

Universidad de **Cádiz**

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

**Embarcación deportiva a motor fabricada
en PRFV de 13 m. de eslora y 9.000 Kg.
de desplazamiento**

Virginia LEAL GARCÍA



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**
Titulación: **I. T. NAVAL**
Fecha: **Febrero 2008**



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. DEFINICIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.....	5
2. ESPECIFICACIONES Y NORMATIVA A APLICAR.....	8
2.1. CATEGORÍAS DE DISEÑO.....	8
2.2. CATEGORÍAS DE NAVEGACIÓN.....	9
2.3. ZONAS DE NAVEGACIÓN DE RECREO.....	9
2.4. EMBARCACIONES CON LA MARCA "CE" (R.D. 297/98).....	10
2.5. EQUIPOS DE SEGURIDAD.....	10
2.5.1. Equipo de Salvamento.....	11
2.5.2. Equipo de Navegación.....	11
2.5.3. Armamento Diverso.....	12
2.5.4. Achique y Contraincendios.....	13
2.5.5. Prevención de vertido de aguas sucias.....	13
2.5.6. Conjunto de normas armonizadas y no armonizadas.....	15
3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.....	17
3.1. RELACIONES GEOMÉTRICAS.....	18
3.1.1. Resumen de las relaciones.....	23
3.2. RELACIONES FUNCIONALES.....	24
4. DIMENSIONAMIENTO.....	31
4.1 RELACIONES GEOMÉTRICAS.....	32
4.1.1. Relación Desplazamiento – Eslora Total. (Δ/Loa).....	32
4.1.2. Relación Eslora Total – Calado. (Loa/T).....	34
4.1.3. Relación Manga – Calado. (B/T).....	36
4.1.4. Relación Eslora – Manga. (Loa/B).....	38

4.1.5. Relación Eslora Total – Eslora en Flotación. (Loa/Lwl).....	40
4.2. RELACIONES FUNCIONALES.....	42
4.2.1 Relación Desplazamiento – Potencia. (Δ /potencia).....	42
4.3. CONCLUSIÓN.....	44
5. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS.....	45
5.1. INTRODUCCIÓN.....	45
5.2. RÉGIMEN DE PLANEEO.....	45
5.3. RESISTENCIAS QUE ACTÚAN SOBRE EL CASCO.....	47
5.3.1 Resistencia por formación de olas.....	47
5.3.2. Resistencia Viscosa.....	48
5.3.3. Resistencia debida a apéndices.....	49
5.3.4. Resistencia Aerodinámica.....	50
5.4. INFLUENCIA DE LA CARENA EN EL PLANEEO.....	51
5.4.1 Influencia de la sección transversal.....	51
5.4.2. Influencia de la sección longitudinal.....	54
5.5. ASTILLA MUERTA.....	56
5.6. SPRAY RAILS.....	57
5.7. CONCLUSIÓN.....	59
5.8. DISEÑO DE LAS FORMAS CON EL PROGRAMA MAXSURF/PRO.....	60
5.8.1. Conclusión.....	61
5.9. ESTRUCTURA RESISTENTE DEL CASCO.....	61
6. DISPOSICIÓN GENERAL.....	62
6.1. DISEÑO DE CUBIERTA.....	64
6.2. DISEÑO DE INTERIORES.....	66
6.3. DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES.....	69
7. ESCANTILLONADO.....	71
7.1. MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	71
7.1.1. Elección del tipo de material.....	71
7.1.2. Propiedades de los Materiales compuestos.....	73
7.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	77
7.3. SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN.....	80

7.4. APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE LA “LLOYDS REGISTER OF SHIPPING”	81
7.4.1. Restricciones para la aplicación de la normativa	81
7.4.2. Espesor del Laminado	82
7.4.3. Laminado del Casco	83
7.4.4. Laminado de refuerzos longitudinales del casco	88
7.4.5. Laminado de cubierta	94
7.4.6. Laminado de Mamparos transversales	98
8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD	100
8.1 PESO DEL CASCO	100
8.2. PESO DE LA CUBIERTA	102
8.3. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES	103
8.4. REFUERZOS DEL CASCO	104
8.5. TABLA DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN	108
9. PREDICCIÓN DE POTENCIA	112
9.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN PLANE0 (MÉTODO SAVITSKY)	112
9.2. APLICACIÓN DE MÉTODO SAVITSKY COMPUTADO POR HADLER A LA EMBARCACIÓN DEL PROYECTO	115
9.2.1. Datos de partida	116
9.2.2. Resultados obtenidos	118
9.3. ELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR	123
9.4. AUTONOMÍA	124
10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD	125
10.1. INTRODUCCIÓN	125
10.2. FRANCOBORDO	125
10.3. CRITERIOS DE ESTABILIDAD A CUMPLIR SEGÚN CIRCULAR 12/90 DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE LA MARINA MERCANTE	126

10.3.1. Condiciones de carga.....	126
10.3.2. Criterios de Estabilidad.....	127
10.3.3. Comprobación del cumplimiento de los criterios de estabilidad.....	128
10.4. CONCLUSIÓN.....	133
11. PRESUPUESTO.....	144
BIBLIOGRAFÍA.....	148
ANEXO	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.

El perfil del cliente corresponde al de una persona de alto poder adquisitivo, interesada en una embarcación de mediano porte destinada, principalmente al ocio en períodos vacacionales. Ésta será ocupada en períodos cortos, de dos a tres días, y principalmente en los meses de verano.

La zona de navegación se desarrollará principalmente en el Golfo de Cádiz, costa Mediterránea y el norte de África. Siendo su puerto base en Cádiz capital.

La embarcación estará englobada dentro de la categoría B de navegación, teniendo en cuenta sus características, según la circular 7/95 de la Dirección General de la Marina Mercante, es decir, navegación comprendida entre la costa y una recta paralela a la misma trazada a 60 millas.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta en este proyecto es la autonomía. Por ello, deberá estar equipado con recursos suficientes para poder navegar entre puertos deportivos de la zona de navegación antes mencionada, satisfaciendo las necesidades de combustible derivadas de la autonomía.

También sería acertado 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.

La embarcación ha de satisfacer criterios de facilidad de gobierno, así como de mantenimiento, ya que el cliente no es experto en la navegación. Por ello contará con equipos de ayuda en la navegación que sean fáciles de manejar y que requieran el mínimo tiempo posible para conocer su funcionamiento. También contará con sistema de posicionamiento terrestre (GPS).

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

No es requisito indispensable el que la embarcación desarrolle altas velocidades, pero sí un ritmo adecuado para realizar las rutas previstas en el tiempo predeterminado. Se establecerá una velocidad inicial de 29 nudos, así se podrá conseguir lo anteriormente expuesto.

En cuanto a la habitabilidad se atenderá especialmente al diseño enfocado a construir una vivienda flotante, capaz de albergar cómodamente a 4 personas en su interior, es decir, poseerá servicios de cama, cuarto de baño, cocina, etc., perfectamente equipados.

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.

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m. de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento.

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

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.

- Eslora total: 13 metros.
- Manga máxima: 4 metros.
- Velocidad máxima: 29 nudos.
- N° 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. REGLAMENTACIÓN A APLICAR.

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 Nº 7/95, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo.

Esta circular, nº 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 Nº 12/90, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: Estabilidad de buques de carga y pasaje menores de 100 metros de eslora.

2.1. CATEGORÍAS DE DISEÑO.

La Directiva Europea 94/25/CE, clasifica a las embarcaciones dependiendo de las características constructivas. Han sido agrupadas en 4 categorías en función de las condiciones de navegación (altura de olas y fuerza del viento) para las que han sido diseñadas.

Categorías de diseño	Fuerza del viento (Escala Beaufort)	Altura significativa de las olas (metros)
A: Oceánica	Más de 8	Más de 4
B: En alta mar	Hasta 8 incluido	Hasta 4 incluido
C: En aguas costeras	Hasta 6 incluido	Hasta 2 incluido
D: En aguas protegidas	Hasta 4 incluido	Hasta 0,5 incluido

2.2. CATEGORÍAS DE NAVEGACIÓN.

Las embarcaciones deportivas menores de 24 mts. de eslora, dependiendo del tipo de navegación que pretendan efectuar, quedarán a petición de su propietario en el caso de ser superiores a 6 mts. de eslora, clasificadas en los siguientes grupos:

Categoría "A"	Navegación ilimitada
Categoría "B"	Navegación entre la costa y las 60´
Categoría "C"	Navegación entre la costa y las 25´
Categoría "D1"	Dentro de las 5´ de un abrigo o playa accesible
Categoría "D2"	Dentro de las 2´ de un abrigo o playa accesible

2.3. ZONAS DE NAVEGACIÓN DE RECREO.

Teniendo en cuenta la amplitud geográfica que alcanzará la embarcación concreta de este proyecto, así como el carácter de recreo de la misma, se ha optado por la categoría B.

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:

	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.

2.4. EMBARCACIONES CON LA MARCA "CE" (R.D. 297/98).

Se establece la siguiente correspondencia entre las Categorías de Diseño de las embarcaciones con la marca "CE" y las Zonas de Navegación, pudiendo elegirse una de éstas a efectos del material de seguridad que debe llevarse a bordo:

CATEGORÍA DE DISEÑO (Anexo I,1 del R.D. 297/98)	ZONAS DE NAVEGACIÓN correspondientes
A: Oceánica	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
B: En Alta Mar	2, 3, 4, 5, 6, 7
C: En aguas costeras	4, 5, 6, 7
D: En aguas protegidas	7

2.5. EQUIPO DE SEGURIDAD.

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, y que se detalla en su Certificado de Navegabilidad. En este caso concreto es **Zona de Navegación 2.**

2.5.1. Equipo de Salvamento

- Balsa salvavidas: Con capacidad para el 100% de las personas abordo. Homologación SOLAS (R.D. 809/99) o según ISO 9650.
- Chalecos salvavidas: Para el 100% del personal abordo, flotabilidad mínima de 150N (revisión anual para los hinchables)
- 1 Aro salvavidas con luz y rabiza.
- 6 cohetes con luz roja y paracaídas.
- 6 bengalas de mano con luz roja.
- 2 señales fumígenas flotantes de color naranja.
- 2 baldes contra incendios con rabiza (válidos para achique) serán robustos, de plástico u otro material, y de 7l. como mínimo. (3 si la eslora es superior a 20 metros)

2.5.2. Equipo de Navegación.

- Luces y marcas de navegación.
- 1 compás de gobierno con iluminación y otro de marcaciones.
- 1 corredera (de hélice, eléctrica o de presión, se permitirá GPS).
- Compás de puntas.
- Transportador.
- Regla de 40 centímetros.
- Prismático.
- Cartas y libros náuticos. (Faros/derrota, prim. Auxilios, Regl. ,Radiocomun., código inter. De señales)
- Bocina de niebla a presión manual.
- Barómetros.
- Pabellón nacional.
- Código de banderas.
- 2 linternas estancas (bombillas y pilas de repuesto)
- Espejo de señales.
- Reflector de radar.
- Código de señales (si se montan aparatos de radiofrecuencia).

2.5.3. Armamento Diverso

- 2 estachas de amarre en muelle (2 unidades).
- Botiquín. Tipo C (Nº3)

BOTIQUIN Nº3

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
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: 10 metros.
 - 4 esloras de estacha de nylon de 12 milímetros de diámetro; Longitud: 4x10 = 40 metros.
 - Longitud total: 50 metros.

2.5.4. Achique y Contraincendios

- Extintores Portátiles
 - En función de la eslora
 - Con cabina, de 10 a menor de 15 metros: 1 del tipo 21 B
 - En función de la potencia
 - De 150 300 kw: 2 del tipo 34 B (con 2 motores)
- Baldes contra incendios con rabiza. (2 unidades)
- Bombas de achique; 2 unidades, una de ellas de accionamiento manual.
 - Capacidad (a 10 Kpa): 15 litros / minutos. (eléctrica) 45 emboladas / minutos (manual).
- Baldes de achique; Pueden ser los de contra incendios.

2.5.5. Prevención de vertido de aguas sucias

Las embarcaciones estarán construidas y/o dotadas de modo que se evite que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceites o combustibles, en el agua. En el caso concreto de las aguas sucias ello implica necesariamente disponer de un tanque de retención con salida a instalaciones de tierra, como opción más sencilla, o bien de otros medios alternativos.

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

- Zonas portuarias.
- Aguas protegidas.
- Otras zonas como rías, bahías y similares.

Dependiendo de la zona donde nos encontremos la opción de descarga será distinta, lo vemos en el siguiente cuadro:

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

En la embarcación se dispondrá:

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

2.5.6. 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 PORTAHELICES Y BUJES DE CONICIDAD
UNE-EN ISO 7840:1996	MANGUERAS RESISTENTES AL FUEGO PARA CARBURANTES.
UNE-EN ISO 8469:1996	MANGUERAS NO RESISTENTES AL FUEGO PARA CARBURANTES.
UNE-EN ISO 8665:1996	MOTORES Y SISTEMAS DE PROPULSIÓN MARINOS. MEDICIÓN Y DECLARACIÓN DE POTENCIA.
UNE-EN ISO 9093:1998	GRIFOS DE FONDO Y PASACASCOS.
UNE-EN ISO 10087:1996	IDENTIFICACIÓN DE CASCOS. SISTEMAS DE CODIFICACION.
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.

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m. de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento.

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.

3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.

Con la realización del estudio estadístico podremos obtener las dimensiones y formas del casco óptimas y para ello se recurre a características de otras embarcaciones ya existentes.

Los requerimientos que se han de cumplir, en este proyecto concreto son la eslora, 13 metros, y la velocidad máxima, 29 nudos. El resto de parámetros deberán ser los necesarios para que, cumpliendo esto, se dote a la embarcación de aquellas cualidades que sean las afines a su utilidad. En este caso se hará especial hincapié en la comodidad, puesto que es una embarcación destinada al ocio.

Para establecer estos parámetros en un comienzo de la forma más aproximada posible, se ha llevado a cabo un estudio estadístico sobre embarcaciones similares que han sido diseñadas con anterioridad. Este estudio se ha realizado con 20 embarcaciones de esloras comprendidas entre los 10 y 15,65 metros. No todas las embarcaciones presentan todos los parámetros puesto que no se facilitaban en las fichas de las mismas.

Los parámetros que se han tenido en cuenta en la toma de datos, no son sólo aquellos que definen las formas del barco (eslora, manga, calado), sino también otros como la potencia, motorización, consumo, material de construcción, autonomía, velocidad, número de motores, capacidad de combustible, etc.

A partir de estos datos, se han elaborado gráficos de dispersión en los cuales se relacionan unos parámetros con otros. Con ello se pretende tener una idea aproximada de los valores para los que nuestra embarcación será capaz de producir un óptimo rendimiento, teniendo en cuenta que estos valores obtenidos sólo poseen valor estadístico, y únicamente son válidos para el tipo de embarcación concreta que se pretende diseñar.

En la siguiente tabla se recoge todos los datos expresados anteriormente y a partir de los cuales comenzaremos a realizar dicho estudio.

❖ **Base de estudio estadístico de buques similares. (Tabla 3.1)**

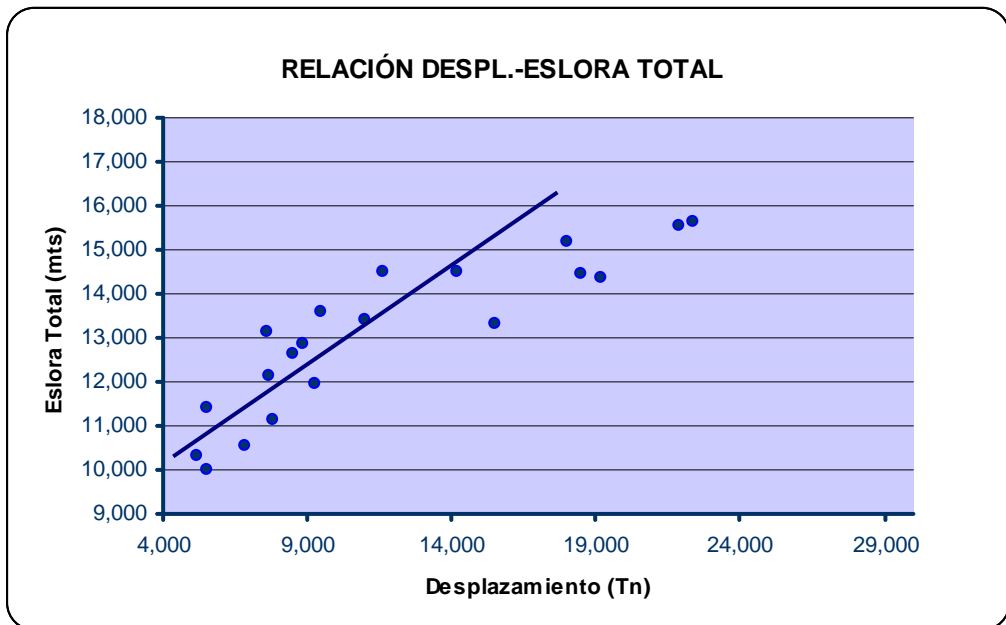
L.O.A (m)	L.W.L. (m)	B.Max (m)	CALADO (m)	DESP. (Tn)	MATER. CONSTR	CAPAC. FUEL (lts)	CAPAC.AGUA (lts)	MOTORIZACION	POT.	VEL. MAX.	VEL. CRUC.
10,000		3,460	0,900	5,500	PRFV	600	300	2 x 170 hp	340		
10,300		3,400	0,890	5,200	PRFV	750	150	2 x 300 hp	600		
10,560		3,960	0,940	6,810	PRFV	1287	227	1 x 370 hp	370		
11,130	10,830	3,840	0,930	7,800	PRVF	800	400	2 x 370 hp	740		
11,400		3,400		5,500	PRVF	700	400	2 x 600 hp	1200	35	24
11,960		3,990	1,160	9,257	PRVF	1200	320	2 x 310 hp	620		
12,130	11,610	3,650	1,500	7,687	PRFV	520	296	2 x 310 hp	620	28	
12,620		4,210	0,950	8,500	PRFV	1300	400	2 x 370 hp	740		
12,850		3,850	1,350	8,860	PRVF	1130	330	2 x 450 hp	900	26	20
13,150		3,730	0,920	7,600	PRFV	720	333	2 x 310 hp	620	33	30
13,300		3,880	1,030	15,500	PRFV	1400	200	2 x 800 hp	1600	30	27
13,400	13,060	4,150	1,060	11,000	PRFV	1900	1350	2 x 435 hp	876	39	33
13,600		4,100		9,500	PRFV	1700	500	2 x 650 hp	1300	35	34
14,350	14,150	4,340	1,300	19,200	PRFV	1440	680	2 x 575 hp	1150	33	30,5
14,460	14,300	4,520	1,240	18,500	PRFV	2000	590	2 x 575 hp	1150		
14,480		4,450	1,270	14,200	PRFV	514	454	2 x 480 hp	960	30	26
14,480		4,010	1,020	11,600	PRFV	1365	364	2 x 575 hp	1150		
15,160		4,600	1,210	18,000	PRFV	1950	670	2 x 715 hp	1430	32	27
15,540		4,720	1,210	21,900	PRFV	2220	500	2 x 670 hp	1340	32	29
15,650	15,350	4,600	1,470	22,400	PRFV	1820	680	2 x 730 hp	1460	33	30,5

3.1. RELACIONES GEOMÉTRICAS

Con este nombre se designan aquellas relaciones en las cuales se estudian las formas del casco a través de la relación entre magnitudes principales de la embarcación, para de esa forma, analizar para qué valores de esas relaciones obtenemos un mejor comportamiento del casco y deducir así las dimensiones principales de la embarcación. Estas relaciones se especifican a continuación:

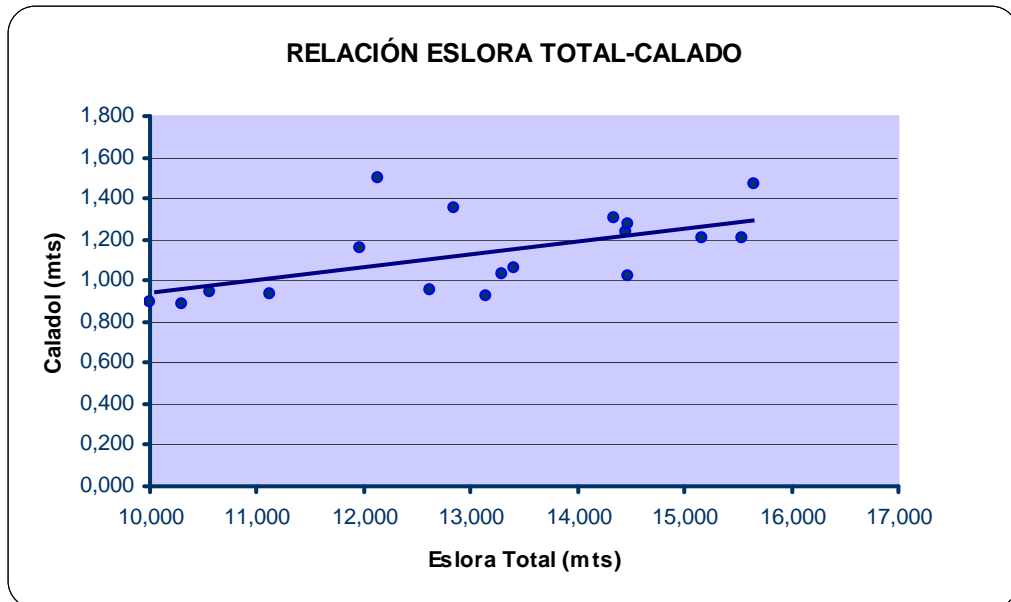
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – ESLORA TOTAL. (Tabla 3.1.1)**

DESPL.(Tn)	L.O.A (m)	DESPL./ LOA
5,500	10,000	0,550
5,200	10,300	0,505
6,810	10,560	0,645
7,800	11,130	0,701
5,500	11,400	0,482
9,257	11,960	0,774
7,687	12,130	0,634
8,500	12,620	0,673
8,860	12,850	0,689
7,600	13,150	0,578
15,500	13,300	1,165
11,000	13,400	0,821
9,500	13,600	0,698
19,200	14,350	1,338
18,500	14,460	1,279
14,200	14,480	0,981
11,600	14,480	0,801
18,000	15,160	1,187
21,900	15,540	1,409
22,400	15,650	1,431
MEDIA		0,867



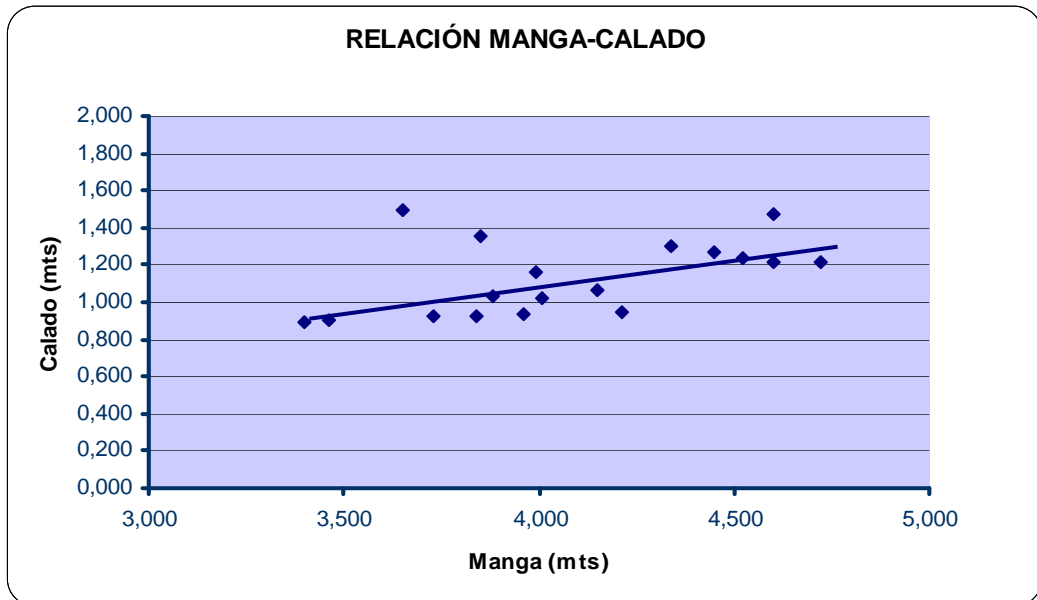
❖ **RELACIÓN ESLORA – CALADO. (Tabla 3.1.2)**

L.O.A (m)	CALADO (m)	LOA./T
10,000	0,900	11,111
10,300	0,890	11,573
10,560	0,940	11,234
11,130	0,930	11,968
11,400		
11,960	1,160	10,310
12,130	1,500	8,087
12,620	0,950	13,284
12,850	1,350	9,519
13,150	0,920	14,293
13,300	1,030	12,913
13,400	1,060	12,642
13,600		
14,350	1,300	11,038
14,460	1,240	11,661
14,480	1,270	11,402
14,480	1,020	14,196
15,160	1,210	12,529
15,540	1,210	12,843
15,650	1,470	10,646
MEDIA		11,736



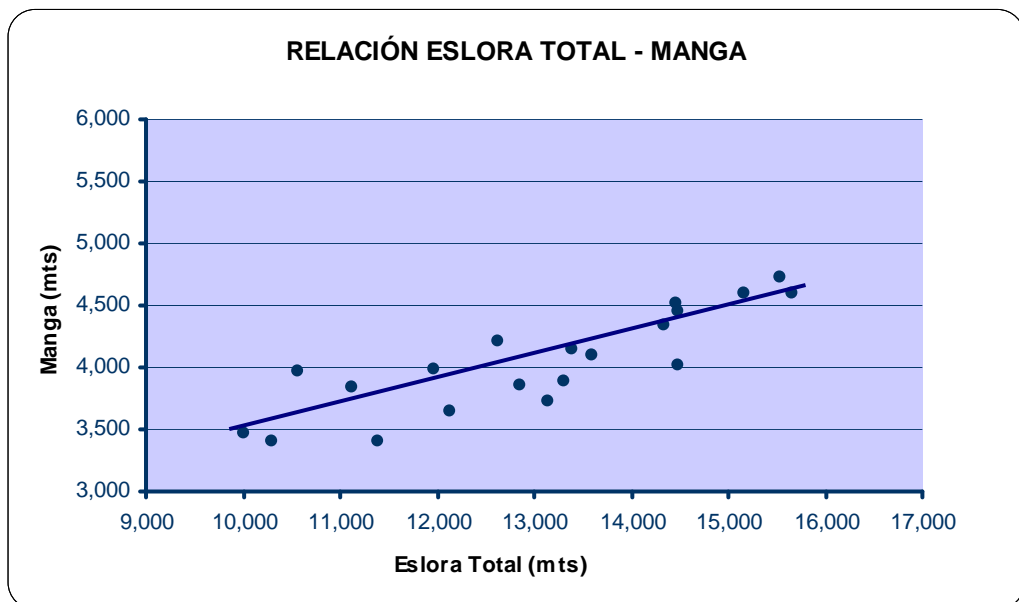
❖ **RELACIÓN MANGA – CALADO. (Tabla 3.1.3)**

B. MÁX. (m)	CALADO (m)	B/T
3,460	0,900	3,844
3,400	0,890	3,820
3,960	0,940	4,213
3,840	0,930	4,129
3,400		
3,990	1,160	3,440
3,650	1,500	2,433
4,210	0,950	4,432
3,850	1,350	2,852
3,730	0,920	4,054
3,880	1,030	3,767
4,150	1,060	3,915
4,100		
4,340	1,300	3,338
4,520	1,240	3,645
4,450	1,270	3,504
4,010	1,020	3,931
4,600	1,210	3,802
4,720	1,210	3,901
4,600	1,470	3,129
MEDIA		3,675



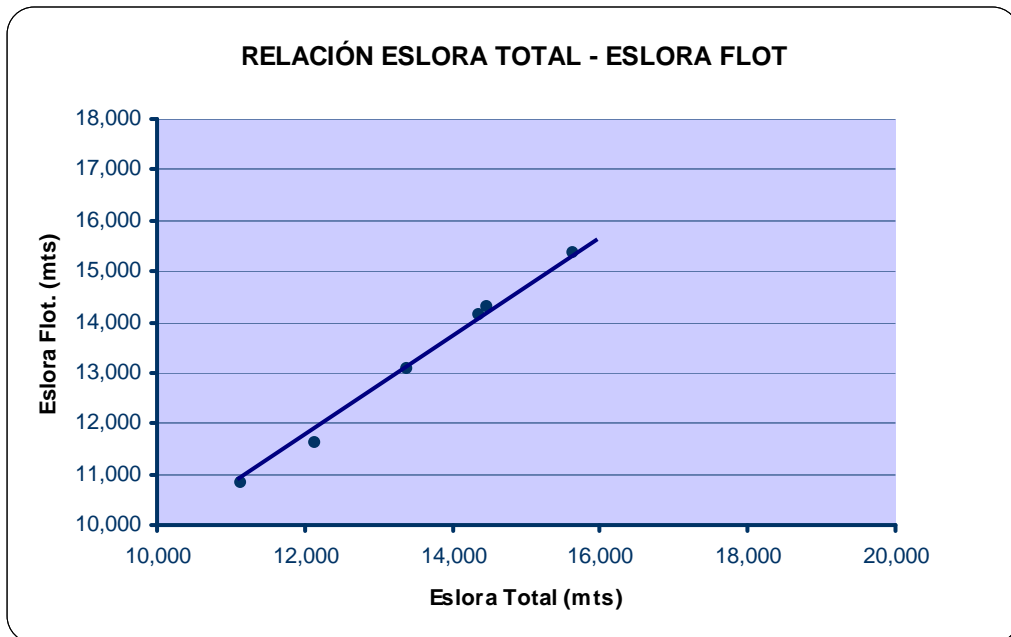
❖ **RELACIÓN ESLORA – MANGA. (Tabla 3.1.4)**

L.O.A (m)	B.MAX. (m)	LOA/B
10,000	3,460	2,890
10,300	3,400	3,029
10,560	3,960	2,667
11,130	3,840	2,898
11,400	3,400	3,353
11,960	3,990	2,997
12,130	3,650	3,323
12,620	4,210	2,998
12,850	3,850	3,338
13,150	3,730	3,525
13,300	3,880	3,428
13,400	4,150	3,229
13,600	4,100	3,317
14,350	4,340	3,306
14,460	4,520	3,199
14,480	4,450	3,254
14,480	4,010	3,611
15,160	4,600	3,296
15,540	4,720	3,292
15,650	4,600	3,402
MEDIA		3,218



❖ **RELACIÓN ESLORA – ESLORA EN LA FLOTACIÓN. (Tabla 3.1.5)**

L.O.A (m)	L.W.L (m)	LOA/B
10,000		
10,300		
10,560		
11,130	10,830	1,028
11,400		
11,960		
12,130	11,610	1,045
12,620		
12,850		
13,150		
13,300		
13,400	13,060	1,026
13,600		
14,350	14,150	1,014
14,460	14,300	1,011
14,480		
14,480		
15,160		
15,540		
15,650	15,350	1,020
MEDIA		1,024



3.1.1 Resumen de las relaciones anteriores (máximos y mínimos):

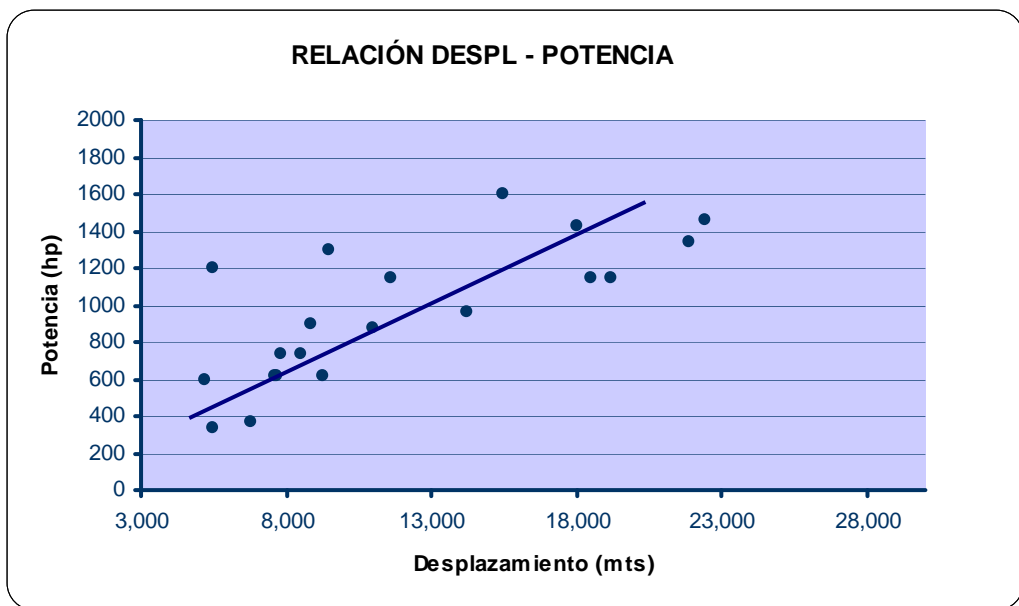
DESPL/LOA	LOA/T	B/T	LOA/T	LOA/LWL
0,482	8,087	2,433	2,667	1,011
1,431	14,293	4,432	3,611	1,045

3.2. RELACIONES FUNCIONALES.

Entre ellas se encuentran aquellas relaciones que relacionan parámetros como la potencia, capacidad de combustible o velocidad.

