

Universidad de **Cádiz**

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

**Yate crucero a motor de 11,98 m. de eslora
y categoría de diseño B**

Almudena PIÑA LORENZO



Centro: E. U. I. T. NAVAL
Titulación: I. T. NAVAL
Fecha: Octubre 2011



AVISO IMPORTANTE:

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

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

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

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

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

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

ÍNDICE

➤ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA _____	7
INTRODUCCIÓN _____	7
REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE _____	7
REGLAMENTACIÓN Y NORMAS _____	9
➤ CATEGORÍAS DE DISEÑO Y ZONAS DE NAVEGACIÓN _____	12
CATEGORÍA DE DISEÑO _____	12
ZONAS DE NAVEGACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO _____	13
RELACIÓN ENTRE CATEGORÍA DE DISEÑO, ZONAS DE NAVEGACION Y TITULOS _____	14
EQUIPOS Y ELEMENTOS _____	15
➤ PREVENCIÓN DE VERTIDOS AL MAR _____	19
➤ ESTUDIO ESTADISTICO _____	20
INTRODUCCIÓN _____	20
➤ RELACIONES GEOMÉTRICAS _____	22
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-ESLORA TOTAL _____	23
RELACIÓN ESLORA TOTAL-MANGA _____	24
RELACIÓN ESLORA TOTAL-CALADO _____	25
RELACIÓN ESLORA TOTAL-ESLORA EN LA FLOTACIÓN _____	26
RELACIÓN MANGA-CALADO _____	27
RELACIÓN ESLORA TOTAL-ESLORA DE CASCO _____	28
➤ RELACIONES FUNCIONALES _____	29
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-POTENCIA _____	30
RELACIÓN POTENCIA-CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE _____	31
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-AGUA DULCE _____	32
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-VELOCIDAD MÁXIMA _____	33
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-VELOCIDAD DE CRUCERO _____	34
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA- VELOCIDAD MÁXIMA _____	35
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA-VELOCIDAD DE CRUCERO _____	36
RELACIÓN POTENCIA-VELOCIDAD _____	37

➤ <i>DIMENSIONAMIENTO. DISEÑO DE LA CARENA</i> _____	38
INTRODUCCIÓN _____	38
PREDIMENSIONAMIENTO _____	38
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-ESLORA TOTAL _____	40
RELACIÓN ESLORA TOTAL-MANGA _____	42
RELACIÓN ESLORA TOTAL-CALADO _____	43
RELACIÓN MANGA-CALADO _____	44
RELACIÓN ESLORA TOTAL- ESLORA EN LA FLOTACIÓN _____	45
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO MÁXIMA CARGA- POTENCIA _____	46
CUADRO RESUMEN _____	47
✓ <i>DISEÑO DE LAS FORMAS</i> _____	48
FORMAS DEL PLANEEO _____	48
➤ <i>RESISTENCIAS</i> _____	50
RESISTENCIA POR FORMACIÓN DE OLAS _____	50
RESISTENCIA VISCOSA _____	51
RESISTENCIA DEBIDA A LOS APÉNDICES _____	52
RESISTENCIA AERODINÁMICA _____	52
RESISTENCIAS MENORES _____	52
➤ <i>FORMAS DE LAS CUADERNAS</i> _____	54
➤ <i>ASTILLA MUERTA</i> _____	56
➤ <i>FORMAS DEL FONDO</i> _____	57
Fondo convexo (rocker) _____	57
Fondo cóncavo (hook) _____	57
➤ <i>CODILLO</i> _____	59
➤ <i>SPRAY-RAILS</i> _____	60
➤ <i>DISEÑO DEL CASCO</i> _____	61
➤ <i>DISEÑO DEL CASO MEDIANTE EL PROGRAMA MAXSURF 13</i> _____	62

➤ DISPOSICIÓN GENERAL	66
INTRODUCCIÓN	66
DISEÑO DE LA CUBIERTA EXTERIOR	67
BAÑERA	67
PUESTO DE GOBIERNO	67
PASILLOS LATERALES	68
CUBIERTA DE PROA	69
DISEÑO DE INTERIORES	69
SALÓN – COMEDOR	69
COCINA	70
CUARTO DE BAÑO	70
CAMAROTE DE PROA	71
CAMAROTE DE POPA	72
ACABADOS Y DETALLES	72
➤ DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES	74
Mamparo divisorio de camarote de proa	74
Mamparo divisorio camarotes de popa	74
Mamparo a proa de cámara de máquinas	74
Mamparo a popa de cámara de máquinas	74
➤ DISEÑOS Y CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA	75
➤ LOS MATERIALES COMPUESTOS	76
• MATERIAL REFORZANTE	76
• RESINAS	78
• GELCOAT	80
• CONCLUSIÓN	81
➤ PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	81
➤ SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN	86
➤ RESTRICCIONES DE LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING	87
➤ ESPEJOR DEL LAMINADO	88

➤	LAMINADO DEL CASCO	89
❖	LAMINADO DEL FONDO	91
❖	LAMINADO DEL COSTADO	93
❖	LAMINADO DE LA QUILLA	94
➤	LAMINADO DE LOS REFUERZOS LONGITUDINALES DEL CASCO	96
	Longitudinales del fondo	98
	Longitudinales de costado	100
➤	LAMINADO DE REFUERZOS TRANSVERSALES DEL CASCO (VARENGAS Y CUADERNAS)	102
	Varengas	103
	Cuadernas	104
➤	LAMINADO DE CUBIERTA	106
	Laminado de refuerzos longitudinales de cubierta (esloras).	108
	Reforzado transversal de cubierta (Baos)	110
➤	LAMINADO DE MAMPAROS TRANSVERSALES	113
➤	CUADRO- RESUMEN DEL ESCANTILLONADO	115
❖	Casco	115
❖	Refuerzos	115
➤	CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD	116
	PESO DEL CASCO	116
	PESO DE LA CUBIERTA	118
	PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES	120
	PESO DE LOS REFUERZOS	123
	TABLA DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN	127
➤	PREDICCIÓN DE POTENCIA	133
➤	ELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR	136
➤	AUTONOMÍA	137
➤	FRANCOBORDO	139

➤ ESTUDIO DE ESTABILIDAD	141
INTRODUCCIÓN	141
ESTABILIDAD INICIAL	141
ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS	142
CRITERIOS DE ESTABILIDAD A CUMPLIR (según la Circular 12/90 de la Dirección General de la Marina Mercante)	143
CRITERIOS DE ESTABILIDAD	144
COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD	145
➤ PRESUPUESTO	150
Introducción	150
Materiales	151
Mano de obra	155
Coste total	156
➤ BIBLIOGRAFÍA	158
➤ ANEXO 1. ESTUDIO DE EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD	159
EQUILIBRIO SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA	159
EQUILIBRIO LLEGADA DE PUERTO AL 10% DE CONSUMOS	161
ESTUDIO DE ESTABILIDAD SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA	163
ESTUDIO DE ESTABILIDAD LLEGADA A PUERTO AL 10% DE CONSUMOS	168
➤ ANEXO 2. MOTOR VOLVO PENTA D6-330	173
➤ ANEXO 3. PLANOS	175

➤ **ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**

INTRODUCCIÓN

El proyecto que vamos a realizar se trata de una embarcación deportiva a motor de 11.98 m de eslora, dirigida hacia un cliente particular que desea una navegación en alta mar cómoda y placentera.

Por este motivo, la embarcación se dotará del equipamiento necesario para todo tipo de prestaciones como pueden ser unas vacaciones en una embarcación perfecta para vivir a bordo. Para ello contaremos con una habitación perfectamente distribuida para acomodar a 4 personas, como máximo 6 personas y sin olvidar en ningún momento en el proceso del diseño que la estética, sin dejar atrás la seguridad y la calidad, es un aspecto muy importante en este tipo de yate.

REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

El cliente nos demanda una embarcación deportiva a motor de 11.98m de eslora de casco cuya principal finalidad será el disfrute de una navegación de ocio y relax; así como la posibilidad de pernoctar en la embarcación y por supuesto contar con una habitación que proporcione "una casa flotante".

La habitación se diseñará para albergar a un máximo de 4 personas con posibilidad de hasta 6, ya que se dispondrán en dos camarotes dobles y dispondremos de un sofá convertible en cama doble. Además contará con un baño completo, cocina, salón comedor y espacio suficiente para almacenar el equipaje y las provisiones necesarias.

El diseño de la cubierta permitirá la posibilidad de disfrutar la navegación de otro modo, es decir, al aire libre disfrutando del sol y del mar en la zona de proa o en la zona de la bañera que contará con una zona de descanso y relax.

El diseño del casco debe garantizar la calidad del mismo y por tanto la seguridad para todas las personas, por lo tanto se deberán cumplir los correspondientes criterios de estabilidad y flotabilidad para una navegación de tipo B, en alta mar, con características que más adelante detallaremos.

El material de construcción de dicha embarcación será de plástico reforzado con fibra de vidrio, PRF, que le proporciona a la embarcación resistencia pero por otro lado ligereza para así proporcionar una velocidad elevada.

Por otro lado, definiendo el grado de tecnología con el que el puente de mando contará será amplio, ya que se estará equipado de aparatos de navegación, localización, posición y comunicación.

Además la embarcación se equipará para garantizar la seguridad a bordo, así como el salvamento contra incendios y achique, prevención de vertidos al mar, habitabilidad, entretenimiento y servicios para proporcionar un ambiente vacacional.

La embarcación será propulsada por dos motores que le permitan alcanzar los 27 nudos en régimen de planeo como velocidad máxima y unos 25 nudos como navegación de crucero.

La zona de navegación prevista se desarrollará por las costas del Mediterráneo, del Atlántico y del Norte de África, teniendo en cuenta la distancia entre los puertos.

La categoría de diseño asignada según la Circular N°7/ 1995 de la Dirección General de la Marina Mercante es la categoría B, que implica que la zona de navegación está comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas.

Para gobernar la embarcación es necesario estar en posesión del Título de Patrón de Yate, que da posibilidad del gobierno de una embarcación de no más de 20 m de eslora y una zona de navegación de 60 millas. Por este motivo, para que durante las vacaciones y estancia en dicha embarcación se puedan realizar rutas entre los puertos previstos, será necesario contar con la suficiente autonomía con un margen de seguridad que será aproximadamente 4 veces la distancia máxima entre puertos en previsión de que pudiera ocurrir algún contratiempo durante la navegación.

Se dispondrán tanques de combustible es las zonas adecuadas con la capacidad adecuada para garantizar lo descrito anteriormente y, tanques de agua dulce con capacidad suficiente para el consumo humano, servicios de aseo personal y otros propios del barco.

En resumen, será una embarcación considerada como una vivienda flotante que ofrezca todas las comodidades de una casa combinada con el placer de disfrutar del mar y de la navegación y dejando atrás el tráfico de la ciudad.

REGLAMENTACIÓN Y NORMAS

La embarcación deberá cumplir todas aquellas normas necesarias para garantizar la seguridad a bordo, por tanto, a continuación se detallan dichas normas.

La Orden FOM 1144/2003 de 28 Abril, regula los equipos de seguridad, salvamento, navegación, contra-incendios y prevención de vertidos por aguas sucias que deben llevar las embarcaciones de recreo.

Se regula también las zonas de navegación con su correspondientes categorías de diseño.

El ámbito de aplicación de dichas embarcaciones está definido como aquellas embarcaciones diseñadas con fines recreativos con una eslora de casco entre 2,5 y 24 metros y las correspondientes excepciones.

Es importante de tener en cuenta, la Circular N° 12/90, que trata sobre la estabilidad de carga y pasajes menores de 100 metros de eslora.

Y por último se detallan todas aquellas normas que regulan todos los aspectos de diseño y construcción de la embarcación.

- ✓ UNE-EN 1095:1998 Arnés de seguridad de cubierta y amarre de arnés destinado a las embarcaciones de recreo
- ✓ UNE-EN 24565:1992 Cadenas de anclas en embarcaciones menores
- ✓ UNE-EN 24567:1992 Accesorios de tuberías para aguas residuales en la construcción de yates
- ✓ UNE-EN 28846:1994 Protección contra ambientes gaseosos inflamables

- ✓ UNE-EN ISO 28847:1992 Sistemas de cable metálico y polea en mecanismos de gobierno
- ✓ 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 porta-hélices 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 pasa-cascos
- ✓ UNE-EN ISO 10087:1996 Identificación de cascos en embarcaciones menores
- ✓ UNE-EN ISO 9097:1996 Ventiladores eléctricos en embarcaciones menores
- ✓ UNE-EN ISO 10240:1996 Embarcaciones menores. Manual del propietario
- ✓ UNE-EN ISO 10592:1996 Embarcaciones menores. Sistemas hidráulico 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 caídas
- ✓ ISO 15085 Hombre al agua y reembarque
- ✓ ISO 11591 Visibilidad
- ✓ ISO 12215-1/ISO6185/ RIN 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
- ✓ ISO-EN ISO 8099:2001 Sistemas de retención de desechos de instalaciones sanitarias
- ✓ ISO-EN ISO 10088:2002 Sistemas de combustible instalado de forma permanente y tanques fijos de combustible
- ✓ ISO-EN ISO 12216:2003 Ventanas, portillos, escotillas, tapas y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad
- ✓ ISO-EN ISO 12215-5:2008 Escantillonado. Presiones de diseño, determinación del escantillón

➤ CATEGORÍAS DE DISEÑO Y ZONAS DE NAVEGACIÓN

Es necesario aclarar que no debe confundirse la Zona de Navegación (asignada por la Dirección General de la Marina Mercante en función del equipo de seguridad) con la Categoría de Diseño (asignada por el fabricante según las condiciones de viento y mar para las que está proyectada la embarcación). Ésta última es la que figura en la placa de la embarcación.

CATEGORÍA DE DISEÑO

CATEGORÍAS DE DISEÑO	Fuerza del viento escala Beaufort	Altura de las olas en metros	DEFINICIÓN	Zonas de Navegación Correspondientes
“A” OCEÁNICA	Mas de 8	Mas de 4	Embarcaciones diseñadas para viajes largos en los que los vientos puedan superar la fuerza 8 (escala de Beaufort) y las olas la altura significativa de 4 metros o mas, y que son embarcaciones autosuficientes en gran medida.	1,2,3,4,5,6,7
“B” ALTA MAR	Hasta 8 incluidos	Hasta 4 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros.	2,3,4,5,6,7
“C” EN AGUAS COSTERAS	Hasta 6 incluidos	Hasta 2 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viajes en aguas costeras, grandes bahías y grandes esturiones, lagos y rios, en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 6 y olas de altura significativa de hasta 2 metros.	4,5,6,7
“D” EN AGUAS PROTEGIDAS	Hasta 4 incluidos	Hasta 0.5 incluidos	Embarcaciones diseñadas para viejes en pequeños lagos, ríos y canales, en los que pueden encontrarse vientos de hasta 4 y olas de altura significativa de hasta 0.5 metros.	7

El Real Decreto 297/98 traspone al Derecho Español a Directiva Europea 94/25/CE, en cuyo anexo I se clasifican las embarcaciones dependiendo de las características constructivas. Han sido agrupadas en cuatro categorías en función de las condiciones de navegación (altura de olas y fuerza del viento) para las que han sido diseñadas.

ZONAS DE NAVEGACIÓN DE EMBARCACIONES DE RECREO

En el momento de expedición o renovación del Certificado de Navegabilidad, la Autoridad Marítima, teniendo en cuenta la actualización del equipo de seguridad, le asignará la correspondiente Zona de Navegación en función de su Categoría de Diseño.

CATEGORÍAS DE DISEÑO	Zona	Límites	Navegación
“A” OCEÁNICA	1	Ilimitada	Zona de navegación ilimitada
“B” ALTA MAR	2	60'	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas
	3	25'	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 25 millas
“C” EN AGUAS COSTERAS	4	12'	Navegación en las zonas comprendidas entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas
	5	5'	Navegación en la cual la embarcación no se aleja más de 5 millas de un abrigo o playa accesible
	6	2'	Navegación en la cual la embarcación no se aleja más de 2 millas de un abrigo o playa accesible
“D” EN AGUAS PROTEGIDAS	7	Protegidas	Navegación en aguas protegidas, puertos, radas, rías, bahías, abrigadas y aguas protegidas en general

RELACIÓN ENTRE CATEGORÍA DE DISEÑO, ZONAS DE NAVEGACION Y TITULOS

CATEGORÍA DE DISEÑO	A- OCEÁNICA	Fuerza Beaufort mas de 8, altura de olas mas de 4 metros.						
	B- ALTA MAR	Hasta Fuerza Beaufort igual a 8 y hasta 4 metros de olas.						
	C- AGUAS COSTERAS	Hasta Fuerza Beaufort igual a 6 y hasta 2 metros de olas.						
	D- AGUAS PROTEGIDAS	Fuerza Beaufort igual a 4 y altura de olas 0.5 metros.						
ZONAS DE NAVEGACIÓN		7	6	5	4	3	2	1
MILLAS		Protegidas	2'	5'	12'	25'	60'	s/l
TÍTULOS	CAPITAN DE YATE	Sin Límites						
	PATRÓN DE YATE	L ≤ 20 metros y 60' millas						
	PATRÓN EMBARCACIONES DEPORTIVAS (PER)	L ≤ 12 metros y 12' millas						
	PATRÓN DE NAVEGACIÓN BÁSICA	Vela con L ≤ 8 metros y 4' millas						
	PATRÓN DE NAVEGACIÓN BÁSICA	Motor con L ≤ 6 metros y 4' millas						
	CERTIFICADO DE LA FEDERACIÓN	L ≤ 6 metros y 1' millas						
	SIN TÍTULO	L ≤ 4 metros y 1' millas						

Teniendo en cuenta tanto la Zona de Navegación, la amplitud geográfica que queremos alcanzar y el carácter de recreo de nuestra embarcación, la Zona de Navegación será: Zona de Navegación 2 (antes Categoría B; fue sustituida según la ORDEN FOM/1144/2003 de 28 de Abril)

A continuación describiremos los equipos o elementos de seguridad, salvamento, navegación, contra incendios y prevención de vertidos que le corresponda a una embarcación según su Zona de Navegación, en este caso es la Zona de Navegación 2.

