	Heel to Starboard degrees	0
4	Draft at FP m	0,668
5	Draft at AP m	0,667
6	Draft at LCF m	0,667
7	Trim (+ve bow down) m	0,001
8	WL Length m	11,671
9	WL Beam m	3,754
10	Wetted Area m ²	40,639
11	Waterpl. Area m ²	37,524
12	Prismatic Coeff.	0,728
13	Block Coeff.	0,308
14	Midship Area Coeff.	0,463
15	Waterpl. Area Coeff.	0,857
16	LCB to Amidsh. m	0,017 Aft
17	LCF to Amidsh. m	0,492 Aft
18	KB m	0,485
19	KG m	1,345
20	BMt m	4,035
21	BML m	36,406
22	GMt m	3,175
23	GML m	35,546
24	KMt m	4,520
25	KML m	36,891
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,385
27	MTc tonne.m	0,311
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	541,453

CURVA DE ESTABILIDAD



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30
1	Displacement kg	9772	9772	9771	9773	9771	9771
2	Draft at FP m	0,668	0,657	0,632	0,597	0,552	0,426
3	Draft at AP m	0,667	0,653	0,614	0,557	0,484	0,289
4	WL Length m	11,671	11,660	11,621	11,557	11,473	11,646
5	Immersed Depth m	0,706	0,692	0,656	0,604	0,543	0,707
6	WL Beam m	3,754	3,304	3,036	2,863	2,748	2,659
7	Wetted Area m ²	40,639	37,313	35,470	34,279	33,567	32,823
8	Waterpl. Area m ²	37,524	33,561	31,003	29,291	28,220	27,153
9	Prismatic Coeff.	0,728	0,731	0,737	0,744	0,752	0,743
10	Block Coeff.	0,308	0,358	0,412	0,477	0,556	0,435
11	LCB to Amidsh. m	0,017 Aft	0,018 Aft	0,016 Aft	0,015 Aft	0,012 Aft	0,007 Aft
12	VCB from DWL m	0,182	0,183	0,185	0,190	0,196	0,215
13	GZ m	0,000	0,221	0,356	0,448	0,512	0,593
14	LCF to Amidsh. m	0,492 Aft	0,289 Aft	0,160 Aft	0,077 Aft	0,005 Aft	0,104 Fwd
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,329	0,554	0,732	0,885	1,135

	40	50	60	70	80	90	120	150	180
1	9771	9771	9773	9773	9773	9773	9771	9771	9772
2	0,242	-0,063	-0,678	-2,026	-6,068	0,000	-4,492	-3,100	-2,703
3	-0,007	-0,482	-1,292	-2,851	-7,300	0,000	-3,909	-2,343	-2,015
4	11,775	11,810	11,717	11,497	11,757	12,190	12,880	13,091	12,287
5	0,817	0,864	0,825	0,718	0,575	0,616	0,995	0,936	0,245
6	2,723	2,733	2,745	2,566	2,338	2,122	1,952	2,039	4,092
7	32,344	31,539	32,220	32,044	31,921	31,850	30,703	31,870	53,064
8	26,747	26,017	26,806	24,557	22,898	21,943	20,658	22,197	47,676
9	0,739	0,745	0,750	0,768	0,760	0,746	0,762	0,763	0,770
10	0,364	0,342	0,359	0,471	0,631	0,598	0,381	0,381	0,774
11	0,002 Fwd	0,013 Fwd	0,020 Fwd	0,020 Fwd	0,013 Fwd	0,000	0,062 Aft	0,104 Aft	0,087 Aft
12	0,238	0,253	0,243	0,226	0,225	0,236	0,314	0,293	0,108
13	0,641	0,664	0,656	0,617	0,507	0,354	-0,195	-0,759	0,000
14	0,257 Fwd	0,293 Fwd	0,274 Fwd	0,382 Fwd	0,407 Fwd	0,392 Fwd	0,137 Fwd	0,221 Fwd	0,564 Fwd
15	1,370	1,665	1,952	1,938	1,815	1,626	0,873	0,120	0,000

LLEGADA A PUERTO AL 10% DE CONSUMOS

Loadcase - llegada al 10% consumos

Damage Case - Intact

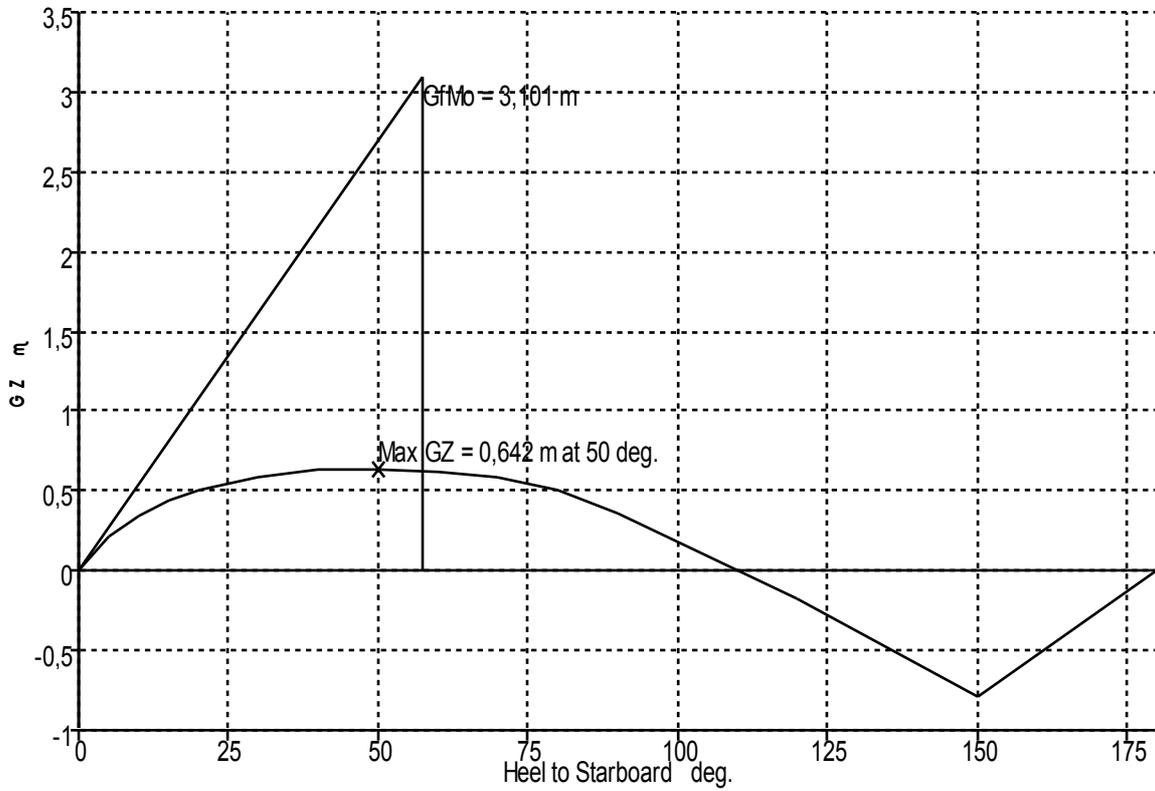
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Rosca	1	8392	5,880	1,364
2	Tanque combustible br.	1	34,0	3,821	0,862
3	Tanque combustible er.	1	34,0	3,812	0,862
4	Tanque agua potable	1	30,0	5,600	0,337
5	Tanque agua residuales	1	30,0	8,352	0,307
6	Tripulantes	1	75,0	2,154	2,530
7	Pertrechos	4	10,0	2,154	2,530
8		Total Weight=	8635	LCG=5,822 m	VCG=1,368 m