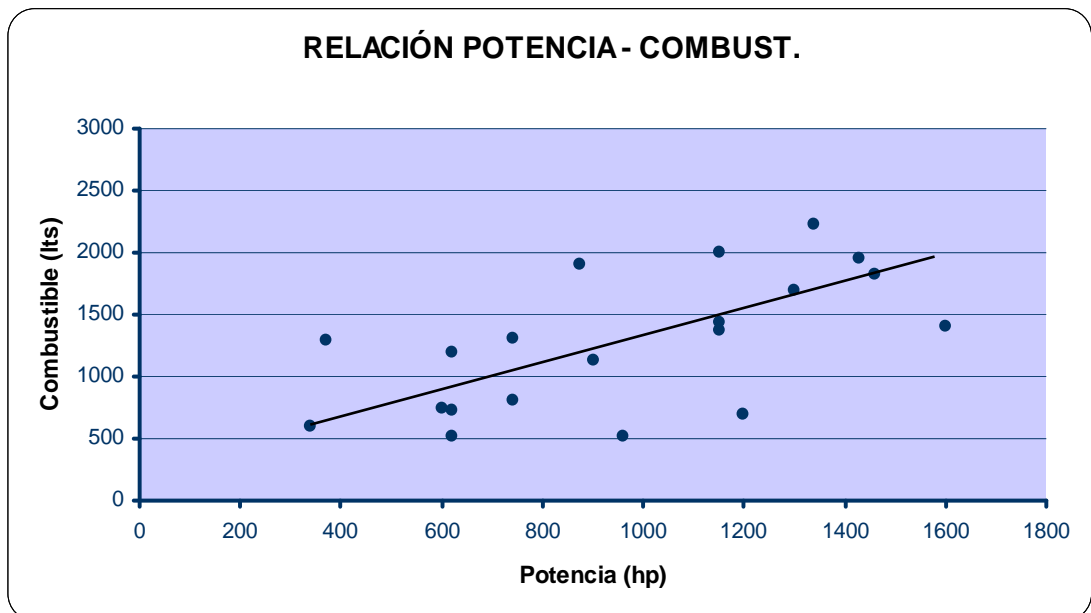
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – POTENCIA. (Tabla 3.2.1)**

DESPL.(Tn)	POTENCIA	DESPL./ POTENCIA
5,500	340	0,016
5,200	600	0,009
6,810	370	0,018
7,800	740	0,011
5,500	1200	0,005
9,257	620	0,015
7,687	620	0,012
8,500	740	0,011
8,860	900	0,010
7,600	620	0,012
15,500	1600	0,010
11,000	876	0,013
9,500	1300	0,007
19,200	1150	0,017
18,500	1150	0,016
14,200	960	0,015
11,600	1150	0,010
18,000	1430	0,013
21,900	1340	0,016
22,400	1460	0,015
MEDIA		0,013



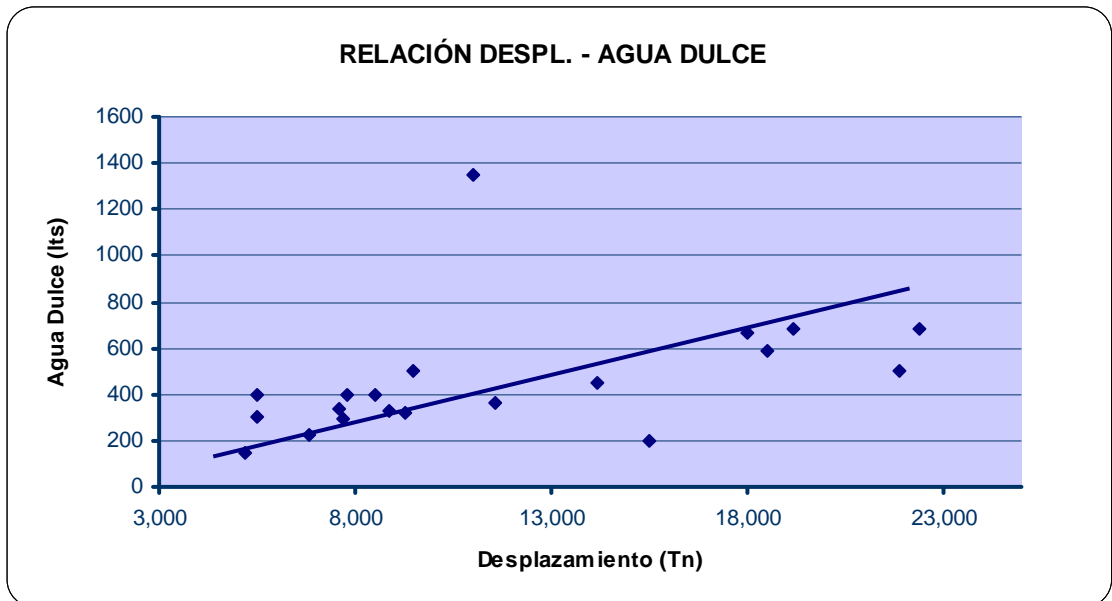
❖ **RELACIÓN POTENCIA – COMBUSTIBLE. (Tabla 3.2.2)**

POTENCIA (hp)	COMBUSTIBLE (lts)	POT./COMBUST.
340	600	0,567
600	750	0,800
370	1287	0,287
740	800	0,925
1200	700	1,714
620	1200	0,517
620	520	1,192
740	1300	0,569
900	1130	0,796
620	720	0,861
1600	1400	1,143
876	1900	0,461
1300	1700	0,765
1150	1440	0,799
1150	2000	0,575
960	514	1,868
1150	1365	0,842
1430	1950	0,733
1340	2220	0,604
1460	1820	0,802
MEDIA		0,841



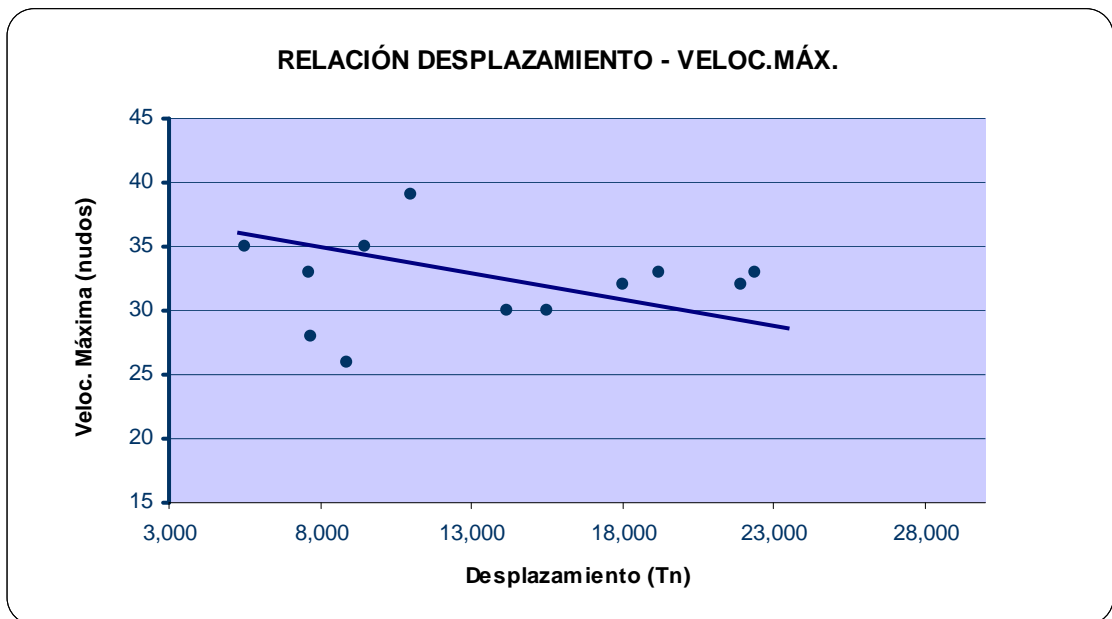
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO – AGUA DULCE. (Tabla 3.2.3)**

DESPL.(Tn)	AGUA DULCE (Its)	DESPL./ AGUA DULCE
5,500	300	0,018
5,200	150	0,035
6,810	227	0,030
7,800	400	0,020
5,500	400	0,014
9,257	320	0,029
7,687	296	0,026
8,500	400	0,021
8,860	330	0,027
7,600	333	0,023
15,500	200	0,078
11,000	1350	0,008
9,500	500	0,019
19,200	680	0,028
18,500	590	0,031
14,200	454	0,031
11,600	364	0,032
18,000	670	0,027
21,900	500	0,044
22,400	680	0,033
MEDIA		0,029



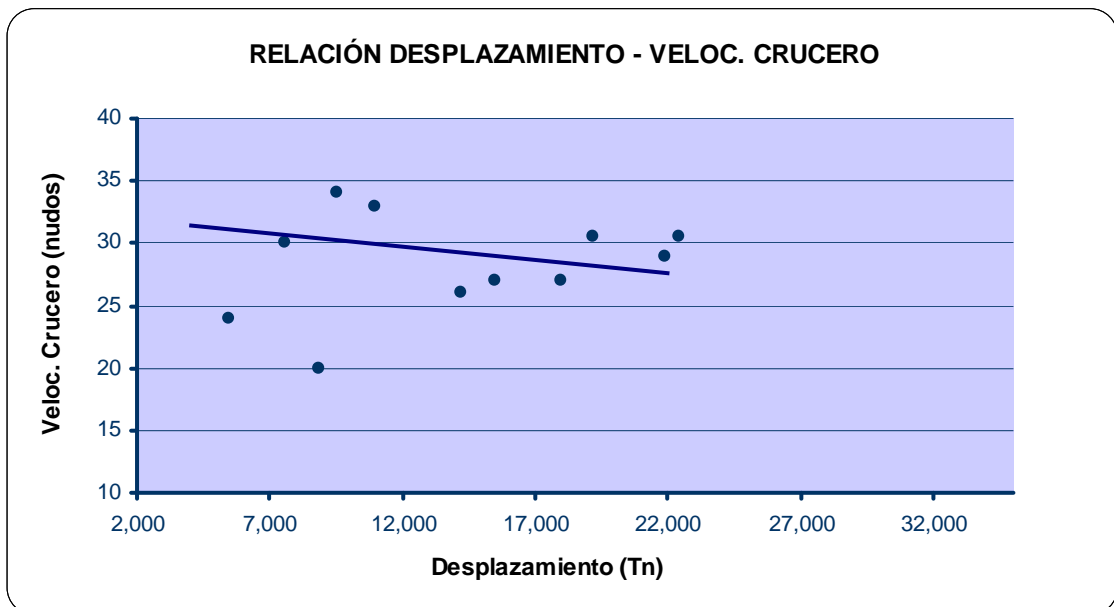
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO –VELOCIDA MÁXIMA. (Tabla 3.2.4)**

DESPL.(Tn)	VEL. MÁX.	DESPL./ AGUA DULCE
5,500		
5,200		
6,810		
7,800		
5,500	35	0,157
9,257		
7,687	28	0,275
8,500		
8,860	26	0,341
7,600	33	0,230
15,500	30	0,517
11,000	39	0,282
9,500	35	0,271
19,200	33	0,582
18,500		
14,200	30	0,473
11,600		
18,000	32	0,563
21,900	32	0,684
22,400	33	0,679
MEDIA		0,411



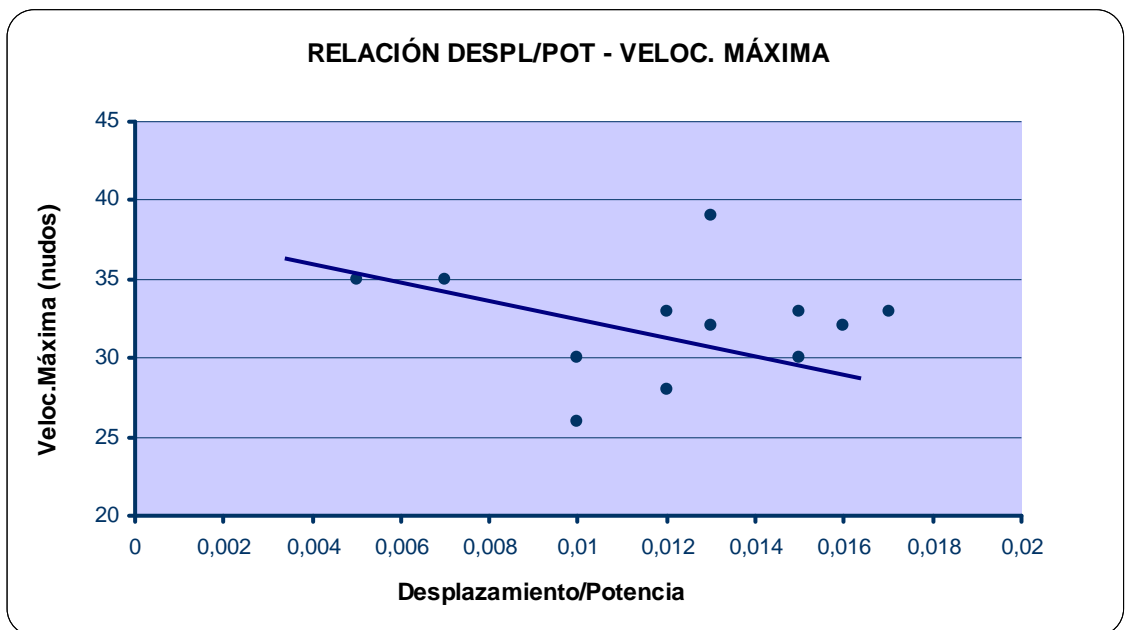
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO –VELOCIDA DE CRUCERO. (Tabla 3.2.5)**

DESPL.(Tn)	VEL. CRUCERO	DESPL./ AGUA DULCE
5,500		
5,200		
6,810		
7,800		
5,500	24	0,229
9,257		
7,687		
8,500		
8,860	20	0,443
7,600	30	0,253
15,500	27	0,574
11,000	33	0,333
9,500	34	0,279
19,200	30,5	0,630
18,500		
14,200	26	0,546
11,600		
18,000	27	0,667
21,900	29	0,755
22,400	30,5	0,734
MEDIA		0,495



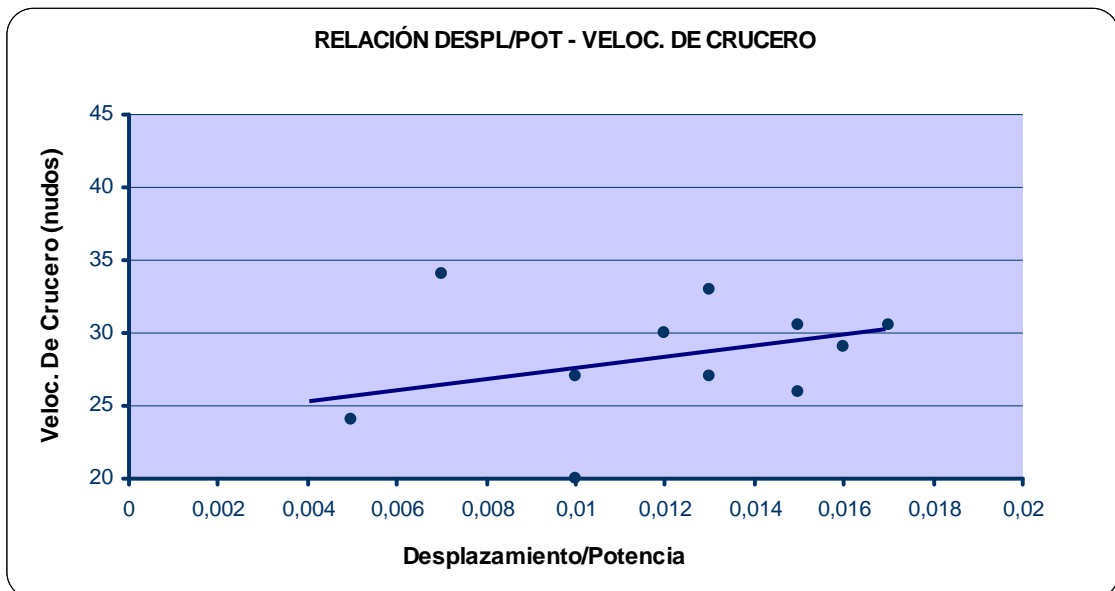
❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA –VELOCIDA MÁXIMA. (Tabla 3.2.6)**

DESPLAZ./POT.	VELOC. MÁXIMA	(DESPL./POT.)VELOC.MAX
0,016		
0,009		
0,018		
0,011		
0,005	35	0,00014
0,015		
0,012	28	0,00043
0,011		
0,010	26	0,00038
0,012	33	0,00036
0,010	30	0,00033
0,013	39	0,00033
0,007	35	0,00020
0,017	33	0,00052
0,016		
0,015	30	0,00050
0,010		
0,013	32	0,00041
0,016	32	0,00050
0,015	33	0,00045
MEDIA		0,00038



❖ **RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA –VELOCIDA DE CRUCERO. (Tabla 3.2.7)**

DESPLAZ./POT.	VELOC. CRUCERO	(DESPL./POT.)/VELOC.CRUC.
0,016		
0,009		
0,018		
0,011		
0,005	24	0,00021
0,015		
0,012		
0,011		
0,010	20	0,00050
0,012	30	0,00040
0,010	27	0,00037
0,013	33	0,00039
0,007	34	0,00021
0,017	30,5	0,00056
0,016		
0,015	26	0,00058
0,010		
0,013	27	0,00048
0,016	29	0,00055
0,015	30,5	0,00049
MEDIA		0,00043



4. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la embarcación se realizará en función de las gráficas y relaciones geométricas y funcionales que se han obtenido en el Estudio Estadístico (Capítulo 3), así como de la consulta a proyectistas navales.

Este dimensionamiento servirá para dar una idea aproximada de cuales serán las dimensiones principales de la embarcación, tales como: eslora de flotación, manga y calado del casco, así como también otros parámetros como: desplazamiento, potencia, litros de combustible, litros de agua, etc...

Que el dimensionamiento sirva para dar una aproximación inicial de las dimensiones principales, es porque estas dimensiones pueden verse alteradas a medida que se avanza en el proyecto de la embarcación.

Como pequeña introducción al dimensionamiento de la embarcación, vamos a ver de forma muy esquemática, los efectos que produce la variación de una de las dimensiones en las restantes:

- **Eslora:**

Su aumento produce un aumento del peso estructural. Es la dimensión estructuralmente más cara.

Aunque su incremento, aumenta el área mojada y en consecuencia la Resistencia Viscosa, en contrapartida, disminuye la formación de olas, de tal forma, que por lo 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.

- **Manga:**

Su aumento tiende a disminuir el peso estructural. Por otra parte, puede ocurrir que la Resistencia Total al avance aumente al aumentar la manga.

Una relación L/B baja, origina una peor maniobrabilidad.

Una relación B/D baja, origina una baja estabilidad inicial de la embarcación.

- **Calado:**

Su aumento tiende a disminuir el peso estructural. 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.

Una relación B/T alta, tiende a aumentar la Resistencia Total de la embarcación.

Una relación B/T baja, tiende a disminuir esa Resistencia.

- **Puntal:**

Su aumento tiende a disminuir el peso estructural. Es la dimensión estructuralmente mas barata.

Una relación B/D baja, empeora la estabilidad.

Una relación L/D alta, produce un aumento de peso en la embarcación.

4.1 RELACIONES GEOMÉTRICAS

4.1.1. Relación Desplazamiento – Eslora Total. (Δ/Loa)

El desplazamiento es una de las magnitudes que varía de forma mas lógica con la eslora: a mayor longitud de la embarcación, mayor peso.

Un aumento de la relación Desplazamiento-Eslora Total produce:

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

Una disminución de la relación Desplazamiento-Eslora Total produce:

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

Por tanto, para ver entre que valores se podía mover el desplazamiento de nuestra embarcación, se ha utilizado los valores obtenidos en la tabla (3.1.1) "Desplazamiento – Eslora Total" del Capítulo 3 (Estudio Estadístico).

En esta tabla, se obtiene que el rango de valores de la relación Δ/Loa , varía entre 0,482 y 1,431.

Partiremos por tanto de estudiar tres posibles Desplazamientos para nuestra embarcación. Los tres posibles Desplazamientos a estudiar son; partiendo de la zona baja de la relación Δ/Loa , pero sin llegar al extremo inferior de 0,482 así tomaremos un valor de 0,50; como segundo valor, un valor alto de la misma relación, sin llegar al extremo superior de 1,431 un valor de 1,40; y por último, un valor medio entre los anteriores, tal como 0,95.

De esta forma, y considerando un valor inamovible de Eslora Total de 13 metros como requisito del cliente, obtenemos los siguientes valores de desplazamiento:

$$\Delta/Loa = 0,50 \qquad \Delta = 13 * 0,50 = 6,500 \text{ Tn.}$$

$$\Delta/Loa = 0,95 \qquad \Delta = 13 * 0,95 = 12,350 \text{ Tn.}$$

$$\Delta/Loa = 1,40 \qquad \Delta = 13 * 1,40 = 18,200 \text{ Tn.}$$

El primer valor de Desplazamiento, nos daría una embarcación muy ligera y de alta velocidad, el tercero nos daría una embarcación pesada, pero dentro del margen de Desplazamientos adecuados para esta embarcación, y el segundo valor, el de 12,350 Tn. es el más conservador, dando una embarcación ni muy pesada ni muy ligera.

Realizando una media entre el primer valor y el segundo, descartando el tercero porque da un Desplazamiento elevado en función de la embarcación que queremos conseguir (baja potencia y velocidad media – alta), obtenemos el siguiente resultado:

$$\text{Media } \Delta/\text{Loa} = (0,50 + 0,95)/2 = 0,725$$

$$\Delta = 13 * 0,725 = 9,425 \text{ Tn.}$$

Por tanto vamos a considera este Desplazamiento como válido para nuestra embarcación. No obstante, este dato podrá variar a lo largo del diseño de la embarcación.

4.1.2 Relación Eslora Total – Calado. (Loa/T)

Para la obtención del calado, vamos a proceder de la misma forma que con las dimensiones anteriores, recurriendo al Estudio Estadístico, para tener una idea aproximada del calado que le podemos dar a la embarcación. Debemos mencionar en este apartado, que estos valores serán aproximados y podrán ser alterados durante el diseño de la embarcación.

Para un mismo valor de eslora y desplazamiento:

Un valor alto de la relación Eslora Total-Calado significa:

- Menor calado
- Formas mas llenas
- Semimangas por debajo de la flotación más anchas
- Embarcaciones lentas en régimen de desplazamiento.

Si el valor de la relación Eslora Total-Calado disminuye, significa:

- Mayor calado
- Formas en “V”
- Semimangas mas estrechas
- Embarcación más rápida.

Sin embargo, un calado excesivo puede resultar un inconveniente a la hora de acceder a determinados puertos y un valor alto de calado, puede dificultar la transición de la embarcación del régimen de desplazamiento al de planeo.

Por tanto, para ver entre que valores se podía mover el calado de nuestra embarcación, y teniendo en cuenta lo reseñado anteriormente, se ha utilizado los valores obtenidos en la tabla (3.1.2) “Eslora Total – Calado” del Capítulo 3 (Estudio Estadístico), así como los datos de la gráfica correspondiente.

En esta tabla, se obtiene que el rango de valores de la relación Loa/T , varía entre 8,087 y 14,293.

Partiremos por tanto estudiando tres posibles valores de calado para la embarcación. Los tres posibles calados a estudiar son; partiendo de la zona baja de la relación Loa/T pero sin llegar al extremo inferior de 8,087, tomamos un primer valor de 9; como segundo valor, un valor alto de la relación pero sin llegar al extremo superior de 14,293 es decir, un valor de 14. y como tercer valor, la media entre ambos valores, es decir 11,5.

De esta forma, tomando la eslora total de 13 m obtenemos los siguientes calados:

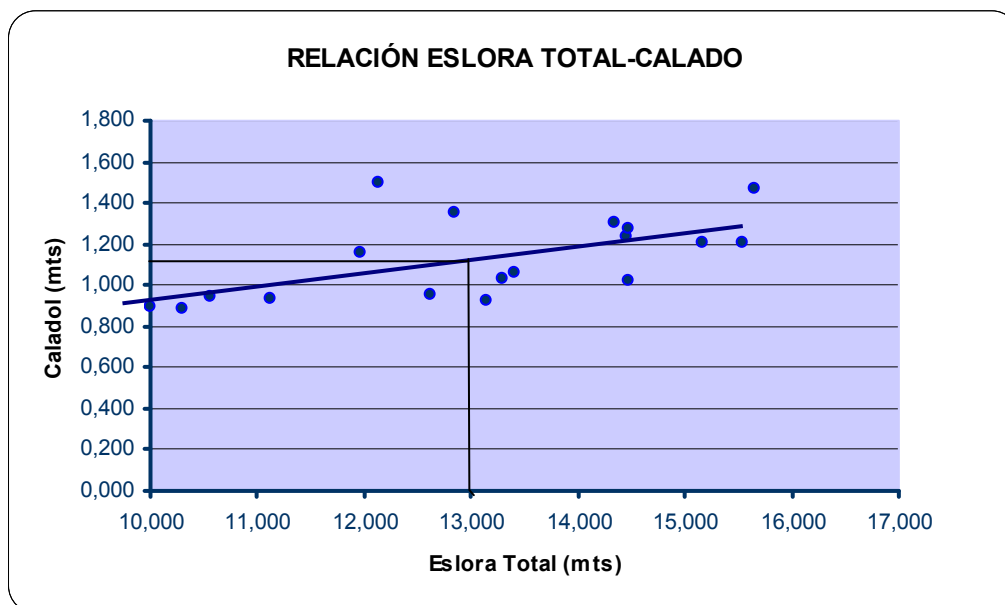
$$Loa/T = 9 \qquad T = 13 / 9 = 1,444 \text{ m.}$$

$$Loa/T = 11,5 \qquad T = 13 / 11,5 = 1,13 \text{ m.}$$

$$Loa/T = 14 \qquad T = 13 / 14 = 0,928 \text{ m.}$$

De entre los tres resultados obtenidos, nos quedamos con el segundo valor de $T = 1,13$ m por acercarse al valor que estamos buscando.

Por otro lado, entrando en la gráfica donde se representa los datos obtenidos para esta relación Loa/T se obtiene el siguiente dato:



Entrando en la gráfica para una Loa = 13 m, obtenemos un calado de 1,10 m.

Así pues, el valor que creemos será mas apto para el diseño de la embarcación es el de **T = 1,100 m**

4.1.3 Relación Manga – Calado. (B/T)

La relación Manga – Calado es una de las más importantes por su capacidad para expresar el área sumergida de las distintas secciones transversales verticales. Cuanto mayor sea este valor, mayor estabilidad transversal tendrá el casco.

Junto con la relación anterior, Eslora Total – Calado, dan una idea bastante aproximada de las dimensiones ideales del yate que permitan disponer de un volumen de carena que produzca el suficiente empuje para una correcta flotación del casco.

Es importante la variación de la relación B/T a lo largo de la eslora. Para embarcaciones de planeo, interesa:

- *Para la zona de popa una relación alta:*
 - Formas llenas y planas.
 - Favorece la situación de planeo.

- *Para la zona de proa una relación B/T algo menor:*
 - Se adoptan formas más en “V”, que facilitan la navegación.
 - Alcanzan grandes velocidades.

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

De tal forma, entrando en la tabla (3.1.3), relación Manga – Calado del capítulo 3 “Estudio Estadístico” y tomando los valores máximos y mínimos se obtiene que los calados varían entre 2,433 y 4,432 con un valor medio de 3,675. Aplicando estos valores a la relación, resulta:

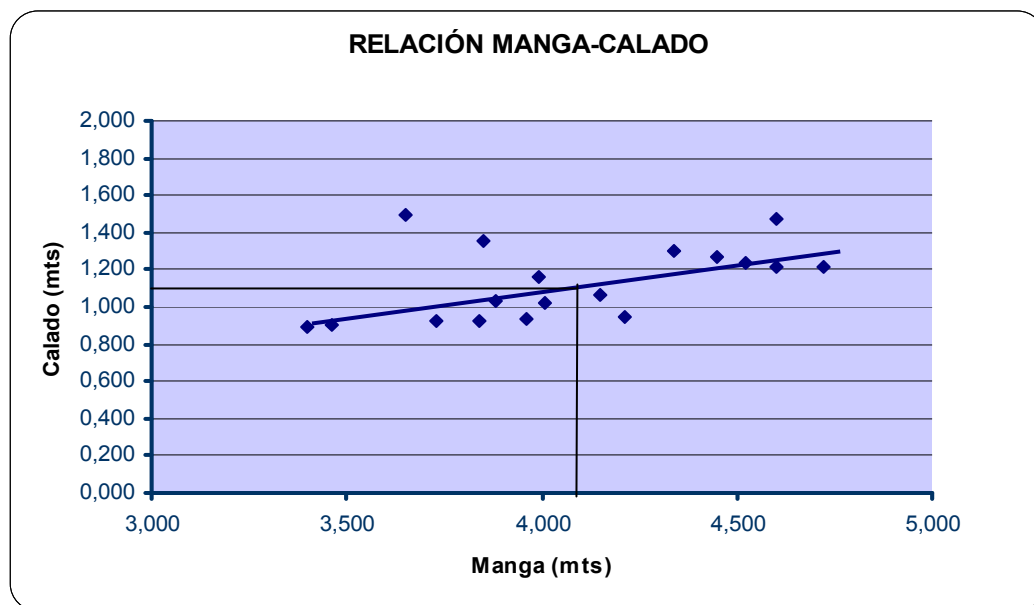
$$B/T = 2,433 \qquad T = 4,06 / 2,433 = 1,669 \text{ m.}$$

$$B/T = 4,432 \qquad T = 4,06 / 4,432 = 0,916 \text{ m.}$$

Aplicando el valor medio de esta relación se obtiene.

$$B/T = 3,675 \qquad T = 4,06 / 3,675 = 1,105 \text{ m.}$$

En la gráfica donde se representan los valores de la relación, se puede ver que para $B = 4,06 \text{ m}$ obtenemos un calado de 1,10 m.