EQUIPOS Y ELEMENTOS

Zona de Navegación 2

5.3.1 EQUIPO DE SALVAMENTO	5.3.2 EQUIPO DE NAVEGACION
Balsa salvavidas 100% personas (SOLAS o ISO 9650 revisión anual, con paquete de emergencia tipo B)	Un compás de gobierno con iluminación
1 Aro salvavidas con luz y rabiza	Un compás de marcaciones
Chaleco salvavidas 100% personas, flotabilidad mínima de 150N (revisión anual para los hinchables)	Una tablilla de desvío del compás (caducidad 5 años)
6 cohetes con luz roja y paracaídas	Una corredera (de hélice, eléctrica o de presión, se permitirá GPS)
6 bengalas de mano con luz roja	Compás de puntas
2 señales fumígena flotantes de color naranja	Transportador
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)	Regla de 40 centímetros
Se proveerán salvavidas para niños a bordo	Prismáticos
	Cartas y libros náuticos /Faros/derrota, primeros auxilios, regla., radiocomunicaciones, código internacional de señales)
	Bocina de niebla a presión manual (si es de gas con recipiente de membrana de respeto)
	Barómetro
	Campana (para eslora > 15m) o medios para producir sonidos para esloras inferiores
	Pabellón nacional
	Código de banderas (al menos C y N)
	2 linternas estancas (bombillas y pilas de repuesto)
	Espejo de señales
	Código de señales (si se montan aparatos de radiofrecuencia)
	Reflectos radar (embarcaciones no metálicas)

5.3.3 ARMAMENTO DIVERSO	5.3.4 EXTINCION, ACHIQUE Y CONTRA INCENDIO
Un botiquín tipo C (si la tripulación es contratada será el prescrito en el RD 258/1999)	Una bomba de achique accionada por el motor principal u otra fuente de energía
Una caña de timón de emergencia (no obligatorio con motor fuera borda, transmisión en Z o varios motores)	2 baldes para achique
2 estachas de amarre al muelle	Extinción. Ver Cuadro 2 adjunto
Un bichero	La capacidad de bombeo de las bombas no debe ser menor de (a una presión de 10 KPa): 10 litros/min para L < 6m 15 litros/min para L > 6m 30 litros/min para L > 12m Para bombas manuales la capacidad debe alcanzarse con 45 emboladas por minuto
Un remo de longitud suficiente para embarcaciones menores de 8 metros	
Un inflador y juego de reparación de pinchazos en embarcaciones neumáticas rígidas y semirrígidas	
Fondeo. Se detalla en el Cuadro 1 adjunto	
5.3.5 RADIOCOMUNICACIONES	
Un radioteléfono de ondas métricas (VHF)	
Un radioteléfono de ondas hectométricas (MF/BLU) no obligatorio en el Mediterráneo en Categoría B	
Una radiobaliza de localización de siniestros 406 MHz	

LINEAS DE FONDEO. CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS: Cuadro 1				
ESLORA	ANCLA	CADENA	CADENA	ESTACHA
metros	Kg.	Diámetros (mm)	Longitud mínima	Diámetros (mm)
< 3	3.5	6	No obligatoria	10
5	6	6	No obligatoria	10
7	10	6	1 eslora	10
9	14	8	1 eslora	12
12	20	8	1 eslora	12
15	33	10	1 eslora	14
18	46	10	1 eslora	14
21	58	12	1 eslora	16
24	75	12	1 eslora	16

La longitud de fondeo (cadena + cabo) ha de ser 5 veces la eslora de la embarcación.

El peso de las anclas que aparecen en las tablas corresponde a anclas de alto poder de agarre por lo que el peso debe aumentarse en 3 tercios para otro tipo de anclas.

El peso del ancla podrá dividirse en dos anclas, siendo el peso del ancla principal no inferior al 75% del peso total.

EXTINCIÓN: Cuadro 2		
EXTINTORES PORTÁTILES OBLIGATORIOS POR POTENCIA PROPULSORA		
(Pueden sustituirse por: una instalación fija + un único extintor que cubra P/4)		
POTENCIA TOTAL	1 MOTOR	2 MOTORES
P < 20 Kw (27.2 CV)	Si es fueraborda en zonas 6 y 7 no se les exige	Si es fueraborda en zonas 6 y 7 no se les exige
P < 150 Kw (204 CV)	1 de eficacia 21 B	1 de eficacia 21 B
P < 300 Kw (408 CV)	1 de eficacia 34 B	2 de eficacia 21 B
P < 450 Kw (612 CV)	1 de eficacia 55 B	2 de eficacia 34 B
P < 600 Kw (816 CV)	1 de eficacia 55 B + 1 de eficacia 21 B	2 de eficacia 34 B + 1 de eficacia 21 B
POTENCIAS SUPERIORES	1 de eficacia 55 B + los correspondientes a la diferencia de potencia [P – 450 Kw]	2 de eficacia 55 B + los correspondientes a la diferencia de potencia [P – 450Kw]
EXTINTORES PORTÁTILES OBLIGATORIOS POR ESLORA		
(Si es cabinada y no se exige por potencia llevará de todos modos 1 extintor 21 B)		
ESLORA	EXTINTOR	
L < 10	No se exige	
L < 15	1 de eficacia 21 B (2 si la embarcación es de lista 6ª)	
L < 20	2 de eficacia 21 B (3 si la embarcación es de lista 6ª)	
L < 24	3 de eficiencia 21 B (4 si la embarcación es de lista 6ª)	
INSTALACIONES FIJAS CONTRA INCENDIOS		
Instalaciones Contra Incendios a base de Agua (propulsión a motor)		
L < 15 m.	No se exige	
Esloras superiores	Colector de diámetro suficiente, bomba c.i., boca (mínimo 2 bar), manguera con boquilla de doble efecto 12mm.	

Instalaciones fijas de extinción y detección según combustible			
POTENCIA	GAS-OIL	GASOLINA	GAS-COCINA
P < 225 Kw (306 CV)	No se exige	No se exige	Detector de gas
P < 736 Kw (1000 CV)	No se exige	Extinción o Detector de incendios + extintores portátiles	Detector de gas
Potencias superiores	Extinción + Detector de incendios	Extinción + Detectores de incendio	Detector de gas

Por otro lado las luces y marcas de navegación se ajustarán al convenio sobre el Reglamento Internacional para los Abordajes. En caso de navegación diurna exclusivamente hasta 12 millas de la costa y/o en embarcaciones menores de 7 metros de eslora se podrá prescindir de las luces de navegación, pero se deberá llevar una linterna eléctrica de luz blanca con batería de repuesto.

➤ PREVENCIÓN DE VERTIDOS AL MAR

Las embarcaciones serán construidas de modo que se eviten que se produzcan vertidos accidentales de aguas sucias y de contaminantes tales como aceites o combustibles.

En el caso de las aguas sucias, es necesario contar por ejemplo con un tanque de retención con salida a instalaciones de tierra.

Según la ORDEN FOM 1144/2003, queda completamente prohibido toda descarga de aguas sucias desde embarcaciones de recreo en las siguientes aguas en las que España posee soberanía, derechos soberanos o jurisdicciones:

- ✓ Zonas portuarias
- ✓ Aguas protegidas
- ✓ Otras zonas como rías, bahías o similares

ZONA	OPCIÓN DE DECARGA
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.

Por tanto, la embarcación se dotará de:

- ✓ Depósito de retención de aguas sucias
- ✓ Equipo para desmenuzar y desinfectar
- ✓ Equipo de tratamiento

➤ ESTUDIO ESTADISTICO

INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo el diseño de nuestra embarcación será muy útil realizar un estudio estadístico, que consistirá en buscar las dimensiones principales y características técnicas del mayor número de embarcaciones similares que tomaremos como buques bases, los cuales ya han sido diseñados con anterioridad y nos sirven de referencia a la hora de abordar nuestro proyecto. Posteriormente analizaremos las relaciones entre las dimensiones. Dividiremos el proyecto en dos partes, una geométrica y otra funcional.

Con la realización del estudio estadístico logramos obtener una idea de las dimensiones de nuestra embarcación, al igual que la geometría del casco, lo cual, nos es de gran ayuda para comenzar a elaborar el diseño de la misma.

El objetivo del estudio es obtener una serie de embarcaciones cuyas dimensiones se encuentren siempre dentro de un rango de valores para poderlos comparar con la embarcación de la cual estamos realizando el proyecto.

Las características técnicas que se recogen del estudio estadístico son las siguientes:

- ✓ Dimensiones principales: Eslora total, Eslora en la flotación, manga máxima y calado
- ✓ El desplazamiento de la embarcación
- ✓ Capacidades de los tanques de combustible y agua dulce
- ✓ La potencia necesaria para alcanzar la velocidad requerida
- ✓ Velocidad máxima y de crucero

Modelo	Eslora total metros	Eslora casco metros	Eslora flotacion (metros)	Manga (metros)	Calado (metros)	▲Rosca (Tn)	Capacidad Combustible (litros)	Capacidad Agua dulce (litros)	Motor	Potencia Instalada (HP)	Velocidad Máxima (Kn)	Velocidad Crucero (Kn)
Benetau Flyer GT 38	12,1	11,31		3,77	0,90 / 1,1	7,980	650	200	2 x 300 hp	600	32	27
Bavaria Sport 38	11,8		11,6	3,99	1,05	8,200 / 8,500	720	250	2 x 300 hp	600	30	25
Prestige 400 Fly	12,15	11,87		3,9	0,85	8,500	400	400	2 x 330 hp	660	31	28
Prestige 440	13,36	11,98		4,16	0,9	11,000	1200	520	2 x 425 hp	850	39	33
Astondoa 40 Fly	12,2	11,97		3,6	1,1	12,500	780	300	2 x 330 hp	660	37	25
Astondoa 43 Fly	13,2	11,99		4,2	1,1	13,500	1200	500	2 x 435 hp	870	33	26
Belliure 40	13,23	11,98		4,2	1,3	13,000	1500	800	2 x 370 hp	740	24	21
Sinergia 40 Open	12,6	11,95	10,5	3,65	0,56	7,000	800	300	285 hp	285		

➤ **RELACIONES GEOMÉTRICAS**

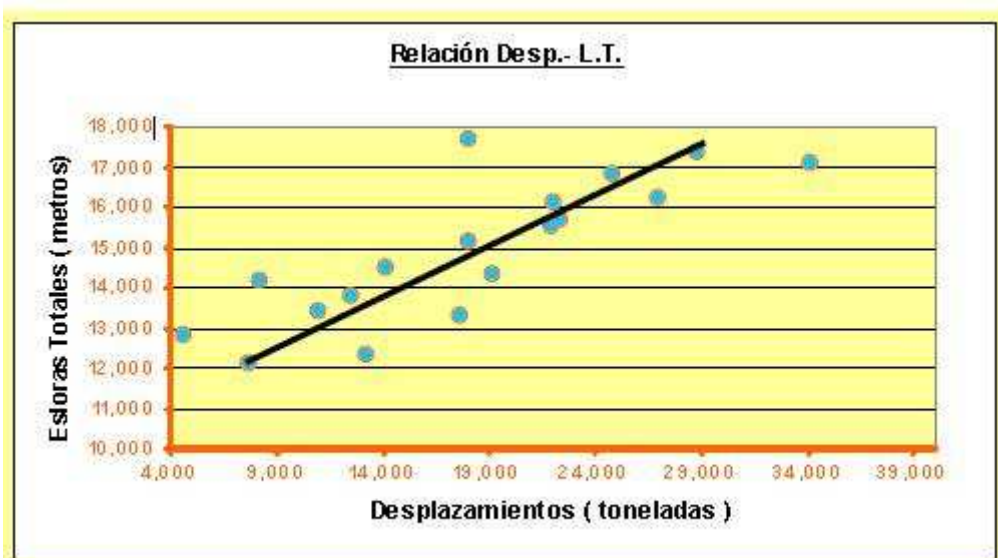
Las tablas y gráficas de este apartado servirán para conocer las formas del casco y a través de las relaciones entre las dimensiones principales de los buques base conoceremos como se comporta la embarcación dependiendo del valor obtenido. Las relaciones son:

- ✓ Relación Desplazamiento-Eslora total
- ✓ Relación Eslora total- Manga
- ✓ Relación Eslora total-Calado
- ✓ Relación Manga-Calado
- ✓ Relación Eslora total-Eslora en la flotación

RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-ESLORA TOTAL

MODELO	ESLORA TOTAL metros	DESPLAZAMIENTO toneladas	DESPLAZAMIENTO/ESLORA TOTAL
Benetau Flyer GT 38	12,1	7,980	0,659
Bavaria Sport 38	11,8	8,200 / 8,500	0,69491/ 0,720
Prestige 400 Fly	12,15	8,500	0,699
Prestige 440	13,36	11,000	0,823
Astondoa 40 Fly	12,2	12,500	1,024
Astondoa 43 Fly	13,2	13,500	1,022
Belliure 40	13,23	13,000	0,982
Sinergia 40 Open	12,6	7,000	0,555

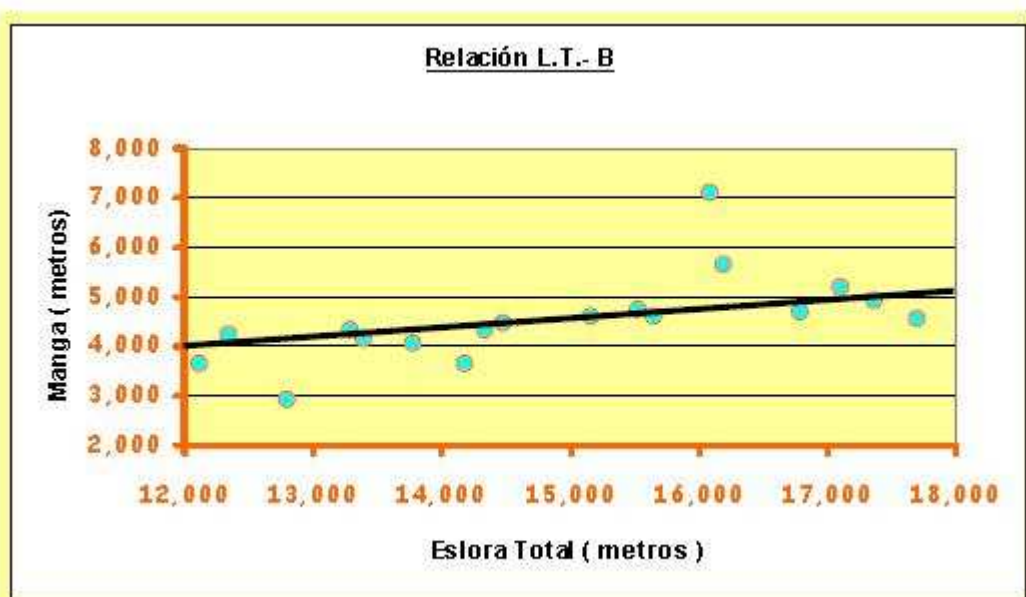
MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
1,024	0,798	0,555



RELACIÓN ESLORA TOTAL-MANGA

MODELO	ESLORA TOTAL metros	MANGA metros	L/B
Benetau Flyer GT 38	12,1	3,77	3,2
Bavaria Sport 38	11,8	3,99	2,95
Prestige 400 Fly	12,15	3,9	3,12
Prestige 440	13,36	4,16	3,2
Astondoa 40 Fly	12,2	3,6	3,39
Astondoa 43 Fly	13,2	4,2	3,14
Belliure 40	13,23	4,2	3,15
Sinergia 40 Open	12,6	3,65	3,45

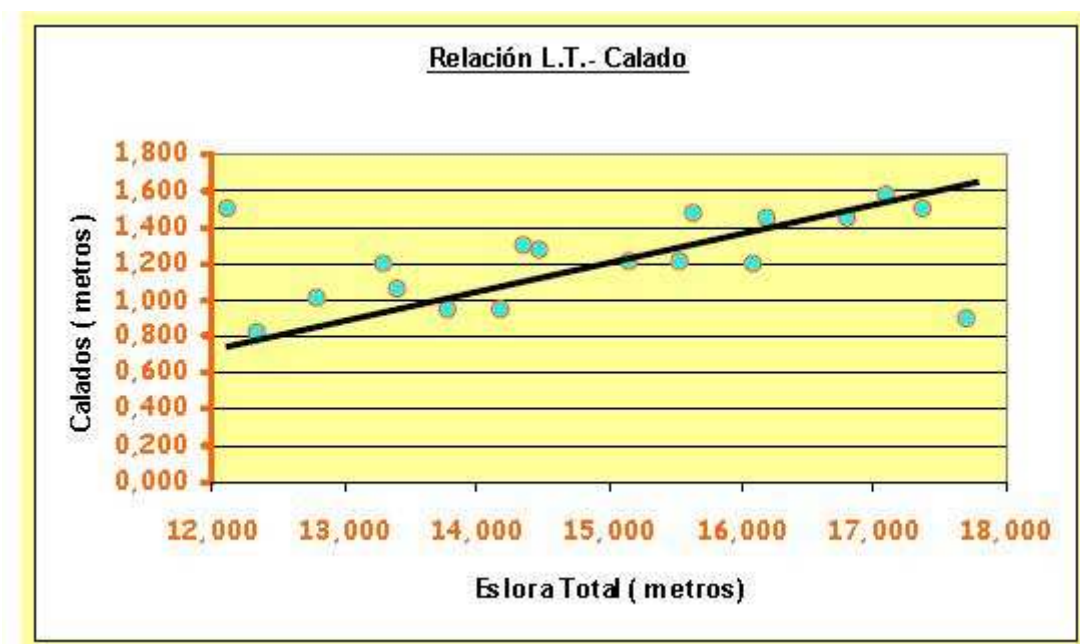
MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
3,45	3,2	2,95



RELACIÓN ESLORA TOTAL-CALADO

MODELO	ESLORA TOTAL metros	CALADO metros	L/T
Benetau Flyer GT 38	12,1	0,90 /1,1	12,1
Bavaria Sport 38	11,8	1,05	11,2
Prestige 400 Fly	12,15	0,85	14,29
Prestige 440	13,36	0,9	14,84
Astondoa 40 Fly	12,2	1,1	11,02
Astondoa 43 Fly	13,2	1,1	12
Belliure 40	13,23	1,3	10,17
Sinergia 40 Open	12,6	0,56	22,5