1	Draft Amidsh. m	0,639
2	Displacement kg	8634
3	Heel to Starboard degrees	0
4	Draft at FP m	0,666
5	Draft at AP m	0,613
6	Draft at LCF m	0,638
7	Trim (+ve bow down) m	0,054
8	WL Length m	11,679
9	WL Beam m	3,747
10	Wetted Area m ²	38,385
11	Waterpl. Area m ²	35,904
12	Prismatic Coeff.	0,697
13	Block Coeff.	0,278
14	Midship Area Coeff.	0,443
15	Waterpl. Area Coeff.	0,820
16	LCB to Amidsh. m	0,232 Fwd
17	LCF to Amidsh. m	0,381 Aft
18	KB m	0,463
19	KG m	1,368
20	BMt m	4,006
21	BML m	38,276
22	GMt m	3,101
23	GML m	37,371
24	KMt m	4,470
25	KML m	38,739
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,368
27	MTc tonne.m	0,288
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	467,34

CURVA DE ESTABILIDAD



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30
1	Displacement kg	8635	8634	8634	8635	8634	8634
2	Draft at FP m	0,666	0,658	0,636	0,602	0,558	0,437
3	Draft at AP m	0,613	0,587	0,538	0,473	0,393	0,179
4	WL Length m	11,679	11,667	11,632	11,572	11,490	11,679
5	Immersed Depth m	0,691	0,676	0,639	0,587	0,520	0,667
6	WL Beam m	3,747	3,222	2,969	2,800	2,694	2,616
7	Wetted Area m ²	38,386	35,695	33,986	32,887	32,216	31,277
8	Waterpl. Area m ²	35,905	32,442	30,049	28,422	27,402	26,113
9	Prismatic Coeff.	0,697	0,698	0,702	0,707	0,714	0,705
10	Block Coeff.	0,278	0,331	0,381	0,443	0,523	0,413
11	LCB to Amidsh. m	0,232 Fwd	0,234 Fwd	0,237 Fwd	0,240 Fwd	0,244 Fwd	0,252 Fwd
12	VCB from DWL m	0,177	0,174	0,173	0,175	0,180	0,199
13	GZ m	0,000	0,213	0,350	0,442	0,507	0,588
14	LCF to Amidsh. m	0,381 Aft	0,213 Aft	0,083 Aft	0,005 Fwd	0,076 Fwd	0,241 Fwd
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,375	0,588	0,757	0,901	1,146

	40	50	60	70	80	90	120	150	180
1	8634	8634	8636	8636	8636	8636	8634	8634	8635
2	0,258	-0,043	-0,655	-1,992	-5,998	0,000	-4,473	-3,091	-2,699
3	-0,143	-0,650	-1,497	-3,174	-7,984	0,000	-4,161	-2,480	-2,074
4	11,813	11,847	11,751	11,530	11,824	12,255	12,878	13,113	12,407
5	0,780	0,826	0,789	0,679	0,533	0,579	0,948	0,880	0,221
6	2,685	2,660	2,668	2,563	2,335	2,111	1,856	1,919	4,098
7	30,616	29,674	30,397	30,878	30,744	30,681	28,946	30,128	53,278
8	25,481	24,559	25,466	24,494	22,825	21,876	19,447	20,950	47,957
9	0,702	0,712	0,718	0,733	0,726	0,714	0,744	0,761	0,749
10	0,341	0,323	0,341	0,441	0,601	0,562	0,372	0,380	0,750
11	0,263 Fwd	0,275 Fwd	0,283 Fwd	0,284 Fwd	0,280 Fwd	0,267 Fwd	0,205 Fwd	0,159 Fwd	0,166 Fwd
12	0,222	0,238	0,228	0,205	0,200	0,210	0,294	0,274	0,094
13	0,631	0,642	0,618	0,593	0,498	0,356	-0,182	-0,783	0,000
14	0,428 Fwd	0,453 Fwd	0,407 Fwd	0,426 Fwd	0,449 Fwd	0,435 Fwd	0,310 Fwd	0,393 Fwd	0,616 Fwd
15	1,375	1,663	1,933	1,964	1,833	1,635	0,908	0,095	0,000