Por tanto, al aproximarse estos valores al calado considerado como óptimo en la relación anterior Eslora Total – Calado, vamos a quedarnos con el valor obtenido en esa relación. Así, nuestro calado será de **T = 1,10 m**.

No obstante, este valor podrá variar a lo largo del diseño de la embarcación.

4.1.4 Relación Eslora – Manga. (Loa/B)

A la hora de decidir cuál será la manga máxima de nuestra embarcación, debemos tener en cuenta los siguientes datos:

- Un aumento de la manga supone un aumento de la Resistencia Total al avance.
- Disponer de espacio suficiente para la habilitación a introducir en la embarcación.

Este cociente nos da una idea de la esbeltez que ha de tener el casco.

Un aumento de la relación Eslora - Manga produce:

- Casco mas largo y estrecho
- Cortará mejor el volumen de agua al navegar
- Ofrecerá menor resistencia al avance.

Una disminución de la relación Eslora - Manga produce:

- Casco mas ancho y corto
- Mayor estabilidad transversal
- Barco más lento por ofrecer una mayor resistencia al avance.

Por tanto, será necesario llegar al acuerdo entre la estabilidad y la velocidad que le queremos dar a nuestra embarcación.

Para ver entre qué valores se podía mover la manga de nuestra embarcación, se ha utilizado los valores obtenidos en la tabla (3.1.5) “Eslora Total – Manga” del Capitulo 3 (Estudio Estadístico), así como los datos de la gráfica correspondiente.

En esta tabla se obtiene que el rango de valores de la relación Loa/B varia entre 2,667 y 3,611; obteniéndose un valor medio de 3,218.

Aplicando estos valores de relación vemos que la manga se moverá entre:

$$Loa/B = 2,667 \qquad B = 13 / 2,667 = 4,874 \text{ m.}$$

$$Loa/B = 3,611 \qquad B = 13 / 3,611 = 3,600 \text{ m.}$$

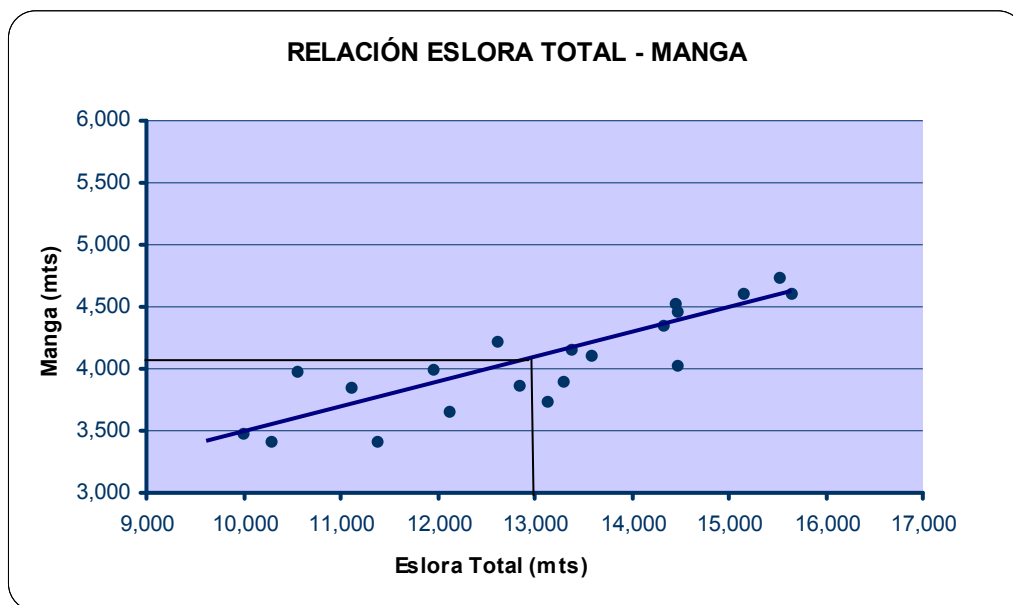
Descartando el primer valor por ser demasiado alto, al ofrecer una alta resistencia al avance y considerando que el segundo, nos dará una embarcación estrecha en relación al volumen de habilitación que queremos instalar, veamos que ocurre aplicando el valor medio de Loa/B .

De esta forma, aplicando ese valor medio de $Loa/B = 3,218$ obtenemos:

$$Loa/B = 3,218 \qquad B = 13 / 3,218 = 4,04 \text{ m.}$$

Por último, si entramos en la gráfica del apartado 3.5 del Estudio Estadístico, se obtiene un valor de $B = 4.06 \text{ m.}$

El valor inicial de la B es de **B= 4.06 metros.**



El cuál proporciona un valor de relación $Loa/B = 3,202$ próximo al valor medio obtenido con la tabla. Así que vamos a tomar como aceptable para nuestra embarcación un valor inicial de la manga de **B = 4,03 m**.

4.1.5 Relación Eslora Total – Eslora en Flotación. (Loa/Lwl)

Una magnitud muy importante en cualquier embarcación, es el valor de la eslora en la flotación.

La eslora de flotación constituye un factor de vital importancia, y cuyo conocimiento es imprescindible. Esto es debido a que es la dimensión real y efectiva de la carena durante la navegación.

El valor del coeficiente Loa/Lwl determina la “estética” de la embarcación y el comportamiento de la misma durante la navegación.

Un valor elevado del coeficiente da a entender:

- Una proa lanzada, muy agresiva, propia de embarcaciones muy rápidas, generalmente de planeo.
- Un cuerpo de entrada afilado.

Un valor mas bajo del coeficiente da a entender:

- Perfil de proa más vertical, propio de barcos lentos, que navegan en régimen de desplazamiento.
- La embarcación puede navegar cabeceando.

Por tanto, para ver entre que valores se podía mover la eslora de flotación de la embarcación, se ha utilizado los valores obtenidos en la tabla (3.1.5) “Eslora Total – Eslora en Flotación” del Capitulo 3 (Estudio Estadístico), así como los datos de la gráfica correspondiente.

Como punto de partida, consideramos como valor inamovible la Loa de 13 m, como requisito del cliente.

En la citada tabla, se obtiene que el rango de valores de la relación Loa/Lwl, varía entre 1,011 y 1,045. Así, el valor de Lwl oscilará entre;

$$\text{Loa/Lwl} = 1,011 \qquad \text{Lwl} = 13 / 1,011 = 12,858 \text{ m.}$$

$$\text{Loa/Lwl} = 1,045 \qquad \text{Lwl} = 13 / 1,045 = 12,44 \text{ m.}$$

El valor medio obtenido en la tabla es 1,024. Tomando este valor obtenemos:

$$\text{Loa/Lwl} = 1,024 \qquad \text{Lwl} = 13 / 1,024 = 12,695 \text{ m.}$$

Descartando el primer valor, por ser un valor alto que nos podría producir cabeceo de la embarcación en determinados momentos de navegación y el segundo por considerar que nos quedaría una proa muy lanzada con la consecuente reducción del espacio interior. Pero, considerando que queremos una embarcación de velocidad media-alta con la menor potencia posible, vamos a tomar un valor comprendido entre el valor medio y el mínimo, así obtendremos:

$$\text{Loa/Lwl} = (1,045 + 1,024)/2 = 1,0345.$$

$$\text{Lwl} = 13 / 1,0345 = 12,5 \text{ m.}$$

Por tanto vamos a considerar este valor de eslora en la flotación como válido. No obstante, este valor puede variar a lo largo del diseño.

4.2 RELACIONES FUNCIONALES.

4.2.1 Relación Desplazamiento – Potencia. (Δ /potencia)

El conocimiento de la potencia necesaria a instalar tiene importancia en esta fase del proyecto, en el cálculo del peso aproximado de la maquinaria propulsora (el porcentaje respecto al peso final), y depende, en gran medida, del rango de velocidades que se desee alcanzar.

Teniendo en cuenta el peso final de la embarcación, será necesario instalar un determinado valor de potencia para poder alcanzar la velocidad requerida, por tanto, nos interesa conocer los valores usuales a instalar según el peso en este tipo de embarcaciones.

Como es lógico pensar, a mayor tamaño de la embarcación, mayor potencia será necesaria para moverlo a una velocidad dada, y especialmente, si se desean alcanzar velocidades elevadas.

Cuanto mayor sea la relación Desplazamiento – Potencia:

- Barcos más pesados y con menos potencia.
- Barcos más lentos.

Cuanto mayor sea la relación Desplazamiento – Potencia:

- Barcos más rápidos y ligeros.

Por tanto, para ver entre que valores se podía mover la potencia de nuestra embarcación, se ha utilizado los valores obtenidos en la tabla (3.2.1) “Desplazamiento – Potencia” del Capítulo 3 (Estudio Estadístico).

En esta tabla se obtiene que el rango de valores varía entre 0,005 (Tn/HP) y 0,018 (Tn/HP). Así que utilizando el Desplazamiento ($\Delta=9,425$ Tn) obtenido anteriormente, resulta:

$$\Delta/\text{Potencia} = 0,005 \quad \text{Potencia} = 9,425 / 0,005 = 1885 \text{ HP.}$$

$$\Delta/\text{Potencia} = 0,018 \quad \text{Potencia} = 9,425 / 0,018 = 523,61 \text{ HP.}$$

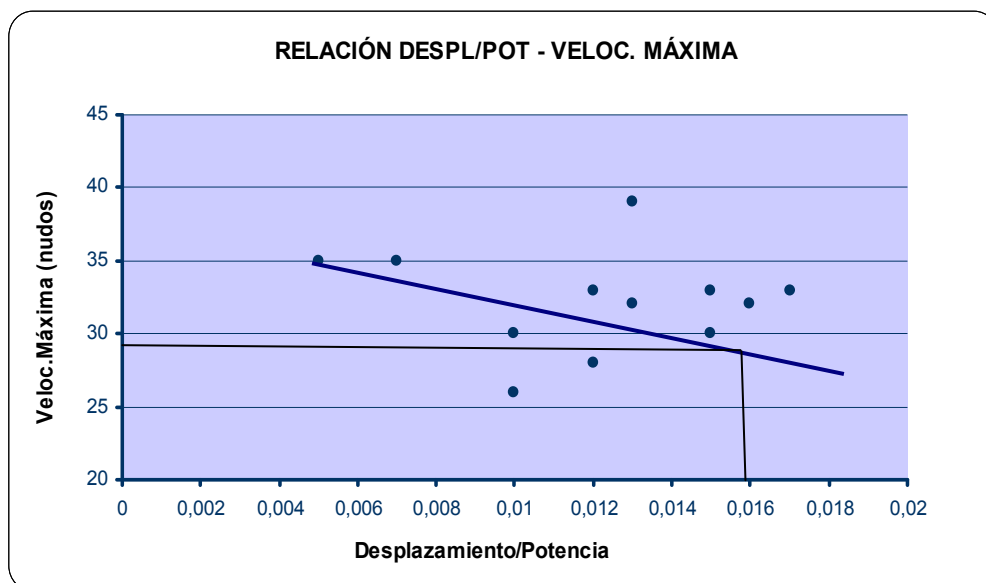
El valor mínimo de 0,005 lo vamos a descartar, ya que se sale demasiado de los objetivos del proyecto.

El valor medio obtenido en la tabla es de 0,013 luego vamos a comparar este valor con el máximo obtenido. Así tendremos:

$$\Delta/\text{Potencia} = 0,013 \quad \text{Potencia} = 9,425 / 0,013 = 725 \text{ HP.}$$

$$\Delta/\text{Potencia} = 0,018 \quad \text{Potencia} = 9,425 / 0,018 = 523,61 \text{ HP.}$$

En la siguiente gráfica, se muestran los valores obtenidos de la relación Δ/Pot – Veloc. Máx. Si hemos dispuesto inicialmente un Desplazamiento de 9,425 Tn. Y una velocidad máxima estimada como requisito inicial del cliente de 29 nudos, podemos entrar en la citada gráfica para obtener un valor aproximado de la potencia a instalar para esa velocidad.



Vemos como para una velocidad de 29 nudos obtenemos una relación Δ/Pot de 0,016. Este valor, está dentro del rango que hemos considerado como efectivo para nuestra embarcación (0,013 y 0,018). Luego la potencia dada es:

$$\Delta/\text{Pot} = 0,016 \qquad \text{Pot} = 9,425 / 0,016 = 590 \text{ HP.}$$

Por tanto, vamos a considerar como aceptable “apriori” un valor de potencia para la embarcación de 590 HP.

4.3 CONCLUSIÓN.

Tras la realización del dimensionado, se han obtenido las dimensiones principales para la embarcación. Estas dimensiones se tomarán válidas, inicialmente, para la realización de este proyecto. No obstante, se ha de tener en cuenta que podrán variar a lo largo del diseño de la embarcación.

Las dimensiones principales son:

<i>Eslora Total (Loa)</i>	13 m
<i>Eslora en la Flotación (Lwl)</i>	12,5 m
<i>Manga (B)</i>	4,03 m
<i>Calado (T)</i>	1,100 m
<i>Desplazamiento</i>	9,425 Tn
<i>Potencia</i>	590 HP

5. DISEÑO Y PLANO DE FORMAS

5.1. INTRODUCCIÓN

Las formas del casco es el factor mas determinante al diseñar una embarcación, por lo tanto hay que tenerlo muy en cuenta. Esto 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...Sabiendo esto es lógico que el diseño de toda embarcación comience 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.

Es importante tener en cuenta las características inamovibles de la embarcación, ya que son requisitos del cliente, estas son: la eslora total, la velocidad máxima y la autonomía.

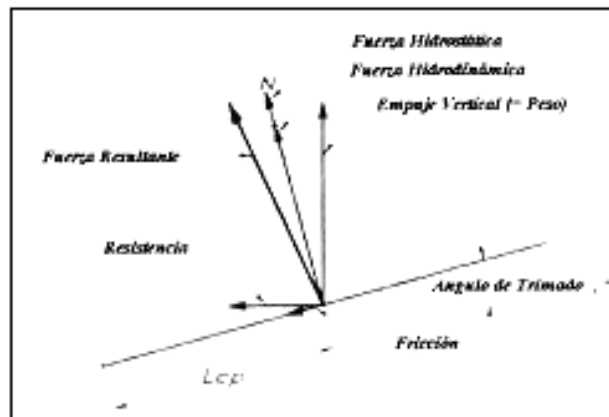
5.2. RÉGIMEN DE PLANEADO.

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.

La fuerza hidrodinámica, provocará en la embarcación dos efectos principales: una sustentación de la embarcación que modificará la superficie mojada y un trimado o asiento como consecuencia del equilibrio longitudinal de fuerzas, y 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 Total al avance (R_t), va a depender de sus formas y dimensiones, además de su velocidad. Esta compuesta por las sumas de las siguientes resistencias:

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

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

5.3.1 Resistencia por formación de olas.

La resistencia por formación de olas es la parte de la Resistencia total originada por la formación de olas, que son de origen gravitacional, (olas transversales y divergentes), y 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.

Esta resistencia puede descomponerse a su vez en:

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

- **R_{wp}** : se refiere a la energía consumida por la embarcación en la generación de los trenes libres de olas de gravedad, transversales y divergentes. Esta componente predomina para números de Froude menores de 0.80, disminuyendo su importancia a velocidades mayores.

- **Rs:** 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.
- **Rp:** 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.

5.3.2. Resistencia Viscosa.

Se descompone en:

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

- **Rf:** 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.

5.3.3. Resistencia debida a apéndices.

Esta resistencia es consecuencia de todos aquellos elementos de la obra viva adosados a la carena, tales como: timón, 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. Existe formulas 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.

5.3.4. Resistencia Aerodinámica.

La Resistencia Aerodinámica (**Ra**) 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.

Esta resistencia se verá reducida considerablemente en nuestro proyecto ya que la cubierta es de tipo "OPEN".

En el término **Ra** 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.

5.4. INFLUENCIA DE LA CARENA EN EL PLANEEO

5.4.1 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.

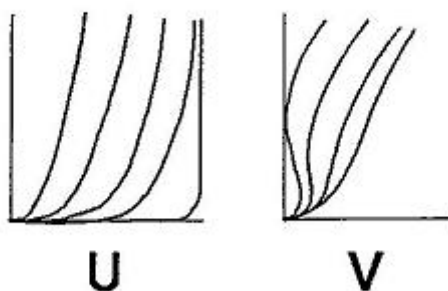
A la hora de estudiar las cuadernas se diferenciará entre las formas de la zona de popa y la de proa.

- **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.

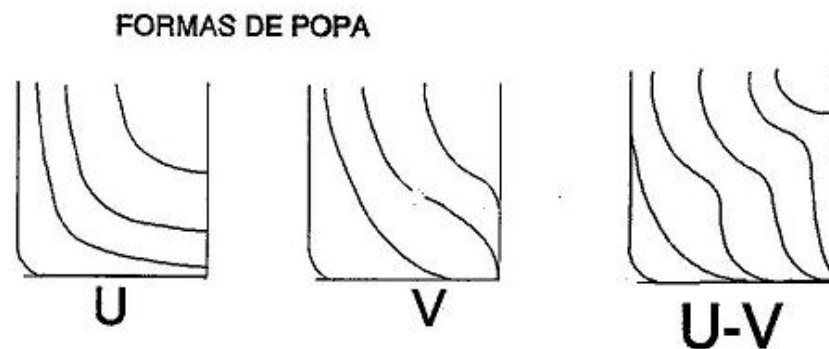
Las embarcaciones pequeñas o rápidas son más afectadas en su comportamiento por el mal tiempo de proa y por consiguiente se va a unas formas más afiladas (V) con el objeto de que pasen mejor la ola de proa y tengan por tanto un mejor comportamiento en la mar.

FORMAS DE PROA



- **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.

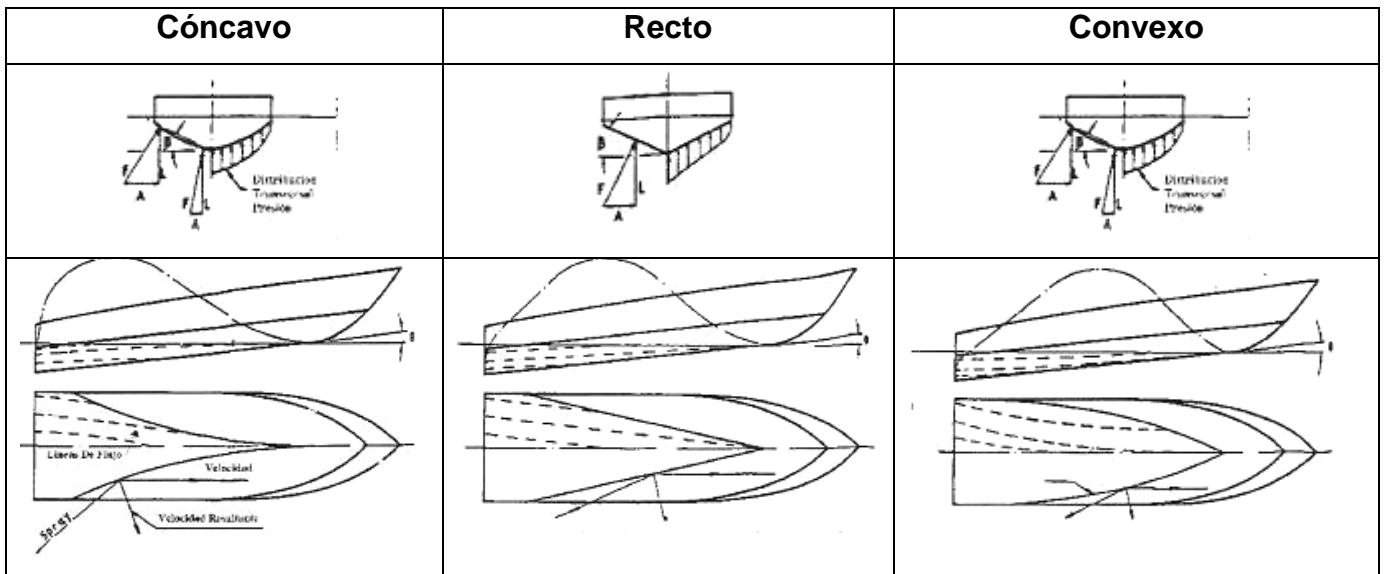
Las cuadernas en V son mejores desde este punto de vista ya que el flujo discurre más perpendicularmente a las cuadernas, pero por otra parte estas formas pueden dar problemas en la configuración de la estela, la hélice trabaja mal y pueden producirse vibraciones en la hélice. Para evitarlo se diseñan 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:



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 escantillados 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.

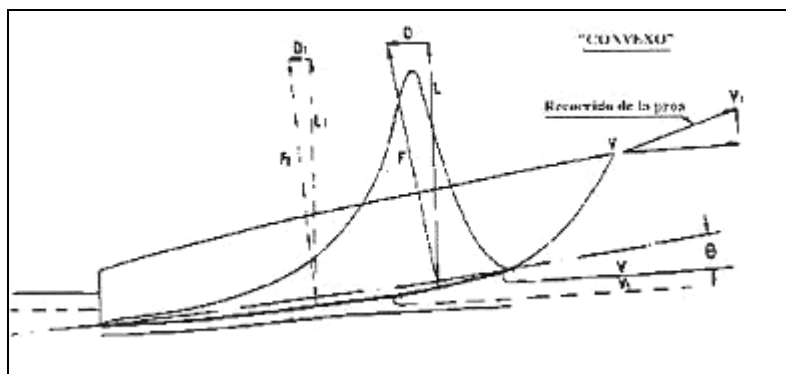
En conclusión, las formas que se adoptarán para el diseño del casco de la embarcación, según lo expuesto anteriormente, serán formas “híbridas” entre U y V con su característico “codillo” y sección transversal del fondo cóncavo en la proa, para aliviar impactos y pasando a recto en la arte de popa para conseguir una óptima superficie de planeo.

5.4.2. 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).

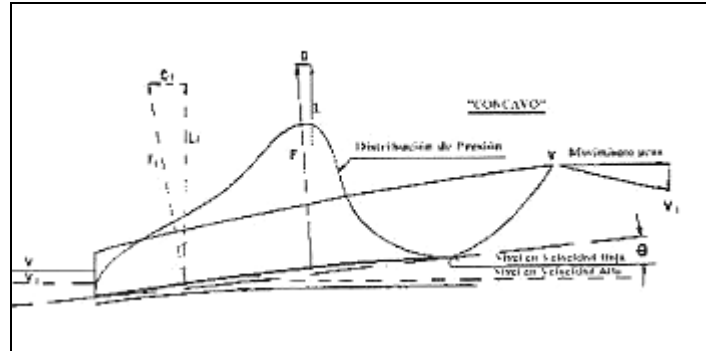
o Fondo Convexo:

- 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.



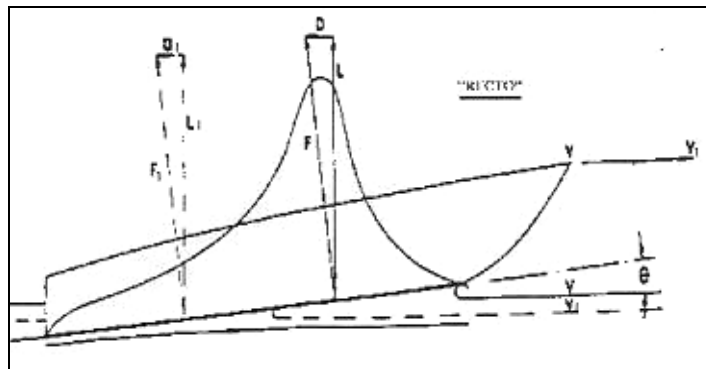
○ **Fondo Cóncavo:**

- 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.



○ **Fondo Recto:**

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



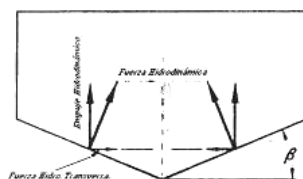
Para nuestro proyecto atendiendo a lo anteriormente dicho, vamos a optar por un fono recto o "straight" ya que así se obtendría un igual rendimiento a altas y bajas velocidades y el punto de máxima presión se mantiene en posición centrada.

5.5. ASTILLA MUERTA.

Para obtener el máximo rendimiento de las fuerzas de sustentación generadas durante el planeo, se suelen disponer fondos planos, ya que la superficie de planeo más eficiente es una placa plana.

Pero por otra parte, hay que tener en cuenta que una embarcación rápida con el fondo plano tendría una pobre capacidad de maniobra, sería de difícil gobierno y experimentarían en mala mar unas aceleraciones e impactos excesivos.

A continuación aparece un croquis representativo de lo mencionado en el párrafo anterior, en él se puede observar cómo varía la componente vertical de la fuerza hidrodinámica. Cuanto más plana sea la embarcación, es decir, cuando tenga un menor ángulo de Astilla Muerta (β), mayores serán los efectos dinámicos.



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, por lo tanto para compensar esta pérdida, será necesario aumentar la superficie mojada y aumentar el ángulo de trimado, lo que provocará un aumento de la resistencia al avance.

La razón por la que la astilla muerta reduce el empuje hidrodinámico es que el agua que golpea el fondo 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.

Por todo ello las embarcación dispondrá de fondos con un cierto ángulo 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 marineras.

5.6. 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.

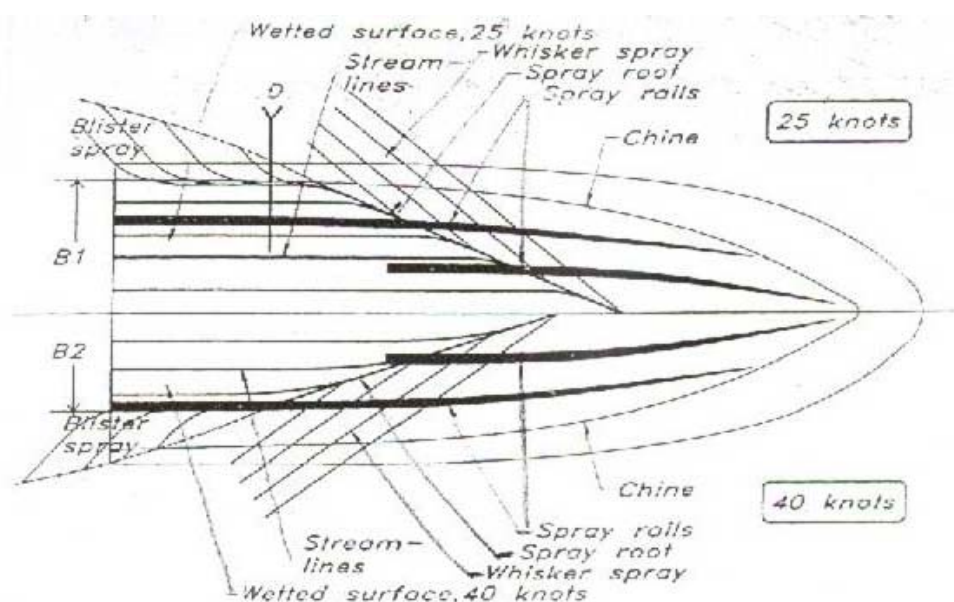
Para números de Froude cercanos a uno, casi la totalidad de la resistencia al avance es de origen friccional como ocurre también a bajas velocidades. Resulta entonces importante controlar en lo posible, la extensión de la superficie mojada del casco, y esta disminución se puede conseguir e incluso eliminar 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.

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.

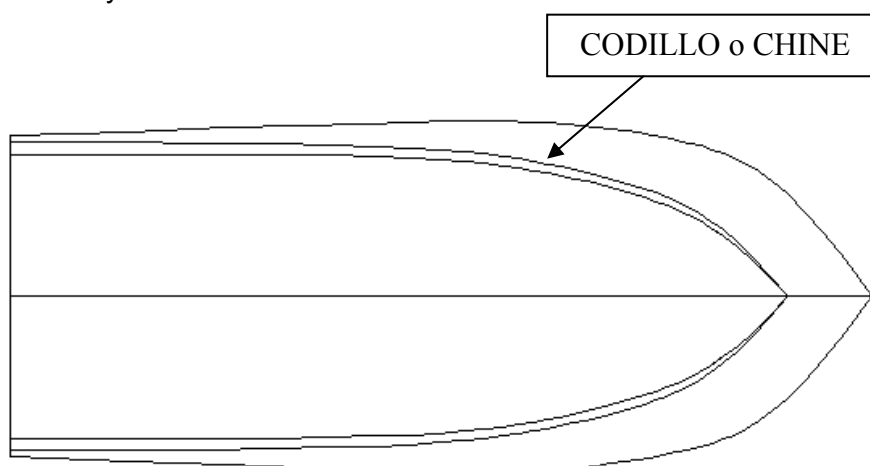


En definitiva, los spray-rails básicamente proporcionan empuje vertical a la embarcación y la separación del flujo, reduciendo la superficie mojada y por tanto la resistencia de fricción.

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. 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 o “chine” 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 ensancha a medida que va hacia popa, formando una curva suave hasta que se encuentra con la roda disminuyendo a su vez la anchura.



5.7. CONCLUSIÓN.

En definitiva y después de tener en cuenta todo lo expuesto anteriormente, para nuestra embarcación, se adoptarán cuadernas híbridas entre U-V con codillo o “chine”, con sección transversal de fondo cóncavo, en la parte de la proa, para aliviar impactos, y recto en la zona de popa, para conseguir una buena superficie de planeo.

Longitudinalmente, se dispondrá de sección de fono recto, así obtendremos un buen comportamiento a bajas y altas velocidades.

Dispondremos de dos spray rails en cada banda paralelos al codillo o “chine”, para disminuir en la medida de lo posible la resistencia de fricción.

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

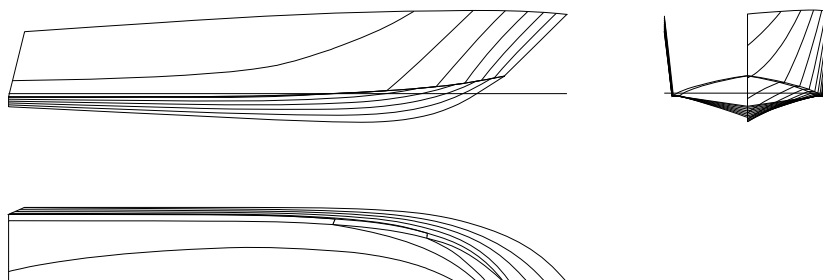
5.8. DISEÑO DE LAS FORMAS CON EL PROGRAMA MAXSURF/PRO.