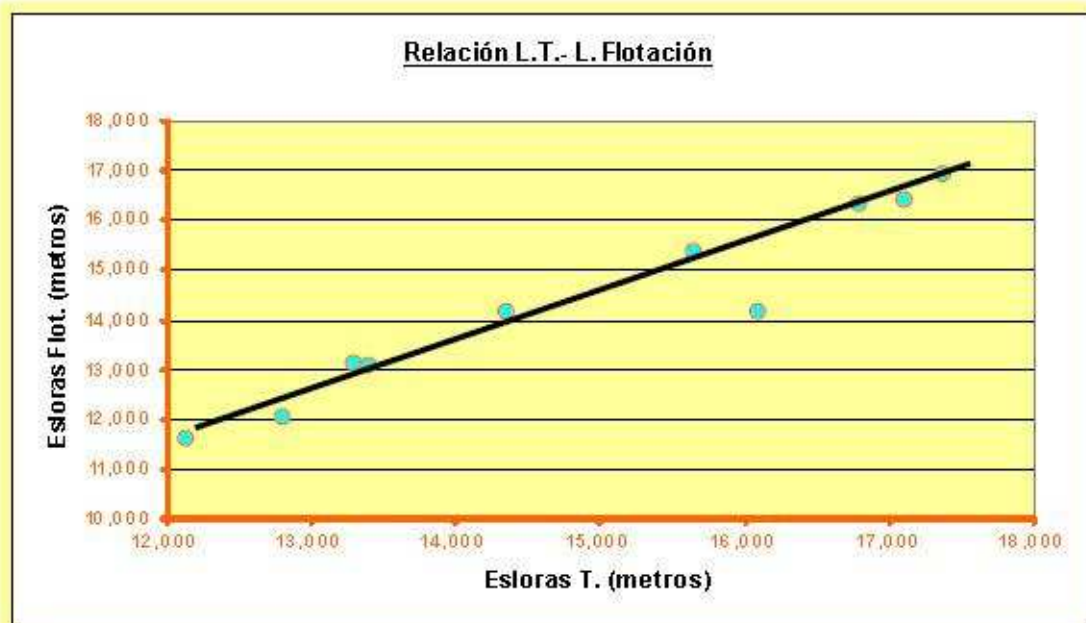
MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
22,5	13,2	10,17



RELACIÓN ESLORA TOTAL-ESLORA EN LA FLOTACIÓN

MODELO	ESLORA TOTAL metros	ESLORA EN LA FLOTACIÓN metros	L/Lwl
Benetau Flyer GT 38	12,1		
Bavaria Sport 38	11,8	11,6	1,25
Prestige 400 Fly	12,15		
Prestige 440	13,36		
Astondoa 40 Fly	12,2		
Astondoa 43 Fly	13,2		
Belliure 40	13,23		
Sinergia 40 Open	12,6	10,5	1,22

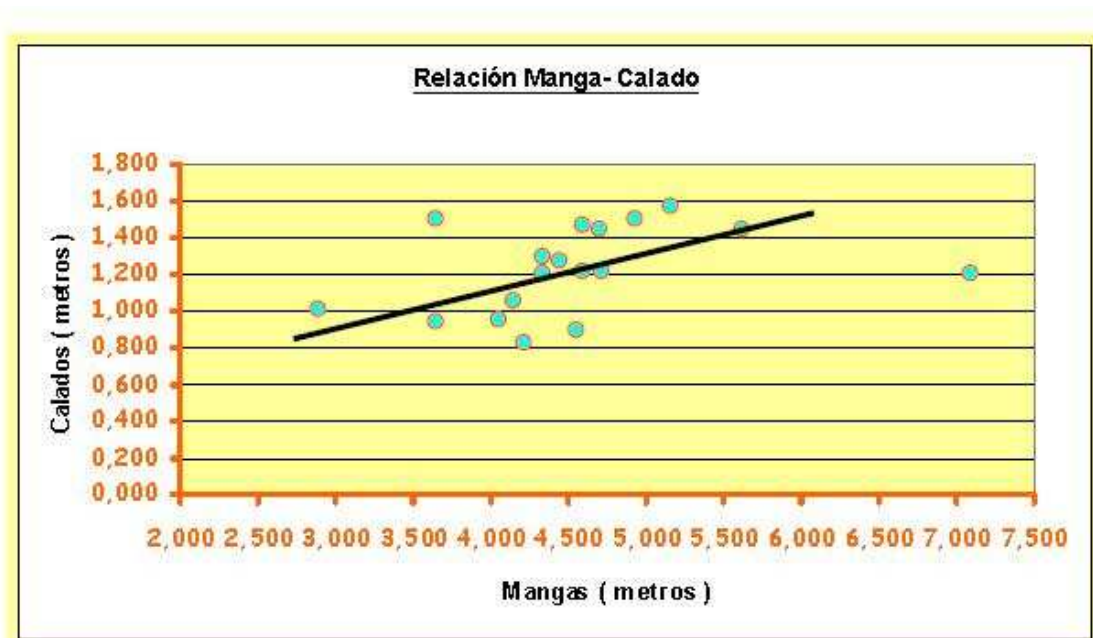
MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
1,25	1,2	1,22



RELACIÓN MANGA-CALADO

MODELO	MANGA	CALADO	B/T
Benetau Flyer GT 38	3,77	0,90 /1,1	4,18/ 3,42
Bavaria Sport 38	3,99	1,05	3,8
Prestige 400 Fly	3,9	0,85	4,58
Prestige 440	4,16	0,9	4,63
Astondoa 40 Fly	3,6	1,1	3,27
Astondoa 43 Fly	4,2	1,1	3,81
Belliure 40	4,2	1,3	3,23
Sinergia 40 Open	3,65	0,56	5,61

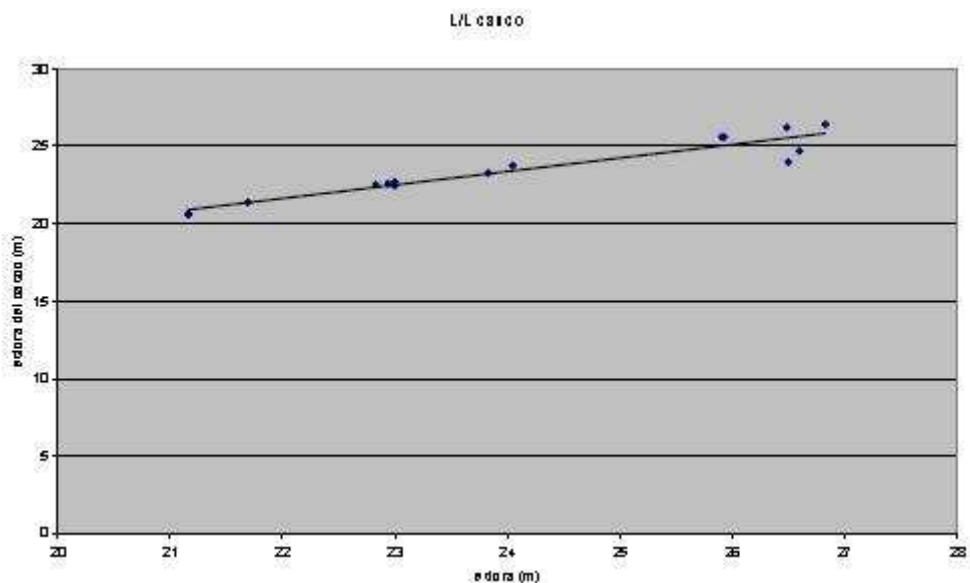
MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
5,61	4,05	3,23



RELACIÓN ESLORA TOTAL-ESLORA DE CASCO

MODELO	ESLORA TOTAL metros	ESLORA DE CASCO metros	L/Lhull
Benetau Flyer GT 38	12,1	11,31	1,069
Bavaria Sport 38	11,8		
Prestige 400 Fly	12,15	11,87	1,024
Prestige 440	13,36	11,98	1,12
Astondoa 40 Fly	12,2	11,97	1,02
Astondoa 43 Fly	13,2	11,99	1,1
Belliure 40	13,23	11,98	1,104
Sinergia 40 Open	12,6	11,95	1,054

MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
1,12	1,07	1,02



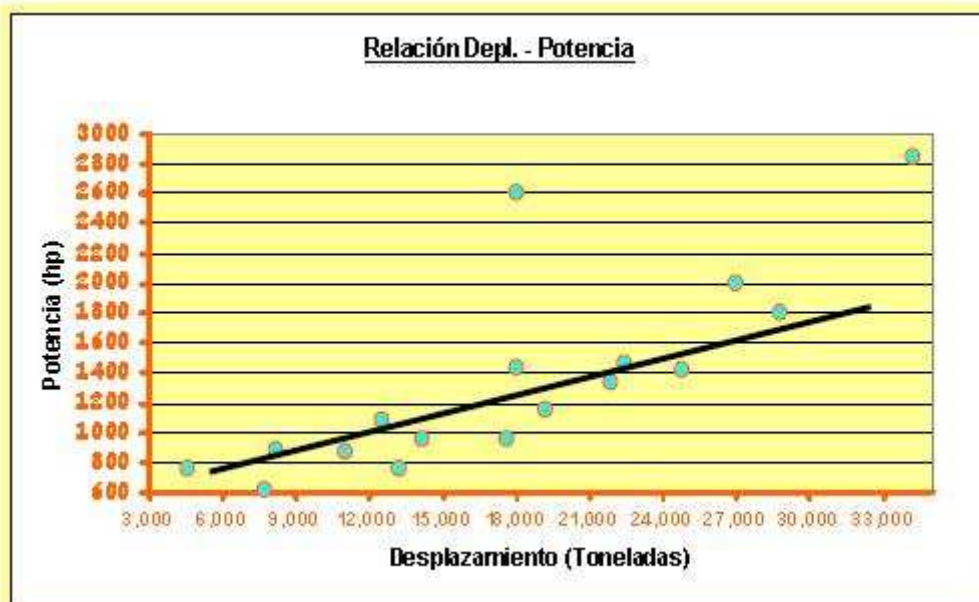
➤ **RELACIONES FUNCIONALES**

Las relaciones que tendremos en cuenta son:

- ✓ Desplazamiento-Potencia
- ✓ Potencia-Combustible
- ✓ Desplazamiento-Agua dulce
- ✓ Desplazamiento-Velocidad máxima
- ✓ Desplazamiento-Velocidad de crucero
- ✓ Potencia-Velocidad
- ✓ Desplazamiento/Potencia-Velocidad máxima
- ✓ Desplazamiento/Potencia-Velocidad de crucero

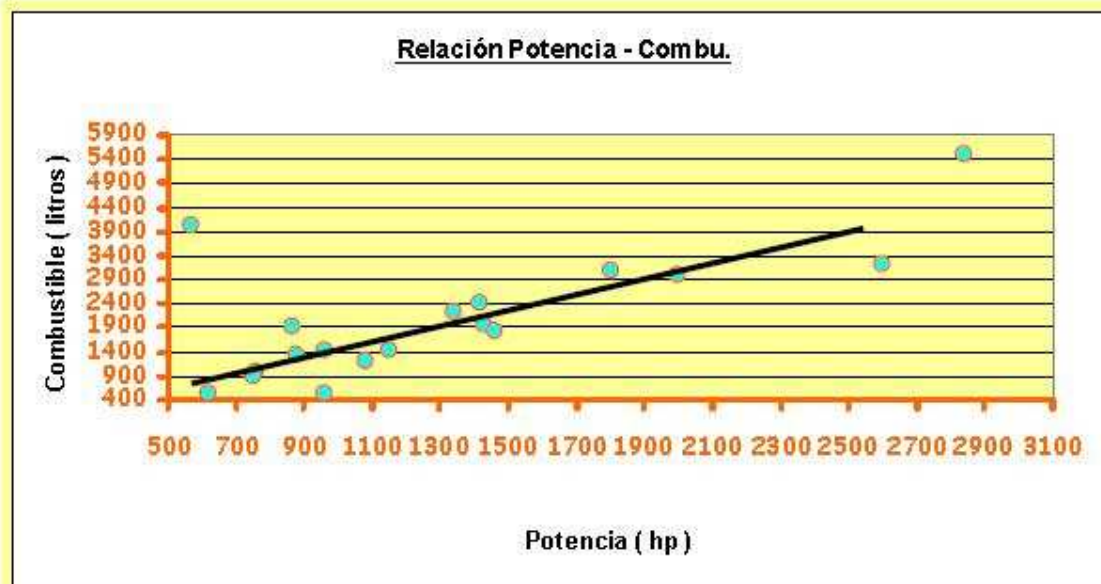
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-POTENCIA

MODELO	DESPLAZAMIENTO Tn	POTENCIA HP	▲/Potencia
Benetau Flyer GT 38	7,980	600	0,0133
Bavaria Sport 38	8,200 / 8,500	600	0,0136/ 0,0128
Prestige 400 Fly	8,500	660	0,0128
Prestige 440	11,000	850	0,0127
Astondoa 40 Fly	12,500	660	0,0189
Astondoa 43 Fly	13,500	870	0,0155
Belliure 40	13,000	740	0,01759
Sinergia 40 Open	7,000	285	0,0245
MEDIA= 0,01574			



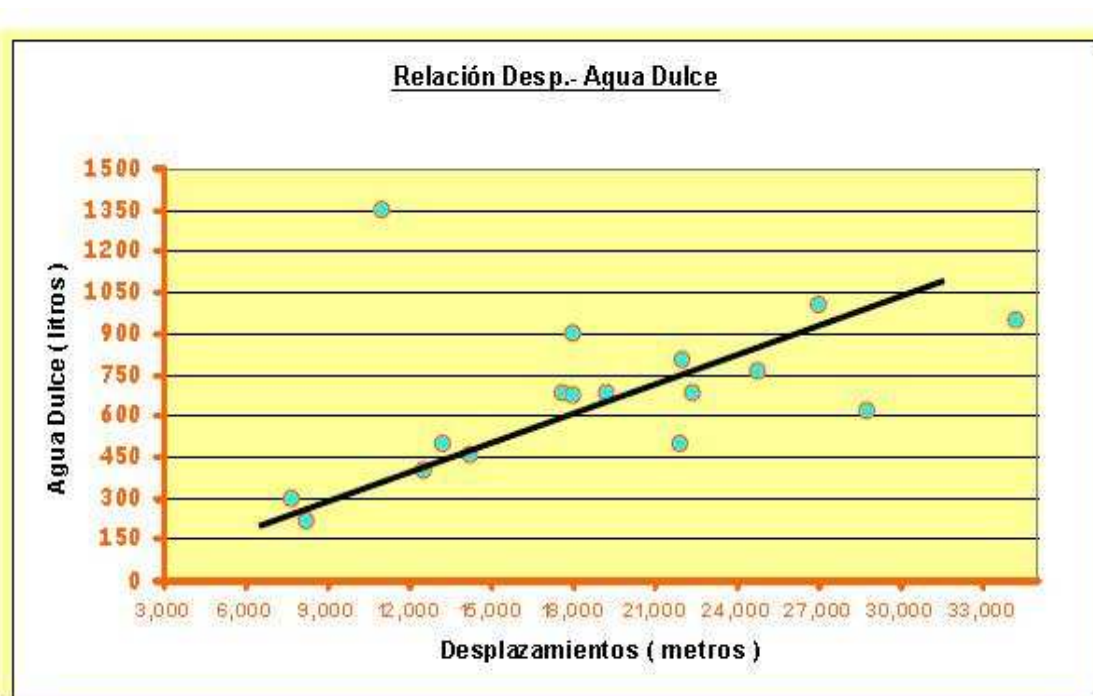
RELACIÓN POTENCIA-CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE

MODELO	POTENCIA HP	CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE litros	Potencia/ Capacidad combustible
Benetau Flyer GT 38	600	650	0,92
Bavaria Sport 38	600	720	0,91
Prestige 400 Fly	660	400	1,65
Prestige 440	850	1200	0,71
Astondoa 40 Fly	660	780	0,84
Astondoa 43 Fly	870	1200	0,72
Belliure 40	740	1500	0,49
Sinergia 40 Open	285	800	0,35
MEDIA= 0,82			



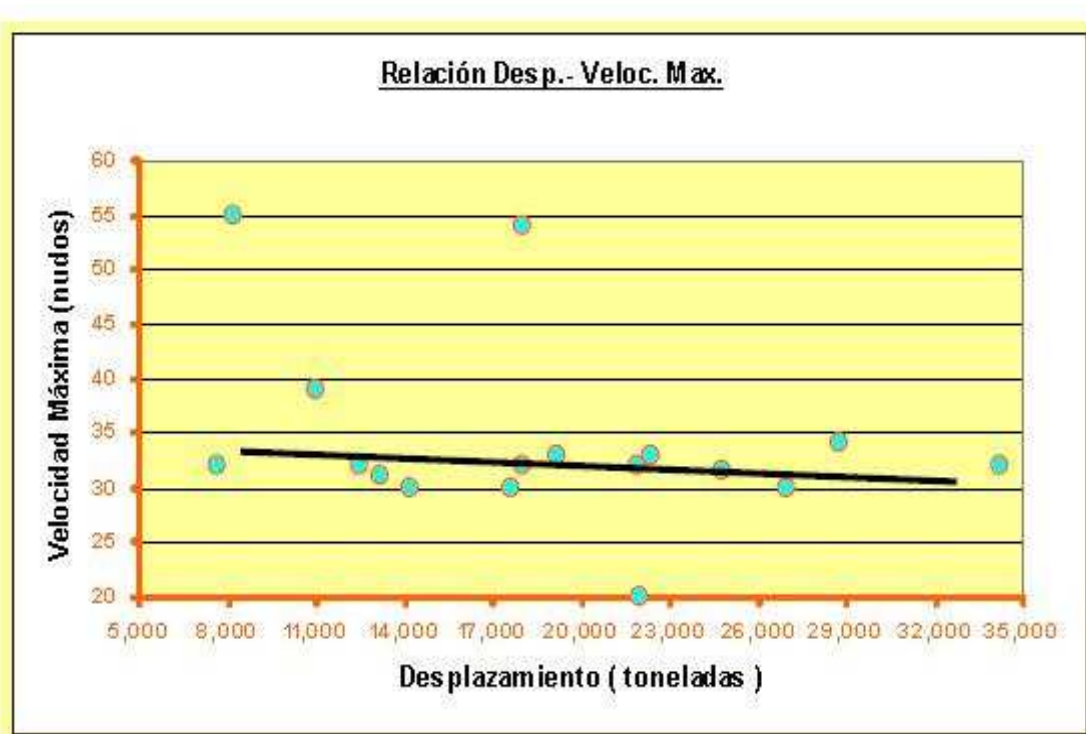
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-AGUA DULCE