TABLA Y GRAFICA PARA UN RANGO DE CALADOS DADOS

Hydrostatics

Fixed Trim = 0 m

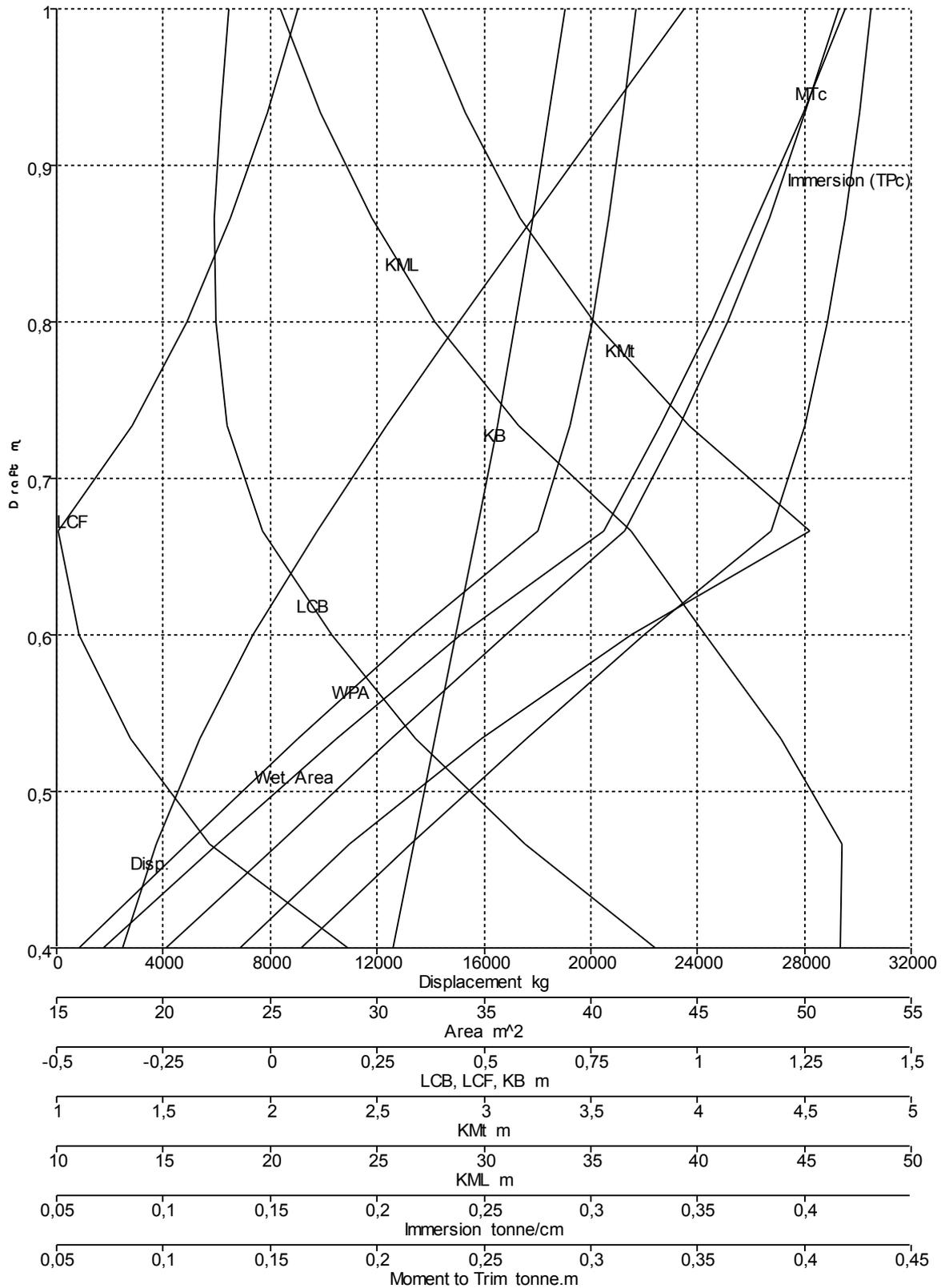
Specific Gravity = 1,025

	Draft Amidsh. m	0,4	0,467	0,533	0,6
1	Displacement kg	2470	3736	5355	7336
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,400	0,467	0,533	0,600
4	Draft at AP m	0,400	0,467	0,533	0,600
5	Draft at LCF m	0,400	0,467	0,533	0,600
6	Trim (+ve bow down) m	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	11,160	11,303	11,436	11,560
8	WL Beam m	2,005	2,398	2,815	3,256
9	Wetted Area m ²	17,200	22,536	28,105	33,882
10	Waterpl. Area m ²	16,021	21,076	26,307	31,685
11	Prismatic Coeff.	0,556	0,616	0,665	0,701
12	Block Coeff.	0,245	0,266	0,284	0,298
13	Midship Area Coeff.	0,482	0,478	0,476	0,475
14	Waterpl. Area Coeff.	0,716	0,778	0,817	0,842
15	LCB to Amidsh. m	0,903 Fwd	0,596 Fwd	0,342 Fwd	0,143 Fwd
16	LCF to Amidsh. m	0,181 Fwd	0,141 Aft	0,328 Aft	0,449 Aft
17	KB m	0,286	0,336	0,386	0,435
18	KG m	0,700	0,700	0,700	0,700
19	BMt m	1,570	2,035	2,600	3,254
20	BML m	46,398	46,459	43,478	39,903
21	GMt m	1,156	1,671	2,286	2,989
22	GML m	45,984	46,095	43,164	39,638
23	KMt m	1,856	2,371	2,986	3,689
24	KML m	46,684	46,795	43,864	40,338
25	Immersion (TPc) tonne/cm	0,164	0,216	0,270	0,325
26	MTc tonne.m	0,102	0,154	0,207	0,260
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	49,827	108,966	213,664	382,702

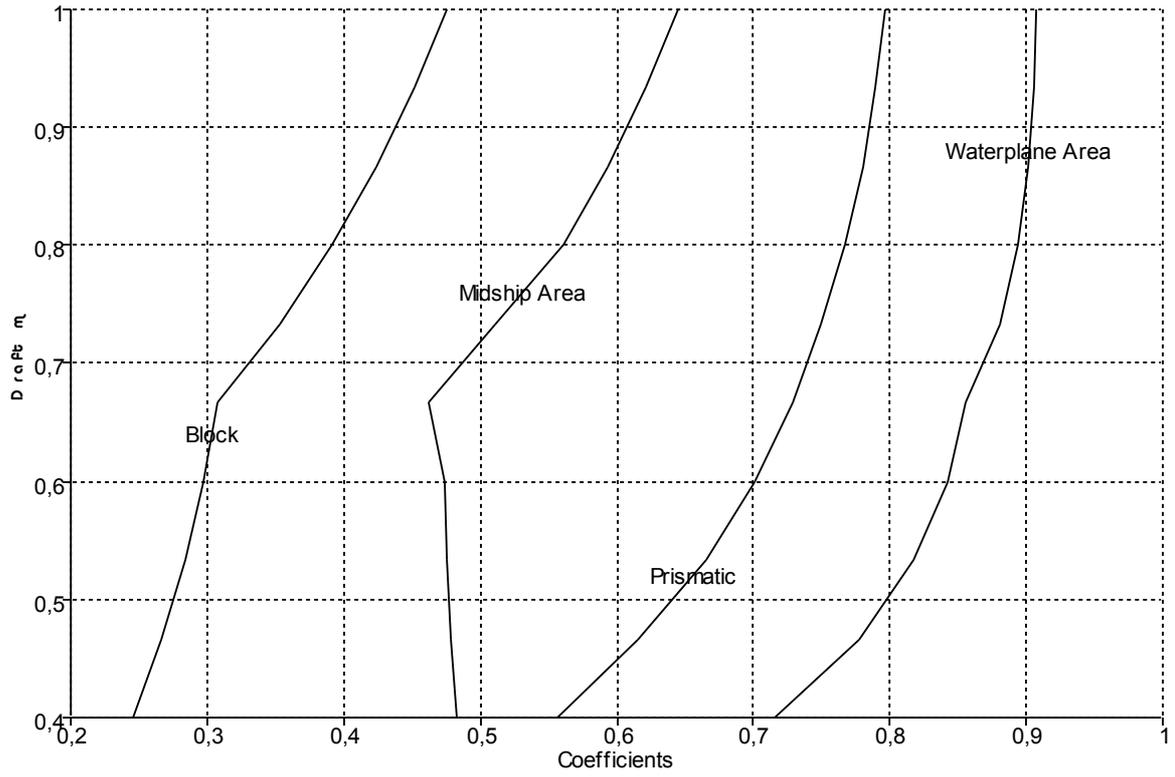
Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