El programa Maxsurf permite diseñar el casco de una embarcación de forma tridimensional. A partir de los datos 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, y cumple con los requerimientos pertinentes.

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 se toma un desplazamiento aproximado de 9,400 a partir de ahí, se han ido ajustando el resto de parámetros; manga, calado, y eslora de flotación, hasta conseguir unas formas coherentes de la embarcación.

Las formas obtenidas mediante este programa se considerarán definitivas, a no ser, que en futuros capítulos se considere apropiado modificarlas. A continuación aparece un croquis de las formas obtenidas con el programa:



Los datos obtenidos del programa Maxsurf son los siguientes:

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total (Loa)	13,000 metros
Eslora de Flotación (Lwl)	10,891 metros
Manga Max (B)	3,875 metros
Calado (T)	0,744 metros

Los datos obtenidos, no difieren en demasía de los obtenidos en el capítulo 4: Dimensionamiento. Vemos como ha variado de forma significativa el calado, que ha sido rebajado a 0,744 metros, para alcanzar el desplazamiento requerido para la embarcación, y la manga máxima ha disminuido sensiblemente a 3,875 metros.

5.8.1. Conclusión.

Tras llevar a cabo el diseño mediante el programa Maxsurf, se considera que el resultado obtenido es aceptable y se corresponde con el resultado que se pretende obtener. Por ello, a partir de este momento todos los cálculos se llevarán a cabo partiendo de los datos obtenidos en dicho programa.

5.9. ESTRUCTURA RESISTENTE DEL CASCO

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

La embarcación constará de estructura mixta, es decir, longitudinal y transversal. En sentido longitudinal, constará de tres longitudinales de fondo a cada banda del casco, con una separación entre ellos de 410 milímetros, dimensión obtenida de la normativa de la "Lloyds". Serán paralelos y discurrirán a lo largo de toda la eslora del fondo. También llevará cuatro longitudinales de costado a cada banda con una separación entre ellos igual a la de los longitudinales de fondo.

Dispondrá de longitudinales de cubierta o esloras, cuatro a cada banda con la misma separación entre refuerzos que los longitudinales de fondo y costado.

En el sentido transversal el casco dispondrá de cinco mamparos transversales: mamparo de popa de cámara de máquinas, mamparo de proa de cámara de máquinas, mamparo divisorio de camarote de popa, mamparo divisorio de camarote de proa y pique de proa. Todos los mamparos estarán fabricados en PRFV "tipo sándwich" con un espesor de 20 mm (2+16+2).

6. DISPOSICIÓN GENERAL

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

En primer lugar, se hará un croquis esquemático de la planta de la embarcación, y dentro de él se hará una primera aproximación de la distribución de las principales zonas, bañera, puesto de gobierno, habilitación y pique de proa. Tras esta primera aproximación, se dividirán cada una de las partes en diferentes espacios, es decir, aparecerá el camarote, el cuarto de baño o la cocina.

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

En este croquis se obviarán detalles tales como la situación de refuerzos, tuberías, depósitos de combustible, tanques de agua, lastre, etc,... Solamente se tendrá en cuenta la disposición de los distintos espacios. Sí se hará alusión al final del capítulo a los distintos mamparos que posee la embarcación.

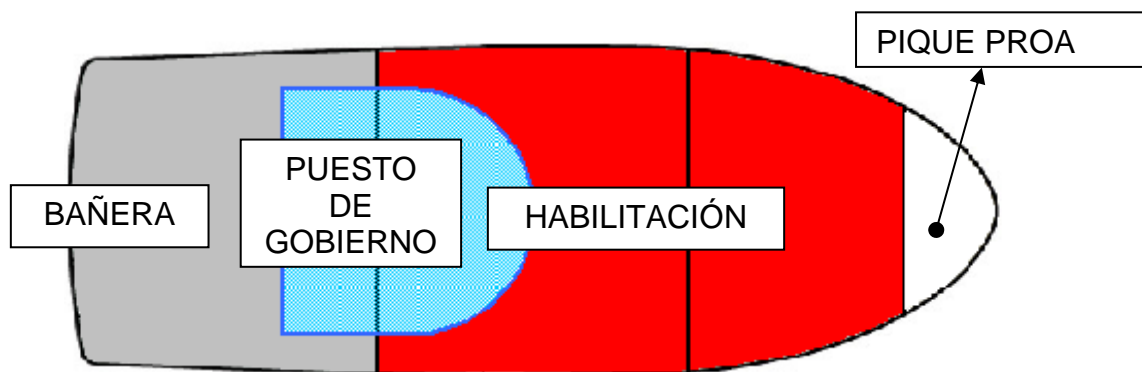
Un factor importante a la hora de llevar a cabo el dimensionamiento de la embarcación, es el grado de espaciosidad del que desea disponer el cliente, ya que éste desea una vivienda flotante capaz de albergar en su interior a cuatro personas y practicar la pesca deportiva cómodamente. También es determinante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

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

Así por ejemplo, es necesario tener lo más claro posible la posición de los motores. Para decidir la ubicación de los mismos, es necesario sopesar las diferentes ventajas e inconvenientes de situarlos en una zona u otra. En el caso concreto de esta embarcación, tras comparar otras de características similares, y consultar a proyectistas navales, se ha considerado oportuno situarlos en la zona central de la embarcación pero no en el punto medio, sino desplazados ligeramente hacia la popa.

La colocación de la cámara de máquinas en este punto es consecuencia de una optimización del trimado. Y el hecho de que no esté completamente centrada es porque esta embarcación lleva la habilitación desplazada ligeramente hacia proa, y por tanto, al situar los motores un tanto desplazados a popa se evita que el centro de gravedad se desplace en exceso hacia proa. Este tipo de embarcaciones en las que se pretenden alcanzar velocidades altas y que se pueden englobar en el tipo de embarcaciones de planeo, tienen un gran problema: el trimado, el cual se estudiará más adelante.

La primera aproximación que se ha hecho de la distribución general, engloba cuatro zonas principales: bañera, puesto de gobierno, habilitación y pique de proa. En el siguiente croquis se distinguen aproximadamente cada una de ellas:



6.1. DISEÑO DE CUBIERTA

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

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

BAÑERA

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

Mide 4,10 metros de eslora por 3,10 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 15,4 metros cuadrados.

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

Una plataforma de baño, forrada en madera de 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 de tres colchonetas de plástico blanco para tomar el sol, las medidas de éstas son: 2,14 m de largo y 2,10 m de ancho, en babor junto a las colchonetas se dispone de un espacio cubierto que hace de almacén.

Seguidamente se dispondrá de un dinete en forma de "U" con una eslora de 2,50 m y una mesa rectangular, frente a él se colocará un mueble bar con tapa para cubrir cuando no se este usando, dentro de él irá una pequeña nevera.

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.

PUESTO DE GOBIERNO

Estará situado a proa de la bañera, tendrá una eslora de 2 m y una manga de 3,20 y se situará a un nivel más alto debido a que está encima del camarote de popa. En este nivel se dispondrá lo siguiente:

- **Cuadro de mando** a estribor con múltiples indicadores, asiento del patrón y asiento de acompañante situados, ambos, en estribor.
- **Acceso a habitación** en la zona de proa mediante unos escalones que salvan el desnivel existente como consecuencia de la situación del puesto de gobierno sobre la cámara de máquinas.
- **Acceso a cámara de máquinas** por medio del piso abatible.
- **Comedor** formado por un dinete en forma de “U” y una mesa. El dinete tiene una longitud de 1,90 metros y es abatible de modo que se convierte en cama doble, y además posee cajones inferiores. La mesa puede modificar su altura de forma que en la cama puedan pernoctar dos personas cómodamente.

PASILLOS LATERALES

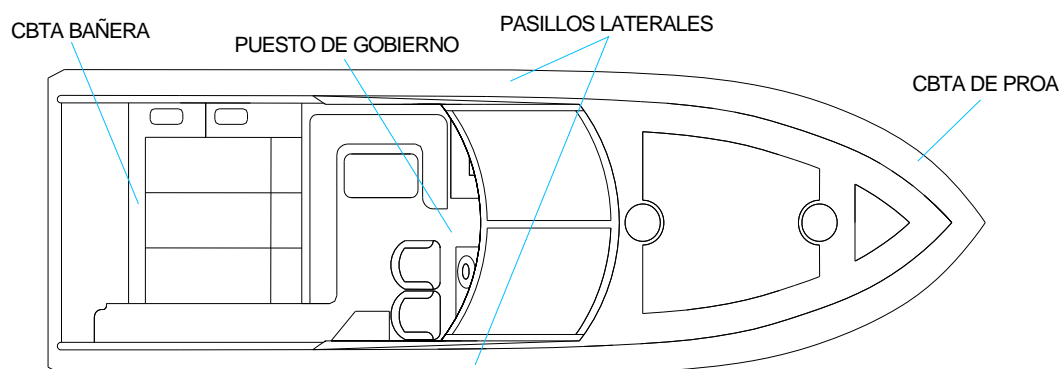
En muchas embarcaciones de este tipo, los pasillos laterales son demasiado estrechos y hacen que el acceso desde la bañera hacia la zona de proa tenga un riesgo innecesario. Se ha intentado solucionar este problema, dotando a estos pasillos de una manga de unos 50 centímetros, además, de una barandilla 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 más amplios y seguros.

CUBIERTA DE PROA

La cubierta de proa tiene una eslora de 5,0 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 (1,30 metros).



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.

La embarcación está diseñada para albergar a cuatro tripulantes. Esta diseñada para que estas personas puedan vivir cómodamente en su interior, y a lo mas seis, si dos de ellas duermen en el sofá del salón-comedor.

El interior estará formado por, mesa de navegación, salón-comedor, cocina, cuarto de aseo, camarote de popa y camarote de proa. Se accederá al interior a través de una abertura situada en línea de crujía.

MESA DE NAVEGACIÓN

La mesa estará situada inmediatamente a babor de la escalera de acceso, y tendrá una eslora de 0,9 metros. Dispone de cajones inferiores y asiento, encima de ella se dispondrá una pequeña estantería.

COCINA

La cocina está situada a estribor de la escalerilla de acceso al interior. Tiene forma de "L" y una eslora de 1,45 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.

SALÓN-COMEDOR

El salón-comedor, está situado a babor, inmediatamente a proa de la mesa de navegación. Tiene una eslora de 1,9 metros, y está formado por un dinete en forma de U. En el centro, se dispone de una mesa rectangular, que es regulable en altura y se puede bajar formando así una cama para dos personas.

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

CUARTO DE BAÑO

El cuarto de aseo está situado a proa de la cocina y enfrente del salón-comedor. Tiene una eslora de 1,45 metros.

Compuesto de plato de ducha, inodoro y un lavabo con elementos sanitarios e higiénicos, además de toallero, portarrollos, espejo, etc..

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 1,94 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. Frente a ellas se dispone un armario ropero, y junto a éste una repisa.

Además, cuenta con dos portillos de iluminación y ventilación en el casco.

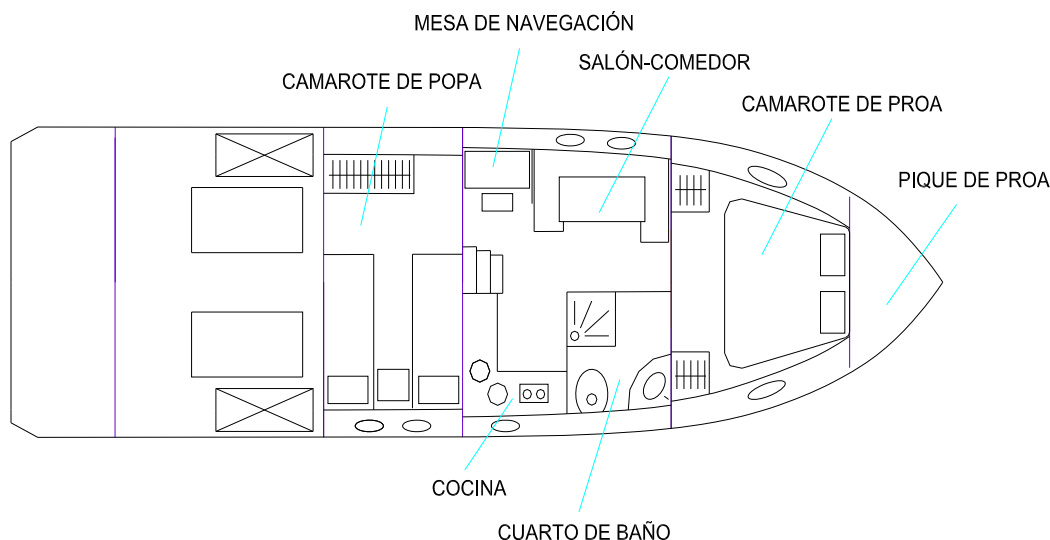
CAMAROTE DE PROA

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.

Tiene una eslora de 2,5 metros y está formado por una cama doble en la parte mas a proa, en sentido longitudinal de la eslora del barco, con armarios en ambos lados para la ropa, con cajonera y percheros.

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

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 cinco mamparos transversales, que son: mamparo de popa de cámara de máquinas, mamparo de proa de cámara de máquinas, mamparo divisorio camarote de popa y mamparo divisorio camarote de proa y mamparo pique de proa.

Todos los mamparos se fabricarán en PRFV “tipo sándwich” con 20 mm. de espesor (2+16+2), es decir, 16 mm. de núcleo + 4 mm. de laminado (2 por cada cara). A continuación se hace una descripción de cada uno de ellos:

- *Mamparo de popa de cámara de máquinas:* limita la zona de la cámara de máquinas a popa. Es estanco y su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa es 1,45 metros.
- *Mamparo de proa de cámara de máquinas:* es totalmente estanco, limita la cámara de máquinas a proa. Y su posición longitudinal respecto de la popa de la embarcación es 4,36 metros.
- *Mamparo divisorio camarote de popa:* este separa el camarote de popa del resto de la habitación, haciéndolo así independiente. Tiene una puerta para acceder al camarote y su posición longitudinal respecto de la popa es 6,30 metros.

- *Mamparo divisorio camarote de proa*: éste divide el camarote de proa del resto de la habitación. Posee una puerta de acceso y su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa es de 9,2 metros.
- *Mamparo pique de proa*: limita el pique de proa con la zona de habitación. Su posición longitudinal respecto a la perpendicular de popa es de 11,700 metros.

El escantillonado de los mamparos aparecerá desglosado en el capítulo 7. Escantillonado.

7. ESCANTILLONADO

7.1. MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

7.1.1. Elección del tipo de material.

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

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

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

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

- **Peso:** para una misma resistencia, las embarcaciones realizadas en acero son más pesadas que las realizadas en aluminio, y éstas, a su vez, más que las de PRFV. Una embarcación de aluminio es ligeramente más pesada que una de PRFV con laminado monolítico, y la diferencia es mayor cuando se trata de laminado tipo "sándwich".

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

- **Resistencia estructural:** esta cualidad por sí sola no es indicativa, puesto que sea cual sea el material elegido habrá de tener la misma resistencia, lo que variará es el espesor del mismo para conseguirla. En el caso del *acero*, tiene mucha resistencia por unidad de peso, es decir, se necesita menos espesor para obtener la misma resistencia.
- **Fatiga:** el aluminio trabaja mal a fatiga, por lo que si el diseño de la estructura no es suficientemente cuidadoso, pueden aparecer grietas, que generalmente aparecerán en zonas sometidas a continuas vibraciones.
- **Coefficiente de dilatación:** el aluminio presenta el coeficiente de dilatación más elevado, por encima del acero y el PRFV. Hay que tener especial cuidado durante los procesos de armado y soldadura, ya que debido al calor aplicado pueden aparecer deformaciones que después serán difíciles de eliminar.
- **Resistencia a la corrosión:** hay que diferenciar entre dos tipos de corrosión, la provocada por el oxígeno del aire y la electrolítica. En el primer caso, aluminio y PRFV tienen un excelente comportamiento. El segundo caso, afecta al acero y sobre todo al aluminio, el cual, en contacto con materiales más electropositivos sufre una fuerte corrosión galvánica, por lo que de ser utilizado hay que darle una buena protección catódica mediante ánodos de sacrificio, además de una constante vigilancia de la conservación de los mismos.

Por otra parte, y 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:** en lo referente al *mantenimiento* el PRFV es el que presenta unos gastos menores frente al acero y el aluminio. En cuanto a *reparación*, el aluminio es el que presenta mayores dificultades para encontrar talleres especializados.
- **Soldadura:** en el caso del PRFV este problema no se presenta. Y como se ha mencionado anteriormente, el aluminio es el que presenta más problemas ya que en él aparecen grietas con facilidad si no se dispone de instalaciones adecuadas y un proceso muy controlado.

- **Resistencia al fuego:** En este caso las embarcaciones construidas de acero son claramente superiores, ya que en el caso del aluminio el magnesio que contiene la aleación arde. En el caso del PRFV, al ser la resina de poliéster un plástico termoestable, se carboniza sin deformación produciendo humos tóxicos, aun así las características de resistencia al fuego se pueden mejorar utilizando resinas de ácido caliente, que se utilizan como retardador de llama.
- **Coste:** si se construye una sola embarcación, el coste de la estructura fabricada en PRFV es similar a la del aluminio y superior a una de acero. Si se construyen varias unidades, el coste de las estructuras 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.

Conclusión

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

En consecuencia, el casco, refuerzos y cubierta de la embarcación de este proyecto serán fabricados en PRFV.

7.1.2. Propiedades de los Materiales compuestos.

Clasificación.

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

Componentes

Los materiales compuestos están formados por dos partes: **matriz**, que sirve fundamentalmente de base de los otros materiales y **refuerzo**, que será de otra clase de material distinto al de la matriz.

- **Matriz**

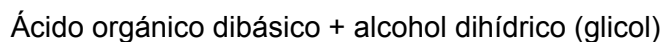
Existen diferentes tipos de matrices:

MATICES	Inorgánicas(Cemento, Geopolímeros, Yeso)
	Termoestables (Epoxi, Viniléster, Poliéster, Fenólica, Esteres cianato, Bismaleimidias, Poliimidias, Polieteramida)
	Termoplásticos (ABS, Polipropileno, Policarbonato, Acetato, PBT, Polieterimida, PET, Nilon)

En la embarcación de este proyecto, se utilizará Resina Termoestable, de gran utilidad en construcción naval, y que se caracteriza por no variar sus propiedades con los cambios de temperatura. Dentro del grupo de las Termoestables las resinas se pueden clasificar de la siguiente forma en función de la temperatura de utilización:

BAJAS TEMPERATURAS	Poliéster	Isoftálica Ortoftálica Ácido caliente
MEDIAS TEMPERATURAS	Viniléster, Epoxi	
MEDIAS-ALTAS TEMPERATURAS	Fenólica	
ALTAS TEMPERATURAS	Bismaleimida, Poliimida, Esteres cianato, Polieteramida	

En la embarcación de este proyecto se utilizará resina de Poliéster, por ser la más utilizada en construcción naval. Químicamente, la resina de Poliéster es un polímero de condensación que resulta de la reacción de:



Las resinas de poliéster se clasifican (como aparece en la tabla anterior) en tres tipos:

- **Ortoftálica:** es una resina de utilización general.
- **Isoftálica:** tiene propiedades de resistencia superiores al desgaste y a los agentes químicos.
- **De ácido caliente:** que se utiliza como retardador de llama.

En esta embarcación se utilizará resina de poliéster isoftálica.

Hay que añadir, que para acelerar el proceso de endurecimiento, o curado, de las distintas variedades de resina en un plazo que resulte lo suficientemente corto para que su uso sea rentable, es necesario añadirle dos productos conocidos como *catalizador* y *activador o acelerador*, en proporciones concretas.

El catalizador tiene como principal finalidad producir radicales libres que provoquen la iniciación de la reacción de polimerización. El acelerador refuerza la acción del catalizador y permite polimerizar a temperatura menos elevada. Una importante añadir que JAMÁS hay que mezclar acelerador y catalizador pues provoca una violenta explosión. El activador se añade a la resina previamente.

Además hay posibilidad de añadir una cierta “carga” de aditivos a la resina, como por ejemplo, material colorante para dar un acabado distinto, ya sea traslúcido u opaco a la superficie.

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.

▪ **Refuerzo**

Como ya se ha dicho, el tipo de refuerzo de esta embarcación será fibra. Por lo general, este tipo de compuestos consiguen mayor resistencia a la fatiga, mejor rigidez y una mejor relación resistencia-peso, al incorporar fibras resistentes y rígidas, aunque frágiles, en una matriz más blanda y dúctil. El material matriz transmite la fuerza a las fibras, las cuales soportan la mayor parte de la fuerza aplicada. La resistencia del compuesto puede resultar alta a temperatura ambiente y a temperaturas elevadas. En la siguiente tabla aparece una clasificación de las fibras:

FIBRAS DE ORIGEN MINERAL	Fibras cerámicas (Carburo de silicio)
	Fibras metálicas
	Fibras de origen inorgánico (Carbono, Vidrio, Boro)
FIBRAS DE ORIGEN ORGÁNICO	Aramida, Polietileno

Para la fabricación de esta embarcación se utilizará un tipo de fibra inorgánica, concretamente, fibra de vidrio. A continuación se resumen sus características y propiedades.

Fibra de vidrio

Generalidades

- Basadas en óxido de silicio, con adicción de óxidos de Ca, B, Na, Fe y Al.
- Vidrios amorfos.
- Resistencia y rigidez: controlada por estructura.
- Propiedades isotropas.
- 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 tipos de fibra de vidrio, Vidrios: A,E,S y R. En esta embarcación se utilizará fibra tipo “S”, por ser comúnmente utilizada en embarcaciones de este tipo obteniendo buenos resultados, y por las propiedades que a continuación se mencionan:

CARACTERÍSTICAS	VIDRIO “S”
Diámetro de hilo (□m)	10
Densidad (kg/m ³)	2480
Módulo de elasticidad (GPa)	86
Resistencia a tracción (GPa)	4,59
Módulo específico	34
Coefficiente expansión térmica (10 ⁻⁶ /°K)	5,1

En este proyecto se utilizará tela de hebra debastada o fibras trenzadas (MAT) y tejido de mechas tejidas. Estos tejidos pueden obtenerse en empresas especializadas, en distintos formatos que dependen del peso por unidad de superficie.

Conclusión

En esta embarcación se utilizará resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio.

7.2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

Como consecuencia del material utilizado para la fabricación de la embarcación, resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio, es necesario fabricar un molde sólido, con la forma del casco, para poder laminar sobre o dentro de él y tras el proceso de fraguado, obtener la forma deseada.

El molde puede ser de dos tipos; “macho” si se lamina en su parte exterior, es decir, si el molde adopta la forma interior del casco, y “hembra” si es al contrario.

Los moldes “*hembra*” dan mejores resultados que los machos porque la superficie exterior de la pieza queda casi completamente lisa y sólo hay que corregir en ella pequeñas imperfecciones. Por el contrario, las piezas desmoldadas de moldes “*macho*” presentan imperfecciones y rugosidades en la superficie, por lo que es necesario realizar

un posterior trabajo de pulido y terminación de la superficie. Además al utilizar moldes “*macho*”, es más difícil tener un control total de las dimensiones, lo cual sí es posible con los “*hembra*”.

El problema que sí puede ocurrir al usar estos últimos, es que aparezcan bolsas de aire entre el molde y la superficie de la pieza, lo cual puede producir graves deformaciones de la misma.

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

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

En el caso de este proyecto, se ha decidido por un el empleo de un molde hembra de usar y tirar. La elección del molde hembra se debe a las razones anteriormente expresadas: excelente terminación exterior de la pieza y un más sencillo control dimensional.

El molde se fabricará de resina reforzada, puesto que es el más barato, dando así mayor rentabilidad a la embarcación, y además en el taller estarán especializados en trabajar con dicho material.

Una vez fabricado el molde de laminación, hay que prepararlo para que su interior presente una superficie completamente limpia y lisa.

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”.

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

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.

A continuación se comienza el proceso de laminado. Es importante tener cortados los tejidos con las dimensiones deseadas previamente al inicio de la laminación. Lo primero que se hace es aplicar una capa de terminación o gel-coat, que habrá de tener 0,5 milímetros de espesor, aplicando tantas capas como sean necesarias para conseguirlo. Al utilizar un molde “*hembra*”, la primera capa de resina aplicada será la superficie externa del barco y que por tanto, ha de ser realizada con especial cuidado para conseguir las propiedades hidrodinámicas y estéticas deseadas, evitando la formación de burbujas de aire. Si se quiere un casco de un color determinado hay que añadir la carga de colorante necesaria a la resina que compone el gel-coat.

Una vez seco el gel-coat, se aplica una capa de resina y a continuación una de mat, otra de resina, una de tejido, y así sucesivamente hasta conseguir el espesor necesario (éste aparece calculado a continuación).

Durante el proceso hay que evitar en lo posible la aparición de burbujas de aire, ya que una vez endurecido no se pueden quitar y generarán debilidades en esos puntos. 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 finalizado en laminado del casco hay que proceder con el de los refuerzos. Lo primero es colocar los núcleos de los refuerzos en el lugar correspondiente, previamente calculado, y proceder a su laminación cumpliendo con los escantillones correspondientes.

Una vez curado el casco y sus correspondientes refuerzos, hay que proceder a la separación del laminado, es decir, al desmoldeo del mismo. A pesar de la utilización de agentes desmoldeantes, éste es un proceso complicado. Si la embarcación es pequeña puede intentarse dando la vuelta al molde para que el casco se separe por su propio

peso. En barcos mayores, los métodos comúnmente utilizados son la aplicación de aire comprimido o agua entre el molde y la superficie exterior del casco. Tras esto, el casco se coloca en una cama de construcción, para proceder a la terminación superficial y montaje de los elementos como la cubierta y elementos interiores y exteriores del casco.

7.3. SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN.

Para proceder al cálculo de los escantillones de la estructura de la embarcación se aplicarán las normativas expedidas por las distintas Sociedades de Clasificación

En este proyecto se procederá al cálculo aplicando la normativa de la LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING correspondiente al año 1978.

El apartado 2. "Construcción del casco", capítulo 2. "Plásticos reforzados con vidrio", sección 4.2. "Propiedades de los materiales" de la normativa establece las propiedades mecánicas del material obtenido tras el laminado y sobre las cuales se han elaborado el conjunto de reglas que la forman. Estas características mecánicas aparecen recogidas en la siguiente tabla:

	N/mm²	Kgf/mm²
Fuerza límite de tensión	85,00	8,66
Módulo de tensión	6350,00	647,00
Fuerza límite de flexión	152,00	15,50
Módulo de flexión	5206,00	531,00
Fuerza límite 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	

La aplicación de la normativa de la "Lloyds Register of Shipping", comienza con el cálculo de la eslora de escantillonado, que es la media aritmética de la eslora total (L_{OA}) y la eslora de flotación (L_{WL}).

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

$$L = (13 + 10,891) / 2 = \mathbf{11,9455 \text{ metros}}$$

Además es necesario conocer el coeficiente $V / \sqrt{L_{WL}}$, “V” representa la velocidad máxima en nudos que puede alcanzar la embarcación.

Hay una serie de restricciones para poder aplicar la normativa de la “Lloyds”, son las siguientes:

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

7.4. APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE LA “LLOYDS REGISTER OF SHIPPING”.

7.4.1. Restricciones para la aplicación de la normativa.

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

1. *Velocidad máxima menor de 35 nudos.*

La velocidad máxima de la embarcación del presente proyecto es 29 nudos, por lo tanto **cumple** con la restricción.

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

Con una velocidad máxima de 29 nudos, y una eslora de flotación de 10,891 metros se deduce:

$$V / \sqrt{L_{WL}} = 29 / \sqrt{10,891} = \mathbf{8,787}.$$

El resultado 8,787 es menor que 10,8 por lo tanto se **cumple** la restricción.

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

El coeficiente $V / \sqrt{L_{WL}}$ es $8,787 > 3,6$, y el desplazamiento estimado para la embarcación es 9,429 Tn., por lo tanto:

$$0,094 (L^2 - 15,8) = 0,094 * (11,9455^2 - 15,8) = 11,928 \text{ toneladas.}$$

En consecuencia, $9,429 < 11,928$, por lo tanto, se **cumple** la restricción.

4. La eslora de escantillado, L , menor de 30 metros.

La eslora de escantillado de este proyecto es 11,9455 metros, por lo tanto se **cumple** la restricción.

7.4.2. Espesor del Laminado

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

$$\text{Espesor de una capa de fibra } t = (w / 3072) * [(2,56 / Gc) - 1,36]$$

Donde: w = peso de la capa de refuerzo en gr/mm^2

Gc = fibra de vidrio contenida en la capa

Este proyecto se realizará alternando tejido “*mat*”, también llamado de hebra debastada o fibras trenzadas y tela de mechas tejidas.

0,34 para *mat* y,

0,50 para tela de mechas tejidas

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

Tejido	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 o forro exterior 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, será sellados con resina.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguen tres partes principales que se diferenciarán por su espesor. Son las siguientes:

- *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.

La tabla 2.5.1. recoge los pesos del casco laminado necesario para las zonas de fondo y costado, dependiendo de la eslora del barco. De dicha tabla se ha deducido lo siguiente, para el caso concreto de la embarcación de 11,9455 metros de eslora de escantillonado:

ESLORA L,(M)	PESO DEL LAMINADO DEL CASCO (gr/m ²)					
	V/ $\sqrt{L_{WL}} \leq 7,2$		V/ $\sqrt{L_{WL}} = 8,78$		V/ $\sqrt{L_{WL}} = 9$	
	Fondo	Costado	Fondo	Costado	Fondo	Costado
10	4450	2900	4801,1	3075,5	4850	3100
11,945			5335,83	3409,5		
12	5000	3200	5351,1	3419,4	5400	3450

Laminado del Fondo.

De la tabla se ha deducido que para la zona del fondo hará falta un laminado con un peso mínimo **5335,83 gr/m² \approx 5336 gr/m²**. Este peso obtenido no es el mínimo definitivo, ya que habrá de ser corregido aplicando el factor de corrección Kw, que aparece recogido sección 4.3.4.b) de la normativa, y cuyo valor es:

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

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

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

Donde: T = espesor medido del laminado en milímetros.

W = peso total del refuerzo de fibra de vidrio en gr/m²

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

LAMINADO DE FONDO		
Capa	gr/m ²	t (capa) _(mm.)
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
Nº de capas	15	Espesor total
Peso Laminado	7900	12

Para llevar a cabo la corrección se sustituye en las fórmulas anteriores, obteniendo:

$$G_c (\text{laminado fondo}) = 0,4248$$

$$K_w = 1,3494$$

$$\text{Peso laminado corregido} = 7200 \text{ gr/m}^2$$

El peso de la posible opción planteada, es superior al peso del laminado ya corregido, ya que: $7900 \text{ gr/m}^2 > 7200 \text{ gr/m}^2$, por lo tanto es un laminado **aceptable**.

Laminado de Costado.