MODELO	DESPLAZAMIENTO Tn	CAPACIDAD DE AGUA DULCE Litros	▲/Capacidad de agua dulce
Benetau Flyer GT 38	7,980	200	0,0399
Bavaria Sport 38	8,200 / 8,500	250	0,0328/ 0,034
Prestige 400 Fly	8,500	400	0,02125
Prestige 440	11,000	520	0,02115
Astondoa 40 Fly	12,500	300	0,04166
Astondoa 43 Fly	13,500	500	0,0,27
Belliure 40	13,000	800	0,01625
Sinergia 40 Open	7,000	300	0,02333
MEDIA= 0,0285			



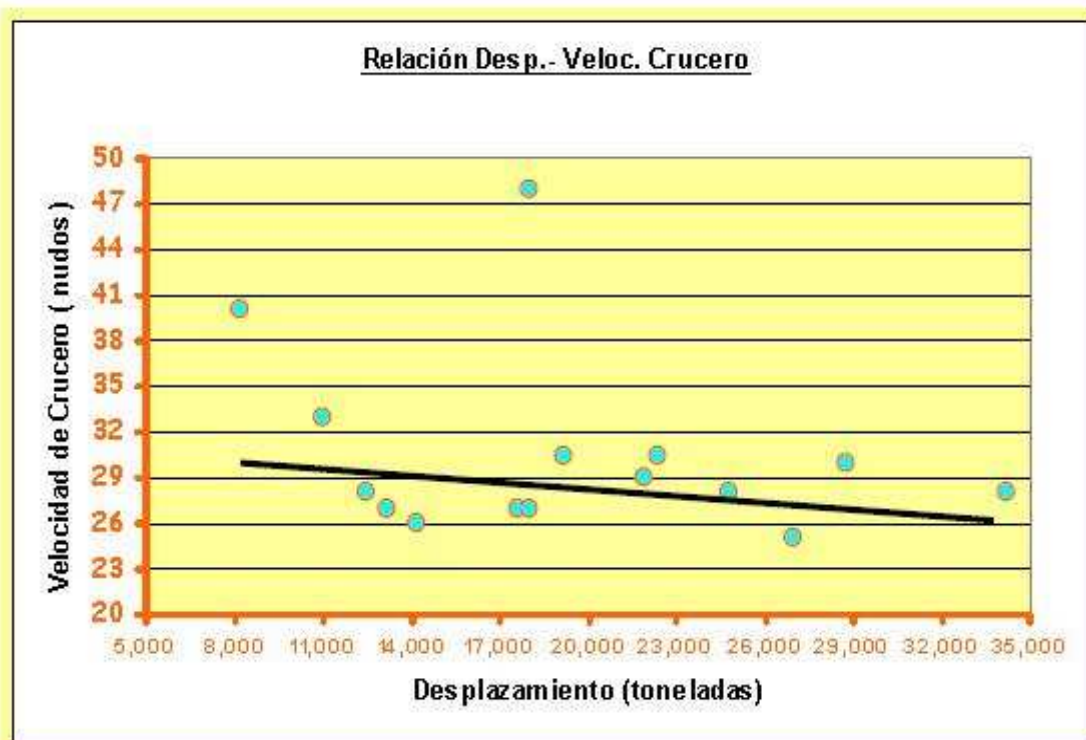
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-VELOCIDAD MÁXIMA

MODELO	DESPLAZAMIENTO Tn	VELOCIDAD MÁXIMA Kn	▲/V _{máx}
Benetau Flyer GT 38	7,980	32	0,249
Bavaria Sport 38	8,200 / 8,500	30	0,283
Prestige 400 Fly	8,500	31	0,274
Prestige 440	11,000	39	0,285
Astondoa 40 Fly	12,500	37	0,337
Astondoa 43 Fly	13,500	33	0,409
Belliure 40	13,000	24	0,541
Sinergia 40 Open	7,000		
MEDIA= 0,34			



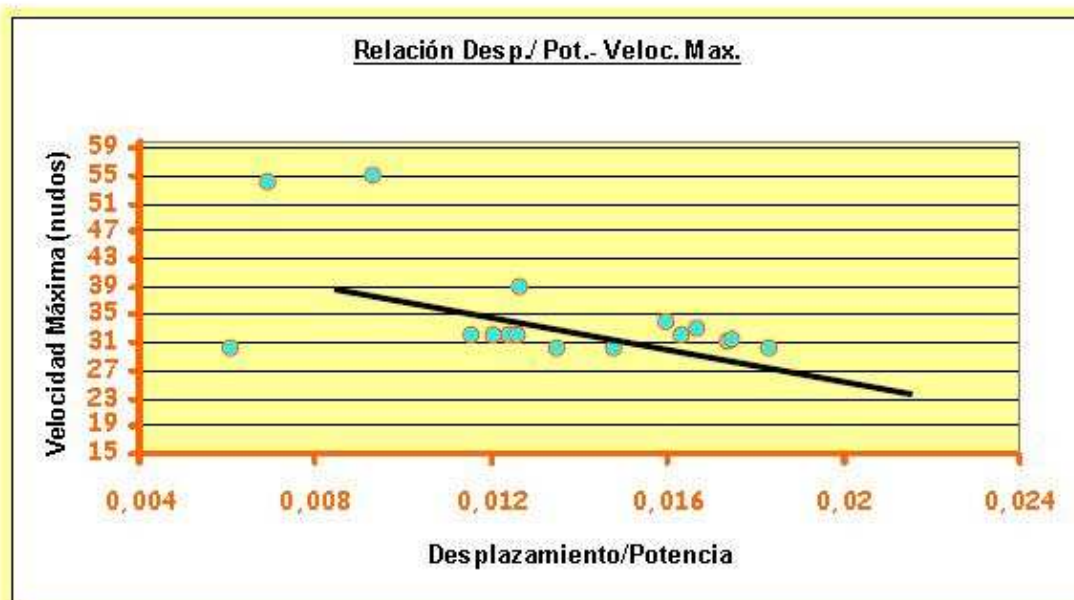
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-VELOCIDAD DE CRUCERO

MODELO	DESPLAZAMIENTO Tn	VELOCIDAD DE CRUCERO Kn	▲/Verucero
Benetau Flyer GT 38	7,980	27	0.295
Bavaria Sport 38	8,200 / 8,500	25	0.340
Prestige 400 Fly	8,500	28	0.303
Prestige 440	11,000	33	0.333
Astondoa 40 Fly	12,500	25	0.500
Astondoa 43 Fly	13,500	26	0.519
Belliure 40	13,000	21	0.619
Sinergia 40 Open	7,000		
MEDIA = 0,415			



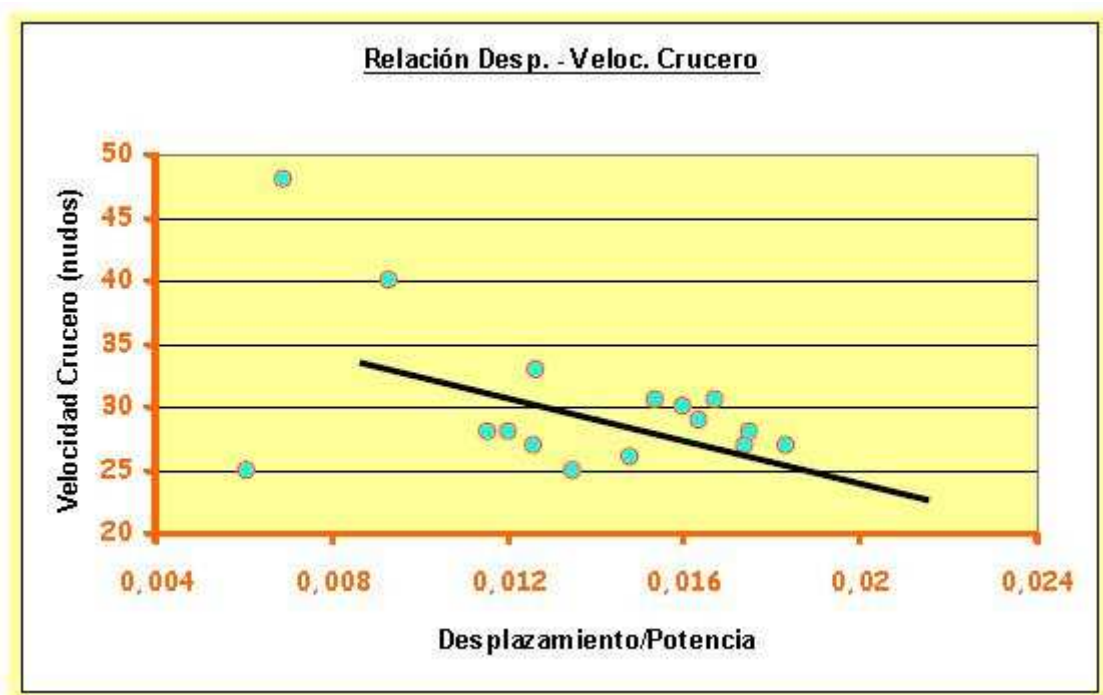
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA- VELOCIDAD MÁXIMA

MODELO	VELOCIDAD MÁXIMA Kn	▲/Potencia	(▲/Potencia)/ Vmax
Benetau Flyer GT 38	32	0,0133	0,00042
Bavaria Sport 38	30	0,0136/ 0,0128	0,00045/0,00043
Prestige 400 Fly	31	0,0128	0,00042
Prestige 440	39	0,0127	0,00033
Astondoa 40 Fly	37	0,0189	0,00051
Astondoa 43 Fly	33	0,0155	0,00046
Belliure 40	24	0,01759	0,00073
Sinergia 40 Open	32	0,0245	0,00076
MEDIA= 0,00045			



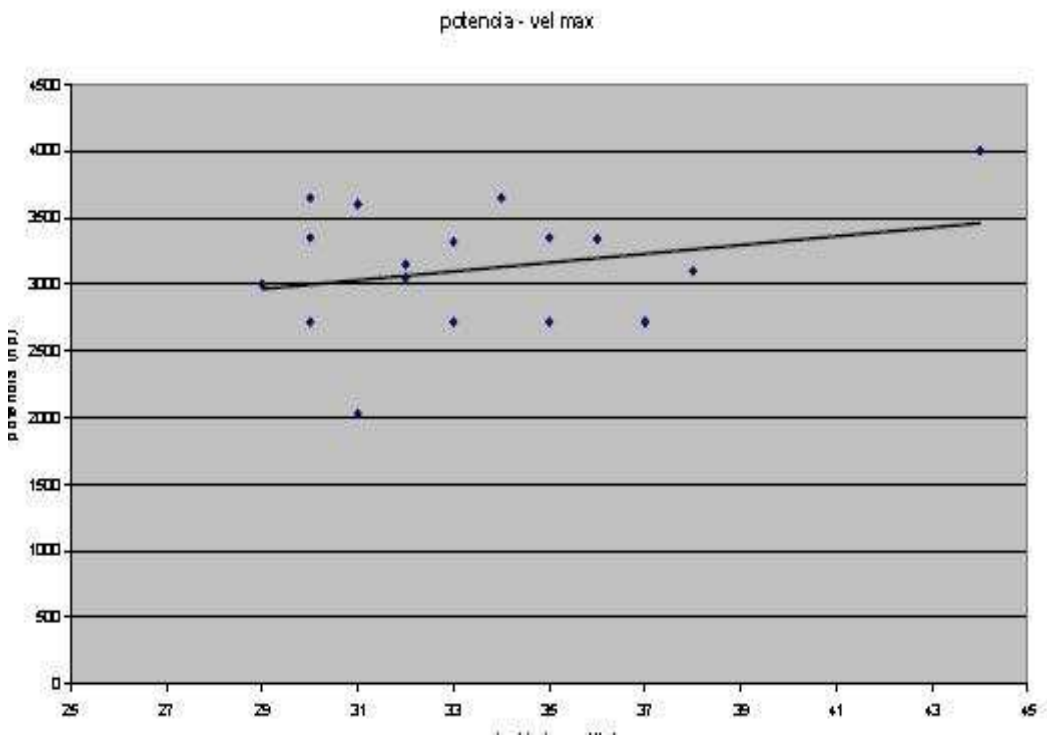
RELACIÓN DESPLAZAMIENTO/POTENCIA-VELOCIDAD DE CRUCERO

MODELO	VELOCIDAD DE CRUCERO Kn	▲/Potencia	(▲/Potencia)/ Vcrucero
Benetau Flyer GT 38	27	0,0133	0,00049
Bavaria Sport 38	25	0,0136/ 0,0128	0,00054
Prestige 400 Fly	28	0,0128	0,000457
Prestige 440	33	0,0127	0,00038
Astondoa 40 Fly	25	0,0189	0,00075
Astondoa 43 Fly	26	0,0155	0,000596
Belliure 40	21	0,01759	0,00084
Sinergia 40 Open		0,0245	
MEDIA= 0,00058			



RELACIÓN POTENCIA-VELOCIDAD

MODELO	POTENCIA HP	VELOCIDAD MÁXIMA Kn	Potencia/Vmáx
Benetau Flyer GT 38	600	32	18,75
Bavaria Sport 38	600	30	20
Prestige 400 Fly	660	31	21,29
Prestige 440	850	39	21,79
Astondoa 40 Fly	660	37	17,83
Astondoa 43 Fly	870	33	26,36
Belliure 40	740	24	30,83
Sinergia 40 Open	285	32	8,9
MEDIA= 18,07			



➤ **DIMENSIONAMIENTO. DISEÑO DE LA CARENA**

INTRODUCCIÓN

El diseño de la carena del barco es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, ya que esto condiciona muchos aspectos de éste como puede ser la velocidad, la resistencia al avance, el consumo, el comportamiento en la mar...

Para diseñar la embarcación partimos del estudio estadístico y los rangos de valores obtenidos del mismo, para saber en todo momento si nos estamos moviendo entre los valores correctos y comprobados previamente en canales de experiencia.

La única dimensión que conocemos es la de eslora de casco de 11,98 m, requerida por el armador en la especificación técnica.

PREDIMENSIONAMIENTO

En general se calcularán las dimensiones a partir de las relaciones y parámetros utilizados en el estudio estadístico, a partir de los datos obtenidos de una serie de embarcaciones de diseño semejante. Estos valores, tablas y gráficas forman la base a partir de la cual se establecen los intervalos de valores entre los que rondarán nuestras dimensiones.

Si los valores finales se encuentran dentro de esos intervalos definidos en la fase anterior, entonces las dimensiones de nuestra embarcación no diferirá demasiado del resto de embarcaciones del estudio estadístico.

Hay que tener en cuenta que cada modificación que sufra una dimensión de la embarcación, las demás se verán condicionadas también. No debemos olvidar que en el proceso de dimensionamiento tenemos varias opciones para alcanzar el diseño de la embarcación, pero para que podamos obtener el diseño óptimo de la misma, es necesario tener en cuenta que por ejemplo un aumento de la eslora produce un aumento de la superficie mojada que trae como consecuencia que la resistencia viscosa sea mayor pero en cambio la resistencia por formación de olas se vaya reduciendo, con lo que se puede traducir en una disminución de la resistencia total al avance.

En cambio cuando se produce un aumento de la manga, esto se traduce en un aumento de la resistencia al avance y por tanto, una disminución de la velocidad que la embarcación puede llegar a dar en comparación con el caso anterior.

Si la relación Eslora/Manga es baja, da lugar a una mala maniobrabilidad de la embarcación, en cambio si esta relación es alta quiere decir que es fácil de maniobrar.

En el caso del calado, si éste es el que sufre un aumento puede provocar una disminución del peso estructural de la embarcación, en cambio es necesario de limitar debido a que debemos tener en cuenta si la embarcación debe pasar por canales o puertos en los que el calado sea restringido.

Por otro lado un aumento del puntal también disminuye el peso estructural pero en cambio afecta negativamente a la estabilidad.

Del desplazamiento dependen los valores posibles de la capacidad de los tanques de agua dulce, de combustible... El efecto del aumento del desplazamiento provoca un aumento del calado y por tanto de la superficie mojada, que se traduce en un aumento de la resistencia al avance; y si queremos que la embarcación alcance en esta situación la velocidad de diseño será necesario una mayor potencia.

RELACIÓN DESPLAZAMIENTO-ESLORA TOTAL

✚ Esta relación aumentará en:

- ✓ Barcos más ligeros
- ✓ Menor volumen de carena para flotar
- ✓ Disminución de calados
- ✓ Transformación de las formas U en V
- ✓ Un incremento de potencia da lugar a un incremento de velocidad

✚ Esta relación disminuirá en:

- ✓ Barcos más pesados y lentos
- ✓ Aumento del volumen de carena para contrarrestar el aumento del peso
- ✓ Embarcaciones con grandes calados y formas llenas que puedan producir el empuje necesario
- ✓ Grandes estabilidad de pesos, y por tanto, buen comportamiento en la mar
- ✓ Instalación de gran potencia para alcanzar la velocidad contractual óptima

Una relación entre desplazamiento y eslora alta proporciona un mayor peso y rigidez, pero si en cambio ésta es baja puede afectar a la estabilidad inicial GM.

A partir de los valores máximos, medio y mínimo de la relación eslora desplazamiento y partiendo de una eslora de casco de 11,98 metros en la especificación y fijamos una eslora total de 12,5 metros, obtenemos los siguientes valores de desplazamiento:

Relación Máxima = 1,024	Desplazamiento1= 1,024 * 12,5= 12,8
Relación Media = 0,798	Desplazamiento2= 0,798 * 12,5= 9,9765
Relación Mínima = 0,555	Desplazamiento3= 0,555 * 12,5= 6,937

Puesto que la embarcación la estamos diseñando para una navegación en régimen de planeo a velocidades medias y altas, predominan las formas en V, con lo cual el valor más óptimo para el desplazamiento es uno en torno a la media, para que la embarcación no sea demasiado pesada y esto provoque una mayor resistencia al avance o por el contrario no sea capaz de llegar al mínimo y llevar todos los pesos necesarios.

Con un valor de relación desplazamiento/Eslora total cercano a la media, entre el valor superior y el medio ya que el inferior sería muy pequeño y la embarcación no llegaría a ser capaz de llevar todos los pesos necesarios, con lo cual, el **desplazamiento** tomaría un valor de **10,5 toneladas**, si entramos en la gráfica de la relación correspondiente podemos observar que entra dentro del intervalo de valores aceptables.