	0,667	0,733	0,8	0,867	0,933	1
1	9754	12375	15077	17848	20662	23518
2	0	0	0	0	0	0
3	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
4	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
5	0,667	0,733	0,800	0,867	0,933	1,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	11,670	11,763	11,856	11,947	12,038	12,129
8	3,753	3,768	3,782	3,796	3,810	3,824
9	40,609	43,271	45,677	47,778	49,986	51,935
10	37,500	39,015	40,077	40,866	41,537	42,093
11	0,728	0,750	0,767	0,780	0,790	0,797
12	0,308	0,353	0,391	0,424	0,452	0,476
13	0,462	0,510	0,560	0,594	0,622	0,645
14	0,856	0,880	0,894	0,901	0,906	0,907
15	0,019 Aft	0,100 Aft	0,128 Aft	0,130 Aft	0,116 Aft	0,098 Aft
16	0,495 Aft	0,324 Aft	0,194 Aft	0,093 Aft	0,008 Aft	0,064 Fwd
17	0,485	0,530	0,573	0,613	0,652	0,690
18	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
19	4,038	3,429	2,941	2,556	2,260	2,021
20	36,429	31,054	27,150	24,126	21,735	19,792
21	3,823	3,259	2,814	2,469	2,212	2,011
22	36,214	30,884	27,023	24,039	21,688	19,783
23	4,523	3,959	3,514	3,169	2,912	2,711
24	36,914	31,584	27,723	24,739	22,388	20,483
25	0,384	0,400	0,411	0,419	0,426	0,432
26	0,316	0,342	0,364	0,384	0,401	0,416
27	650,744	703,784	740,488	768,97	797,684	825,495

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.



11. PRESUPUESTO.

Es necesario conocer si la embarcación en cuestión será competitiva en el mercado, comparándola con los 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 se ha intentado que el coste sea el mas acertado.

En cuanto a 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.

Habrà que tenerse 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 etc.).

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 **149.029,60 euros**, que teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el **COSTE TOTAL** de salida al mercado será

de : **298.357,26euros.**

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

PRESUPUESTO			
MATERIALES			
CASCO	CANTIDAD	PRECIO+IVA	
Mat de fibra de vidrio 300 y 500 (por kg)	1048	5,5	
Tejido de fibra de vidrio 450 y 800 (por kg)	1397	4,8	
Resina isoftálica isotrópica (por kg)	2876	4,5	
Gelcoat isoftálico (por kg)	102	12,5	
Espuma de poliuretano (por kg)	97	5,2	
Material diverso rodillos, acetona, etc.	1	70	
		SUBTOTAL	102,5
CARPINTERIA			
2 puertas plegables de madera de iroco	2	250	
4 puertas abisagradas madera iroco	4	340	
Mesa de sapelly con pie regulable	2	360	
1 ropero del cam. Proa de sapelly	1	175	
Puertas de armarios de cocina	4	130	
Piso forrado tablero marino laminado en teca	1	3700	
Mesitas de noche de sapelly	2	140	
Mesa soporte televisión	1	80	
2 puertas armario cbta. Principal	2	130	
Mamparos camarotes		1900	
		SUBTOTAL	7205
ASEO			
W.C. marino taza de porcelana y tapa de plástico	1	150	
Deposito de aguas fecales con válvula mar/deposito	1	250	
Grifo de fondo pasacasco entrada de agua W.C.	1	20	
Grifo de fondo pasacasco salida de aguas sucias W.C.	1	25,3	
Tuberías y arandelas W.C.	1	16,5	
Lavabo de porcelana	1	70,2	
Tuberías grifo de fondo y abrazaderas lavabo	1	20	
Manguera hasta deposito de agua	1	18,05	
Accesorios varios	1	80	
Espejo	1	60,55	
		SUBTOTAL	710,6
COCINA			
Cocina con tres fuegos y cardan en acero inox	1	240	
Kit de conexión de gas	1	80	
Bombona de gas	1	12,3	
Fregadero en inox con desagüe	1	65	
Grifo de fondo y pasa casco salida de agua	1	12,28	
Manguera hasta deposito de agua	1	20,05	
		SUBTOTAL	429,63
HABILITACIÓN			
Colchón camarote de proa	1	350	

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

Colchones camarote de popa	2	360,5	
Esquinera comedor	1	150	
Sofá con reposa espalda	1	600	
		SUBTOTAL	1821

INSTALACION ELECTRICA			
2 baterías de 12 V 110 Ah	2	100	
2 cajas de baterías de polipropileno	2	20,62	
2 acopladores de baterías 4 posiciones	2	35	
Panel de fusibles 8 entradas	1	15,2	
Conector de mechero 12 V en Inox.	1	13,2	
Bomba sentinas	1	75	
Contacto automático para bomba de sentinas	1	36,99	
12 luces de techo alogenas	12	22,8	
Luces de navegación babor, estribor y popa	1	35,75	
Molinete del ancla	1	715,05	
Bomba de sentina 60 l/mn	1	115	
		SUBTOTAL	1184,5

ELEMENTOS DE CUBIERTA			
Escalera de baño en acero inox. con 3 peldaños	1	160	
Roldada de fondeo en acero inox. con pasador	1	31,5	
4 cornamusas de amarre	4	15,8	
Boca de llenado de agua de 45 mm. con manguera	1	23,5	
2 bocas de llenado de gasoil de 70 mm.	2	30	
Boca de succión de deposito séptico	1	40,1	
Respiradero de tanque de séptico con mangueras	1	12	
2 respiraderos de cámara de maquinas	2	22	
Bisagras de bodega de pertrechos y pozo del ancla	6	10,6	
Pestillo escotilla de habilitación	1	12,3	
Barandilla en acero inox.	1	1580	
Colchonetas solárium napa blanca	3	100	
Dinete con respaldar napa blanca	1	850	
		SUBTOTAL	2887,8

OTROS EQUIPAMIENTOS			
Sonda	1	983,82	
Compas horizon 135	1	281,54	
GPS lector de cartas Tracker 5600	1	1280,2	
2 extintores	2	35	
Botiquín homologado	1	28,67	
2 aros salvavidas de rabiza y luz	2	147	
Equipo de cohetes solas	1	95	
Balsa salvavidas	1	2940	
Ancla Britany	1	75,39	
Cadena de ancla	1	380	
		SUBTOTAL	6246,6

Embarcación de recreo en PRFV de 14 m. de eslora y desplazamiento próximo a las 10 Tn.

CAMARA DE MAQUINAS		
Motor volvo Penta D4-260	2	43270
Instalación completa con todos los accesorios y escape	2	2130
		SUBTOTAL
		90802

MANO DE OBRA		
CONSTRUCCIÓN DEL CASCO		
	Horas/Hombre	
Limpieza y cera del molde		16
Pintado de gelcoat		14
Laminado		230
Desmoldeo		14
		SUBTOTAL
		274

CONTRUCCÓN DE LA BAÑERA Y CUBIERTA		
Limpieza y cera del molde		20
Pintado de gelcoat		19
Laminado		220
Desmoldeo		18
		SUBTOTAL
		277

MONTAJE		
Montaje del casco- cubierta		50
Montaje del mobiliario		190
Montaje de equipos		150
		SUBTOTAL
		390

TOTAL 941

PRECIO HORA/HOMBRE	40
PRECIO MANO DE OBRA	37.640,00
COSTE TOTAL DE LA EMBARCACION	149.029,60

BIBLIOGRAFIA

APUNTES:

- Construcción en materia compuesta.
Gaspar Penagos Garcia
- Teoría del Buque
Aurelio Guzman Cabañas
- Embarcaciones deportivas
Antonio Querol

LIBROS:

- Materiales Compuestos. Tecnología de los materiales Reforzados
J. L. Gonzalez Diez

PAGINAS WEB:

- www.fondear.com
- www.barcos.com
- www.volvopenta.com
- www.cosasdebarcos.com
- www.barcosyamarres.com
- www.libreria-nautica.com

ANEXO

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D4-260

191 kW (260 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

Altas prestaciones para uso marino

El Volvo Penta D4-260 de 4 cilindros ha sido desarrollado a partir del último diseño en tecnología diesel. El motor incorpora el sistema de inyección common-rail, doble árbol de levas en cabeza, cuatro válvulas por cilindro, turbocompresor y aftercooler. Esto, junto con su gran volumen de barrido y el sistema EVC (Electronic Vessel Control), dan como resultado un rendimiento diesel puntero así como un nivel muy bajo de emisiones de escape. El motor es extremadamente compacto teniendo en cuenta su potencia.