De la tabla se ha deducido que para la zona del fondo hará falta un laminado con un peso mínimo $3409,5 \text{ gr/m}^2 \approx 3410 \text{ gr/m}^2$. Este peso obtenido no es el mínimo definitivo, ya que habrá de ser corregido de la misma forma que en el caso del fondo, por tanto, un posible laminado es:

LAMINADO DE COSTADO		
Capa	gr/m²	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 de capas	11	Espesor total
Peso Laminado	5300	8

Realizando la corrección:

$$G_c (\text{laminado costado}) = 0,4269$$

$$K_w = 1,355$$

$$\text{Peso laminado corregido} = 4621,5 \text{ gr/m}^2$$

Por lo tanto, como el laminado obtenido de la tabla es mayor que el peso del laminado corregido, $5300 \text{ gr/m}^2 > 4621,5 \text{ gr/m}^2$, es un laminado **aceptable**.

Laminado de la 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 $V/(Lwl)^{1/2}$ 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 escantillado.

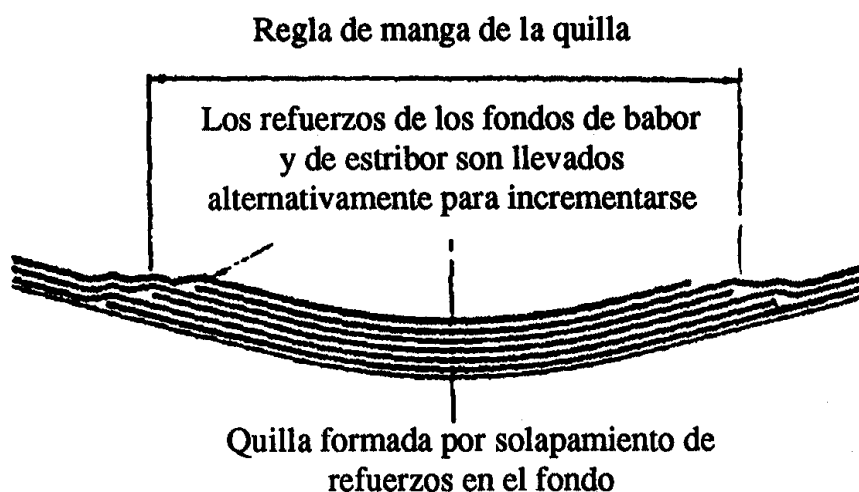
ESLORA	$V/\sqrt{L_{WL}} \leq 3,6$
L (m)	Fondo
10	3500
11,945	3889
12	3900

Incrementando el valor obtenido en un 50% se obtiene:

- Peso obtenido: **3889 gr/m²**
- Peso mínimo de la zona de quilla: $3889 \times 1,5 = \mathbf{5833,5 \text{ gr/m}^2}$
- Anchura de la zona de quilla: $(25 \times 11,945) + 300 = \mathbf{598,625 \text{ mm}}$

Por lo tanto, como el peso del laminado del fondo de la embarcación, **7900 gr/m²**, supera al laminado requerido en la zona de quilla, **5833,5 gr/m²**, no es necesario hacer un laminado independiente de la zona de quilla, es decir, se laminará la zona del fondo superponiendo capas en la zona de crujía con un solapamiento de refuerzos igual a la anchura de la zona de quilla antes calculada.

Espesor del laminado de la quilla: 24 mm.



7.4.4. Laminado de refuerzos longitudinales del casco.

Esta embarcación dispondrá de refuerzos longitudinales del casco. Para su cálculo, 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 de fondo y costado, en función de la eslora y el coeficiente $V/(L_{WL})^{1/2}$, en esta sección también aparece el espaciado o "clara" entre los refuerzos.

ESLORA L,(M)	ESPACIADO BÁSICO DEL REFUERZO (mm)
10	400
11,945	409,725
12	410

ESPACIADO BÁSICO ENTRE REFUERZOS = 409,725 mm. \approx 410 mm.

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

ESPACIADO BÁSICO DEL REFURZO L,(M)	PESO DEL LAMINADO DEL CASCO (gr/m ²)					
	$V/\sqrt{L_{WL}} \leq 7,2$		$V/\sqrt{L_{WL}} = 8,78$		$V/\sqrt{L_{WL}} = 9$	
	Fondo	Costado	Fondo	Costado	Fondo	Costado
10	4450	2900	4801,1	3075,5	4850	3100
11,945			5335,83	3409,5		
12	5000	3200	5351,1	3419,4	5400	3450

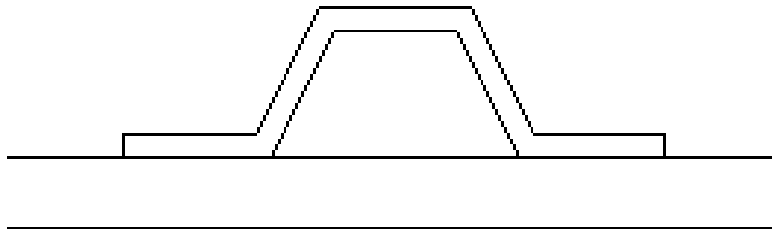
ESLORA L,(M)	MÓDULO RESISTENTE DE LONGITUDINALES (m ³)					
	V/ $\sqrt{L_{WL}} \leq 7,2$		V/ $\sqrt{L_{WL}} = 8,78$		V/ $\sqrt{L_{WL}} = 9$	
	Fondo	Costado	Fondo	Costado	Fondo	Costado
10	120	100	137,5	117,5	140	120
11,945			170,95	136,95		
12	150	120	171,9	137,5	175	140

De la tabla se deduce:

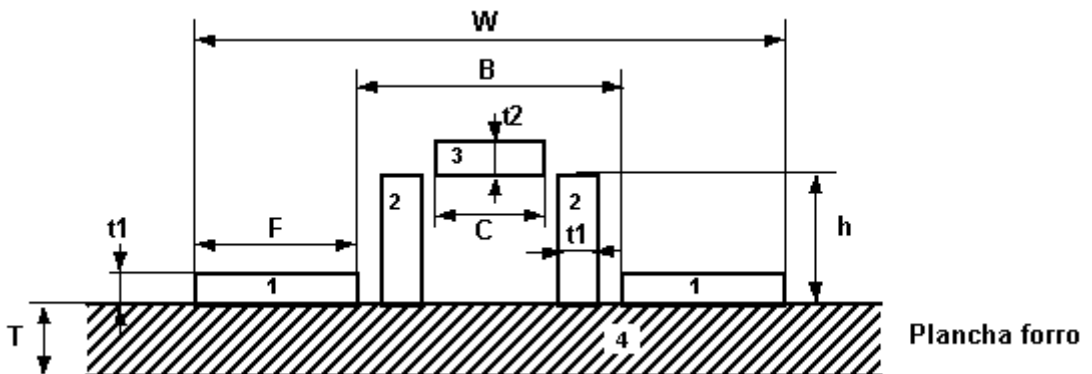
Módulo resistente de Longitudinales de Fondo $\approx 170,95 \text{ cm}^3 \sim 171 \text{ cm}^3$.

Módulo resistente de Longitudinales de Costado $\approx 136,95 \text{ cm}^3 \sim 137 \text{ cm}^3$.

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



La descomposición en paralelogramos aparece representada en el siguiente croquis:



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

- Módulo resistente obtenido de la tabla 2.6.3.
- Dimensiones iniciales (habrá que tantear hasta que se cumpla la normativa).
- Gc del laminado de la zona a reforzar.
- Espesor de la zona a laminar.

El módulo obtenido de la tabla 2.6.3., ha de ser corregido según la sección 4.3.5. b) de la normativa de la “Lloyds”, multiplicándolo por el factor de corrección **Kz**, cuyo valor es:

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

Longitudinales de fondo.

DIMENSIONES (mm)	
T=	12
t1=	10
t2=	10
c=	90
h=	80
w=	300
F=	100

Sección	Área	Y_g	$A * Y_g$	$I_p = 1/12 b * h^3$	$I = I_p + A * Y_g^2$
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)	8111539,51 mm ⁴
Módulo resistente Real	109487,53 mm³
Gc (fondo)	0,4248
Kz	0,6219
Módulo corregido	106344,9 mm³

Como se puede observar en las tablas, se obtiene un módulo resistente superior al módulo corregido, por lo tanto, estas dimensiones **cumplen** con la normativa:

$\text{Módulo corregido} \leq \text{Módulo Resistente real}$ $106344,9 \text{ mm}^3 < 109487,53 \text{ mm}^3$

Además de conseguir el módulo resistente necesario para los refuerzos, hay que dejar un sobrante a los lados del núcleo para garantizar una correcta adhesión al laminado del forro. La anchura de este solape viene establecida en la sección 6.1.4. de la normativa, esta anchura ha de tener un valor de 25 mm + 12 mm. por cada 600 gr/m².

$$\text{Anchura del solape} = 25 + 12 * (7900 / 600) = \mathbf{183 \text{ mm.}}$$

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

Sección	Área	Y_g	$A * Y_g$	$I_p = 1/12 b * h^3$	$I = I_p + A * Y_g^2$
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	84937,665 mm³
Gc (costado)	0,4269
Kz	0,6165
Módulo corregido	84460,5 mm³

Se obtiene un módulo resistente superior al módulo corregido, por lo tanto, son aceptables las medidas para el refuerzo longitudinal de costado:

$Módulo\ corregido \leq Módulo\ Resistente\ Real$ $84460,5\ mm^3 < 84937,665\ mm^3$

A continuación se muestra un laminado apto para el refuerzo longitudinal de fondo y costado, siendo el espesor del laminado para el fondo de 10 mm y para los refuerzos de costado de 8 mm:

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL DE 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 DE COSTADO		
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.

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

La metodología utilizada para el cálculo del laminado de la superficie y de sus refuerzos es la misma que se ha utilizado en apartados anteriores. En la tabla 2.7.1. de la normativa de la “Lloyds” aparece cual ha de ser el peso por metro cuadrado de la cubierta.

ESLORA L, (m)	ESPACIADO BÁSICO DEL BAO, mm	PESO DE LA CUBIERTA, gr/m ²
10	400	2050
11,945	409,725	2147,25
12	410	2150

$$PESO\ DEL\ LAMINADO\ DE\ CUBIERTA \approx 2147\ gr / m^2$$

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

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

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

LAMINADO DE CUBIERTA		
Capa	gr/m ²	t (capa) _(mm.)
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 de capas	7	Espesor Total
Peso Laminado	3050	4,97

Espesor del laminado en cubierta: 5 mm.

$$G_c \text{ (laminado cubierta)} = 0,4021$$

$$K_w = 1,2860$$

$$\text{Peso laminado corregido} = 2761,042 \text{ gr/m}^2$$

El peso de la posible opción planteada, es superior al peso del laminado ya corregido, ya que: $3050 \text{ gr/m}^2 > 2761 \text{ gr/m}^2$, por lo tanto, es un laminado **aceptable**.

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. La morfología de dichos refuerzos sera en forma de “sombrero de copa”.

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 L, (m)	LONGITUD DE ESLORA 1,8 M
	Módulo (cm ³)
10	72
11,945	74,917
12	75

Por tanto el módulo resistente de eslora es: $74,917 \text{ cm}^3 \sim 75 \text{ cm}^3$

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

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

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

DIMENSIONES (mm)	
T=	5
t1=	9
t2=	9
c=	100
h=	50
w=	500
F=	100

Sección	Área	Y_g	$A * Y_g$	$I_p = 1/12 b * h^3$	$I = I_p + A * Y_g^2$
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 mm³
Gc (ostado)	0,4021
Kz	0,6836
Módulo corregido	51270 mm³

El módulo corregido es menor que el módulo resistente real y por tanto la morfología elegida para los refuerzos **aceptable**.

$\text{Módulo corregido} \leq \text{Módulo Resistente real}$ $51270 \text{ mm}^3 < 55688,35 \text{ mm}^3$

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 varengas: **9 mm.**

Espesor laminado de cuadernas: **4 mm.**

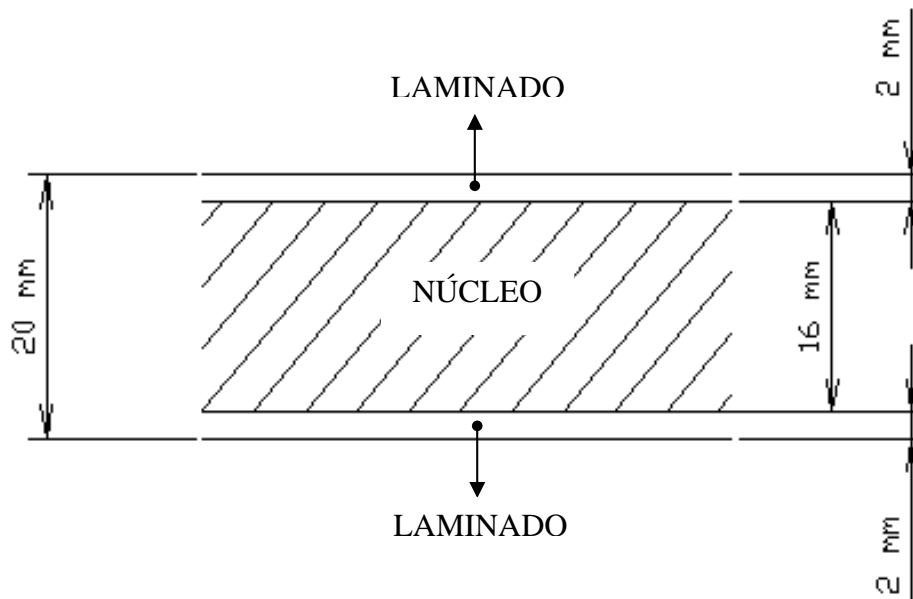
7.4.6. Laminado de Mamparos transversales

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.

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	2,60

Espesor del laminado: **3 mm.**

8. CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD.

Para realizar un posterior estudio de estabilidad de la embarcación es necesario conocer previamente todos los pesos que componen la embarcación, por ello, en este capítulo recogeremos todos los elementos con sus pesos y centros de gravedad, tanto los estructurales: casco, cubierta y refuerzos; como los no estructurales: mobiliario, tanques, motores, etc.

Todo esto se realizará a partir de los datos obtenidos en el capítulo 7. Escantillado, ya que depende de los materiales y métodos de construcción utilizado, de la superficie de la zona y del peso por metro cuadrado obtenido al escantillar la misma. El cálculo de estos pesos aparece desglosado a continuación, mientras que el resto de pesos aparecen recogidos en una tabla al final del capítulo.

Además de los pesos también hay que conocer la posición del centro de gravedad cada zona.

8.1 PESO DEL CASCO

Para calcular el peso del casco, hay que dividirlo en las distintas zonas diferenciadas en el escantillado: fondo, costado y quilla; y calcular el área de las mismas. Una vez conocidas las superficies, serán multiplicadas por el peso por metro cuadrado correspondiente al escantillado que se les ha dado, es decir:

$$\text{Peso} = \text{superficie (m}^2\text{)} \times \text{peso por unidad de superficie (gr/m}^2\text{)}$$

Mediante el programa Rhinoceros, utilizado anteriormente para el diseño del casco, se calcula automáticamente la superficie y c.d.g. de cada zona del casco. Los datos obtenidos del programa se recogen en la siguiente tabla:

Superficie	Área (m²)	LCG (m)	KCG (m)
Fondo	34,992	5,337	0,472
Costado	49,673	6,589	1,768
Codillo	3,453	5,376	0,737
Total	88,117	6,044	1,213

Hay que 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. Por lo tanto, el codillo se encuentra dentro de la superficie del fondo, como consecuencia, los datos de la tabla varían de la siguiente manera:

Superficie	Área (m²)	LCG (m)	KCG (m)
Fondo/ Codillo	38,445	5,340	0,496
Costado	49,673	6,589	1,768
Total	88,117	6,044	1,429

Además 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 7 y tiene un valor de 598,625 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 (m²)	LCG (m)	KCG (m)
Quilla/Roda	8,55	4,94	0,473

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

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

PESO DEL CASCO "DESNUDO"								
Zona	Superficie m²	Peso laminado Kg/m²	Gc	Peso total Kg	LCG (m)	Mto. LCG	KCG (m)	Mto. KCG
Fondo/Codillo	38,445	7,900	0,4248	616,695	5,340	4063,400	0,496	305,880
Costado	49,673	5,300	0,4269	714,961	6,589	3817,893	1,768	1264,051
Quilla/Roda	8,55	7,900	0,4248	159,004	4,94	785,481	0,473	75,209
TOTAL				1490,660	5,814		1,104	

PESO DEL CASCO = 1490,660 Kg.

LCG = 5,814 m.

KCG = 1,104 m.

8.2. PESO DE LA CUBIERTA

Al igual que se ha procedido con el casco de la embarcaci3n, en este apartado se va a calcular el peso de la cubierta. Para efectuar este c culo se va ha descomponer la cubierta en zonas:

- Cubierta Principal + Pasillos
- Cubierta Bañera
- Cubierta puesto de Gobierno
- Cubierta de Habilitaci3n

Para realizar los c culos de las cubiertas se ha utilizado el programa Rhinoceros, obteniendo asi sus áreas y sus centros de gravedad.

En la siguiente tabla se recogen los datos obtenidos:

PESO DE LA CUBIERTA								
Zona	Superficie m ²	Peso laminado Kg/m ²	Gc	Peso total Kg	LCG (m)	Mto. LCG	KCG (m)	Mto. KCG
Cbta Principal+Pasillos	23	3,050	0,4021	174,46	8,636	1506,63	2,823	492,498
Cubierta Bañera	15,4	3,050	0,4021	116,81	2,301	268,78	1,800	210,261
Cbta p. Gobierno	7,3	3,050	0,4021	55,37	5,331	295,19	2,051	113,568
Cbta Habilitación	11,55	3,050	0,4021	87,61	7,3	639,54	0,500	43,8044
TOTAL				434,25	6,241		1,981	

PESO DE LA CUBIERTA = **434,25 Kg.**

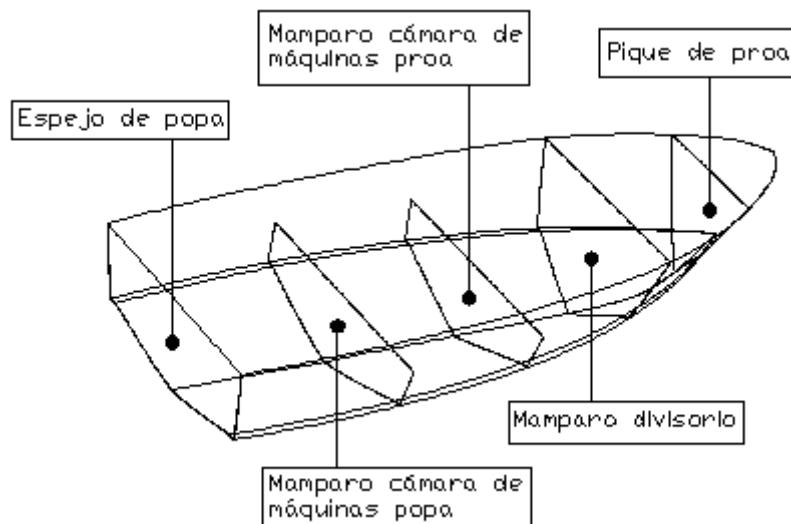
LCG = **6,241 m.**

KCG = **1,981 m.**

8.3. PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES.

Para el cálculo de los mamparos se han introducido planos transversales en la embarcación en Rhinoceros. Mediante este programa se han obtenido la superficie en metros cuadrados de dichos mamparos. Éstos han sido situados según la disposición general recogida en el capítulo 6. y de la misma forma que en casos anteriores se han obtenido las áreas de los mismos en metros cuadrados.

A continuación aparece el croquis (sólo orientativo de la situación).



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.

PESO DE LOS MAMPAROS											
Mamparo	Área m²	Espesor PVC (m)	Densid ad PVC Kg/m³	Peso PVC kg	Peso Lamin. Kg/m²	Gc	Peso Total Kg	LCG (m)	Mto. LCG	KCG (m)	Mto. KCG
Espejo popa	5,2	0,016	96,000	7,987	1,900	0,402	32,564	0,137	4,461	1,270	41,357
Pique Proa	1,97	0,016	96,000	3,026	1,900	0,402	12,337	11,700	144,341	2,340	28,868
Cam. Proa	7,5	0,016	96,000	11,520	1,900	0,402	46,968	9,209	432,526	1,743	81,865
Cam. Popa	8,4	0,016	96,000	12,902	1,900	0,402	52,604	6,300	331,405	1,612	84,797
CCMM Proa	5,5	0,016	96,000	8,448	1,900	0,402	34,443	4,362	150,240	1,280	44,087
CCMM Popa	4,6	0,016	96,000	7,066	1,900	0,402	28,807	1,454	41,885	1,158	33,358
TOTAL							207,73	5,319		1,513	

PESO TOTAL DE LOS MAMPAROS = **207,73 Kg**

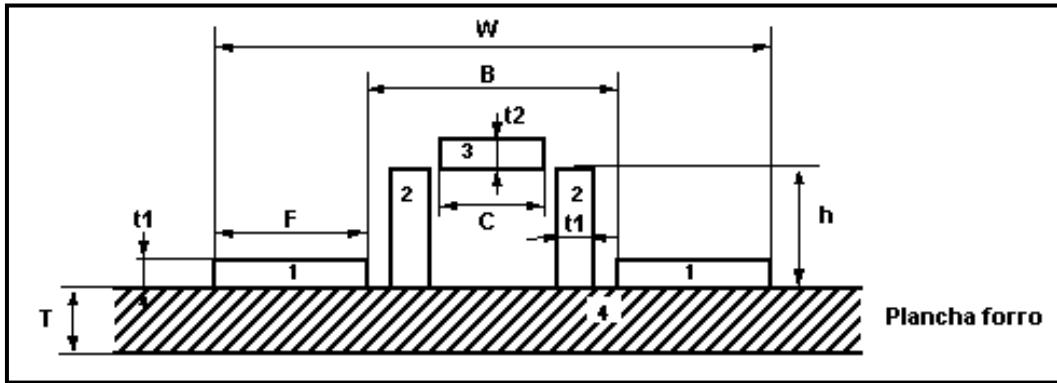
LCG = **5,319 m**

KCG = **1,513 m**

8.4 REFUERZOS DEL CASCO.

Del mismo modo que se ha procedido al cálculo de los elementos anteriores se va a proceder con el de los refuerzos: vagras, longitudinales de costado y de cubierta.

Partiendo de la forma de los refuerzos, “sombbrero de copa”, se calcularán las dimensiones longitudinal y transversal de cada refuerzo de los mismos y multiplicándolo por la longitud se obtendrá la superficie de laminación. Esta área multiplicada por el peso por unidad de superficie dará como resultado el peso de los distintos refuerzos.



Para calcular las dimensiones de la sección transversal de los refuerzos, se ha aplicado la siguiente fórmula a partir del croquis:

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

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

Longitudinales de fondo

DIMENSIONES (mm)	
T=	12
t1=	10
t2=	10
c=	90
h=	80
w=	300
F=	100

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

Peso por metro lineal de refuerzo:

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

Longitudinales de costado

DIMENSIONES (mm)	
T=	8
t1=	8
t2=	8
c=	90
h=	80
w=	300
F=	100

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

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$5,3 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,45 \text{ m} = \mathbf{2,385 \text{ kg/m}}$$

Esloras

DIMENSIONES (mm)	
T=	5
t1=	9
t2=	9
c=	100
h=	50
w=	500
F=	100

$$\text{Anchura} = 2F + c + 2 \cdot (t_2 + h - t_1) = \mathbf{400 \text{ mm}}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$6,0 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,40 \text{ m} = \mathbf{2,4 \text{ kg/m}}$$

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

Refuerzo	Superficie m ²	Peso laminado Kg/m ²	Gc	Peso total Kg
Long. Fondo	31,5	6,700	0,4248	496,822
Long. Costado	44,6	5,300	0,4269	553,713
Esloras	51,4	6,000	0,4021	766,973

PESO DE LOS REFUERZOS					
Refuerzo	Peso Total Kg	LCG (m)	Mto. LCG	KCG (m)	Mto. KCG
Long. Fondo	496,822	5,816	2889,517	0,555	275,736
Long. Costado	553,713	6,346	3513,863	1,713	948,510
Esloras	766,973	6,701	5139,486	2,345	1798,552
TOTAL	1817,508	6,371		1,663	

PESO TOTAL DE LOS REFUERZOS = 1817,508 Kg

LCG = 6,371 m

KCG = 1,663 m

8.5. TABLA DE PESOS Y CENTROS 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. Posteriormente se han situado en los planos en su localización exacta para obtener la posición del centro de gravedad en la embarcación.

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

CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN							
Pique de proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Ancla principal	19,000	0,000	12,85	2,851	0,000	244,150	54,169
Cadena + estacha	40,000	0,000	12,017	2,550	0,000	480,680	102,000
Molinete	20,000	0,000	12,137	2,874	0,000	242,740	57,480
Camarote Proa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Cama	50,000	0,000	10,997	1,480	0,000	549,850	74,000
Armarios	45,000	0,000	9,475	1,850	0,000	426,375	83,250
Accesorios	20,000	0,000	9,751	1,910	0,000	195,020	38,200
Cocina	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Nevera-congelador	30,000	-0,626	6,582	1,152	-18,780	197,460	34,560
Cocina eléctrica	5,000	-1,386	7,098	1,300	-6,930	35,490	6,500
Fregadero	5,000	-1,164	7,294	1,280	-5,820	36,470	6,400
Encimera/Muebles cocina	45,000	-1,370	7,054	1,220	-61,650	317,430	54,900
Cuarto de baño	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Mamparo baño proa	20,000	-0,460	8,433	1,702	-9,200	168,660	34,040
Mamparo baño popa	18,000	-0,460	7,755	1,702	-8,280	139,590	30,636
Mamparo baño longitudinal	15,000	-0,800	8,068	1,702	-12,000	121,020	25,530
Suelo	6,000	-0,852	8,507	0,500	-5,112	51,042	3,000
Cabina ducha	45,000	-0,461	8,094	1,300	-20,745	364,230	58,500
Módulo Inodoro	20,000	-1,361	8,108	0,800	-27,220	162,160	16,000
Módulo lavabo	15,000	-1,319	8,988	1,100	-19,785	134,820	16,500
Mesa de navegación	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Asiento	20,000	0,100	6,785	0,812	2,000	135,700	16,240
Mueble mesa/archibador	50,000	1,403	6,785	1,134	70,150	339,250	56,700
Equipo Hi-Fi	3,000	1,200	7,100	1,678	3,600	21,300	5,034
Salón	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Sofá madera + Tambucho	80,000	1,083	8,231	1,056	86,640	658,480	84,480
Mesa con soporte telescópico	22,000	1,035	8,245	0,931	22,770	181,390	20,482
Escalera	15,000	0,000	6,610	1,010	0,000	99,150	15,150
Camarote de popa	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Cama a proa	30,000	-0,612	5,950	0,887	-18,360	178,500	26,610
Cama a popa	30,000	-0,612	4,711	0,887	-18,360	141,330	26,610
Armario	45,000	1,335	5,002	1,250	60,075	225,090	56,250
Accesorios	20,000	1,562	6,139	1,591	31,240	122,780	31,820
Mesita	15,000	-1,283	5,333	0,850	-19,245	79,995	12,750
Cámara Maquinas	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Motor Er	750,000	-0,776	3,200	0,800	-582,000	2400,000	600,000
Motor Br	750,000	0,776	3,200	0,800	582,000	2400,000	600,000

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento

Baterías	100,000	0,750	2,130	0,600	75,000	213,000	60,000
Eje/Hélice/Timón Er	160,000	-0,776	1,695	0,200	-124,160	271,200	32,000
Eje/Hélice/Timón Br	160,000	0,776	1,695	0,200	124,160	271,200	32,000
Tanque combustible Er	70,000	-1,580	3,540	0,800	-110,600	247,800	56,000
Tanque combustible Br	70,000	1,580	3,540	0,800	110,600	247,800	56,000
Aislamiento mamparo proa	2,000	0,000	4,362	1,095	0,000	8,724	2,190
Aislamiento mamparo popa	2,000	0,000	1,454	1,062	0,000	2,908	2,124
Aislamiento costados	4,000	0,000	2,907	1,010	0,000	11,628	4,040
A. techo cámara máquinas	3,000	0,000	2,907	1,700	0,000	8,721	5,100
Puesto de gobierno	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Panel instrumentos	50,000	-0,900	5,976	2,650	-45,000	298,800	132,500
Asiento gobierno	40,000	-0,862	5,175	2,350	-34,480	207,000	94,000
Dinete/tambuchos Br	80,000	0,578	4,888	2,350	46,240	391,040	188,000
Mesa	30,00	0,600	4,610	2,300	18,000	138,300	69,000
Nevera-Armario	50,000	-1,271	4,429	2,300	-63,550	221,450	115,000
Bisera	200,00	0,000	6,947	3,500	0,000	1389,400	700,000
Mam. acceso habilitación	20,106	0,000	5,575	2,331	0,000	112,091	46,867
Cubierta puesto gobierno	55,37	0,000	5,331	2,051	0,000	295,177	113,564
Cubierta	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Pasa manos	40,000	0,000	7,271	3,500	0,000	290,840	140,000
Elementos de amarre	10,000	0,000	6,500	2,800	0,000	65,000	28,000
Luces de navegación	6,000	0,000	6,000	2,800	0,000	36,000	16,800
Esc. ventilación cam. proa	7,000	0,000	11,944	2,820	0,000	83,608	19,740
Esc. ventilación salón	7,000	0,000	8,979	2,820	0,000	62,853	19,740
Esc. ventilación baño	5,000	-1,283	8,433	2,641	-6,415	42,165	13,205
Colchoneta solarium + Tarima	30,000	0,250	2,313	1,800	7,500	69,390	54,000
Cubierta Bañera	116,81	0,000	2,301	1,800	0,000	268,780	210,258
Estructura y otros	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Casco	1490,660	0,000	6,589	1,768	0,000	9821,959	2635,487
Cubierta principal	174,46	0,000	8,636	2,823	0,000	1506,637	492,501
Cubierta habilitación	87,61	0,000	6,628	0,500	0,000	580,679	43,805
Longitudinales fondo	496,822	0,000	5,816	0,555	0,000	2889,517	275,736
Longitudinales costado	553,713	0,000	6,346	1,713	0,000	3513,863	948,510
Longitudinales cubierta	766,973	0,000	6,701	2,345	0,000	5139,486	1798,552
Mamparo pique proa	12,337	0,000	11,700	2,340	0,000	144,343	28,869
Mamparo camarote proa	46,968	0,000	9,209	1,743	0,000	432,528	81,865
Mamparo camarote popa	52,604	0,000	6,300	1,612	0,000	331,405	84,798
Mamparo proa cámara máquinas	34,443	0,000	4,362	1,095	0,000	150,240	37,715
Mamparo popa cámara máquinas	28,807	0,000	1,454	1,062	0,000	41,885	30,593
Espejo de Popa	32,564	0,000	0,137	1,270	0,000	4,461	41,356
Tanque agua potable	30,000	0,000	5,200	0,313	0,000	156,000	9,390

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento

Tanque aguas residuales	30,000	0,000	7,756	0,285	0,000	232,680	8,550
Aumento 15% pesos bajos	397,94	0,000	9,784	1,300	0,000	3893,445	517,322
Aumento 8% pesos altos	200	0,000	6,259	1,214	0,000	1251,800	242,800
ROSCA	8002,187				22,283	46195,956	11735,768
LG en Rosca	0,003						
XG en Rosca	5,773						
KG en Rosca	1,467						
Pesos a plena Carga	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Tanque combustible Br (400 litros)	340,000	1,580	3,540	0,800	537,200	1203,600	272,000
Tanque combustible Er (400 litros)	340,000	-1,580	3,540	0,800	-537,200	1203,600	272,000
Tanque agua potable (300 litros)	300,000	0,000	5,200	0,313	0,000	1560,000	93,900
Tanque aguas residuales	0,000	0,000	7,756	0,285	0,000	0,000	0,000
Tripulantes	300,000	0,000	2,000	2,350	0,000	600,000	705,000
Pertrechos	100,000	0,000	2,000	2,350	0,000	200,000	235,000
SALIDA PUERTO PLENA CARGA	9382,187				22,283	41837,522	10031,730
LG a Plena Carga	0,002						
XG a Plena Carga	5,432						
KG a Plena Carga	1,419						
Pesos 10% Consumo	Peso	Lg	Xg	Kg	Mto a L	Mto a X	Mto a K
Tanque combustible Br (400 litros)	34,000	1,580	3,540	0,800	53,720	120,360	27,200
Tanque combustible Er (400 litros)	34,000	-1,580	3,540	0,800	-53,720	120,360	27,200
Tanque agua potable (300 litros)	30,000	0,000	5,200	0,313	0,000	156,000	9,390
Tanque agua residuales	30,000	0,000	7,756	0,285	0,000	232,680	8,550
Tripulantes	300,000	0,000	2,000	2,350	0,000	600,000	705,000
Pertrechos	10,000	0,000	2,000	2,350	0,000	20,000	23,500
LLEGADA PUERTO 10% CONSUMO	8440,187				224,625	38483,582	9222,020
LG a 10% Consumo	0,003						
XG a 10% Consumo	5,621						
KG a 10% Consumo	1,485						

9. PREDICCIÓN DE POTENCIA.

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

Para llevar a cabo este estudio se recurrirá al método Savitsky computado por Hadler que se basa en un estudio de la resistencia que el agua opone al avance de la embarcación. Este método no tiene en cuenta la resistencia de los apéndices, lo cual no es de gran importancia en este tipo de embarcaciones ya que prácticamente no sobresale ningún elemento del casco, no siendo así el caso de los veleros y otras embarcaciones. Aun así, no puede ser obviado y habrá que dar un margen amplio de potencia a la obtenida con estos cálculos.