El **desplazamiento en rosca** de la embarcación lo calculamos descontando del desplazamiento total el peso de los pasajeros, pertrechos de cada uno, capacidad de combustible y de agua dulce:

- ✓ El peso de 6 personas de 75 kg = 0,45 Tn
- ✓ El peso de los pertrechos por tripulantes de 25 kg = 0,15
- ✓ El peso del combustible según su capacidad con la media del estudio estadístico y el peso específico del mismo (0,00085 Tn/m³)= 1.2 Tn
- ✓ El peso del agua dulce con una capacidad de 400 litros para todos los tripulantes y maniobras necesarias = 0,4 Tn

Peso muerto= 2,2 Tn + margen = 2.7 Tn

Desplazamiento en rosca= 10,5 - 2.7= 7.8 Tn

Desplazamiento en máxima carga= 10,5 Tn

No obstante, en el capítulo del cálculo de pesos se dispondrán todos ello y se calculará el peso en rosca de la embarcación como su centro de gravedad.

RELACIÓN ESLORA TOTAL-MANGA

Para determinar la manga de nuestra embarcación debemos tener en cuenta:

- ❖ Un aumento de la manga supone un aumento de la resistencia al avance, aunque también puede disminuir el peso de la estructura.
- ❖ Debe proporcionar el espacio suficiente para la habilitación.

✚ La relación eslora total/manga aumenta:

- ✓ Casco más largos y estrechos
- ✓ Menor resistencia al avance

✚ La relación eslora total/manga disminuye:

- ✓ Cascos más anchos y cortos, con peor maniobrabilidad a baja velocidad
- ✓ Mayor estabilidad transversal
- ✓ Ofrece mayor resistencia al avance

Una relación de eslora/manga baja puede empeorar la maniobrabilidad de la embarcación a velocidades bajas o moderadas, en este caso para que ofrezca un gobierno fácil de la misma y además no ofrezca una gran resistencia al avance elegiremos un valor medio de las relaciones del estudio estadístico.

Relación Máxima = 3,45	Bmax= 3,62 m
Relación Media = 3,2	Bmax= 3,906 m
Relación Mínima = 2,95	Bmax= 4,23 m

El valor apropiado rondaría en torno a la media o el valor de la relación máxima ya que el de la relación mínima es más elevado, con lo cual, el valor más apropiado para la **manga máxima será de 3,8 metros** para no exceder demasiado en la resistencia al avance.

RELACIÓN ESLORA TOTAL-CALADO

✚ Si la relación eslora total/calado es alta, para una misma eslora y desplazamiento:

- ✓ Calados más pequeños
- ✓ Formas más llenas
- ✓ Semimangas por debajo de la flotación más anchas para proporcionar el empuje necesario
- ✓ Embarcaciones en régimen de desplazamiento lentas

✚ La relación eslora total/ calado es baja:

- ✓ Mayor calado
- ✓ Formas acentuadas en V
- ✓ Semimangas más estrechas
- ✓ Embarcaciones más rápidas

Relación Máxima = 22,5	Tmax= 0,55
Relación Media = 13,2	Tmax= 0,95
Relación Mínima = 10,17	Tmax= 1,26

Elegimos un valor medio para garantizar que la embarcación no tenga ninguna limitación de calado a lo largo de la navegación o entrada a puertos.

Tmax= 0,90 metros

RELACIÓN MANGA-CALADO

Esta relación se puede considerar como una de las relaciones más importantes ya que expresa el área sumergida de las distintas secciones transversales.

Cuanto mayor es esta relación mayor es la estabilidad de casco, si la relación manga-calado es alta puede provocar mayor resistencia al avance y si en cambio es baja tiende a disminuirla.

También afecta de igual modo a la estabilidad, y al espacio dedicado para la habilitación

La relación manga-calado varía a lo largo de la eslora, en embarcaciones que navegan en régimen de desplazamiento por ejemplo:

- ❖ Zona de proa: relación más baja debido a la aparición de las formas en V
- ❖ Zona de popa: relación más alta debido a las formas más llenas

Con un valor de manga definido anteriormente de 3,8 metros y un valor de calado máximo de 0,90 metros comprobamos que se encuentra dentro de los valores del estudio estadístico.

RELACIÓN ESLORA TOTAL- ESLORA EN LA FLOTACIÓN

Esta relación nos proporciona una idea de la estética de la embarcación, sobre todo en la zona de proa, y el comportamiento en la mar de la misma.

Es importante conocer un valor aproximado de la eslora en la flotación aunque éste puede ser cambiado durante el proceso de diseño.

✚ La relación eslora total/eslora en la flotación es alta:

- ✓ La proa será lanzada y agresiva. Embarcaciones muy rápidas
- ✓ Embarcaciones que navegan generalmente en régimen de planeo

✚ La relación eslora total/eslora en la flotación es baja:

- ✓ Perfil de proa más vertical
- ✓ Barcos relativamente lentos
- ✓ Navegación en régimen de desplazamiento

Relación máxima = 1,25	Lwl= 10 m
Relación media = 1,2	Lwl= 10,5 m
Relación mínima = 1,22	Lwl = 10,24 m

Tomaremos el valor rondando la media, el cual es, 10,5 m de eslora en la flotación para una eslora total de 12,5 metros y una eslora de casco de 11,98 m

La comparación con el estudio estadístico realizado es generalizada para todos los tipos de barcos, pero si nos centramos en los valores máximos y mínimos podemos apreciar que se encuentra dentro de los valores intermedios y que es un valor aceptable.

RELACIÓN DESPLAZAMIENTO MÁXIMA CARGA- POTENCIA

La potencia que necesitará la embarcación de este proyecto para que alcance la velocidad contractual, requerida por el armador en la especificación técnica, dependerá totalmente del peso del barco y de las formas del barco debido a la resistencia al avance que éstas puedan ocasionar.

Por ello la potencia será mayor si la embarcación es mayor y será mayor si las velocidades que queremos que alcance sea mayor.

Debemos tener en cuenta todo lo anterior para poder llegar a un rendimiento óptimo de la embarcación.

✚ La relación desplazamiento-potencia es alta:

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

✚ La relación desplazamiento-potencia es baja:

- ✓ Barcos más ligeros y rápidos

Los valores de las relaciones del estudio estadístico son:

Relación máxima= 0,0245	Potencia máx= 428 cv
Relación media= 0,01574	Potencia máx= 667 cv
Relación mínima= 0,0189	Potencia máx= 555 cv

El valor óptimo para la potencia máxima que deberá llevar la embarcación rondará en este caso en torno a la media debido a que queremos que sea una embarcación rápida pero que sea capaz de alcanzar el desplazamiento requerido a máxima carga.

Por ello, la **potencia máxima** será de entorno a la media del estudio estadístico, es decir, de **660 cv** repartidos en dos motores de 330 cv

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Finalmente más adelante se realizarán los cálculos pertinentes para asegurar la potencia necesaria y la velocidad máxima de la embarcación, al igual como la autonomía de la misma.

CUADRO RESUMEN

Quedan definidas las dimensiones principales de la embarcación, teniendo en cuenta que cualquiera modificación posterior de alguna de ellas implicaría la variación del resto.

Eslora total	12,5 m
Eslora de casco	11,98 m
Eslora en la flotación	10,5 m
Manga	3,8 m
Calado	0,9 m
Desplazamiento máximo	10,5 Tn
Potencia máxima	660 cv

✓ DISEÑO DE LAS FORMAS

FORMAS DEL PLANEEO

Partimos de la afirmación de que el casco es la parte más determinante de la embarcación, puesto que es la zona que está en contacto directo con el fluido sobre el que se desplaza, y también por el que dependerán el resto de las propiedades como la velocidad, comportamiento en la mar, consumo o confortabilidad.

Cuando un cuerpo se encuentra sumergido en un fluido su flotación se debe a la presión hidrostática del fluido.

Cuando este cuerpo se encuentra en reposo, la fuerza hidrostática y el peso se encuentran en equilibrio, pero en cuanto comienza a desplazarse, el casco pone en movimiento parte de agua que lo rodea y por ello aparecen otras fuerzas aplicadas sobre el agua y provocadas por el casco y la capa de agua que lo sigue en el movimiento.

Pero esta misma fuerza es aplicada por el agua hacia el casco, por el principio de acción-reacción, esta fuerza se denomina fuerza hidrodinámica. La fuerza hidrodinámica se descompone en dos:

- ❖ Una horizontal, que se dispone en el sentido del avance, responsable de la resistencia por formación de olas y de presión de origen viscoso; la cual depende principalmente de la magnitud de la fuerza hidrodinámica y del ángulo de asiento, y al aumentar este ángulo se aumenta la componente horizontal.

En esta situación se origina un impulso hacia delante del volumen de agua situada en contacto con la superficie y aparece un abanico líquido que se abre hacia delante y los lados.

- ❖ La componente vertical es la responsable del asiento de la embarcación o cambio de trimado, y por tanto, de la elevación del casco. Es una fuerza de sustentación hacia arriba y perpendicular a la superficie de flotación que depende del ángulo de ataque.

Este efecto es despreciable a baja velocidad pero en cuanto se incrementa la velocidad como para que la componente vertical sea mayor que el empuje hidrostático, ocasiona la elevación del casco reduciendo la carena y por tanto la resistencia al avance y pudiéndose incrementar la velocidad.

Por otro lado la actuación de esta componente, provoca un hundimiento de la zona de popa, ya que al producirse la elevación de la zona de proa se produce un desplazamiento hacia popa del centro de carena.

Dependiendo del tipo y de las características de la embarcación puede darse varias formas de navegación:

- ✓ Navegación en régimen de desplazamiento: no se tiene en cuenta la componente vertical, es decir, la fuerza de sustentación por ser demasiado pequeña.
- ✓ Navegación en régimen de planeo: se aprovecha la fuerza de sustentación que produce la elevación de la zona de proa, disminuyendo la resistencia al avance y así facilitando el aumento de velocidad.

➤ RESISTENCIAS

Dependiendo de las formas del casco, la embarcación estará sometida a una resistencia total al avance que está condicionada en menor o mayor parte por las componentes de la misma.

Por tanto, la resistencia total al avance de una embarcación puede descomponerse en varias resistencias:

- ✓ Resistencia por formación de olas (R_w)
- ✓ Resistencia de origen viscoso (R_v)
- ✓ Resistencia por apéndices (R_{ap})
- ✓ Resistencia aerodinámica (R_a)
- ✓ Resistencias menores (R_o)

RESISTENCIA POR FORMACIÓN DE OLAS

Se puede descomponer en:

- ❖ 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 0,8, disminuyendo su importancia a valores mayores.
- ❖ R_s : es la resistencia debida al spray y suele descomponerse en una componente de origen viscoso y otra de origen de presión. No existe un método de cálculo de esta resistencia totalmente fiable, por tanto, se toma nula cuando la embarcación tiene codillos pronunciados navegando en régimen de desplazamiento, y si se navega en régimen de planeo se intentará reducir al máximo dotando a la embarcación de junquillo anti-spray.

- ❖ R_p : es la resistencia inducida por la componente horizontal de las fuerzas hidrodinámicas de presión, es difícil de definir ya que se produce cuando se entra en el régimen de planeo.

En resumen la resistencia por formación de olas es la suma de estas tres componentes

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

RESISTENCIA VISCOSA

Está compuesta por las componentes:

- ❖ R_f : Resistencia tangencial debida a la fricción, se desarrolla en el casco mojado y se incrementa con la velocidad. Si los Números de Froude son mayores de 1, es la componente mayor de resistencia total al avance, y es casi imposible de eliminar ya que el casco de la embarcación siempre estará en contacto con el agua.
- ❖ R_{pv} : Resistencia de presión de origen viscoso, se origina por la formación de torbellinos y por la separación del flujo en algunas zonas de la carena, si el Número de Froude es mayor a 0,6 se considera nula.

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

RESISTENCIA DEBIDA A LOS APÉNDICES

Esta resistencia tiene más importancia en las embarcaciones de alta velocidad, las componentes que forman esta resistencia son: componente friccional, componente de presión, componente inducida debido a la sustentación que genera.

RESISTENCIA AERODINÁMICA

Es la debida al viento relativo, a velocidades bajas esta resistencia no cobra mucha importancia, en cambio en embarcaciones rápidas puede representar un 10% de la resistencia total.

RESISTENCIAS MENORES

Las resistencias menores están provocadas por elementos adosados al casco como ánodos de sacrificio o corredera de la sonda; son experimentadas por embarcaciones rápidas.

Para poder conocer la resistencia en régimen de planeo es necesario conocer previamente la condición de equilibrio de la embarcación, su ángulo de asiento y la superficie mojada dinámica.

Este equilibrio de fuerzas dependerá de:

- ✓ La capacidad de generación de empuje hidrodinámico, es decir, coeficiente de sustentación.
- ✓ La posición longitudinal del centro de gravedad, *LCG*, y del centro de carena, *LCP*.
- ✓ La altura del centro de gravedad

La capacidad de empuje hidrodinámico depende fundamentalmente de las formas de la carena y del ángulo de astilla muerta.

En función de este ángulo la fuerza hidrodinámica se diferencia en dos componentes, una vertical, que es el empuje hidrodinámico, y otra transversal.

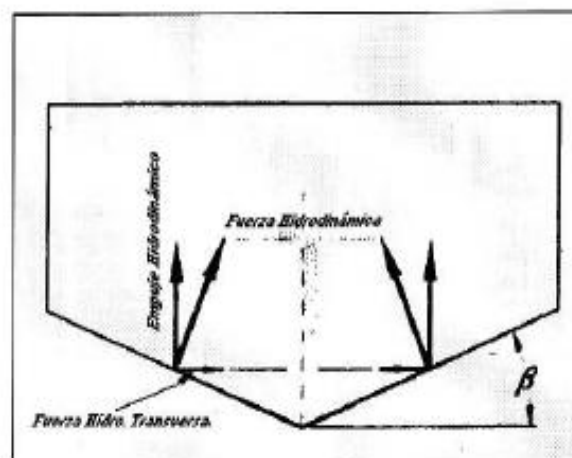
Cuanto mayor sea el ángulo de astilla muerta, menor será la componente vertical, este efecto es fundamental para diseñar las formas de la carena que sea apta para la navegación con mal tiempo, ya que cuánto menor sea este ángulo el fondo será más plano y mayores serán los efectos dinámicos.

A la hora de realizar los cálculos se toma como ángulo de astilla muerta un valor medio entre el ángulo en el espejo de popa y el de la maestra.

El ángulo de astilla muerta tiene otro efecto añadido, el incremento de superficie mojada debido al spray.

Para calcular la resistencia al avance en régimen de planeo se utiliza el método de Savitsky, el cual realizó una serie de experimentos con placas planas y obtuvo unas formas empíricas para extrapolar a fondos no plano, con astilla muerta, obteniendo la superficie mojada y la posición longitudinal de la fuerza hidrodinámica.

Para determinar el ángulo de asiento de equilibrio se emplea el método de Hadler por el que se calculan los momentos ocasionados por la fuerza hidrodinámica, la resistencia por fricción y por apéndices.



➤ FORMAS DE LAS CUADERNAS

Se pueden diferenciar dos formas de cuadernas, unas en forma de **U** y otras en **V**.

Es obvio que las cuadernas en forma de **U** son más llenas que las en forma de **V** y tienen más tendencia a producir el efecto de "slamming" o pantocazos cuando se navega con mala mar de proa; provocando una disminución considerable de la velocidad y un aumento de los esfuerzos en la estructura de proa.

Para determinar qué tipo de cuadernas serán más efectivas para esta embarcación, deberemos realizar un estudio de cada una de las dos formas.

Las cuadernas en forma de **U** suelen utilizarse en la proa de embarcaciones lentas y grandes, ya que aumenta la capacidad de carga y tiene menos problemas de comportamiento en la mar.

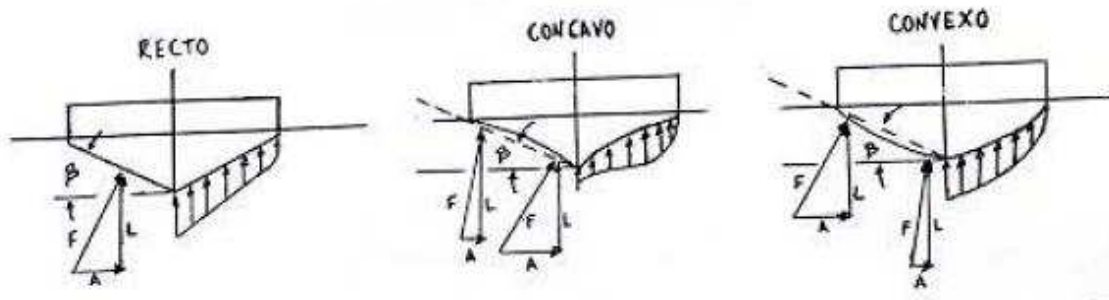
Las cuadernas en **V** en proa son más eficientes en embarcaciones más rápidas y ligeras, esta embarcación dispondrá de cuadernas de este tipo que mejorará la navegación siempre teniendo en cuenta el espacio necesario para la habilitación.

Una solución para evitar un cambio brusco de formas de cuadernas es diseñar una intermedia entre las formas en **U** y **V**; apareciendo así el llamado codillo.

✚ Otra división de las formas de las cuadernas son:

- ✓ Cuadernas cóncavas
- ✓ Cuadernas convexas
- ✓ Cuadernas rectas

La diferencia entre cada una de ellas es la distribución de presiones bajo el casco:



En la distribución de la cuaderna cóncava, ésta crece produciendo más empuje a medida que se acerca al costado, con lo que habrá mayor empuje en la zona del codaste que debajo de la quilla, todo lo contrario ocurre en la cuaderna convexa.

La desventaja de la cuaderna cóncava será cuando el casco se eleva al aumentar la velocidad, se pierde empuje, además de dejar una cuña cóncava ineficaz en lo que se refiere al planeo, mucha superficie mojada y una manga de planeo estrecha.

Por el contrario estas desventajas no se dan en la cuaderna convexa, a altas velocidades muestra una reducción de superficie mojada, un buen empuje y mucha manga de planeo, además estas secciones convexas tienen una excelente rigidez que permite escantillonados más ligeros.

Las cuadernas planas ofrecen unas características muy parecidas a las convexas, pero se reduce más la superficie mojada al aumentar la velocidad ya que se produce una elevación de la zona de proa.

En el diseño de nuestra embarcación se adoptarán formas híbridas, sección transversal del fondo cóncavo en la parte de proa, para aliviar impactos, y recto en la zona de popa para lograr una adecuada superficie en planeo.

➤ **ASTILLA MUERTA**

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

El problema que aparece en una embarcación rápida con fondo plano es que la capacidad de maniobra será más pobre, es más difícil su gobierno, y experimentará en mala mar unas aceleraciones e impactos excesivos; la solución que habría que buscar sería disponer de secciones en V, ya que cuanto más profunda sea la sección en V menores serán las aceleraciones verticales.