Prestaciones de primera clase

El sistema de inyección common-rail, controlado por el EVC, en combinación con un gran volumen de barrido, garantizan un extraordinario par motor durante la aceleración, con prácticamente ningún rastro de humo. Esto, asociado con la gran capacidad de carga del motor, proporciona una agradable sensación de deportividad y potencia cuando se precisa.

Compacto y robusto

Motor extremadamente compacto teniendo en cuenta su gran volumen de barrido y potencia. Lo compacto es el resultado de la distribución en el extremo posterior que acciona la bomba de inyección de alta presión y los árboles de levas, de un elevado grado de integración de sistemas, de un aftercooler de gran rendimiento, de la adaptación al ambiente marino con muy pocas tuberías, y de un motor completamente simétrico.

El bloque de cilindros y la culata de hierro de fundición rígido, refuerzos escalonados del bloque y ejes equilibradores combinados y la inyección de combustible de control exacto (de hasta tres etapas) proporcionan un excelente confort a bordo con bajos niveles de ruido y vibraciones.

EVC/EC - Conectar y navegar

El EVC Electronic Vessel Control es el último desarrollo en el control del motor en instrumentos para los motores marinos Volvo Penta. Ofrece un alto nivel de integración con la embarcación: para mayor seguridad y suavidad de manejo los mandos de cambio y del acelerador son electrónicos; se incluye una completa gama de instrumentos computerizados de fácil lectura, un display LCD del sistema EVC (opcional) y muchas más cosas, todo lo cual no precisa más que de un solo cable CAN.

El EVC facilita la vida a bordo haciéndola también más segura; ofrece la sincronización de dos motores y nuevas funciones de software como el Volvo Penta Low Speed (opcional), lo

que reduce considerablemente la velocidad de la embarcación en vacío para facilitar las maniobras en zonas estrechas.

El EVC permite la ampliación desde una estación hasta cuatro, desde un tablero de instrumentos clásico a un avanzado sistema de información. El EVC funciona en íntima interacción con el sistema de gestión del motor, ofreciéndole una potencia constante independientemente de la temperatura (desde 5°C a 55°C) del combustible. Este sistema se basa en la última tecnología del automóvil y lleva conectores estancos al agua, por lo que lo único que hay que hacer es conectar y navegar.

Sistema de propulsión completo, adaptado y probado, por un único proveedor

El inversor hidráulico Volvo Penta ha sido desarrollado especialmente con la intención de aumentar el nivel de comodidad a bordo de las embarcaciones.

Asociado con las características del motor D4, el mecanismo de cambios hidráulico y la tecnología de biselado en todo el tren de engranajes, hemos desarrollado un grupo propulsor completo cuando se desea elevado par, fiabilidad operativa y reducción de ruidos y vibraciones.

La combinación de eje de salida en ángulo de 8° junto con las compactas dimensiones consiguen instalaciones óptimas. También disponible en versión V-Drive.

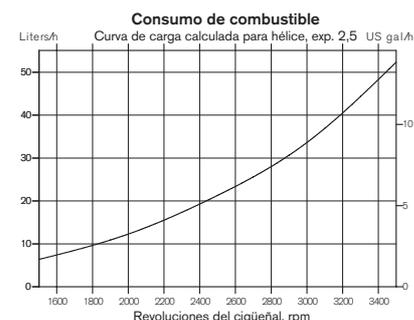
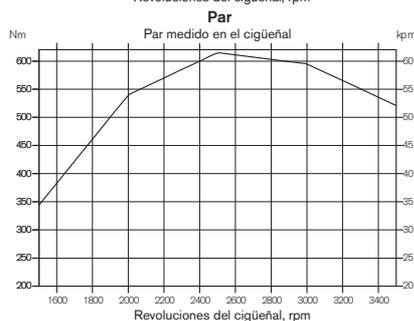
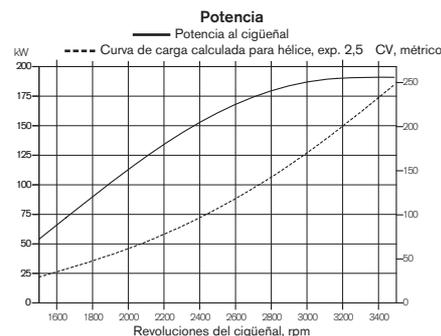
Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema EVC, el inversor se ha equipado con válvulas electromagnéticas disponiendo así de cambio eléctrico.