9.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA EN PLANEADO (MÉTODO SAVITSKY).

Este método está indicado especialmente para el cálculo de la resistencia al avance de aquellas embarcaciones que navegan en régimen de planeado, por ello, los parámetros a utilizar en los cálculos varían dependiendo de si la embarcación flota en reposo o navega en régimen de desplazamiento.

A continuación se describen detalladamente cada uno de los pasos que comprende el método Savitsky.

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
β	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 fórmula:

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

4. Computar el Coeficiente de Sustentación para fondos rectos C_{L0} mediante ensayo y error (calcular el valor de C_{L0} para obtener el valor de $C_{L\beta}$ obtenido en el punto 3).

$$C_{L\beta} = C_{L0} - 0.0065 \cdot \beta \cdot C_{L0}^{0.6}$$

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_{L0} obtenido en el punto 4).

$$C_{L0} = \tau^{1.1} \cdot \left(0.012 \cdot \lambda^{0.5} + 0.0055 \cdot \frac{\lambda^{2.5}}{C_v^2} \right)$$

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 formula 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 formula:

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

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.

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

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 fórmulas:

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

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

$$M = M_h + M_f$$

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:

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

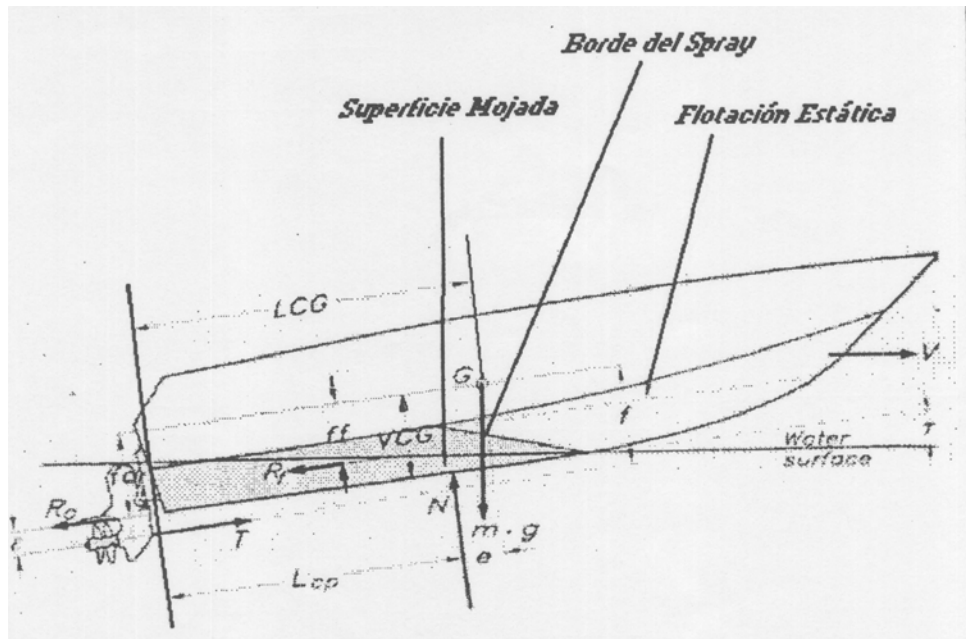
16. Calcular la resistencia total R :

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

17. Calcular la Potencia Efectiva:

$$P_E = V \cdot R$$

Croquis de momentos actuantes en la embarcación:



9.2 APLICACIÓN DE MÉTODO SAVITSKY COMPUTADO POR HADLER A LA EMBARCACIÓN DEL PROYECTO.

Los cálculos descritos en los apartados anteriores han sido realizados con ayuda de una hoja de cálculo, en ella aparecen los resultados obtenidos en cada uno de los pasos.

9.2.1. Datos de partida.

Masa desplazada, LCG y VCG: estos datos se han obtenido de la forma más aproximada posible en el capítulo 8. Cálculo de desplazamiento y centros de gravedad. Además han sido calculados para varias situaciones: rosca, máxima carga y llegada a puerto al 10% de consumos. Para la predicción de potencia se utilizarán las dos últimas, no siendo importante en este caso el desplazamiento en rosca. Los datos obtenidos son:

	Peso (kg)	LCG (m)	VCG (m)
Salida de puerto a plena carga	9382,187	5,432	1,419
Llegada a puerto al 10% de consumos	8440,187	5,621	1,485

b: manga máxima entre pantoques. En ligeramente menor a la manga total, en este caso es 3,509 metros.

ϵ : inclinación del eje relativa a la línea base. Este dato se ha obtenido de publicaciones específicas de motores, coincidiendo en un valor alrededor de los 8°.

β : ángulo de astilla muerta (valor medio entre la popa y la sección en centro de gravedad). Este dato, como ya se comentó en el capítulo 5. Diseño y plano de formas, es de gran relevancia en la navegación en régimen de planeo. Los valores comúnmente usados varían entre 15° y 20°, en esta embarcación se ha obtenido (midiendo en el plano de formas en las mencionadas secciones) un ángulo de astilla muerta igual a 19°.

f: distancia entre el eje y el centro de gravedad en metros. Midiendo en los planos se ha establecido un valor aproximado vertical de 1 metro.

V: velocidad. Este es uno de los requerimientos del cliente, velocidad máxima 29 nudos (14,9176 m/seg.)

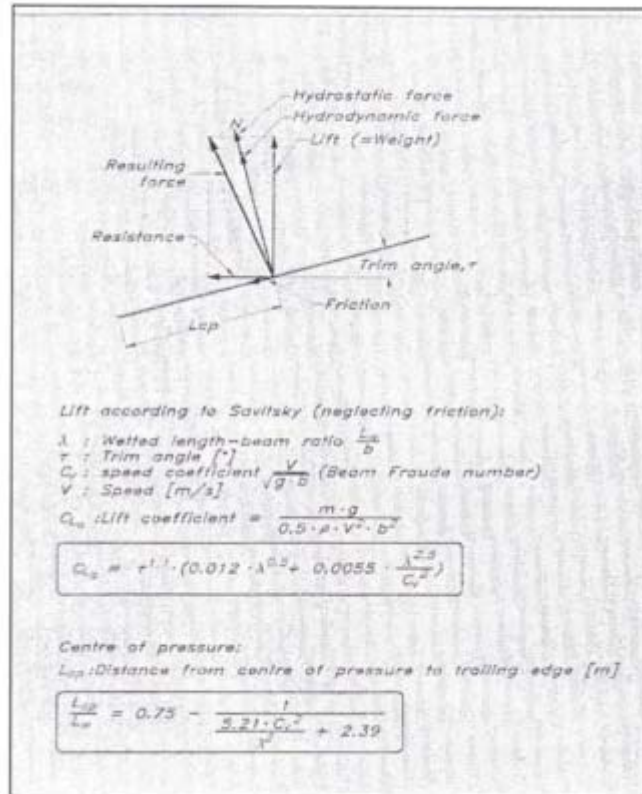


Fig.1

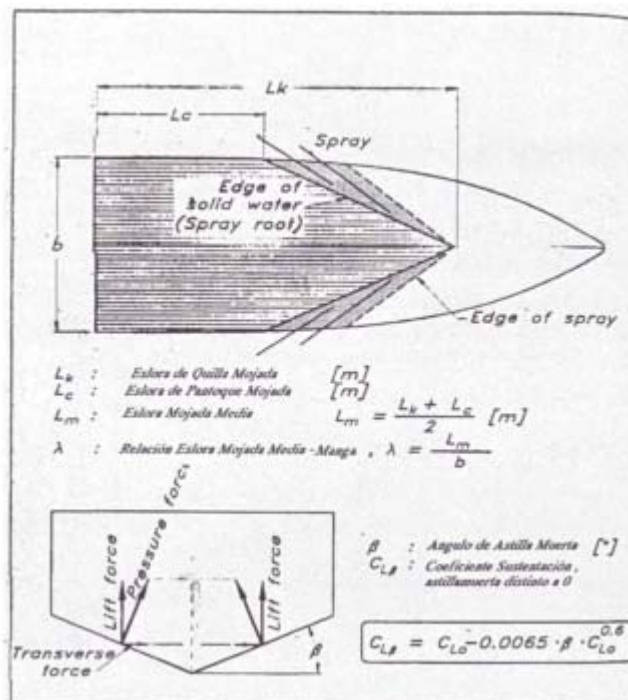


Fig.2

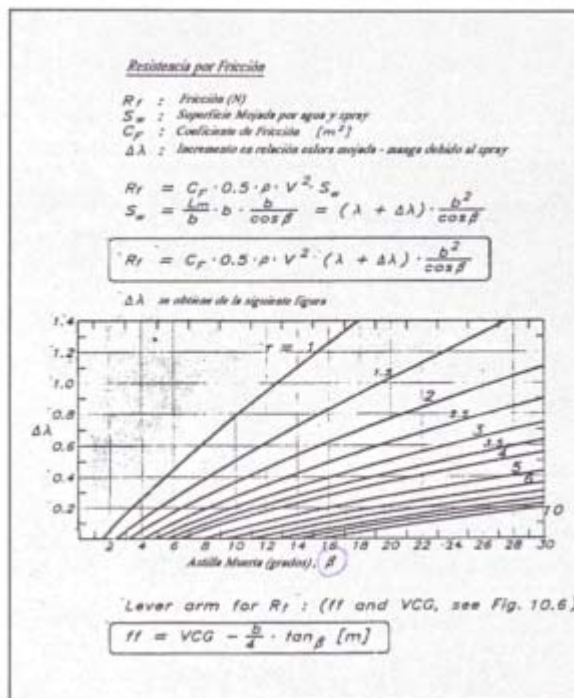


Fig.3

9.2.2. Resultados obtenidos.

A continuación aparecen dos tablas con los datos obtenidos mediante el método de Savitsky, la primera en la situación de “Plena carga”, la segunda “Llegada a puerto a 10% de consumos”.

METODO SAVISTKY: SALIDA PUERTO PLENA CARGA

1. Datos de partida:

m	masa desplazada	9382,187	kg		
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,432	m		
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,467	m		
b	Manga máxima entre pantoques	3,5096	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	14,9176	m/s		
Cv		2,543		2,543	
CLB (formula 1)		0,066		0,066	
CLB (formula 2)		0,066		0,066	
CLo		0,097		0,097	
Clo (formula 3)		0,097		0,097	
Trimado		4	grados	3	grados
Landa		1,938		2,557	
Lm		6,800	m	8,975	m
Rn		9,22E+07		1,22E+08	
Cf		2,11E-03		2,03E-03	
Delta Landa (gráfico)		0,350		0,500	
Rf		7,164	Kn	9,199	Kn
ff		1,165	m	1,165	m
Lcp		4,502	m	5,541	m
e		0,930	m	-0,109	m
Mh		77,986	Kn*m	-14,794	Kn*m
Mf		0,175	Kn*m	1,286	Kn*m
M		78,161	Kn*m	-13,508	Kn*m
Trimado medio				3,147	grados
Rfo				8,899	Kn
R				13,819	Kn
Pe				206,146	Kw
Pd				412,293	Kw
Rendimiento transmisión		0,5		553,413	HP

METODO SAVISKY: LLEGADA A PUERTO 10% DE CONSUMO

1. Datos de partida:

m	masa desplazada	8440,187	kg		
LCG	Dist. Long. De popa al c.d.g.	5,621	m		
VCG	Dist. Vertical desde la línea base al c.d.g. (KG)	1,485	m		
b	Manga máxima entre pantoques	3,5096	m		
Ángulo del eje respcto 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	14,9176	m/s		
Cv		2,543		2,543	
CLB (formula 1)		0,060		0,060	
CLB (formula 2)		0,060		0,060	
CLo		0,089		0,089	
Clo (formula 3)		0,089		0,089	
Trimado		4	grados	3	grados
Landa		1,750		2,614	
Lm		6,142	m	9,175	m
Rn		8,33E+07		1,24E+08	
Cf		2,14E-03		2,02E-03	
Delta Landa (gráfico)		0,350		0,500	
Rf		6,676	Kn	9,341	Kn
ff		1,183	m	1,183	m
Lcp		4,148	m	5,628	m
e		1,473	m	-0,007	m
Mh		114,519	Kn*m	-4,945	Kn*m
Mf		-0,226	Kn*m	1,627	Kn*m
M		114,293	Kn*m	-3,318	Kn*m
Trimado medio				3,028	grados
Rfo				9,266	Kn
R				13,515	Kn
Pe				201,611	Kw
Pd				403,223	Kw
Rendimiento transmisión		0,5		541,239	HP

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 ($C_{L\beta}$).

Los resultados que se han de valorar son:

$\sqrt{CL\beta/2}$; éste 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	9382,187	0.1816	3.147	553,413
Llegada puerto 10% consumos	8440,187	0.1732	3.028	541,239

Gráfico del límite de estabilidad longitudinal en planeo

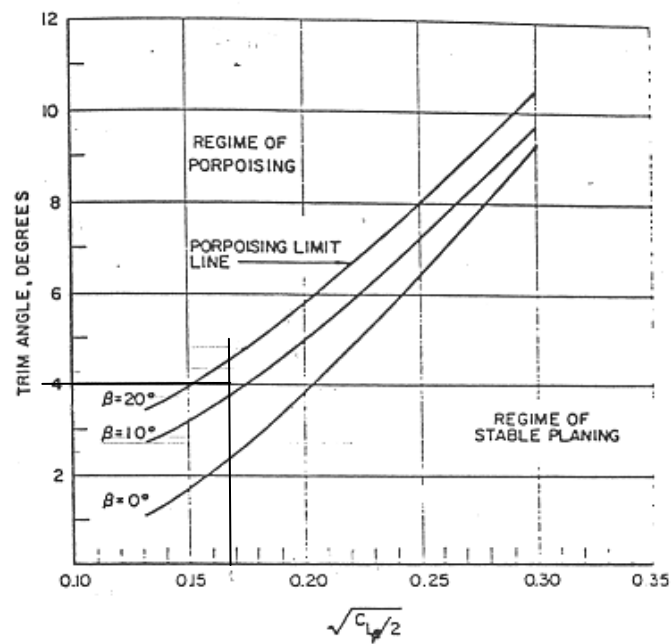


Fig. 18 Porpoising limits for prismatic planing hulls

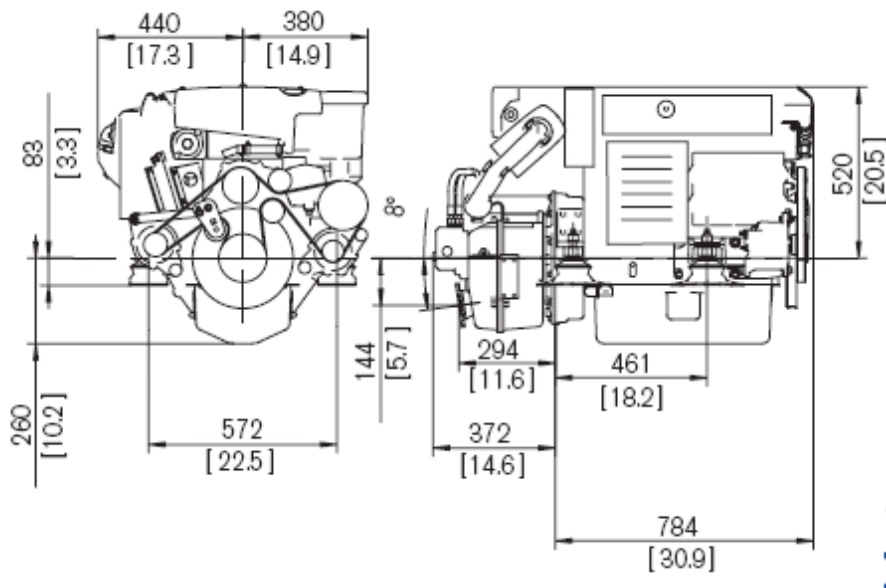
Se observa que si se entra en la gráfica con el ángulo de asiento y el coeficiente $\sqrt{CL\beta/2}$, la embarcación no entra en régimen de “porpoising”, a la velocidad de diseño, 29 nudos, por lo tanto, no se realizará ningún cambio en el diseño de la carena.

9.3. ELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR.

Una vez obtenida la potencia necesaria para la embarcación según el método Savitsky, hay que decidir cual será el motor o motores a instalar. En este caso se ha optado por dos motores por motivos principalmente de seguridad, para que en caso de fallar uno de ellos pueda continuar la navegación haciendo uso del otro motor exclusivamente.

Según este método, el propulsor de la embarcación deberá desarrollar al menos 560 hp, por supuesto no se va a ajustar la potencia a este valor puesto que en primer lugar Savitsky no tiene en cuenta la resistencia de apéndices que, aunque en este caso no es de gran relevancia, provocará un aumento de la potencia necesaria, y segundo, a pesar de ser un método fiable siempre es conveniente dar un margen de error.

En consecuencia, se ha decidido instalar dos motores *VOLVO PENTA D4-300*, que juntos desarrollarán una potencia máxima de 600 hp, dando el mencionado margen a la potencia obtenida. En la figura.1 se muestra un croquis del motor que hemos destinado para nuestra embarcación. En el ANEXO podremos encontrar un plano un poco más detallado y las especificaciones técnicas del mismo.



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 29 nudos, y la potencia necesaria para conseguirla en condiciones de máxima carga de la embarcación es de 553,413 Hp.

Por tanto, vamos a dotar a la embarcación, de dos motores de 300 HP cada uno. El consumo específico de estos motores es de 230 g/HPh.

Potencia	237 Hp
Revoluciones por minuto	2500 r.p.m
Consumo	230 g/hora
Par	700 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 2500 r.p.m por cada hora es:

$$230 \text{ g/HPh} * 474 \text{ HP} * 1 \text{ hora} = 109020 \text{ g/hora.} \sim 0,109 \text{ tn/h.}$$

Así, obtenemos una autonomía en horas de:

$$0,68 \text{ tn} / 0,109 \text{ tn/h} = 6,238 \text{ horas.}$$

La velocidad máxima son 29 nudos, 1 nudo es una milla náutica por hora, luego a una velocidad de 29 nudos, conseguimos una autonomía en millas de:

$$29 \text{ nudos} * 6,238 = 180,902 \text{ millas.}$$

10. ESTUDIO DE ESTABILIDAD

10.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este apartado 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 apartado.

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.

$$\text{Francobordo medio (F)} = \text{Fa} + \text{Fm} + \text{Ff} / 3$$

Donde:

Fa = francobordo en el extremo de proa.

Fm = francobordo medio en la mitad de la eslora.

Ff = 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 $0,2 * 3,875 = 0,775$ m.

El francobordo medio de la embarcación, según la fórmula anterior y las mediciones realizadas en el plano de formas, es de **1,884 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).
1. Salida de puerto, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje (sin carga)
 2. 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 m x rad hasta el ángulo de escora de 30°, ni inferior a 0,09 m x 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 m x rad.

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

c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°.

d) La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.

Por otra parte también debe cumplir:

e) El ángulo de escora producido por la posición más desfavorable de los pasajeros no debe exceder de 10°.

f) El ángulo de escora por efecto de una virada no debe ser superior a 10° cuando se emplea la siguiente fórmula de cálculo:

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

Donde: M = momento escorante en Tn x m.

V = Velocidad de crucero en m/seg.

L = eslora en flotación en mts.

Δ = desplazamiento en Tn.

d = calado medio en mts.

KG = ordenada centro gravedad sobre quilla.

10.3.3. Comprobación del cumplimiento de los 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

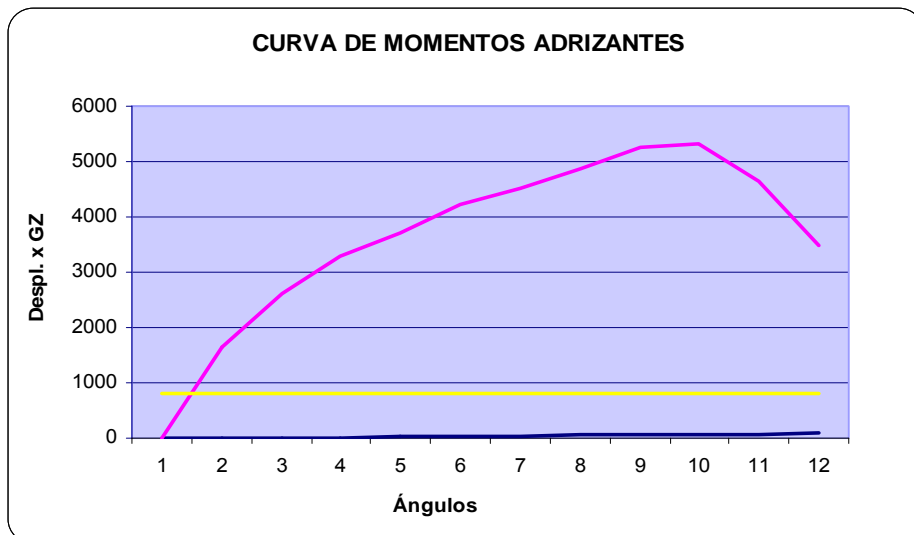
	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,161	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. o Punto de Inundación	m.*Radianes	0,09	0,242	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. o Punto de Inundación	m.*Radianes	0,03	0,081	CUMPLE
b.	GZ a 30°. De escora	mm	200	567	CUMPLE
c.	Ángulo de GZ máx.	grados	25	70	CUMPLE
d.	GM (Altura metacéntrica inicial)	mm	150	2503	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:

$$75 * 6 * 1,8 = 810$$

- 75 es el peso considerado por persona.
- 6 es el número de personas para el que se desea que la embarcación esté homologada.
- 1,8 es la manga máxima a la que se van a poder encontrar las personas de abordó.

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



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	810
5	0,175	1642,025	810
10	0,28	2627,24	810
15	0,349	3274,667	810
20	0,395	3706,285	810
30	0,45	4222,35	810
40	0,483	4531,989	810
50	0,518	4860,394	810
60	0,56	5254,48	810
70	0,567	5320,161	810
80	0,494	4635,202	810
90	0,373	3499,859	810
120	-0,098	919,534	810

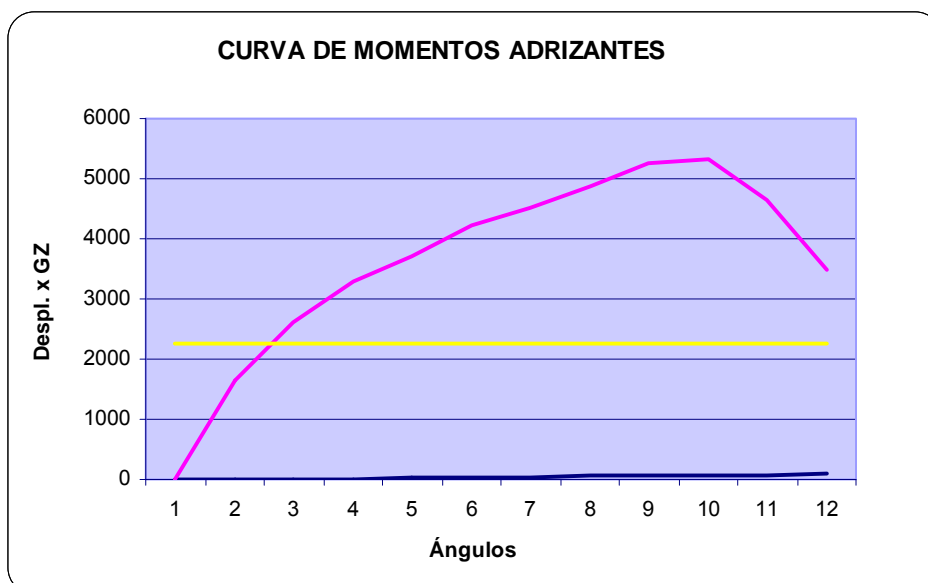
Desp.= 9383 Kg.

Par escorante = 810

Comprobando el punto donde intersectan la curva y la línea recta veremos que no se excede de un ángulo de escora de 10° (valor 3) en la posición mas desfavorable de los pasajeros.

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



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	2274
5	0,175	1642,025	2274
10	0,28	2627,24	2274
15	0,349	3274,667	2274
20	0,395	3706,285	2274
30	0,45	4222,35	2274
40	0,483	4531,989	2274
50	0,518	4860,394	2274
60	0,56	5254,48	2274
70	0,567	5320,161	2274
80	0,494	4635,202	2274
90	0,373	3499,859	2274
120	-0,098	919,534	2274

Desp.= 9383 Kg.

Par escorante = 2274 Kg/m

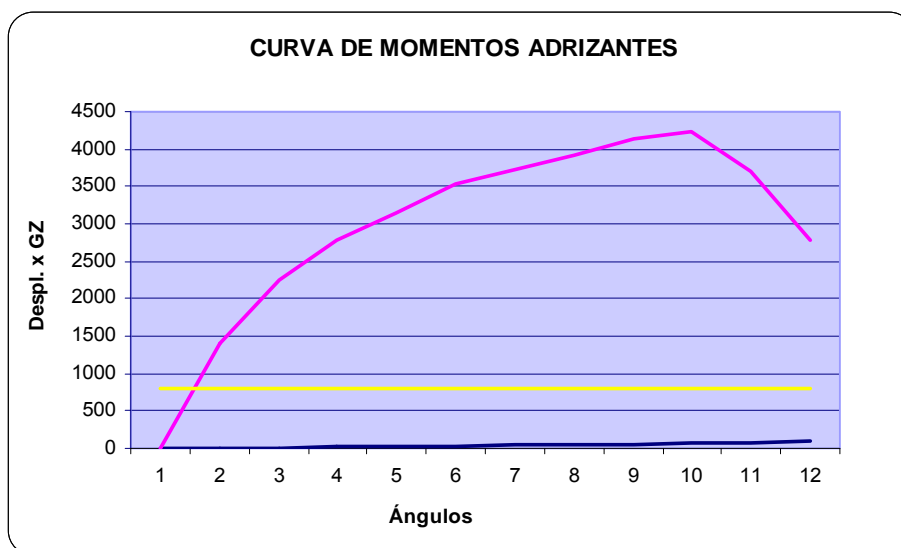
Se ve claramente que el ángulo de escora por efecto de una virada no es superior a 10°, por lo tanto cumple este criterio.

LLEGADA A PUERTO

	Criterio	Unidades	Dato a cumplir	Dato embarcación	
a.	Área 0°. a 30°.	m.*Radianes	0,055	0,152	CUMPLE
a.	Área 0°. a 40°. o Punto de Inundación	m.*Radianes	0,09	0,227	CUMPLE
a.	Área 30°. a 40°. o Punto de Inundación	m.*Radianes	0,03	0,075	CUMPLE
b.	GZ a 30°. De escora	mm	200	502	CUMPLE
c.	Ángulo de GZ máx.	grados	25	70	CUMPLE
d.	GM (Altura metacéntrica inicial)	mm	150	2448	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.



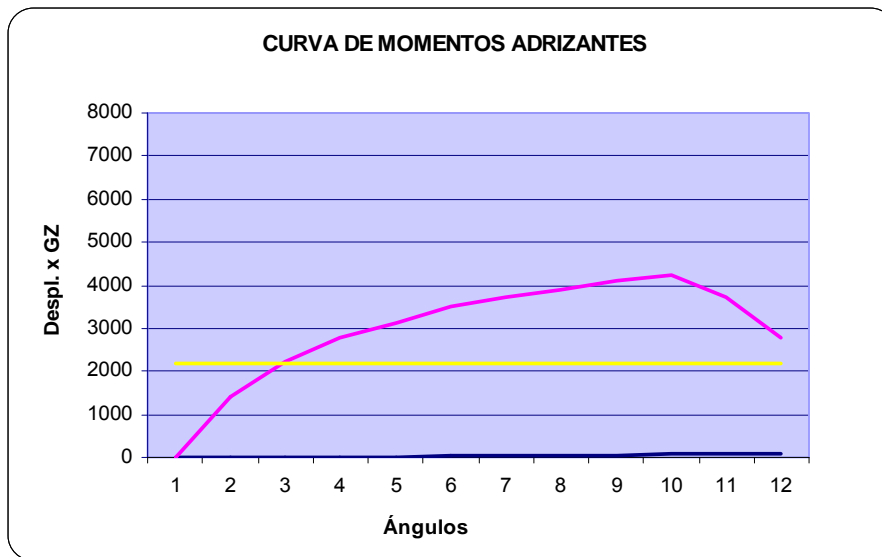
Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	810
5	0,165	1392,6	810
10	0,266	2245,04	810
15	0,33	2785,2	810
20	0,372	3139,68	810
30	0,418	3527,92	810
40	0,441	3722,04	810
50	0,463	3907,72	810
60	0,489	4127,16	810
70	0,502	4236,88	810
80	0,44	3713,6	810
90	0,329	2776,76	810
120	-0,127	-1071,88	810

Desp.= 8440 Kg.