Sin embargo el ángulo de astilla muerta en estas secciones en V reduce el empuje hidrodinámico, para evitar que se produzca se aumentará la superficie mojada y el ángulo de trimado, lo que provocará un aumento de resistencia al avance.

Cuando la astilla muerta es muy pronunciada, el empuje hidrodinámico se reduce al golpear el agua el fondo de la embarcación, y hacer que esta agua sea desviada hacia los lados y no hacia el fondo, a diferencia de un casco plano que la dirección del agua golpea el casco cambia en casi 180°

También es necesario tener en cuenta el aumento de la resistencia de fricción que provoca el spray que se produce por un fondo de astilla muerta.

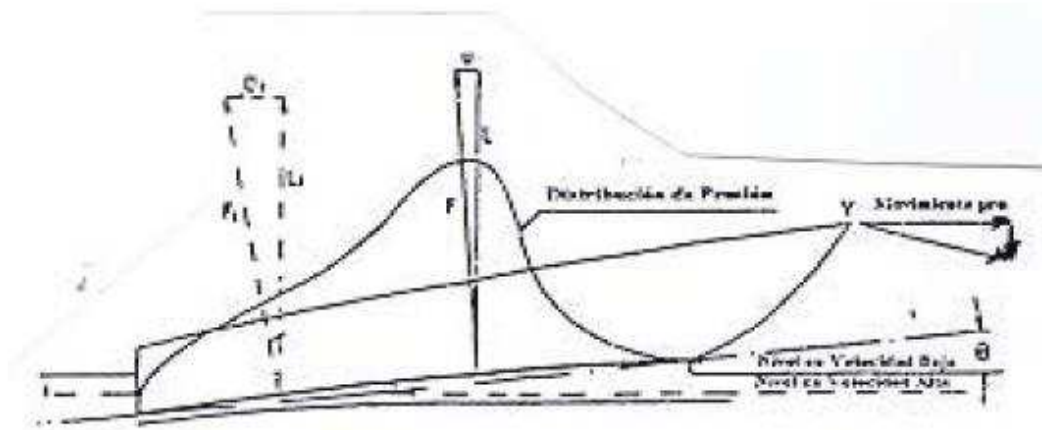
Teniendo en cuenta todo lo explicado anteriormente se diseña la carena con un ángulo de astilla muerta variable y creciente a lo largo de la eslora, de popa a proa, de manera que en la zona de popa se dispondrán pequeños ángulos de astilla muerta que darán lugar a superficies efectivas para el planeo, y en la zona de proa ángulos de astilla muerta mayores que disminuirán las aceleraciones producidas por los impactos hidrodinámicos y mejorarán la maniobrabilidad de la embarcación.

En resumen, los valores más usuales de astilla muerta rondan entre 15° y 20°

➤ FORMAS DEL FONDO

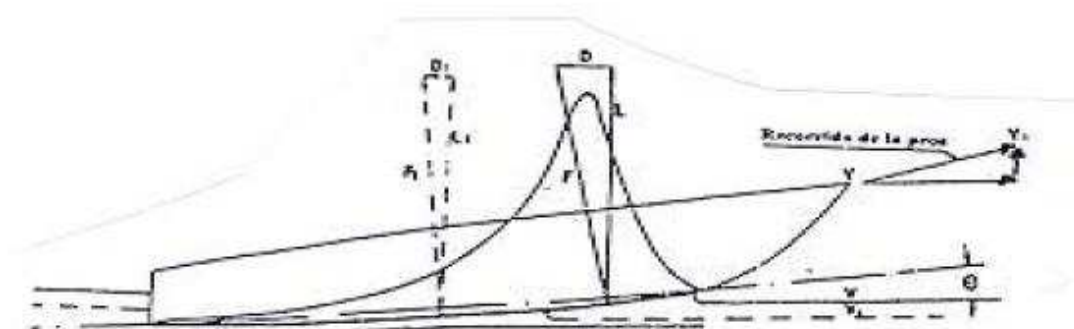
Fondo convexo (rocker)

- ✓ Aparece un movimiento ascendente de la proa al aumentar la velocidad y el punto de máxima presión se acerca a la proa
- ✓ Mejor rendimiento a altas velocidades



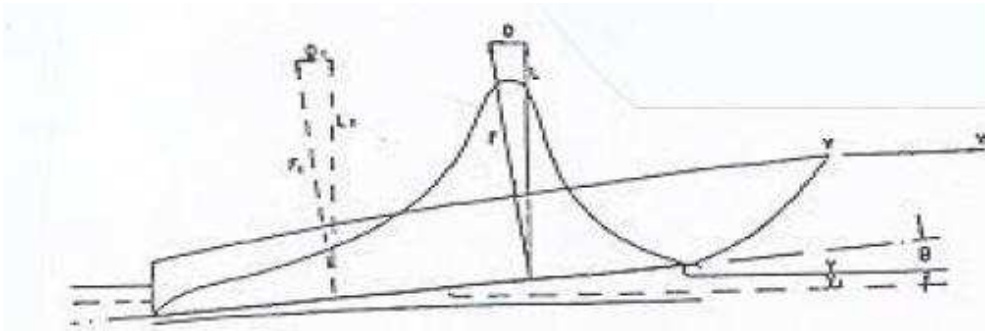
Fondo cóncavo (hook)

- ✓ La proa desciende al aumentar la velocidad y el punto de máxima presión ocupa una posición más retrasada
- ✓ Mejor rendimiento de planeo a baja velocidad



Fondo recto (straight)

- ✓ La proa se mantiene con un movimiento horizontal y el punto de máxima presión se mantiene en posición centrada
- ✓ Igual rendimiento tanto a altas velocidades como a bajas velocidades

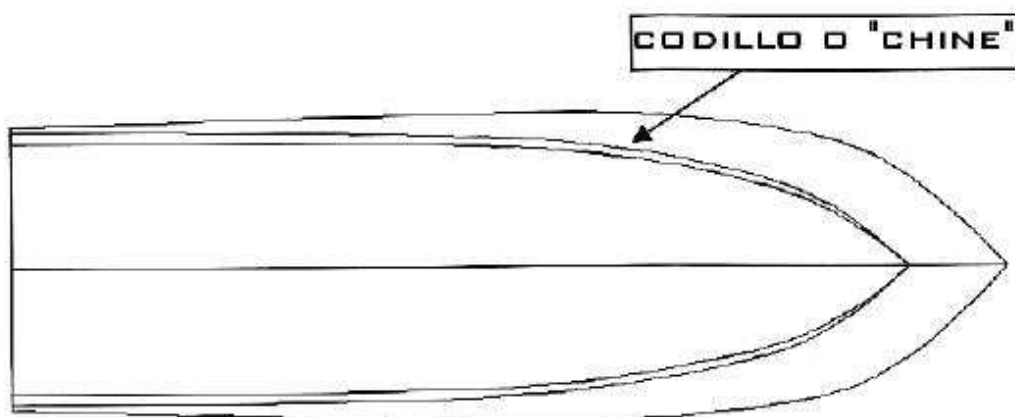


Dotaremos a nuestra embarcación de un fondo recto, puesto que así conseguiremos el mejor rendimiento a todas las velocidades y que el punto de máxima presión se localizará en una posición centrada.

➤ CODILLO

El codillo o "chine" es un detalle constructivo que 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.

Proporciona al casco una sección de área de planeo constante en esta porción de eslora y se eleva formando una curva suave hasta que se encuentra con la roda disminuyendo a su vez la anchura.



➤ **SPRAY-RAILS**

El spray de proa o abanico se produce en embarcaciones de planeo con casco en V profunda, esto provoca:

Incomodidades para los navegantes en proa

Embarque de agua por la zona de proa

Incremento de la resistencia al avance al subir agua por las paredes del casco

Cuando el Número de Froude es mayor que uno y cuando las velocidades son bajas la resistencia al avance es de origen friccional como comentamos anteriormente en el apartado de resistencias, por ello, será importante controlar la superficie mojada dotando de junquillos antispray a la embarcación.

La colocación de spray-rails a lo largo del casco será una forma de mejorar el empuje, serán eficientes hasta el momento en que el flujo por debajo del casco es más o menos paralelo a la quilla, en ese momento deberá de ser cortados para evitar que incremente la resistencia en esa región, aunque también pueden servir de dispositivos antibalace.

A veces, si existen dos spray-rails, uno interior y otro exterior, es conveniente cortar el interior y dejar el exterior, ya que, ya que si cortamos en una zona donde a ciertas velocidades el spray-rail estará dentro de la superficie mojada del casco, producirá que el centro de presión se traslade hacia popa haciendo caer la proa lo que produce un aumento de la superficie mojada y un incremento de la resistencia al avance además de crear problemas de gobierno.

Las funciones generales de los spray-rails serán proporcionar empuje vertical a la embarcación y la separación del flujo, reduciendo así la superficie mojada y la resistencia de fricción.

La forma más adecuada para su colocación es que corran paralelos a la quilla en el cuerpo de popa, y en el cuerpo de proa aproximadamente paralelos al codillo, teniendo en cuenta la disminución de su anchura y el aumento de la astilla muerta al aproximarse a la zona de proa.

Proyecto fin de carrera:

Diseño de una embarcación deportiva a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

➤ DISEÑO DEL CASCO

Con todo lo anterior, ya podemos tener una idea de cómo van a ser las formas del casco de nuestra embarcación.

- ✓ Se adoptarán cuadernas en V, que doten a la embarcación de una navegación segura con mal tiempo. Los fondos serán de astilla muerta variable y creciente desde popa a proa y estará provisto de un codillo pronunciado por proa para reducir el efecto spray, con la posibilidad de utilización de junquillos anti-spray. En proa y hasta la maestra, se dispondrán ángulos de astilla muerta grandes lo que dará lugar a superficies de planeo efectivas; en cambio, en la zona de proa se dispondrán ángulos de astilla muerta más pequeños para contrarrestar los efectos dinámicos disminuyendo así las aceleraciones y mejorando la maniobrabilidad.
- ✓ La forma de la sección transversal será de fondo recto ligeramente cóncavo hacia proa para aliviar impactos y mejorar la navegación. En popa, el fondo recto ayudará a conseguir el desplazamiento adecuado y una correcta estabilidad.
- ✓ Longitudinalmente, se adoptará un fondo lo más recto posible puesto que así se conseguirá un mejor rendimiento a cualquier velocidad manteniendo la proa estable, y que el punto de máxima presión se mantenga en una posición centrada.

DISEÑO DEL CASO MEDIANTE EL PROGRAMA MAXSURF 13

Para diseñar las formas del casco de la embarcación se usa la herramienta Maxsurf 13, la cual integra el programa de diseño Maxsurf Pro y otros programas de gran utilidad como Hullspeed e Hidromax entre otros.

Para ello se alternará el uso del programa Maxsurf con los anteriores mencionados para lograr un equilibrio entre las formas la velocidad y la estabilidad.

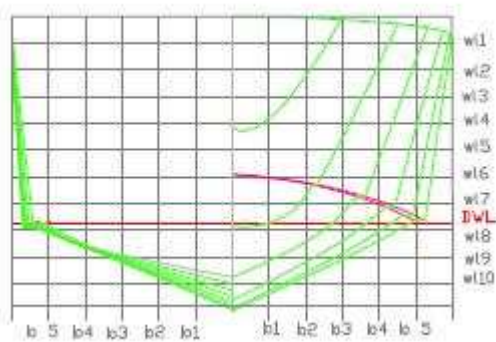
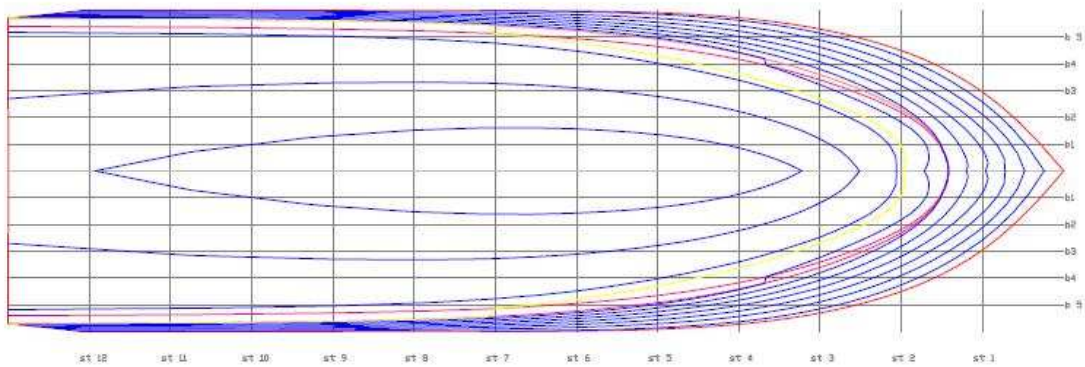
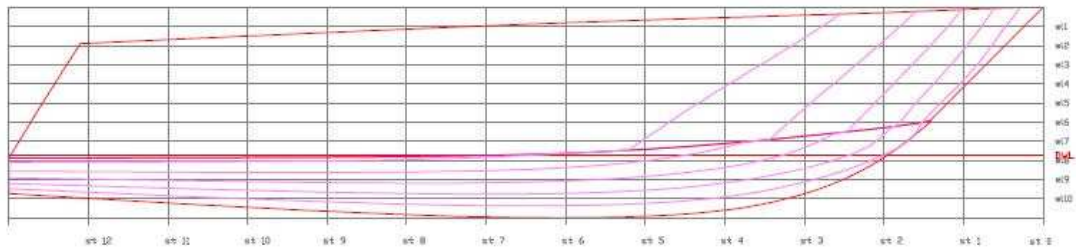
Para comenzar a diseñar con este programa de diseño naval hay que tener en cuenta:

- ✓ Las dimensiones obtenidas en el pre-dimensionamiento de la carena
- ✓ Las consideraciones resumidas en el apartado anterior

Se diseñará, por tanto, una carena que satisfaga los objetivos del proyecto:

- ✓ Eslora total de 12,5 metros
- ✓ Eslora de casco de 11,98 metros
- ✓ Eslora en la flotación de 10,5 metros
- ✓ Manga máxima de 3,8 metros
- ✓ Calado de 0,90 metros
- ✓ Desplazamiento máximo de 10,5 Tn
- ✓ Velocidad máxima de 27 nudos

Las formas finales obtenidas por el programa Maxsurf son:



Cuando creemos que las formas son acertadas y mediante el programa Hullspeed obtenemos unos valores preliminares de resistencia al avance y potencia necesaria para vencerla a una determinada velocidad.

En este caso emplearemos el método de Savitsky en el apartado correspondiente a la predicción de potencia, para obtener los valores de resistencia al avance para cada velocidad frente a la potencia necesaria para vencerla con ese diseño del casco

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

De esta forma se verá si la potencia instalada es la adecuada para la velocidad requerida.

Los datos que se emplean en este programa para los cálculos son los que se obtienen de las formas:

		Value	Units	Savitsky pre-planing Pre-planing	Savitsky planing Planing
1	LWL	10,609	m	10,609	10,609
2	Beam	3,617	m	3,617	3,617
3	Draft	0,75	m	--	--
4	Displaced volume	10,559	m ³	10,559	10,559
5	Wetted area	35,989	m ²	35,989	--
6	Prismatic coeff.	0,796		--	--
7	Waterplane area coeff.	0,832		--	--
8	1/2 angle of entrance	28,16	deg.	28,16	--
9	LCG from midships(+ve for'd)	-0,97	m	--	-0,97
10	Transom area	0,849	m ²	0,849	--
11	Transom wl beam	0	m	--	--
12	Transom draft	0,397	m	--	--
13	Max sectional area	1,25	m ²	1,25	--
14	Bulb transverse area	0,003	m ²	--	--
15	Bulb height from keel	0	m	--	--
16	Draft at FP	0,9	m	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	22,56	deg.	--	22,56
18	Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--
19					
20	Frontal Area	0	m ²		
21	Headwind	0	kts		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	0,001	tonne/		
24	Appendage Area	0	m ²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allow.	0,00040			
29	Kinematic viscosity	0,00000118	m ² /s		
30	Water Density	1,026	tonne/		

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Los datos hidrostáticos del casco que se han obtenidos del programa Maxsurf son:



	Measurement	Value	Units
1	Displacement	10,81	tonne
2	Volume	10,546	m ³
3	Draft to Baseline	0,9	m
4	Immersed depth	0,75	m
5	Lwl	10,609	m
6	Beam wl	3,616	m
7	wSA	35,022	m ²
8	Max cross sect are	1,25	m ²
9	wWaterplane area	31,899	m ²
10	Cp	0,795	
11	Cb	0,366	
12	Cm	0,491	
13	Cwp	0,831	
14	LCB from zero pt. (	4,741	m
15	LCF from zero pt. (	4,62	m
16	LCB from zero pt. (	44,683	%
17	LCF from zero pt. (	43,544	%
18	KB	0,679	m
19	KG	0	m
20	Bmt	2,696	m
21	BMI	23,768	m
22	Gmt	3,375	m
23	GMI	24,448	m
24	KMt	3,375	m
25	KMI	24,448	m
26	Immersion (TPc)	0,327	tonne/c
27	MTc	0,232	tonne.m
28	RM at 1 deg = GMt.D	0,637	tonne.m
29	Precision	Medium	50 stati

Density: Recalculate

VCG: Close

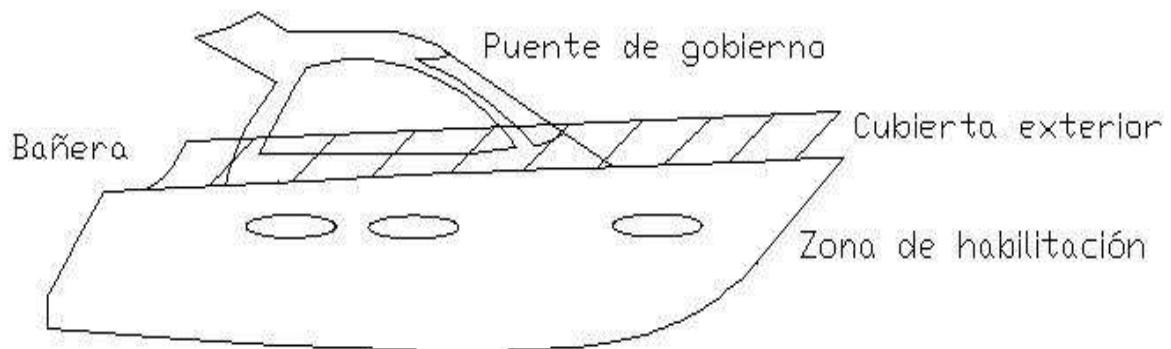
De esta forma quedan definidas las formas del casco aunque puedan sufrir alguna modificación que repercutirá en las dimensiones y formas.