Satisfaciendo nuevos estándares de emisiones de escape

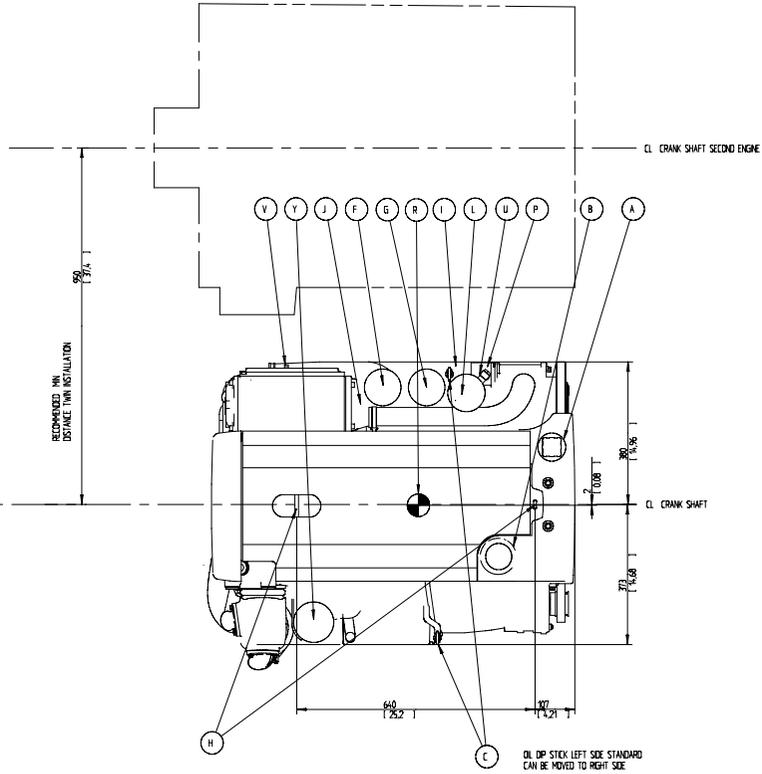
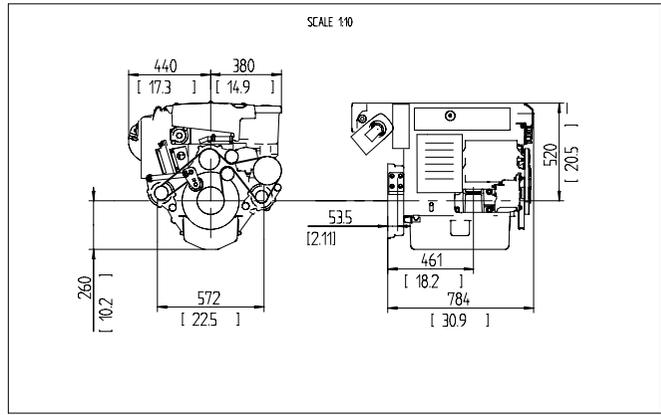
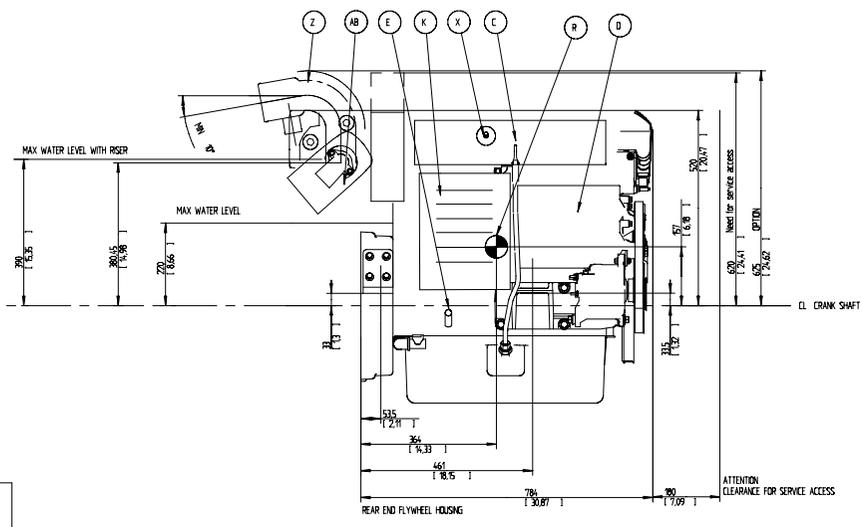
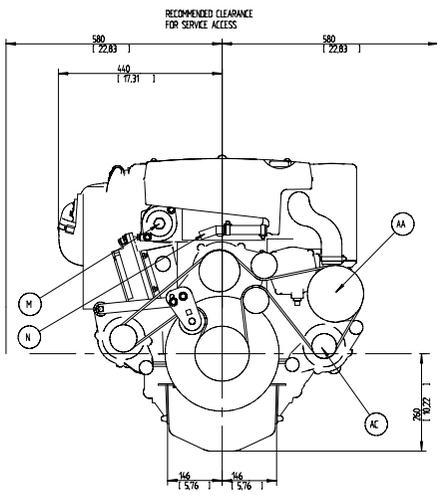
El sistema de inyección common-rail en combinación con la electrónica y un avanzado sistema de combustión introducen nuevos estándares en la minimización de emisiones y partículas nocivas. El motor cumple las exigencias de emisiones de escape IMO NOx, US EPA Tier 2 y EU RCD.



D4-260 con inversor HS63AE



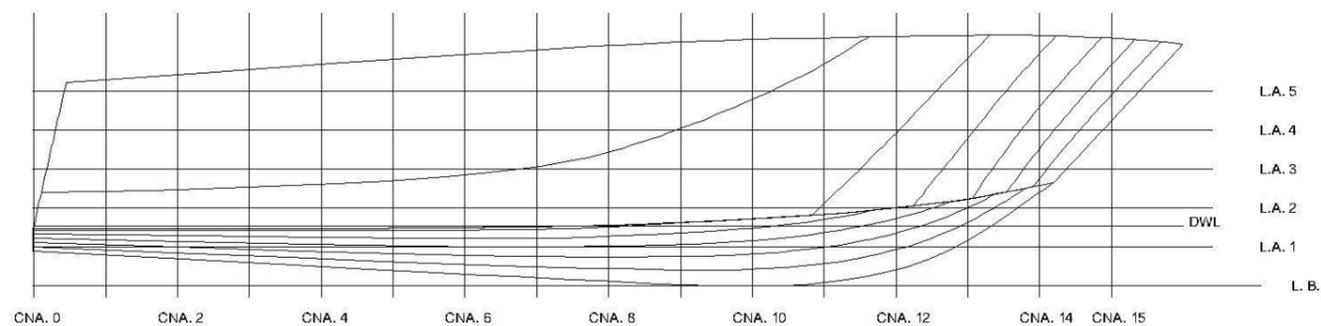
**VOLVO
PENTA**



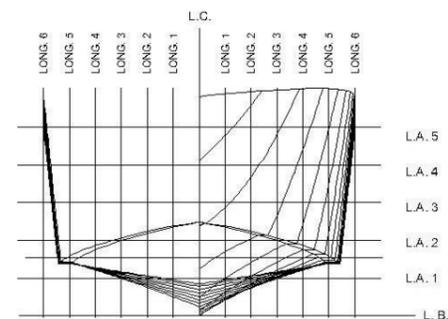
- (A) WATER FILLER CAP, FRESH WATER
- (B) OIL FILLER CAP, ENGINE
- (C) OIL DIP STICK, ENGINE LEFT OR RIGHT SIDE MOUNTED
- (D) ECU CONTROL UNIT
- (E) OIL DRAIN (WITH PUMP), ENGINE Ø125
- (F) OIL FILTER MAIN
- (G) OIL FILTER BYPASS
- (H) LIFTING EYE
- (J) WATER DRAIN, FRESH WATER
- (I) WATER DRAIN, SEA WATER
- (K) AIR FILTER
- (L) FUEL FILTER
- (M) HOT WATER OUTLET
- (N) HOT WATER INLET
- (P) SEA WATER INLET Ø38
- (Q) OIL DIP STICK REVERSE GEAR
- (R) CENTRE OF GRAVITY
- (T) OIL DRAIN REVERSE GEAR
- (U) FUEL INLET CONNECTION
- (V) FUEL RETURN TO TANK
- (X) ENGINE STOP
- (Y) CRANK CASE VENTILATION
- (Z) EXHAUST RISER Ø 102 (4") ØPT100
- (AA) SEA WATER PUMP
- (AB) EXHAUST ELBOW Ø102 (4")
- (AC) EXTRA ALTERNATOR