Par escorante = 810 Kg/m

Mirando la gráfica se comprueba que el ángulo de escora en la situación de carga de llegada 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.



Ángulo	GZ	Desp x GZ	Par escorante
0	0	0	2202
5	0,165	1392,6	2202
10	0,266	2245,04	2202
15	0,33	2785,2	2202
20	0,372	3139,68	2202
30	0,418	3527,92	2202
40	0,441	3722,04	2202
50	0,463	3907,72	2202
60	0,489	4127,16	2202
70	0,502	4236,88	2202
80	0,44	3713,6	2202
90	0,329	2776,76	2202
120	-0,127	-1071,88	2202

Desp.= 8440 Kg.

Par escorante = 2202 Kg/m

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

10.2. 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 con el 10% de consumos.

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

SALIDA DE PUERTO					
Desplazamiento =	9383	kg	GM =	2,503	m
			GM long =	29,868	m
T =	0,751	m			
BwL =	3,516	m	LCG =	5,432	m
LwL =	11,032	m	VCG =	1,419	m

LLEGADA A PUERTO					
Desplazamiento =	8440	kg	GM =	2,448	m
			GM long =	30,879	m
T =	0,726	m			
BwL =	3,507	m	LCG =	5,621	m
LwL =	11,03	m	VCG =	1,486	m

A continuación se adjuntan la gráfica y tablas 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. Se incluye la curva de estabilidad dinámica según los resultados obtenidos con Maxsurf.

SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA

Loadcase - Salida prto plena carga

Damage Case - Intact

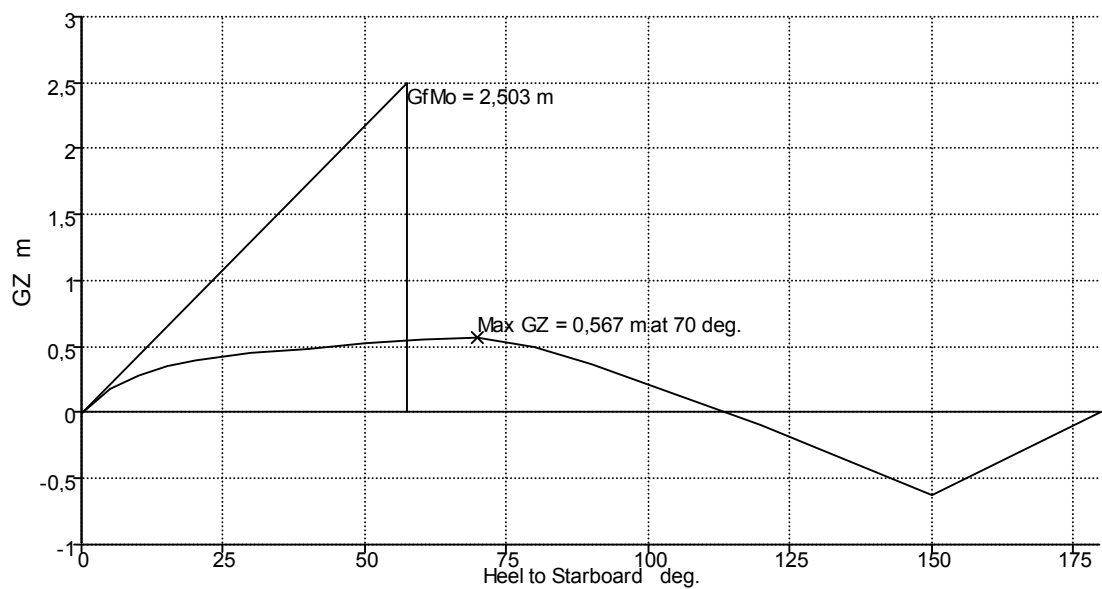
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

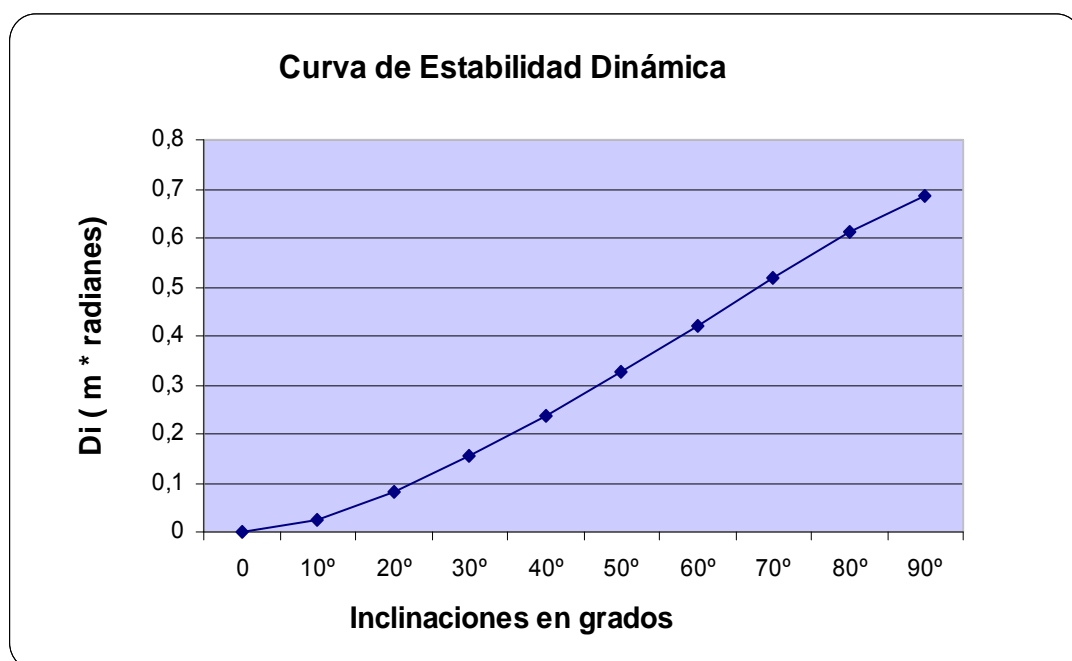
	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Rosca	1	8002	5,773	1,467
2	Tanque Combustible bor	1	340	3,540	0,800
3	Tanque combustible eor	1	340	3,540	0,800
4	Tanque agua potable	1	300	5,200	0,313
5	Tanque aguas residuales	1	0,000	7,756	0,285
6	Tripulantes	4	75,0	2,000	2,350
7	Pertrechos	1	100	2,000	2,350
8		Total Weight=	9382	LCG=5,432 m	VCG=1,419 m
9					FS corr.=0 m
10					VCG fluid=1,419 m

1	Draft Amidsh. m	0,752
2	Displacement kg	9383
3	Heel to Starboard degrees	0,06
4	Draft at FP m	0,829
5	Draft at AP m	0,674
6	Draft at LCF m	0,744
7	Trim (+ve bow down) m	0,155
8	WL Length m	11,032
9	WL Beam m	3,516
10	Wetted Area m ²	37,305
11	Waterpl. Area m ²	33,724
12	Prismatic Coeff.	0,713
13	Block Coeff.	0,299
14	Midship Area Coeff.	0,478
15	Waterpl. Area Coeff.	0,870
16	LCB to Amidsh. m	0,028 Fwd
17	LCF to Amidsh. m	0,530 Aft
18	KB m	0,556
19	KG m	1,419
20	BMt m	3,376
21	BML m	30,731
22	GMt m	2,513
23	GML m	29,868
24	KMt m	3,932
25	KML m	31,287
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,346
27	MTc tonne.m	0,259
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	411,495

CURVA DE ESTABILIDAD



CURVA DE ESTABILIDAD DINÁMICA



Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento

	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30
1	Displacement kg	9383	9381	9382	9382	9382	9382
2	Draft at FP m	0,829	0,823	0,807	0,783	0,751	0,659
3	Draft at AP m	0,674	0,662	0,626	0,573	0,505	0,320
4	WL Length m	11,031	11,026	11,004	10,969	10,923	10,905
5	Immersed Depth m	0,789	0,779	0,749	0,706	0,649	0,709
6	WL Beam m	3,516	3,167	2,922	2,762	2,661	2,595
7	Wetted Area m ²	37,260	34,374	32,738	31,661	31,018	30,377
8	Waterpl. Area m ²	33,702	30,309	28,034	26,499	25,561	24,692
9	Prismatic Coeff.	0,713	0,716	0,719	0,722	0,725	0,725
10	Block Coeff.	0,299	0,337	0,380	0,428	0,485	0,456
11	LCB to Amidsh. m	0,028 Fwd	0,028 Fwd	0,029 Fwd	0,032 Fwd	0,036 Fwd	0,043 Fwd
12	VCB from DWL m	0,196	0,198	0,200	0,204	0,210	0,223
13	GZ m	-0,003	0,175	0,280	0,349	0,395	0,450
14	LCF to Amidsh. m	0,540 Aft	0,371 Aft	0,266 Aft	0,196 Aft	0,134 Aft	0,034 Aft
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,285	0,497	0,671	0,822	1,079

	40	50	60	70	80	90	120	150	180
1	9383	9382	9383	9383	9383	9383	9381	9381	9383
2	0,518	0,287	-0,197	-1,316	-4,710	0,000	-4,227	-3,078	-2,785
3	0,044	-0,402	-1,168	-2,676	-6,992	0,000	-3,895	-2,409	-2,111
4	10,955	10,960	10,882	10,793	11,300	11,657	12,176	12,345	11,836
5	0,818	0,868	0,837	0,729	0,585	0,648	1,014	0,937	0,261
6	2,682	2,936	2,993	2,546	2,350	2,173	1,978	2,047	3,828
7	30,161	30,356	30,937	30,891	30,594	30,513	29,311	30,489	48,586
8	24,661	25,301	26,147	24,099	22,205	21,199	19,595	21,137	42,258
9	0,719	0,719	0,726	0,740	0,721	0,715	0,752	0,773	0,772
10	0,381	0,328	0,336	0,457	0,602	0,558	0,375	0,387	0,775
11	0,051 Fwd	0,064 Fwd	0,072 Fwd	0,074 Fwd	0,068 Fwd	0,056 Fwd	0,010 Aft	0,062 Aft	0,055 Aft
12	0,238	0,249	0,242	0,224	0,223	0,235	0,316	0,295	0,115
13	0,483	0,518	0,560	0,567	0,494	0,373	-0,098	-0,624	0,003
14	0,120 Fwd	0,291 Fwd	0,268 Fwd	0,268 Fwd	0,251 Fwd	0,229 Fwd	0,069 Fwd	0,163 Fwd	0,442 Fwd
15	1,315	1,565	1,918	1,956	1,864	1,702	1,027	0,292	0,000

LLEGADA A PUERTO AL 10% DE CONSUMOS.

Loadcase – Llegada a prto al 10% de consumos

Damage Case - Intact

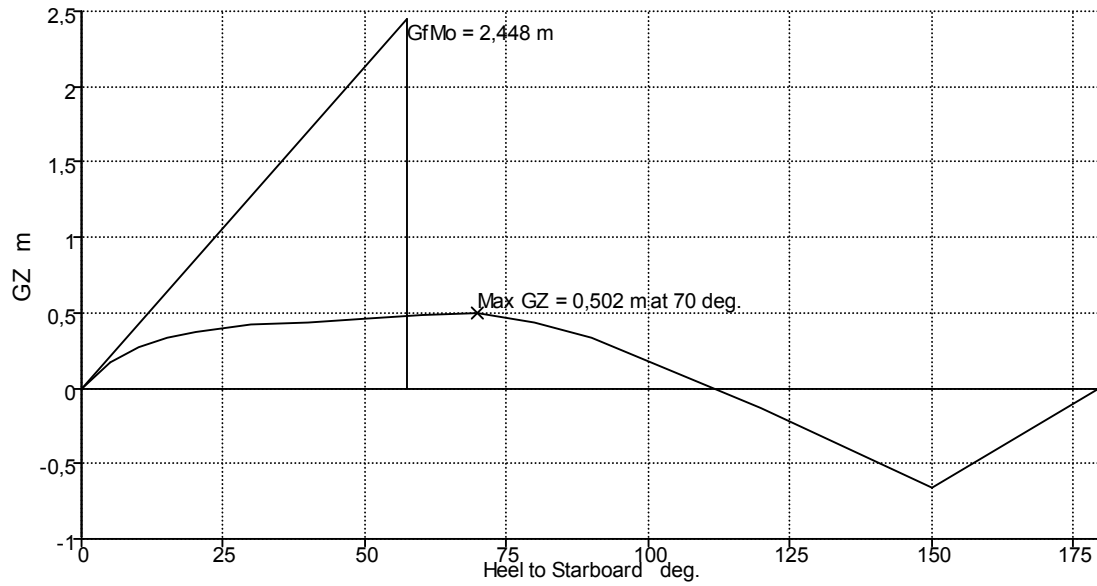
Free to Trim

Specific Gravity = 1,025

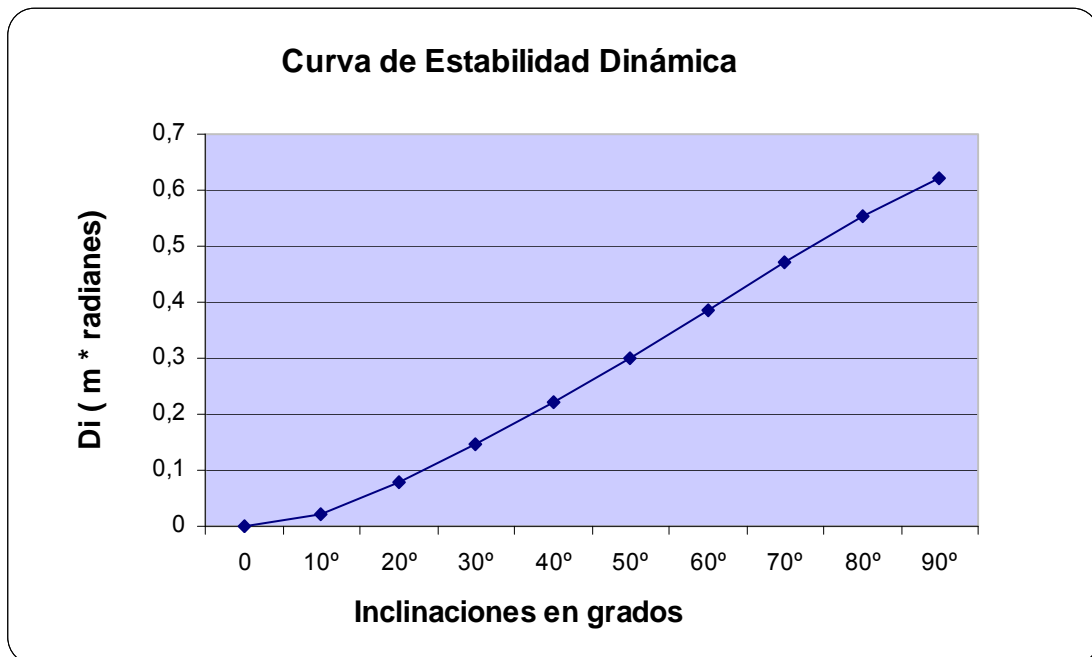
	Item Name	Quantity	Weight kg	Long.Arm m	Vert.Arm m
1	Rosca	1	8002	5,773	1,467
2	Tanque Combustible bor	1	34,0	3,540	0,800
3	Tanque Combustible eor	1	34,0	3,540	0,800
4	Tanque agua potable	1	30,0	5,200	0,313
5	Tanque aguas residuales	1	30,0	7,756	0,285
6	Tripulantes	4	75,0	2,000	2,350
7	Pertrechos	1	10,0	2,000	2,350
8		Total Weight=	8440	LCG=5,621 m	VCG=1,486 m
9					FS corr.=0 m
10					VCG fluid=1,486 m

1	Draft Amidsh. m	0,726
2	Displacement kg	8440
3	Heel to Starboard degrees	0,07
4	Draft at FP m	0,825
5	Draft at AP m	0,627
6	Draft at LCF m	0,718
7	Trim (+ve bow down) m	0,198
8	WL Length m	11,030
9	WL Beam m	3,507
10	Wetted Area m ²	35,509
11	Waterpl. Area m ²	32,551
12	Prismatic Coeff.	0,681
13	Block Coeff.	0,274
14	Midship Area Coeff.	0,452
15	Waterpl. Area Coeff.	0,841
16	LCB to Amidsh. m	0,221 Fwd
17	LCF to Amidsh. m	0,428 Aft
18	KB m	0,539
19	KG m	1,486
20	BMt m	3,390
21	BML m	31,826
22	GMt m	2,443
23	GML m	30,879
24	KMt m	3,929
25	KML m	32,365
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,334
27	MTc tonne.m	0,241
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	359,831

CURVA DE ESTABILIDAD



CURVA DE ESTABILIDAD DINÁMICA



Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento

	Heel to Starboard degrees	0	5	10	15	20	30
1	Displacement kg	8439	8440	8440	8439	8439	8440
2	Draft at FP m	0,825	0,821	0,807	0,784	0,753	0,664
3	Draft at AP m	0,627	0,605	0,562	0,502	0,427	0,228
4	WL Length m	11,030	11,026	11,006	10,973	10,928	10,917
5	Immersed Depth m	0,775	0,765	0,735	0,692	0,635	0,676
6	WL Beam m	3,507	3,097	2,860	2,708	2,614	2,557
7	Wetted Area m ²	35,530	33,014	31,471	30,465	29,864	29,101
8	Waterpl. Area m ²	32,572	29,387	27,221	25,760	24,864	23,862
9	Prismatic Coeff.	0,681	0,682	0,683	0,685	0,688	0,687
10	Block Coeff.	0,274	0,315	0,356	0,400	0,454	0,436
11	LCB to Amidsh. m	0,221 Fwd	0,223 Fwd	0,226 Fwd	0,230 Fwd	0,233 Fwd	0,243 Fwd
12	VCB from DWL m	0,191	0,190	0,190	0,192	0,196	0,209
13	GZ m	-0,003	0,165	0,266	0,330	0,372	0,418
14	LCF to Amidsh. m	0,426 Aft	0,314 Aft	0,209 Aft	0,137 Aft	0,073 Aft	0,063 Fwd
15	TCF to zero pt. m	0,000	0,324	0,526	0,692	0,836	1,087

	40	50	60	70	80	90	120	150	180
1	8440	8440	8441	8441	8441	8441	8440	8440	8440
2	0,529	0,303	-0,178	-1,296	-4,671	0,000	-4,215	-3,072	-2,784
3	-0,071	-0,544	-1,342	-2,933	-7,534	0,000	-4,106	-2,524	-2,159
4	10,973	10,980	10,900	10,815	11,335	11,691	12,165	12,351	11,881
5	0,785	0,835	0,806	0,697	0,549	0,625	0,982	0,898	0,241
6	2,649	2,904	2,932	2,545	2,349	2,162	1,896	1,954	3,838
7	28,743	28,833	29,342	29,905	29,615	29,538	27,837	29,024	47,931
8	23,644	24,135	24,874	23,983	22,101	21,099	18,578	20,087	42,297
9	0,681	0,684	0,691	0,704	0,687	0,683	0,731	0,760	0,751
10	0,361	0,309	0,319	0,432	0,578	0,521	0,363	0,380	0,750
11	0,254 Fwd	0,267 Fwd	0,276 Fwd	0,278 Fwd	0,274 Fwd	0,262 Fwd	0,197 Fwd	0,143 Fwd	0,141 Fwd
12	0,224	0,236	0,230	0,208	0,204	0,215	0,300	0,278	0,103
13	0,441	0,463	0,489	0,502	0,440	0,329	-0,127	-0,666	0,003
14	0,248 Fwd	0,421 Fwd	0,392 Fwd	0,291 Fwd	0,274 Fwd	0,253 Fwd	0,201 Fwd	0,294 Fwd	0,471 Fwd
15	1,317	1,560	1,899	1,978	1,879	1,710	1,057	0,270	0,000

TABLA Y GRÁFICA PARA UN RANGO DE CALADOS DADOS

Hydrostatics -

Fixed Trim = 0 m

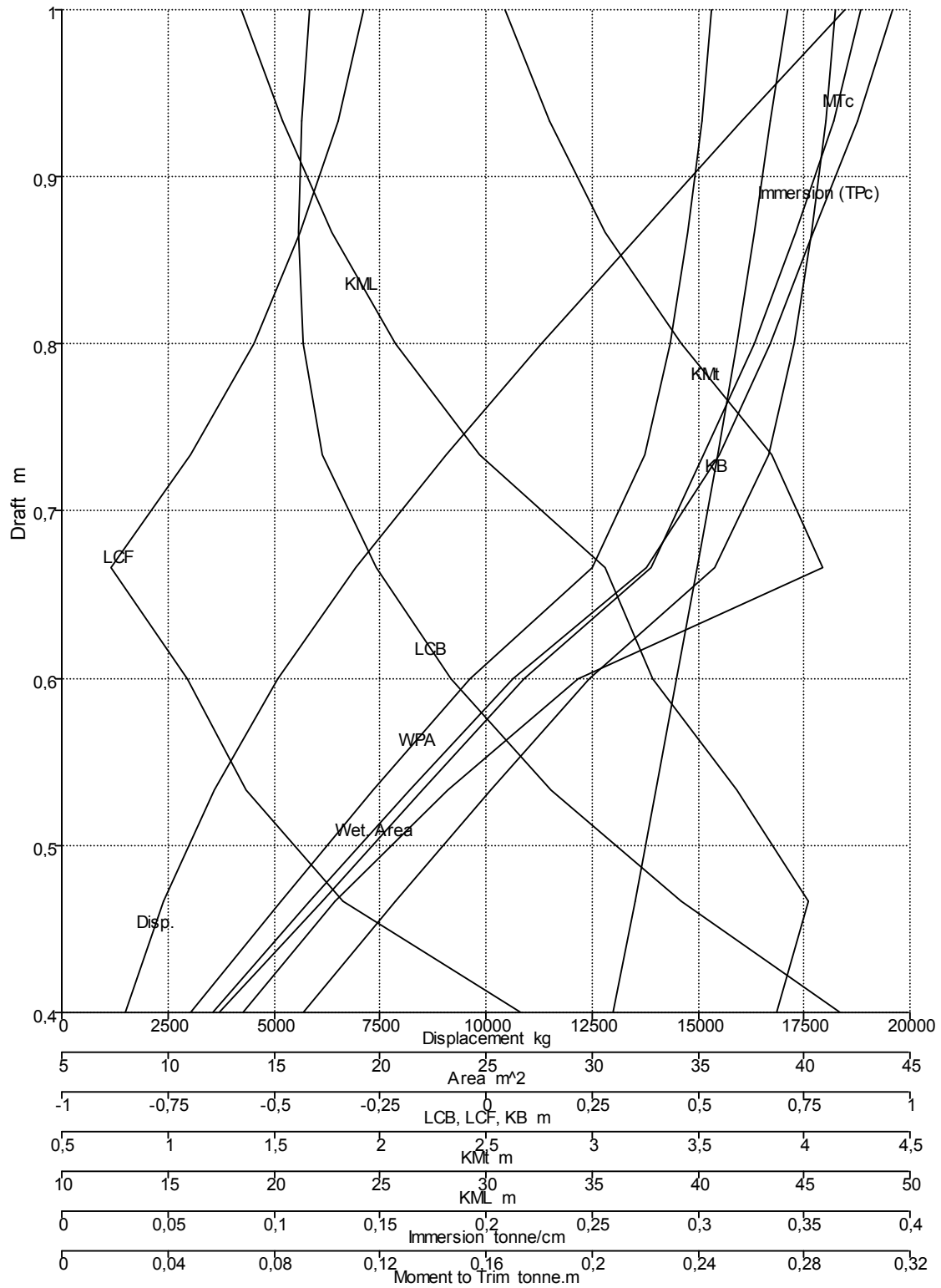
Specific Gravity = 1,025

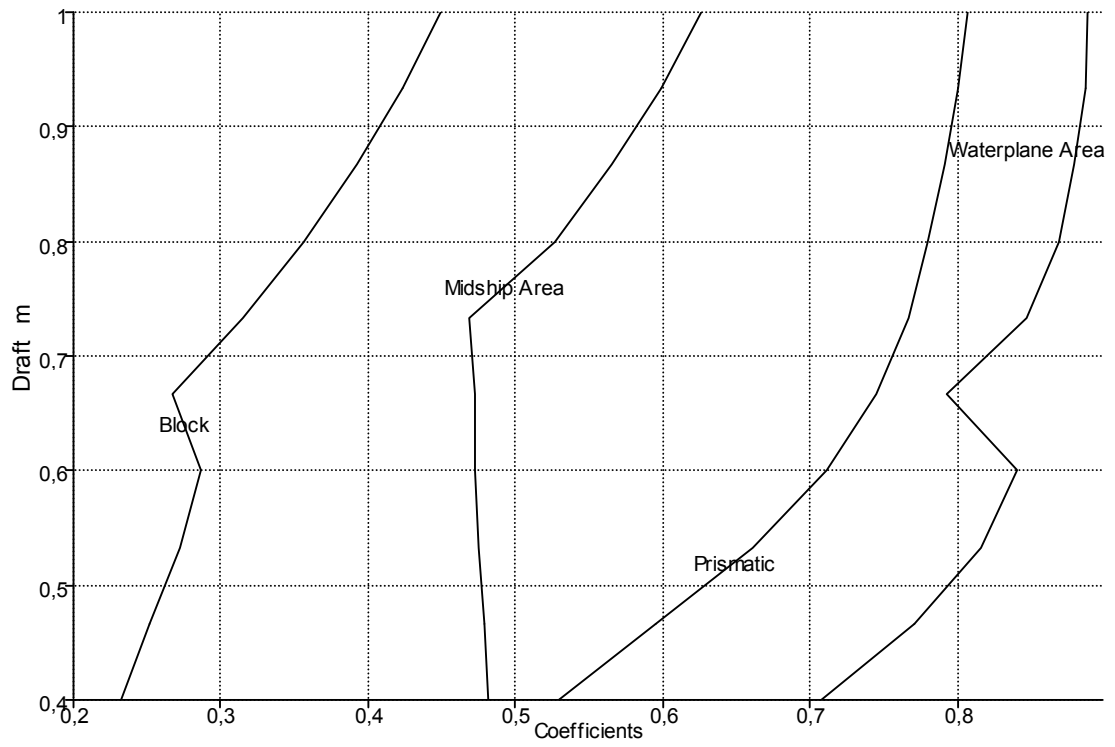
	Draft Amidsh. m	0,4	0,467	0,533	0,6
1	Displacement kg	1489	2390	3587	5089
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0
3	Draft at FP m	0,400	0,467	0,533	0,600
4	Draft at AP m	0,400	0,467	0,533	0,600
5	Draft at LCF m	0,400	0,467	0,533	0,600
6	Trim (+ve bow down) m	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	10,231	10,458	10,581	10,689
8	WL Beam m	1,531	1,899	2,285	2,699
9	Wetted Area m ²	12,149	16,675	21,398	26,309
10	Waterpl. Area m ²	11,072	15,321	19,713	24,243
11	Prismatic Coeff.	0,529	0,596	0,662	0,711
12	Block Coeff.	0,232	0,252	0,272	0,287
13	Midship Area Coeff.	0,482	0,478	0,475	0,473
14	Waterpl. Area Coeff.	0,707	0,771	0,815	0,840
15	LCB to Amidsh. m	0,835 Fwd	0,460 Fwd	0,152 Fwd	0,081 Aft
16	LCF to Amidsh. m	0,081 Fwd	0,336 Aft	0,565 Aft	0,702 Aft
17	KB m	0,299	0,350	0,401	0,450
18	KG m	0,745	0,745	0,745	0,745
19	BMt m	1,059	1,439	1,920	2,485
20	BML m	43,408	44,864	41,402	37,392
21	GMt m	0,612	1,045	1,576	2,190
22	GML m	42,962	44,469	41,058	37,097
23	KMt m	1,357	1,790	2,321	2,935
24	KML m	43,707	45,214	41,803	37,842
25	Immersion (TPc) tonne/cm	0,114	0,157	0,202	0,249
26	MTc tonne.m	0,059	0,098	0,136	0,174
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	15,912	43,564	98,669	194,49

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento

	0,667	0,733	0,8	0,867	0,933	1
1	6910	9067	11328	13659	16038	18455
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	10,795	10,876	10,957	11,037	11,115	11,194
8	3,511	3,525	3,540	3,554	3,569	3,583
9	32,571	36,022	38,440	40,439	42,493	44,213
10	30,044	32,481	33,702	34,513	35,163	35,606
11	0,745	0,766	0,780	0,792	0,800	0,807
12	0,267	0,315	0,356	0,392	0,423	0,449
13	0,472	0,468	0,527	0,566	0,599	0,626
14	0,793	0,847	0,869	0,880	0,886	0,888
15	0,259 Aft	0,384 Aft	0,431 Aft	0,442 Aft	0,434 Aft	0,417 Aft
16	0,885 Aft	0,697 Aft	0,547 Aft	0,438 Aft	0,348 Aft	0,287 Aft
17	0,499	0,547	0,591	0,632	0,672	0,710
18	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745	0,745
19	3,586	3,305	2,828	2,433	2,127	1,881
20	35,092	29,118	25,120	22,077	19,740	17,721
21	3,339	3,106	2,674	2,320	2,053	1,846
22	34,846	28,920	24,966	21,964	19,667	17,686
23	4,084	3,851	3,419	3,065	2,798	2,591
24	35,591	29,665	25,711	22,709	20,412	18,431
25	0,308	0,333	0,346	0,354	0,360	0,365
26	0,222	0,242	0,261	0,277	0,291	0,301
27	402,75	491,545	528,549	553,012	574,753	594,7

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 Tn de Desplazamiento





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.

Habrá 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 **149.320,56 euros**, que teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado el **COSTE TOTAL** de salida al mercado será de: **298.939,76 euros**.