➤ DISPOSICIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN

Conociendo las exigencias del cliente sobre las características y usos a los que estará destinada la embarcación, se puede tener una idea de la distribución más óptima de los espacios y de cómo será el barco por dentro. Ya que la embarcación que nos ocupa es una embarcación de recreo para seis personas con categoría de lujo, todos los espacios deberán tener la amplitud necesaria para garantizar la confortabilidad de los pasajeros.

Para verlos de una manera clara y sencilla procedemos a un croquis donde se visualiza la distribución de los espacios.



DISEÑO DE LA CUBIERTA EXTERIOR

Es muy importante lograr un espacio cómodo en cubierta, puesto que casi siempre es el lugar elegido para pasar la mayor parte del día para disfrutar del sol y del mar.

En la zona de proa como podemos observar se disponen de dos colchonetas muy cómodas para poder tomar el sol y disfrutar de la brisa marina.

BAÑERA

Es la zona de popa de la embarcación y la única zona de la embarcación provista de techo, proporcionando una zona sombreada, sus dimensiones son de 2.78 m de eslora y la totalidad de la manga.

A proa se localiza la entrada a la zona de habilitación y puente de gobierno, en la bañera se dispondrá una zona de relax con una pequeña mesa en frente una pequeña nevera para refrigerar bebidas o aperitivos.

Tanto el suelo de la bañera como el del puesto de gobierno serán de teca que hará contraste con el color blanco del mobiliario exterior y del puente.

PUESTO DE GOBIERNO

El puesto de gobierno está a proa de la bañera, tendrá una eslora de 4.71 metros y la totalidad de la manga.

Se dispondrá un asiento para el piloto y otro a su lado para el copiloto o acompañante, el volante del timón, cuadro de mando con múltiples indicadores como temperatura de motores, trimado, ángulo del timón, en

resumen todos los mandos oportunos para proporcionar información de todos los aspectos de la navegación.

Además se dispone de otro asiento y su mesa auxiliar en la banda de babor.



Detrás de los asientos se dispondrá de una zona de descanso compuesta por un sofá amplio con su correspondiente mesa para tomar un aperitivo.

La escalera para el acceso a la planta de habitación inferior se encuentra en la banda de babor a popa del puente de gobierno, es una escalera de caracol para ahorrar espacio y permitir la accesibilidad a dicha zona.

PASILLOS LATERALES

El mayor inconveniente de los pasillos laterales es que en algunas embarcaciones son muy estrechos, sin embargo en este proyecto hemos querido evitar esto dotando de una manga de 0,5 metros a los pasillos laterales.

Además para hacer más seguro el paso por los mismos se dispone de unas barandillas de acero inoxidable con una longitud máxima de 0,9 metros y una inclinación de 41° , que se extenderá a lo largo de toda la eslora.

CUBIERTA DE PROA

Las dimensiones de esta zona son de 4 metros de eslora y la totalidad de la manga creando un espacio triangular, acomodado por dos colchonetas para tomar el sol.

El ancla y la cadena se estibarán en el pique de proa, que debe tener una longitud del 10% de la eslora del barco que en este caso es de 1.2 metros.

DISEÑO DE INTERIORES

En el proyecto que nos ocupa, el diseño de los interiores de la embarcación es uno de los factores más importantes a tener en cuenta junto con las formas del casco puesto que se trata de obtener una embarcación con un alto rendimiento de navegación y seguridad que permitan navegaciones cómodas y seguras, para ello debe tener un diseño y una distribución de la habitación estéticamente elegante al igual que funcional y confortable, no dejando atrás hasta el más mínimo detalle o acabados.

En varias reuniones con el cliente logramos obtener una distribución óptima de la habitación así como los acabados elegidos por el mismo.

SALÓN - COMEDOR

El acceso a la zona de la habitación se realiza por la escalera de caracol situada a popa del puente de gobierno.

Se dispone de un sofá muy amplio convertible en una cama doble de matrimonio para posibilitar la pernoctación de hasta 6 personas, además de dispone de un mueble del cual saldrá la televisión cuando se desee ver, ésta será una televisión de pantalla plana led de 42 pulgadas.

Entre el sofá y la cocina se encuentra una mesita que posibilita que los tripulantes almuercen o cenén viendo la televisión.

Además es una zona muy iluminada gracias a los dos portillos en el casco, uno situado detrás del sofá en la banda de babor y otro en la cocina en la banda de estribor.

COCINA

La cocina es en forma de L situada en la banda de estribor con una eslora de 1.8 metros.

Es de acero inoxidable, cuenta con muebles inferiores y superiores para el almacenamiento de conservas o utensilios de cocina además de un cajón para la cubertería, una nevera para almacenar los alimentos con una capacidad de 80 litros, un fregadero, un microondas encastrado y una placa de vitrocerámica con dos fuegos grandes y dos pequeños.



CUARTO DE BAÑO

El cuarto de baño se sitúa a proa de la cocina en la banda de estribor, es un baño completo que cuenta con un inodoro con su portarrollos, una placa de

ducha con hidromasaje con su mampara de cristal templado serigrafiado de 8 mm y un lavabo moderno de cristal con su espejo y toallero.

CAMAROTE DE PROA

El camarote de proa es un camarote amplio situado a popa del pique de proa con una cama de manga total 1.7 metros y eslora 1.9 metros. Dicha cama se encuentra sobre una especie de tarima de 30 cm que sirve como canapé para guardar mantas o sábanas.

Se dispone en los laterales de la cama a modo de mesitas de noches unos armarios con cajoneras.

Además es un espacio muy iluminado ya que tanto en babor como en estribor se dispone de portillos.

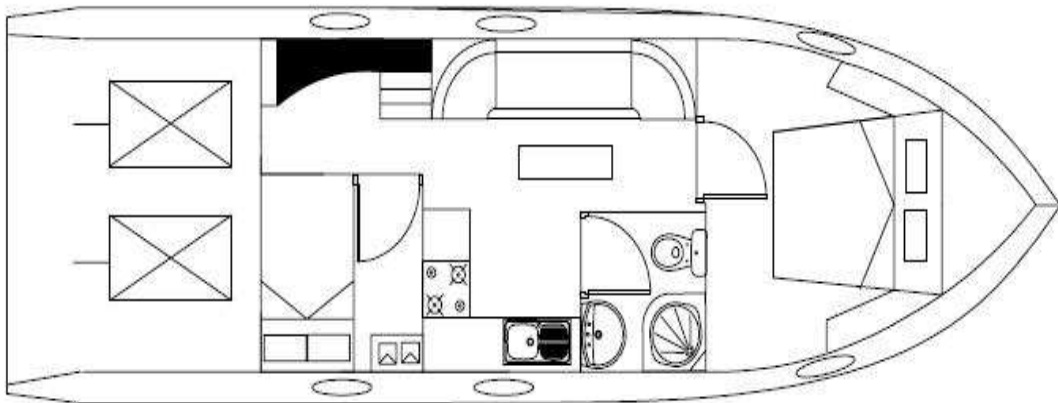


CAMAROTE DE POPA

Es un camarote situado a proa de la cámara de máquinas y a popa de la cocina y salón comedor.

Consta de una cama doble de manga 1,10 metros y eslora 1,9 metros, una mesita de noche a proa de la cama con cajoneras para almacenar la ropa además de disponer al igual que el otro camarote de proa con un canapé de 30 cm debajo de la cama.

Así con esta configuración de la habitación inferior de la embarcación queda una distribución:



ACABADOS Y DETALLES

- ✓ La madera a utilizar en todo el suelo de la cubierta será madera de teca.
- ✓ Las barandillas de cubierta a lo largo de toda la eslora de la embarcación serán de acero inoxidable de 40 cm de diámetro y con un diseño exclusivo.

- ✓ Detalles de la decoración de la escalera de acceso a la zona de la habitación inferior

- ✓ Los elementos de amarre y de fondeo se encuentran ocultos a la vista, bajo el suelo, en los habitáculos preparados para ese fin como es el pique de proa.

- ✓ Todos los materiales empleados tanto en la construcción como en la decoración de la embarcación serán de alta calidad, así como los acabados.

➤ **DISPOSICIÓN DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES**

Dispondremos de mamparos transversales a lo largo de la eslora de la embarcación, los cuales serán:

Mamparo de pique de proa

Limita el pique de proa con la zona de habilitación. La posición longitudinal con respecto al extremo de popa será de 11 m

Mamparo divisorio de camarote de proa

Separa el camarote de proa con el resto de la habilitación, su posición longitudinal es de 8,3m desde el extremo de popa.

Mamparo divisorio camarotes de popa

Separa el camarote de popa con el resto de la habilitación, su posición longitudinal es de 5 metros.

Mamparo a proa de cámara de máquinas

Este mamparo es el mamparo de popa del camarote de popa y su función es aislar la cámara de máquinas de la habilitación. Será totalmente estanco y su posición longitudinal es de 3 metros.

Mamparo a popa de cámara de máquinas

Limita la zona de cámara de máquinas a popa, será totalmente estanco con una posición longitudinal de 1 metro

Todos los mamparos se fabricarán en PRFV, se detallará en el apartado de escantillonado.

➤ DISEÑOS Y CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA

La estructura del casco se puede construir de varios tipos de material, ya sea de aluminio, acero, madera o plástico reforzado con fibras de vidrio (PRFV) entre otros. En función de las características de cada uno de ellos podremos elegir el más idóneo para nuestra embarcación.

Haciendo un balance entre el peso final, las propiedades mecánicas, los costes de fabricación y el mantenimiento, el tiempo aproximado de vida operativa, diremos que el material que cumple todos estos requisitos es el plástico reforzado, (composite, resina de poliéster y reforzado de fibra de vidrio, mat y woven roving)

El diseño de la estructura resistente de la embarcación comprende la disposición, el cálculo y la definición del estratificado de las capas de cada uno de los refuerzos. Para ello partimos de la normativa ISO (UNE-EN_ISO_12215-5-2008) de escantillonado, en la que se definen las características que deben tener cada elemento, partiendo de una disposición de elementos previamente definida.

Las ventajas por las que emplearemos fibra de vidrio para la construcción de esta embarcación son:

- ✓ Construcciones ligeras (buena relación resistencia/peso)
- ✓ Menor rigidez de la estructura
- ✓ Buen comportamiento a fatiga
- ✓ Excelente comportamiento frente a la corrosión por el efecto del oxígeno en el aire y la corrosión eléctrica
- ✓ Gastos de mantenimientos mínimos
- ✓ Gastos más bajos si se construyen varias unidades (se fabrica en un solo molde y un solo modelo para hacer varias unidades de producto)
- ✓ Buena confortabilidad

➤ LOS MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos se forman básicamente de la combinación de resinas sintéticas polimerizadas y materiales reforzantes, en nuestro caso con fibra de vidrio.

En el mercado se pueden encontrar varios tipos:

• MATERIAL REFORZANTE

CLASES DE FIBRAS	DE ORIGEN MINERAL	FIBRAS CERÁMICAS(Carburo de silicio, Alumina)	Generalidades: - Basadas en óxido de silicio, con adición de óxidos de Ca, B, Na, Fe, Al. - Vidrios amorfos. - Resistencia y rigidez. - Propiedades isotrópicas. - 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.
		FIBRAS METÁLICAS		
	DE ORIGEN ORGÁNICO	FIBRAS ORGÁNICAS(Algodón)		

FIBRAS DE VIDRIO	TIPO "A"	Características: - Dimensión del hilo: 10(μ m). - Densidad: 2480(Kg/m ³). - Módulo a tracción de una sola fibra: 86(MPa). - Resistencia a tracción de una sola fibra: 4.59(MPa). - Módulo específico: 34. - Coeficiente expansión térmica: 5.1 (10 ⁶ K)
	TIPO "C"	
	TIPO "E"	
	TIPO "R"	
	TIPO "S"	
	FORMAS DE PRESENTARSE	Tejido de filamentos perfectamente entrecruzados (WR= Woven rovings) Masa de mechas de filamentos colocados aleatoriamente (CSM= Chopped Stran Mat o MAT) Para reforzar zonas concretas se utilizan mechas de fibras continuas.
	CARACTERÍSTICAS SOLIDIFICADA	- Baja densidad. - Peso reducido. - Gran resistencia mecánica y eléctrica. - Baja reactividad química con el agua salada.

Para la fabricación de esta embarcación se procederá a utilizar la fibra inorgánica, concretamente la **fibra de vidrio**, cuyas características son las siguientes:

- ✓ Basadas en óxido de silicio con adición de óxidos de Ca, B, Na, Fe, Al
- ✓ Vidrios amorfos
- ✓ Resistencia y rigidez: controlada por estructura
- ✓ Propiedades isótropas
- ✓ Tratamiento superficial: protege, une, lubrica
- ✓ Alta adherencia fibra-resina
- ✓ Resistencia mecánica
- ✓ Características eléctricas
- ✓ Incombustibilidad
- ✓ Compatibilidad con las materias orgánicas
- ✓ Imputrescibilidad
- ✓ Débil conductividad térmica
- ✓ Excesiva flexibilidad
- ✓ Bajo coste

Existen diferentes tipos de fibra de vidrio, A, E, S, R. En esta embarcación se procederá a utilizar la del tipo S, por ser comúnmente utilizada en embarcaciones de este tipo y obteniendo buenos resultados y por las propiedades que a continuación se detallan:

CARACTERÍSTICAS	VIDRIO "S"
Diámetro de hilo (μm)	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 desbastada 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.

• **RESINAS**

Existen varios tipos como son las inorgánicas, termoestables, y termoplásticos. Los termoplásticos presentan excelentes propiedades químicas, pero tienen propiedades mecánicas que no pueden competir con los materiales termoestables, sobre todo a temperaturas elevadas.

En el mercado podemos encontrar varios tipos de resinas termoestables: resinas de vinilester, epoxi, y resinas de poliéster. La más común en la construcción naval es la resina de poliéster, que aunque no posee las mejores características si es la más económica.

También son de uso común las resinas epoxi, que reciben este nombre por incluir en su composición dos grupos epóxidos. Muestran buenas cualidades de resistencia mecánica y química, también a la abrasión y poseen buenas cualidades eléctricas, como inconveniente presenta que es más cara que la resina de poliéster.

A continuación veremos un cuadro con los tipos de resinas termoestables en función de la temperatura a la que va a ser usada:

BAJA TEMPERATURA	POLIESTER (Son polímeros lineales de condensación que resulta de la reacción de ácidos carboxílicos o anhídrido de ácido con glicoles, denominándose esta reacción "esterificación")	ISOFTÁLICA → Resistente al desgaste y a agentes químicos. ORTOFTÁLICA → Resina de utilización general. ÁCIDO CALIENTE → Se utiliza como retardador de llama.
MEDIA TEMPERATURA	VINILESTER	
	EPOXI (Incluye en su composición dos grupos epóxidos)	Propiedades: - Buena resistencia mecánica y química. - Buena resistencia a la abrasión. - Buenas cualidades eléctricas.
MEDIA-ALTA TEMPERATURA	FENÓLICA	
ALTA TEMPERATURA	BISMALEIMIDA POLIMIDA ESTERES CIANATO POLIETERAMIDA	

Debido a que las resinas termoestables se caracteriza porque no cambia sus propiedades al variar la temperatura y la resina de poliéster es una de las más usadas en la construcción naval, ésta será considerada la más apropiada para nuestro proyecto.

Químicamente la resina de poliéster está compuesta por polímeros lineales de condensación que resultan de la reacción de ácidos carboxílicos (o anhídridos de ácido) con glicoles, denominándose esta reacción "esterificación".

Los principales tipos de resinas de poliéster son:

- ❖ Ortoftálica: es una resina de uso general
- ❖ Isoftálica: tiene propiedades de resistencia superiores al desgaste y a los agentes químicos
- ❖ De ácido caliente: Se utiliza como retardador de llama

De entre estos tres tipos de resinas de poliéster el que vamos a usar para nuestra embarcación es la resina de poliéster ortoftálica.

Las resinas pasan del estado líquido al sólido por copolimerización del poliéster con el aporte de un iniciador activo (catalizador) en combinación con otro producto químico (acelerador) o aporte de calor.

Este producto ofrece:

- ✓ La posibilidad de curado a temperatura ambiente
- ✓ No es necesario aplicar presión para la transformación y moldeo
- ✓ Obtención de gran número de diferentes formas
- ✓ Posibilidad de moldeo de piezas grandes y complejas a precios competitivos a pequeñas y medias escalas de producción
- ✓ Excelente estabilidad dimensional
- ✓ Excelente resistencia a ambientes químicos agresivos
- ✓ Excelentes propiedades mecánicas y eléctricas

Hay que tener en cuenta que el catalizador tiene como misión producir radicales libres que provoquen el inicio de la reacción de polimerización y el

acelerador refuerza la acción del catalizador y permite polimerizar a temperatura menos elevada, por ello jamás hay que mezclar acelerador y

catalizador porque provoca una violenta explosión. El activador se añade a la resina previamente.

Además existe la 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.

- **GELCOAT**

Son resinas no reforzadas que constituyen la superficie de los laminados de poliéster con fibra de vidrio.

El Gelcoat tiene tres funciones principales:

- ✓ Proteger el laminado contra los efectos de la intemperie y la humedad
- ✓ Conferir acabado colorido, liso, brillante a la superficie de la pieza
- ✓ Servir de base para aplicar pinturas especiales (acrílicas, poliuretano, etc)

Generalmente el gelcoat es aplicado sobre la superficie del molde, siendo el laminado estructural aplicado sobre esta capa. El Gelcoat reproduce las características superficiales del molde (obviamente cubierto por un desmoldeante previamente)

El Gelcoat de acabados debe ser aplicado sobre moldes bien pulidos con esmerado acabado superficial.

En cuanto a los métodos de aplicación puede ser aplicado por pistola, rodillos o pincel. Los mejores resultados se obtienen con la aplicación con pistola que permiten aplicaciones uniformes de espesor. El espesor de la capa de gelcoat no suele ser mayor a los 0,5 mm, pues los resultados más gruesos suelen ser quebradizos y pueden aparecer grietas superficiales;

sin embargo aplicaciones muy delgadas pueden arrugarse debido al ataque del estireno de los laminados.