<p>SMALL SYMBOLS AND OTHERS ENGINE DA / BT</p>		
<p>DISPOSITION DRAWING</p>		
<p>VOLVO PENTA</p>		<p>3521861</p>

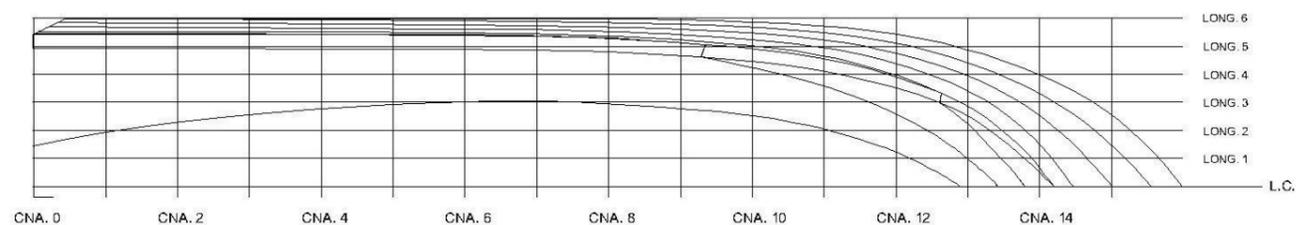
3521861-01 - Descargar de www.volvo-penta.com fr/09/2608-19-15-34



LINEAS DE AGUA



SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIONES LONGTUDINALES

ESLORA TOTAL ----- 14 m.

MANGA MÁXIMA ----- 4.130 m.

PUNTAL ----- 2.830 m.

SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS ----- 0.800 m.

PLANO DE FORMAS

TÍTULO:

EMBARCACIÓN DEPORTIVA A
MOTOR DE 14m. DE ESLORA Y
DESPLAZAMIENTO DE 10Tn. APROX.

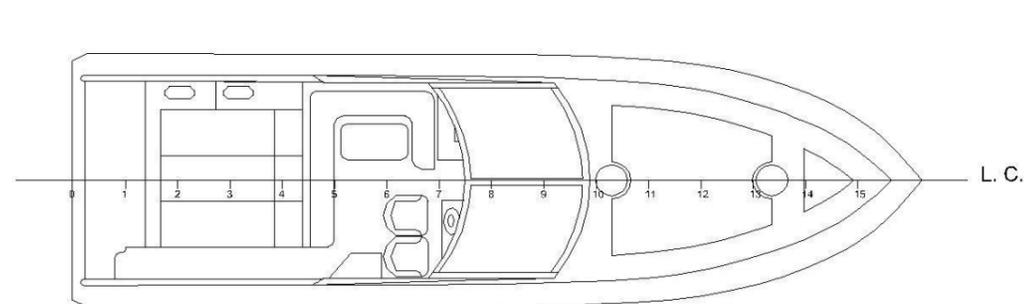
Dibujado por:

ALMUDENA VILLASEVIL DEL CERRO

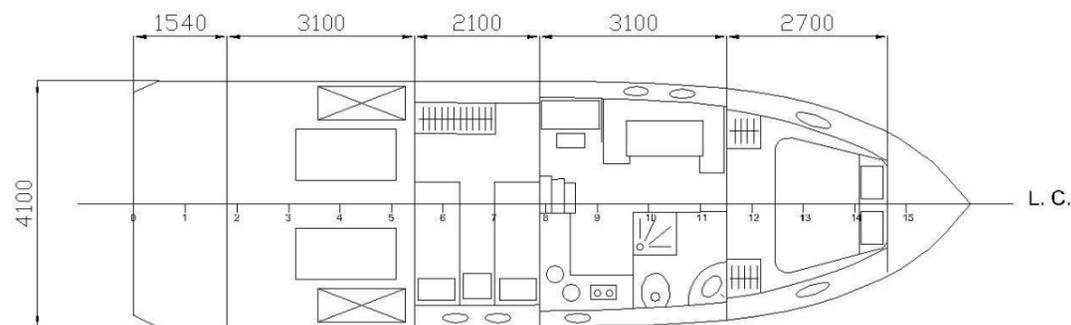
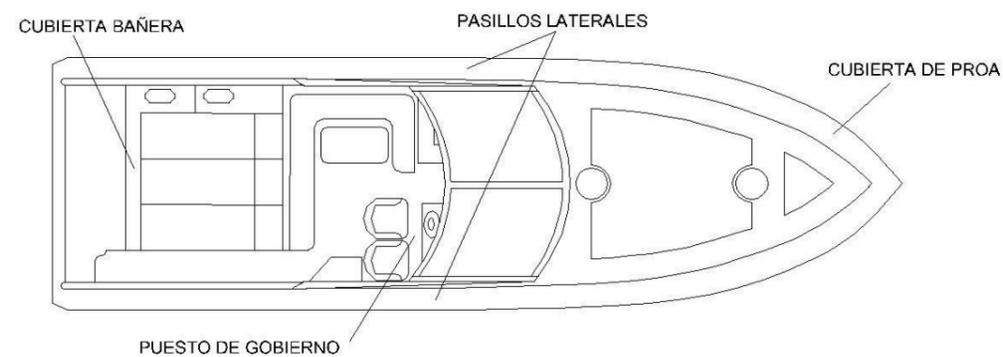
ESCALA 1:80

E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

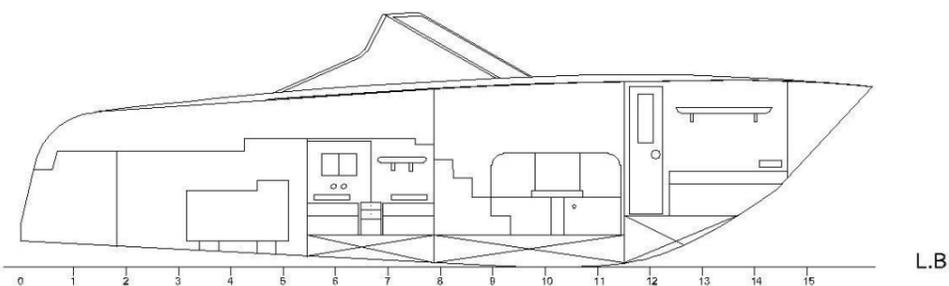
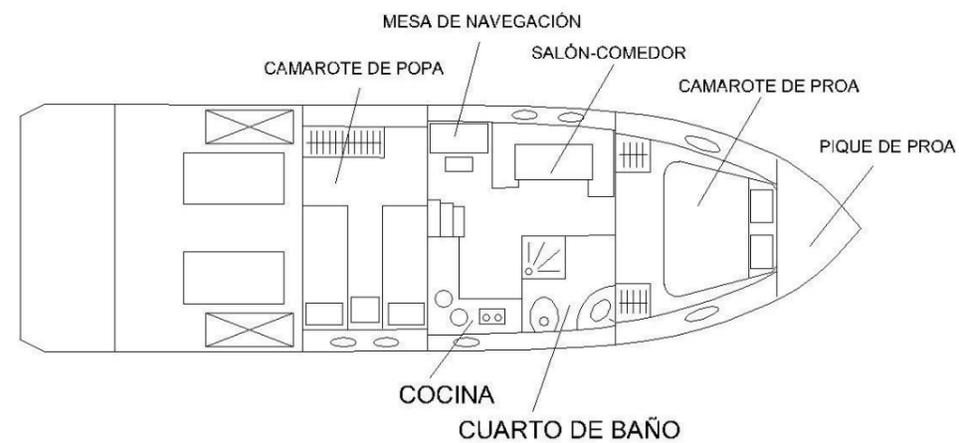
PLANO. Nº 001



CUBIERTA PRINCIPAL



CUBIERTA DE HABILITACIÓN
Cotas dadas en mm.