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 isftalica isotropica (por kg)	2876	4,5	
Gelcoat isoftalico (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	300	
4 puertas abisagradas madera iroco	4	350	
Mesa de sapelly con pie regulable	2	370	
1 ropero del cam. Proa de sapelly	1	175	
Puertas de armarios de cocina	4	130	
Piso forrado tablero marino laminado en teca	1	3500	
mesitas de noche de sapelly	2	120	
mesa soporte television	1	75	
2 puertas armario cbta. Principal	2	140	
Mamparos camarotes		1700	
		SUBTOTAL	6860
ASEO			
W.C. marino taza de porcelanay tapa de plastico	1	160	
Deposito de aguas fecales con valvula mar/deposito	1	250	
Grifo de fondo pasacasco entrada de agua W.C.	1	15	
Grifo de fondo pasacasco salida de aguas sucias W.C.	1	25,3	
Tuberias y arandelas W.C.	1	16,5	
Lavabo de porcelana	1	70,2	
Tuberias 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	715,6
COCINA			
Cocina con tres fuegos y cardan en acero inox	1	250	
Kit de conexión de gas	1	90	
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	449,63
HABILITACIÓN			
Colchón camarote de proa	1	370	

Embarcación deportiva a motor fabricada en PRFV de 13 m de Eslora y 9 tn de Desplazamiento

Colchones camarote de popa	2	360,5	
Esquinera comedor	1	120,3	
Sofá con reposa espalda	1	690	
		SUBTOTAL	1540,8
INSTALACIÓN 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 sentina 5000 l/h	1	75	
Contacto automático para bomba de sentina	1	36,99	
12 luces de techo alógenas	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	1184,6
ELEMENTOS DE CUBIERTA			
Escalera de baño en acero inox con 3 peldaños	1	160	
Roldana de fondeo en acero inox. Con pasador	1	31,5	
4 cornamusas de amarre	4	15,8	
Boca de llenado de agua de 45mm 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 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 solarium napa blanca	3	90	
Dinete con respladar napa blanca	1	880	
		SUBTOTAL	2907,8
OTROS EQUIPAMIENTOS			
Sonda	1	983,82	
Compas horizon 135	1	281,54	
GPS lector de cartas Tracker 5600	1	1280,2	
2 estintores	2	35	
Botiquin homologado	1	29,67	
2 aros salvavidas con rabiza y luz	2	177	
Equipo de cohetes solas	1	95	
Balsa salvavidas	1	2940	
Ancla Britany	1	75,39	
Cadena del ancla	1	380	
		SUBTOTAL	6277,6

CÁMARA DE MÁQUINAS			
Motor volvo penta D4-300	2	43271	
Instalacion completa con todos los accesorios y escape	2	2130	
		SUBTOTAL	90602

MANO DE OBRA			
CONSTRUCCIÓN DEL CASCO		Horas/Hombre	
Limpieza y cera del molde		16	
Pintado de gelcoat		13	
Laminado		240	
Desmoldeo		16	
		SUBTOTAL	285

CONTRUCCÓN DE LA BAÑERA Y CUBIERTA			
Limpieza y cera del molde		23	
Pintado de gelcoat		19	
Laminado		220	
Desmoldeo		20	
		SUBTOTAL	282

MONTAJE			
Montaje del casco- cubierta		50	
Montaje del mobiliario		195	
Montaje de equipos		155	
		SUBTOTAL	400

TOTAL 967

PRECIO HORA/HOMBRE 40,00

PRECIO MANO DE OBRA 38.680,00

COSTE TOTAL DE LA EMBARCACIÓN 149.320,56

BIBLIOGRAFÍA

APUNTES:

- Construcciones en Materiales Compuestos.
Gaspar Penagos García.
- Teoría del Buque.
Aurelio Guzmán Cabañas.
- Embarcaciones deportivas.
Antonio Querol.

LIBROS:

- Materiales Compuestos. Tecnología de los Materiales Reforzados.
J.L. González Díez.

PÁGINAS WEB:

- www.fondear.com
- www.barcos.com
- www.volvopenta.com
- www.cosasdebarcos.com
- www.barcosyamarres.com
- www.librería-náutica.com

ANEXO

221 kW (300 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

Diesel compacto de altas prestaciones

El Volvo Penta D4-300 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.

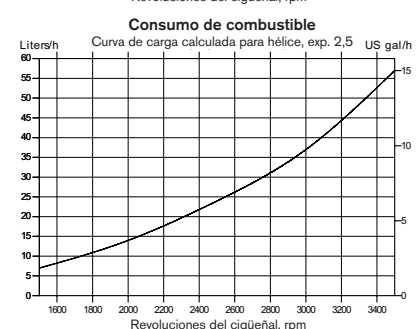
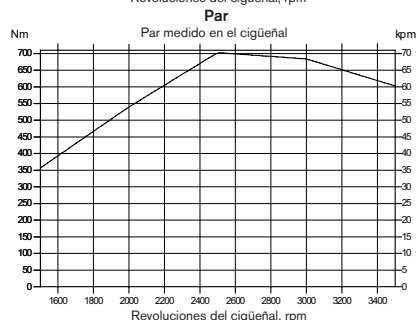
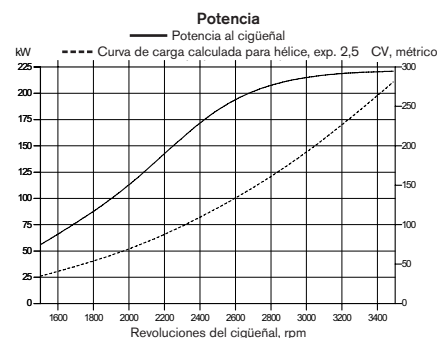
Para aprovechar al máximo las ventajas del sistema EVC, el inversor se ha equipado con válvulas electromagnéticas disponiendo así de cambio eléctrico.

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.



D4-300 con inversor HS63AE



D4-300

Descripción técnica:

Motor y bloque

- Bloque y culata de hierro de fundición para una buena resistencia a la corrosión y larga duración
- Refuerzos escalonados del bloque y ejes equilibradores combinados
- Tecnología de cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno de aceite
- Camisas integradas
- Asientos de válvula cambiables
- Cigüeñal de cinco apoyos
- Distribución posterior

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total y by-pass fácilmente cambiable
- Enfriador de aceite tipo tubular, refrigerado por agua salada

Sistema de combustible

- Sistema de inyección common-rail
- Unidad de control para procesar la inyección
- Filtro fino con separador de agua

Sistema de admisión y escape

- Filtro de aire con cartucho sustituible
- Ventilación del cárter al sistema de admisión
- Codo o deflector de escape
- Turbocompresor refrigerado por agua dulce

Sistema de refrigeración

- Refrigeración por agua dulce de regulación termostática
- Intercambiador de calor tubular con un gran depósito de expansión separado
- Sistema de refrigeración preparado para toma de agua caliente
- Rodete de bomba de agua fácilmente accesible

Sistema eléctrico

- Bipolar, de 12V
- Alternador de 115A adaptado a uso marino con diodos zener para proteger contra aumentos de tensión y integrado regulador de carga con sensor de batería para compensar caídas de tensión
- Fusibles con reajuste automático
- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/mandos

- Cuadro completo con interruptor de llave, instrumentos y cuadro alarma bloqueado
- Cuadros de supervisión EVC para instalaciones simples y dobles
- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha

- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

Inversor

- Salida decalada y en ángulo de 8° para instalaciones compactas. V-drive disponible.
- Engranajes helicoidales para un funcionamiento más suave a cualquier velocidad
- Embrague de accionamiento hidráulico para cambios suaves
- Cambio de marcha electrónico por válvulas electromagnéticas
- Durante la navegación a vela, el eje de la hélice puede girar durante 24 horas sin que arranque el motor
- Enfriador de aceite refrigerado por agua salada
- Low Speed (opcional)

Accesorios

Una amplia gama de accesorios está disponible. Para más información, consulte el catálogo Accesorios y Piezas de repuesto (www.volvopenta.com).

Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

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

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

Datos técnicos

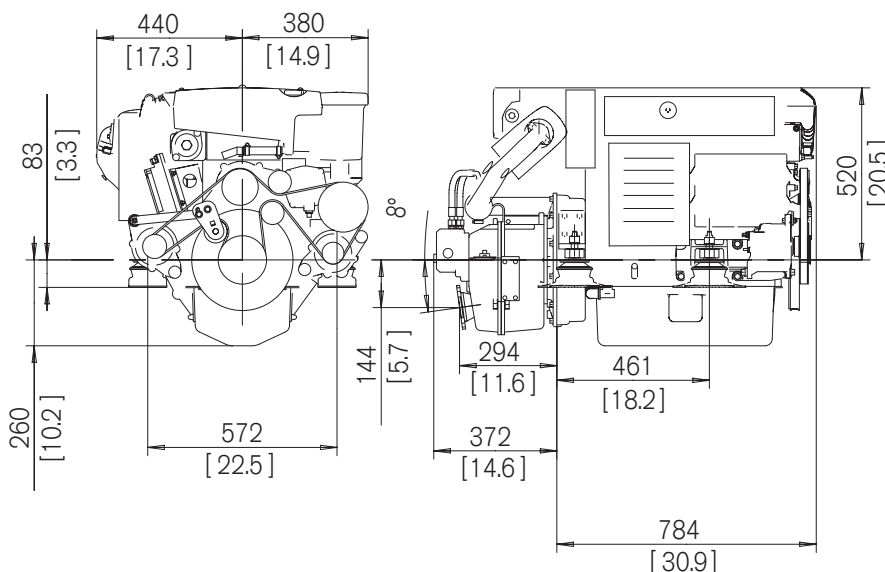
Modelo	D4-300 I
Potencia al cigüeñal, kW (CV)	221 (300)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV)	212 (288)
Revoluciones, rpm	3500
Cilindrada, l	3,7
Número de cilindros	4
Diámetro cilindros/carrera, mm	103/110
Relación de compresión	17,5:1
Peso en seco con HS63AE, kg	559
Ratio HS63AE	2,04:1, 1,56:1
Ratio HS63IVE	2,48:1, 2,00:1, 1,56:1
Ratio HS80AE	2,50:1

Potencia: R5

Datos técnicos según ISO 8665. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Combustibles comerciales pueden desviarse de esta especificación, lo que influirá la potencia y el consumo de combustible. El motor cumple las exigencias de emisiones de escape IMO NOx, US EPA Tier 2 y EU RCD.

Dimensiones D4-300/HS63AE

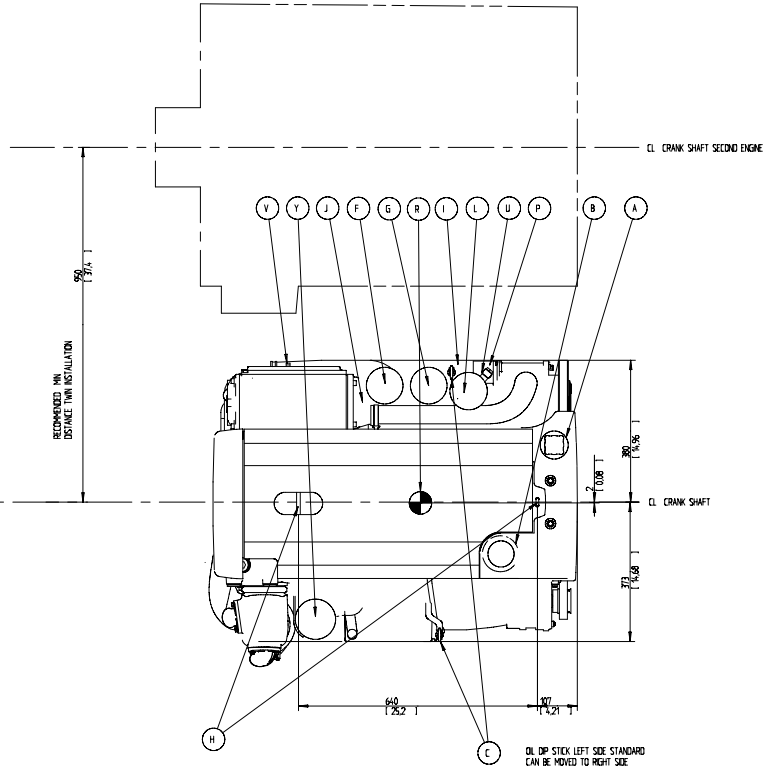
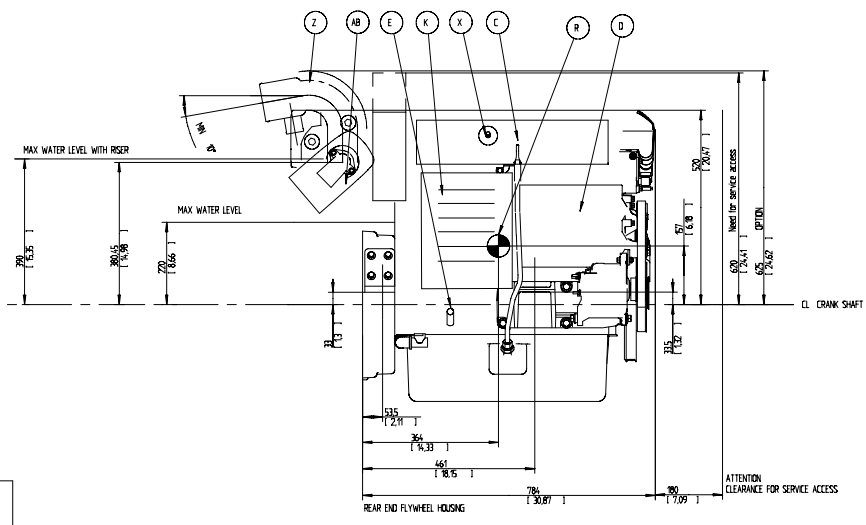
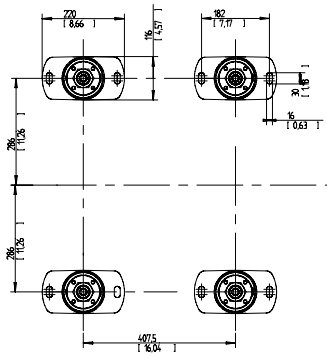
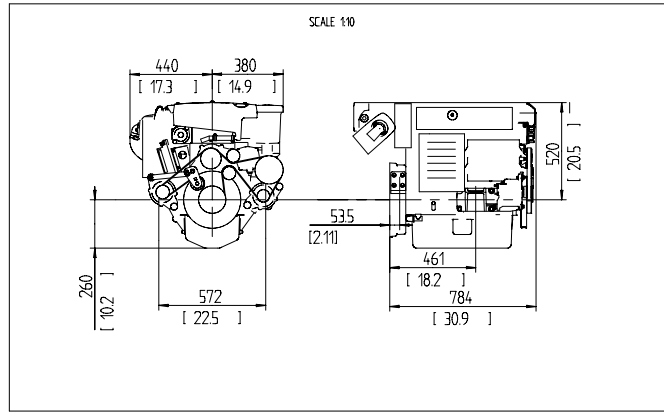
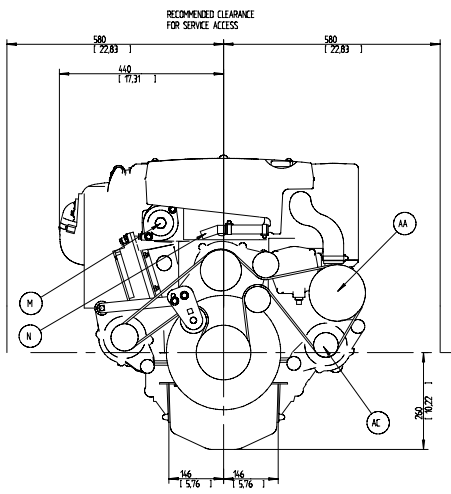
No para instalación



VOLVO PENTA

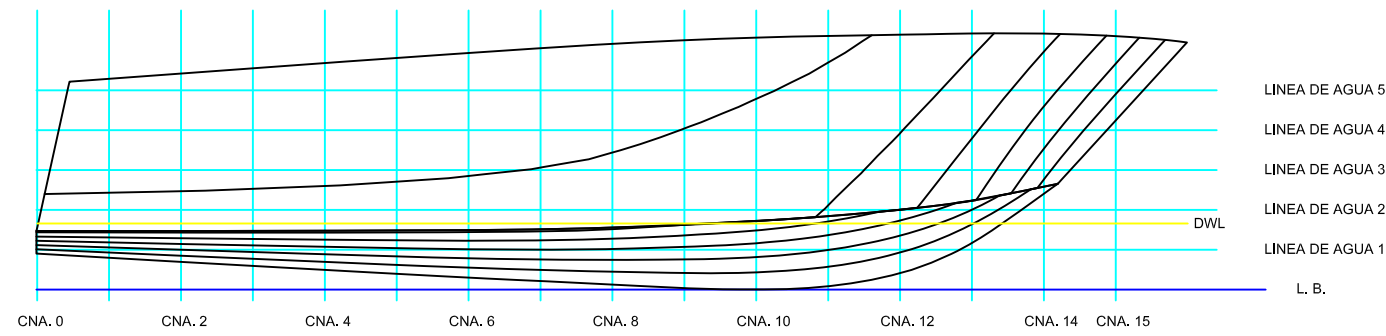
AB Volvo Penta
SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

- (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
- (I) WATER DRAIN, FRESH WATER
- (J) 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

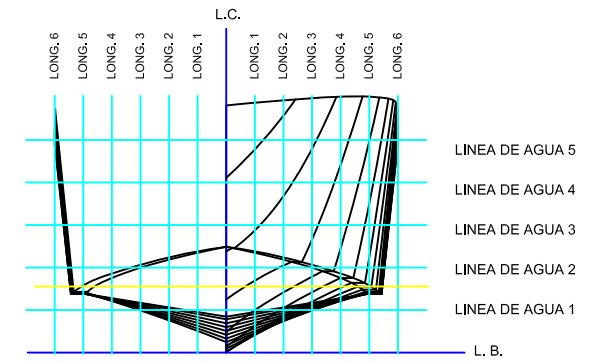


SCALE 1:5

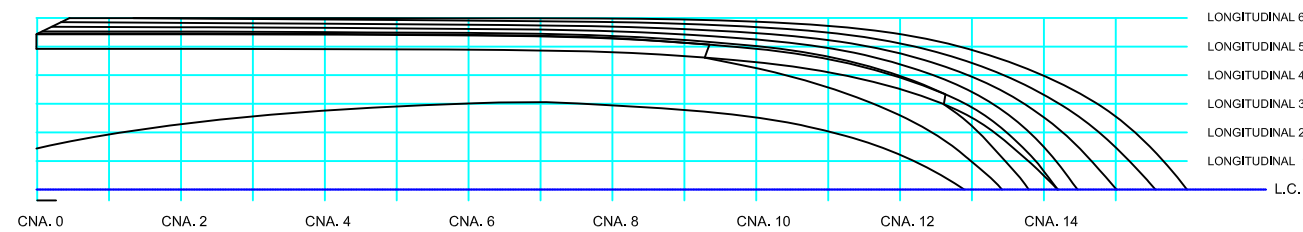
<p>VOLVO PENTA</p>		<p>ENGINE DA / BT</p>
<p>3521861</p>		<p>01</p>



LINEAS DE AGUA



SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIONES LONGITUDINALES

ESLORA TOTAL ----- 13 m.

MANGA MÁXIMA ----- 3.875 m.

PUNTAL ----- 2.894 m.

SEPARACIÓN ENTRE CUADERNAS ----- 0.800 m.

PLANO DE FORMAS

TÍTULO:

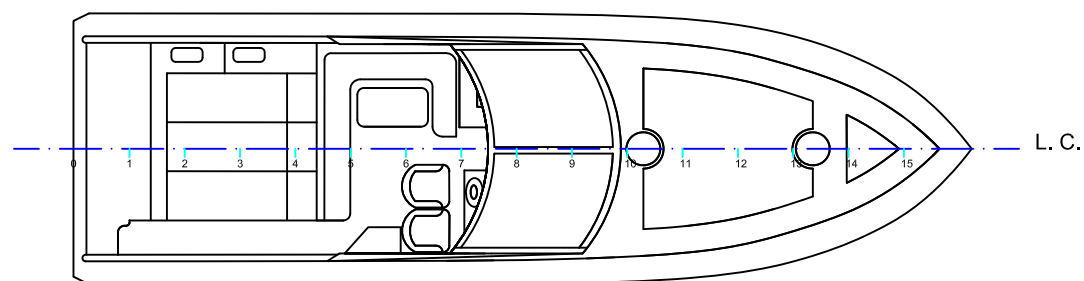
EMBARCACIÓN DEPORTIVA A
MOTOR DE 13m. DE ESLORA Y
DESPLAZAMIENTO DE 9500Tn. APROX.

Dibujado por: VIRGINIA LEAL GARCIA

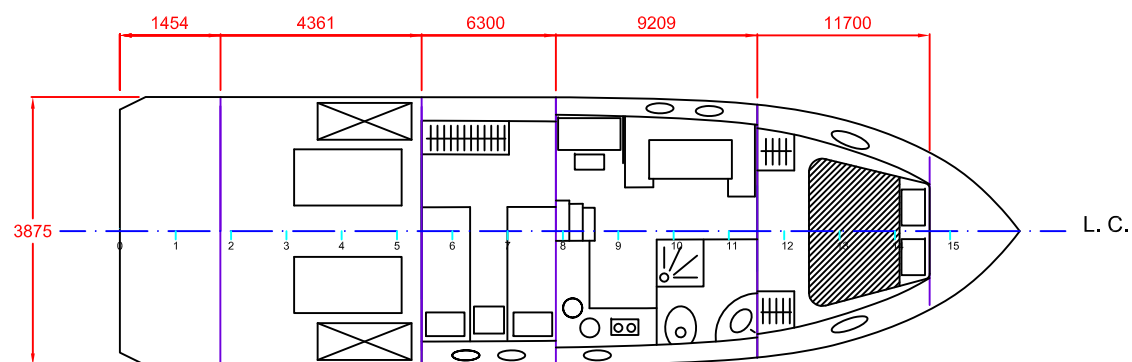
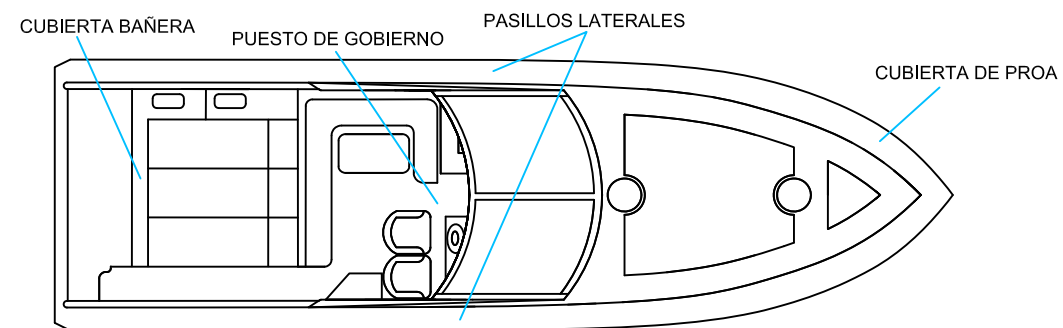
E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

ESCALA 1:80

PLANO. Nº 001

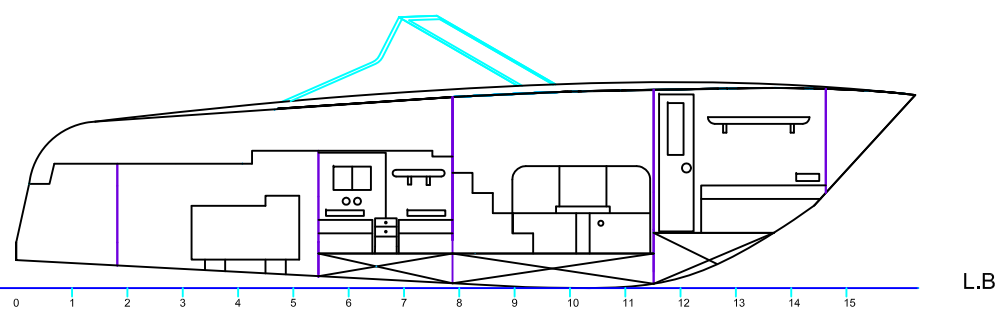
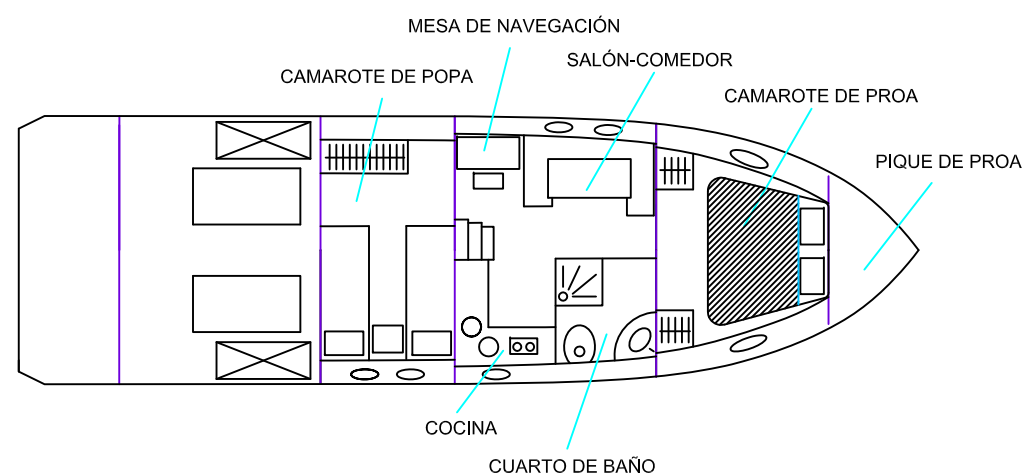


CUBIERTA PRINCIPAL



CUBIERTA DE HABILITACIÓN

Cotas dadas en mm.



SECCIÓN POR LINEA CENTRO

ESLORA TOTAL ----- 13 m.

MANGA MÁXIMA ----- 3.875 m.

PUNTAL ----- 2.894 m.

PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL

TÍTULO:

EMBARCACIÓN DEPORTIVA A MOTOR DE 13m. DE ESLORA Y DESPLAZAMIENTO DE 9500Tn. APROX.

Dibujado por: VIRGINIA LEAL GARCIA

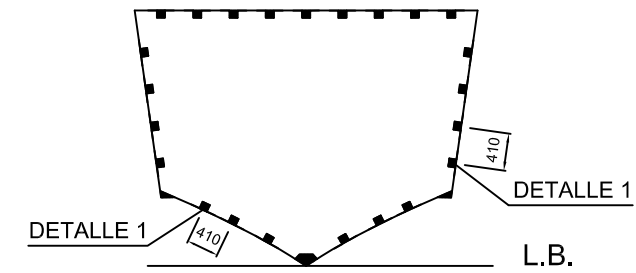
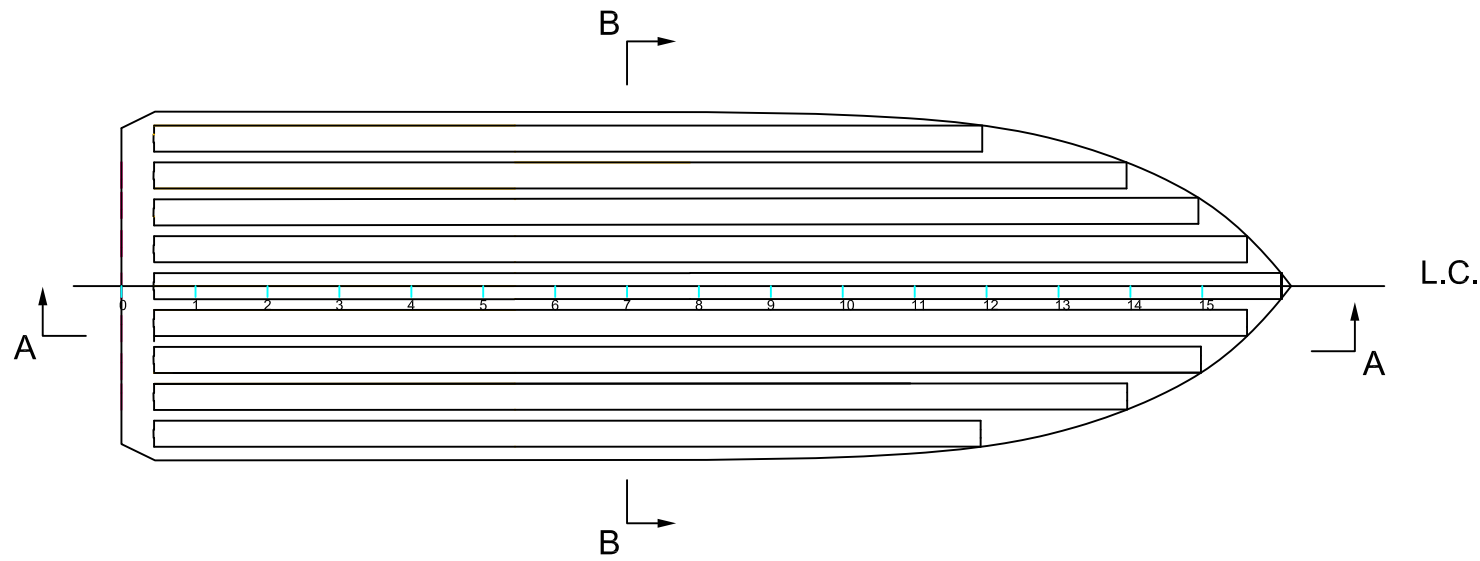
E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

ESCALA 1:80

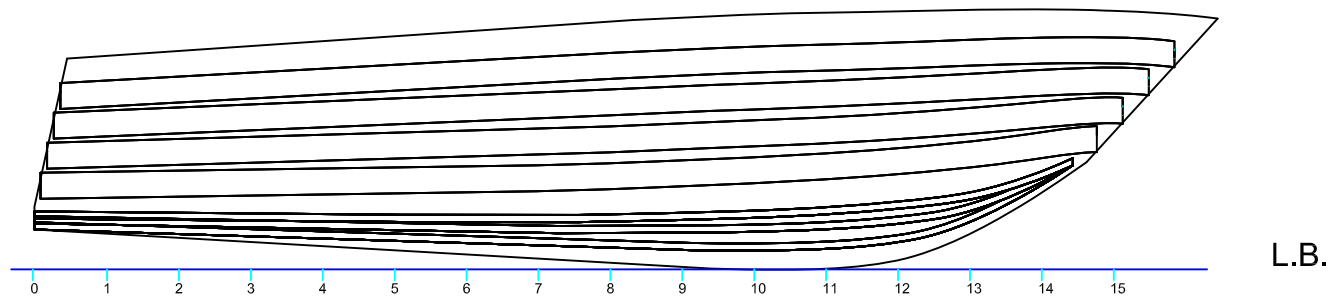
PLANO. Nº 002

REFORZADO DEL CASCO

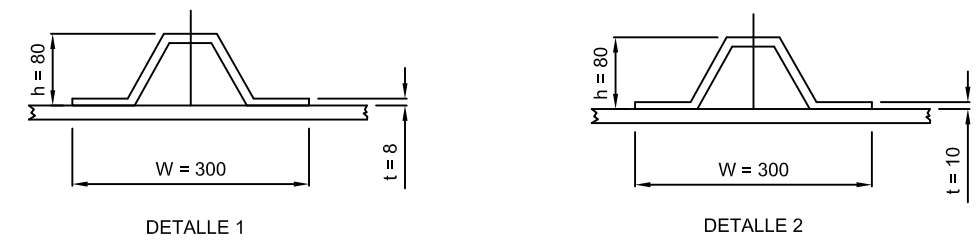
ELEMENTOS	PESO
ESLORAS	766.973 Kg
LONGITUDINALES DE FONDO	496.822 Kg
LONGITUDINALES DE COSTADO	553.713 Kg
PESO TOTAL REFORZADO	1817.508 Kg



SECCION B-B



SECCION A-A



ESLORA TOTAL ----- 13 m.
 MANGA MÁXIMA ----- 3.875 m.
 PUNTAL ----- 2.894 m.
 SEPARACIÓN ENTRE REFUERZOS ----- 410 mm.

PLANO DISPOSICIÓN DEL REFORZADO

TÍTULO:
 EMBARCACIÓN DEPORTIVA A
 MOTOR DE 13m. DE ESLORA Y
 DESPLAZAMIENTO DE 9500Tn. APROX.

Dibujado por: VIRGINIA LEAL GARCIA
 E.U.I.T. NAVAL, ESTRUCTURAS MARINAS

ESCALA 1: 80
 PLANO. Nº 003