SECCIÓN POR LINEA CENTRO

ESLORA TOTAL ----- 14 m.
MANGA MÁXIMA ----- 4.130 m.
PUNTAL ----- 2.830 m.

PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL

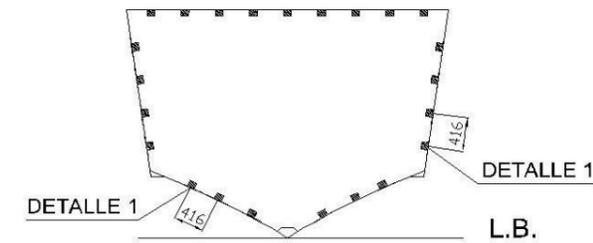
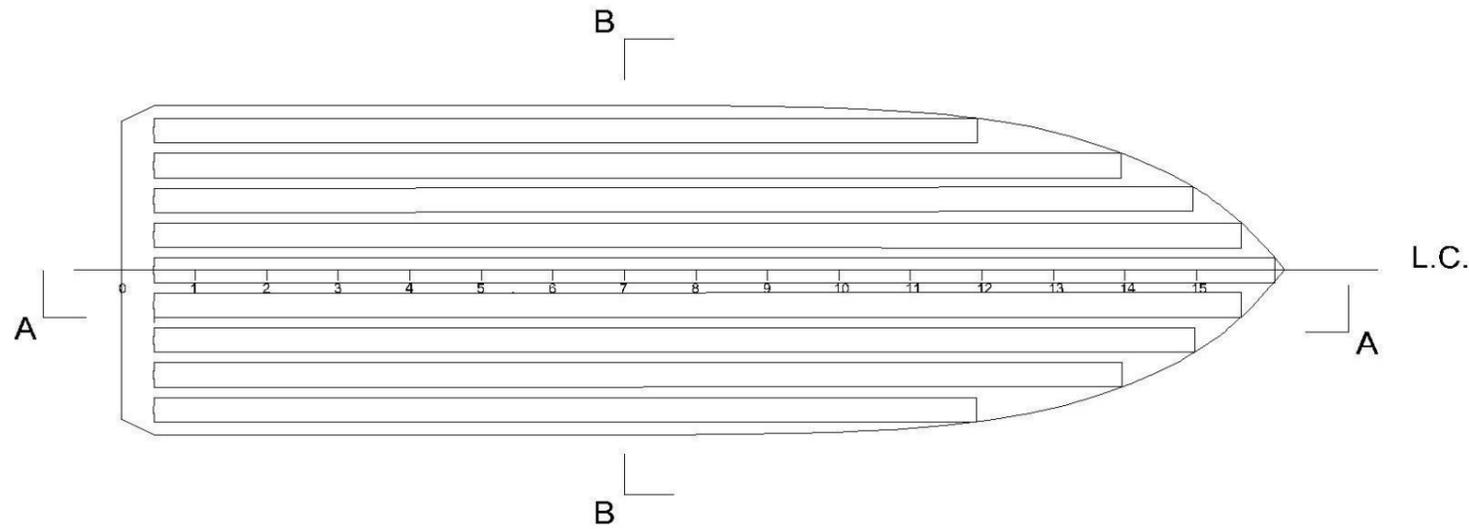
TÍTULO:
EMBARCACIÓN DEPORTIVA A
MOTOR DE 14m. DE ESLORA Y
DESPLAZAMIENTO DE 10Tn. APROX.

Dibujado por: ALMUDENA VILLASEVL DEL CERRO
E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

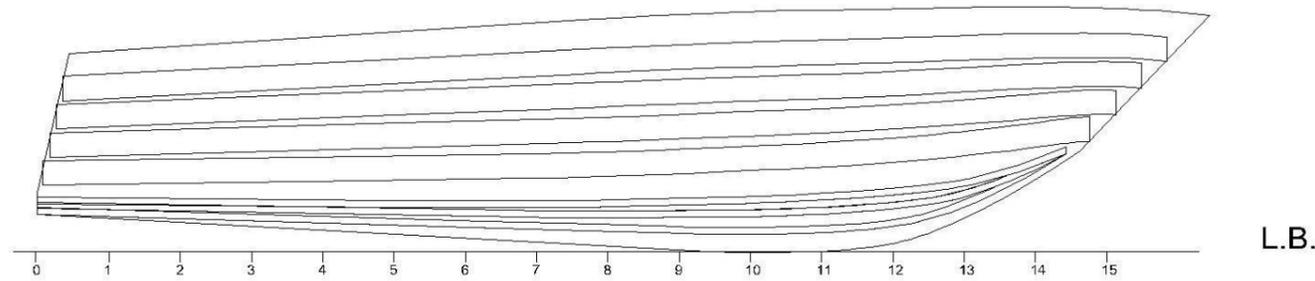
ESCALA 1:80
PLANO. Nº 002

REFORZADO DEL CASCO

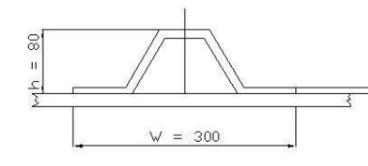
ELEMENTOS	PESO
ESLORAS	825.914 Kg
LONGITUDINALES DE FONDO	534.990 Kg
LONGITUDINALES DE COSTADO	596.296 Kg
PESO TOTAL REFORZADO	1957.2 Kg



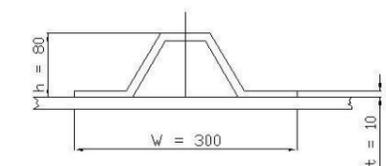
SECCION B-B



SECCION A-A



DETALLE 1



DETALLE 2

ESLORA TOTAL ----- 14 m.

MANGA MÁXIMA ----- 4.130m.

PUNTAL ----- 2.830m.

SEPARACIÓN ENTRE REFUERZOS ----- 416 mm.

PLANO DISPOSICIÓN DEL REFORZADO

TÍTULO:

EMBARCACIÓN DEPORTIVA A
MOTOR DE 14m. DE ESLORA Y
DESPLAZAMIENTO DE 10Tn. APROX.

Dibujado por:

ALMUDENA VILLASEVIL DEL CERRO

ESCALA 1: 80

E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

PLANO. Nº 003