- **CONCLUSIÓN**

La elección del material de construcción se ha realizado teniendo en cuenta todas las características y propiedades mencionadas anteriormente, por ello para la construcción de nuestro proyecto se procederá a utilizar resina de poliéster ortoftálica reforzada con fibra de vidrio tipo S, que además de cumplir perfectamente todos los requisitos es la combinación más económica.

➤ **PROCESO DE CONSTRUCCIÓN**

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

La construcción de esta embarcación se realizará mediante la construcción, en primer lugar de un molde a partir de un modelo. Será este molde sobre el cual se laminará para obtener las distintas piezas que conforman la embarcación

El modelo es el elemento primario para la realización de las piezas de plástico reforzado que componen la embarcación. Pueden realizarse en madera, metal, barro, escayola, cemento, cera, vidrio, piezas de poliéster ensambladas, etc.

En el caso de nuestro proyecto, el modelo se realizará en madera de contrachapado marino con baja absorción de humedad.

El molde se obtiene a partir del modelo, y es el elemento donde se conforma la pieza de material compuesto, suelen fabricarse de diversos materiales como madera, metal.

Existe la posibilidad de realizar moldes "machos" o moldes "hembra".

- Molde macho, es aquel que adopta la forma del interior del casco de la embarcación. Una vez se ha procedido al laminado y ha finalizado el proceso de fraguado, al separar el casco del molde, el exterior presenta una superficie áspera e irregular. Por tanto, requiere un trabajo adicional de pulido y terminación de superficie.
- Molde hembra, es aquel que adopta la forma exterior del casco. Es el más indicado y que una vez procedido al desmoldado, la superficie exterior de la embarcación está prácticamente lisa y terminada, a falta de corregir pequeñas imperfecciones si las hubiera. Otra ventaja de este tipo de moldes es la de permitir un control total de las dimensiones de la pieza, sin embargo presenta algunos riesgos tales como la aparición de bolsas de aire entre el molde y

la superficie de la pieza que pueden producir deformaciones en la misma.

En el caso que se desee construir una serie completa de casco 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 procederá a usar un molde de tipo "hembra", debido a las razones anteriormente explicadas como son una excelente terminación de la pieza y un sencillo control dimensional.

Durante todo el proyecto de diseño se ha intentado lograr un producto estéticamente atractivo, esto implica ofrecer también una embarcación de calidad a un precio razonable. Por esta razón un molde de usar y tirar de bajo presupuesto parece la opción más acertada, además debido a las formas planas del casco, diseñadas para obtener una embarcación rápida,

permiten una construcción rápida, sencilla, y económica de un molde a partir de paneles de madera contrachapada.

Una vez construido el molde de laminación se procederá a la preparación del mismo para que su interior presente una superficie lisa y limpia.

Los principales métodos de moldeo son:

- ✓ Por contacto
- ✓ Preformado
- ✓ Enrollamiento
- ✓ Vacío
- ✓ Matrices metálicas
- ✓ Laminados continuos
- ✓ Pre-impregnados

Para nuestro casco se empleará el moldeo por contacto con laminación manual. Ésta es la técnica más utilizada, ofrece más simplicidad y menor coste.

El moldeo por contacto es el único procedimiento que aprovecha las dos ventajas más importantes de las resinas de poliéster en su procedimiento de curado:

- ✓ Polimerización completa en ausencia de calor exterior
- ✓ Sin necesidad de alta presión

El moldeo por contacto con laminación manual comienza con la aplicación de una capa de gelcoat al molde, con desmoldeante previamente dispuesto sobre el molde, y se completa con la posterior laminación con sucesivas capas de fibra de vidrio impregnadas con resina de poliéster.

Uno de los inconvenientes del uso de 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 evitar este problema, antes de comenzar a

aplicar las distintas capas de resina y fibra es necesario aplicar sobre la superficie de laminación un agente "desmoldeante".

Los principales desmoldeantes pueden ser algún producto basado en cera brillante, cuerpos grasos, siliconas, acetato de celulosa disuelto en acetona, alcohol de polivinilo (siempre acompañando a algún otro desmoldeante y no como único agente).

Normalmente el más usado es el desmoldeante que incluye como producto base cera, por su fácil aplicación y excelentes propiedades.

Después de aplicar la cera sobre la superficie del molde, varias capas de la misma para garantizar que la retirada del modelo se produzca con facilidad, se procede a la laminación de la capa de terminación gelcoat. Esta capa debe aplicarse con especial cuidado evitando la formación de burbujas de aire para conseguir unas propiedades estéticas e hidrodinámicas.

Si se desea el casco de un color determinado, es el momento de añadir a la resina que compone el gelcoat la carga necesaria de colorante teniendo cuidado de que la carga se distribuya correctamente para conseguir un color uniforme en todo el casco.

El gelcoat se aplicará con una brocha ancha y suave dando largas pinceladas continuas. Se aplicará siempre en la misma dirección, aunque también puede aplicarse con un rodillo de lana siguiendo la misma indicación.

Se debe conseguir una capa de espesor entre 0,2 a 0,5 mm, para ello se aplicarán tantas capas como sean necesarias esperando siempre a que solidifique la anterior.

Una vez seca la capa de gelcoat, se aplicará una capa de resina y a continuación se comienza a laminar con la fibra de vidrio según el escantillonado calculado para la embarcación.

Como la laminación los tejidos no son enteros al colocarse deben solaparse como mínimo 20 mm con el fin de que no haya discontinuidades.

Durante todo el proceso deben evitarse la formación de burbujas de aire ya que una vez endurecido el casco, éstas pueden provocar puntos débiles. También se prestará atención con el empalme de las distintas piezas de tejido.

Pueden aplicarse de forma consecutiva varias capas de resina y tejido, no siendo imprescindible esperar a que endurezcan las anteriores. Sin embargo, en espesores gruesos es necesario contar con el efecto exotérmico que se produce durante el curado. Conviene detener la laminación al alcanzar un espesor correspondiente a 2 kg de laminado por metro cuadrado.

Una vez laminado el molde teniendo en cuenta los datos del escantillonado, se colocan en su interior en los lugares previamente calculados los núcleos de los refuerzos (cortados en las medidas establecidas) y se procede a su laminado.

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

En casos pequeños, pueden intentarse dando la vuelta al molde, de manera que la pieza se separe por acción de su propio peso. En embarcaciones mayores, los métodos más usuales son entre otros, la introducción de aire comprimido o de agua entre la superficie interior del molde y la exterior del casco.

En el caso de usar agua se produce un efecto curioso, el casco se separa repentinamente para flotar dentro del molde.

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

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

➤ SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

Para proceder al cálculo de los escantillones de la estructura de la embarcación se aplicarán la normativa de las distintas sociedades de clasificación.

En este proyecto se procederá al cálculo aplicando la normativa de *Lloyd's Register of Shipping* correspondiente al año 1978.

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

	N/mm ²	Kgf/mm ²
ESFUERZO MÁXIMO DE TENSIÓN	85.00	8.66
MÓDULO DE TENSIÓN	6350.00	647.00
ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN	152.00	15.50
MÓDULO DE FLEXIÓN	5206.00	531.00
ESFUERZO MÁXIMO DE COMPRESIÓN	117.20	11.90
MÓDULO DE COMPRESIÓN	6000.00	612.00
ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO	62.00	6.32
MÓDULO DEL 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 Lloyd's Register of Shipping comienza con el cálculo de la eslora de escantillonado que es la media aritmética de la eslora total (Loa) y la eslora en la flotación (Lwl).

$$L = (Loa + Lwl) / 2 = (12,5 + 10,5) / 2 = 11,5 \text{ m}$$

Además es necesario conocer el coeficiente V/\sqrt{Lwl} , donde V representa la velocidad máxima en nudos que puede alcanzar la embarcación.

➤ RESTRICCIONES DE LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

- ✓ **Velocidad máxima menor de 35 nudos**

La velocidad máxima de nuestra embarcación es de 27 nudos, por lo tanto **cumple** la restricción.

- ✓ **2. El coeficiente V/\sqrt{Lwl} menor o igual a 10,8**

Con una velocidad máxima de 27 nudos y una eslora de flotación de 10,5 metros se deduce:

$$V/\sqrt{Lwl} = 27/\sqrt{10,5} = 8,33$$

El resultado 8,33 es menor que 10,8 por lo tanto se **cumple** la restricción.

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

El coeficiente V/\sqrt{Lwl} es $8,33 > 3,6$, y el desplazamiento de la embarcación es de 10,5 Toneladas, por lo tanto:

$$0,094 (L^2 - 15,8) = 0,094 * (11,5^2 - 15,8) = 10,95 \text{ Tn}$$

En consecuencia, $10,5 < 10,95$, por lo tanto **cumple** la restricción.

- ✓ **4. La eslora de escantillado, L, ha de ser menor de 30 metros**

La eslora de escantillado de nuestra embarcación es de 11,5 metros, por lo tanto **cumple** la restricción.

➤ **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:

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

Donde w es el peso de la capa de refuerzo en gr/mm^2 ; y G_c es la fibra de vidrio contenida en la capa.

Este proyecto se realizará alternando tejido "mat", también llamado de hebra desbastada o fibras trenzadas, y tela de mechas tejidas.

Para mat = 0,34

Para tela de mechas tejidas = 0,50

Ambos tejidos se presentan en diferentes formatos que dependen del peso por unidad de superficie de los mismos.

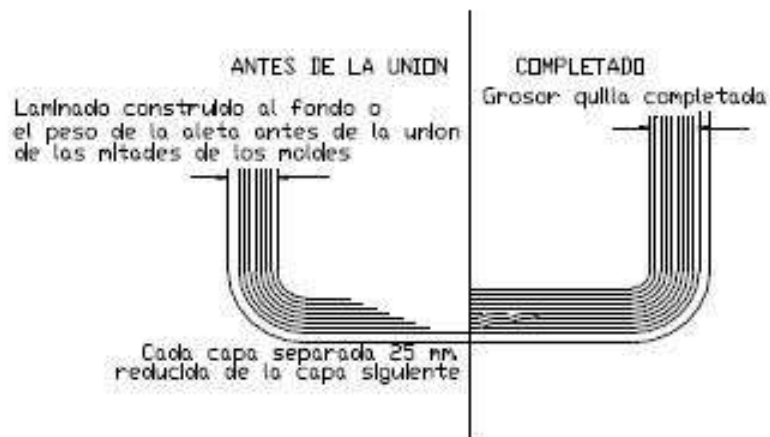
En el siguiente cuadro se recogen aquellos que se utilizarán en esta embarcación, además aparecen los espesores ya calculados aplicando la fórmula citada anteriormente.

Tejido	w (gr/mm ²)	Gc	Espesor (mm)
MAT	300	0,34	0,60
MAT	450	0,34	0,90
MAT	500	0,34	1,00
MAT	600	0,34	1,20
TEJIDO	450	0,50	0,55
TEJIDO	500	0,50	0,61
TEJIDO	600	0,50	0,75
TEJIDO	800	0,50	1,00

➤ LAMINADO DEL CASCO

El laminado del casco tiene que ser una moldura simple o inicialmente moldeado como dos mitades unidas.

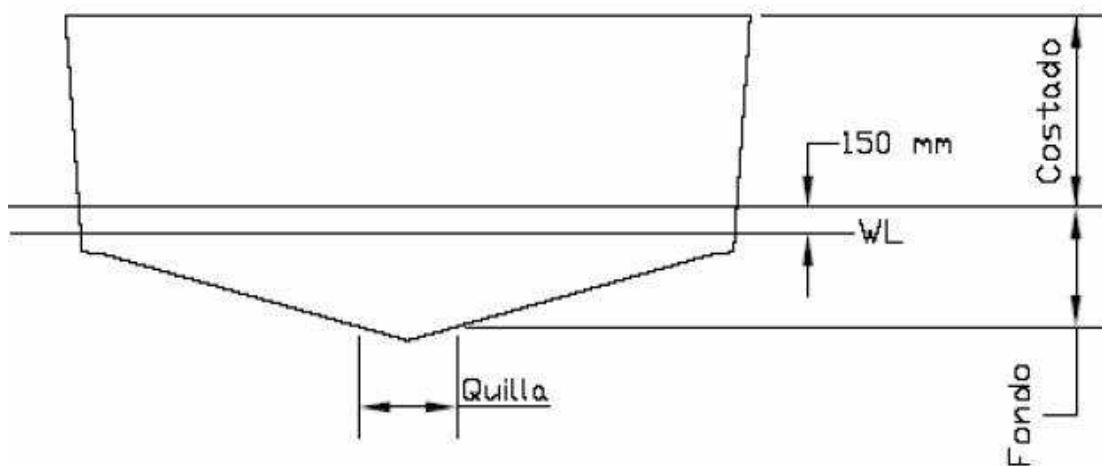
La parte exterior del casco o forro exterior tiene que tener una capa de gel-coat. Donde los cambios de la forma del casco ocurren, como los del límite del espejo de popa o pantoque, el refuerzo será llevado durante y después de la articulación.



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 sellado con resina.

En el cálculo del laminado del casco, se distinguen tres partes principales que se diferencian de 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 a 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.



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

En función de las divisiones mencionadas anteriormente y para un valor de $L= 11,5$ metros, y $V/ \sqrt{Lwl}= 8,33$ obtenemos por extrapolación en la tabla 2.5.1 los siguientes datos:

ESLORA (m)	PESO DEL LAMINADO DEL CASCO (gr/m ²)					
	V/ $\sqrt{Lwl} = 7,2$		V/ $\sqrt{Lwl} = 8,33$		V/ $\sqrt{Lwl} = 9,0$	
	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO	FONDO	COSTADO
11,5			5131,65	3299		
12	5000	3200	5251,12	3355	5400	3450
14	5450	3550	5729	3674	5900	3750

- Peso del laminado en fondo = 5131,65 = 5132 gr/m²
- Peso del laminado en costado = 3299 gr/m²

❖ LAMINADO DEL FONDO

Este peso deducido de la tabla no es el definitivo, ya que habrá que corregirlo aplicando el factor de corrección K_w , que aparece recogido en la sección 4.3.4 b) de la normativa aplicada, y cuyo valor es:

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

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

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

Donde T = espesor medio del laminado en milímetros

W = peso total del refuerzo de fibra de vidrio en gr/ 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 de la normativa LLOYD'S

LAMINADO DEL FONDO		
Capa	Gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0.6
TEJIDO	450	0.55
MAT	500	1
TEJIDO	600	0.75
MAT	500	1
TEJIDO	800	1
MAT	300	0.6
TEJIDO	450	0.9
MAT	300	0.6
TEJIDO	800	1
MAT	500	1
TEJIDO	600	0.75
MAT	500	1
TEJIDO	450	0.55
MAT	300	0.6
Nº de capas	15	Espesor total
Peso del laminado	7350	11.9

Este peso, al igual que el resto de los pesos para las demás zonas del casco, hay que corregirlo como hemos mencionado anteriormente, por tanto:

$$G_c = 2,56 / [(3072 * T/W) + 1,36] = 2,56 / [(3072 * 11.9/7350) + 1,36] = 0,40$$

$$K_w = (2,8 * G_c) + 0,16 = 1,308$$

G _c (laminado)	0,40
K _w	1,308
Peso inicial	5132
Peso laminado corregido	5132 * 1.308 = 6712,65 = 6713

El peso de la posible opción planteada es superior al peso del laminado ya corregido, ya que **7350 gr/m²** es mayor que 6713; por lo tanto la opción propuesta para el laminado es **aceptable**.

❖ LAMINADO DEL COSTADO

De la tabla del peso del laminado del casco se ha deducido que para la zona del fondo hará falta un laminado con un peso mínimo de 3299 gr/m².

Este peso obtenido no es el mínimo definitivo, ya que habrá que corregirlo de la misma forma que en el caso del laminado del fondo, por tanto representaremos a continuación un posible laminado del costado:

LAMINADO DEL COSTADO		
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m ²)	ESPESOR (mm)
MAT	300	0.60
TEJIDO	450	0.55
MAT	500	1.00
TEJIDO	800	1.00
MAT	500	1.00
TEJIDO	450	0.55
MAT	500	1.00
TEJIDO	450	0.55
MAT	300	0.60
TEJIDO	450	0.55
MAT	300	0.60
Nº de CAPAS	11	
PESO DEL LAMINADO	5000	
ESPESOR TOTAL	8	

Es necesario corregir el peso inicial del laminado del costado multiplicándolo por el factor de corrección Kw, aplicando la corrección como en el caso anterior obtenemos:

Gc (laminado)	0.4080
Kw	1.3023
PESO INICIAL	3299
PESO LAMINADO CORREGIDO	4296.28 gr/m ²

Con este laminado se obtiene un peso de laminado de **5000 gr/m²** que supera el peso corregido de 4296.28 gr/m², con lo cual, este laminado propuesto para el costado se considera **aceptable** según la normativa.

❖ LAMINADO DE LA QUILLA

La obtención del laminado de esta zona se realizará según lo corregido 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 del fondo correspondiente a una embarcación cuyo V/\sqrt{Lwl} sea menor o igual a 3,6.

Además la zona de la quilla tendrá una anchura de $(25 L + 300)$ mm, siendo L la eslora de escantillonado, con lo cual, $25 * 11.5 + 300 = 587.5$ mm

ESLORA (m)	$V/\sqrt{Lwl} \leq 3,6$
	Fondo
11,5	3812,5
12	3900
14	4250

Interpolando, obtenemos el valor de 3812,5 gr/m², al cual habrá que incrementar un 50%

- ✓ Peso mínimo de la zona de quilla: $3812,5 * 1,5 = 5718,8$ gr/m²
- ✓ Anchura de la zona de quilla: $(25 * 11,5) + 300 = 587,5$ mm

También se establece en el punto 5.2.4 que el peso real del laminado propuesto no será corregido, aunque este proceso nunca será inferior al corregido por la zona del fondo.

De tal manera el peso requerido en la zona de la quilla es de $5718,8 \text{ gr/m}^2$ y el del fondo corregido es de 7350 gr/m^2 , por lo que al ser el peso de la quilla inferior al del fondo no se tendrá que realizar un laminado en la zona de quilla.

Es decir, laminado el fondo superponiendo capas en la zona de crujía con un solape igual a la anchura de la zona de quilla, según la normativa aplicable (ver la siguiente figura), se obtendrá un sobre-espesor suficiente para esta zona del casco; por lo que a su vez será de agradecer en la fase constructiva ya que lo facilitará dicho proceso.

Espesor del laminado de la quilla: 24 mm



➤ LAMINADO DE LOS 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 que deben tener los mismos. Sin, embargo detalles como la morfología de los refuerzos quedan a disposición del proyectista.

En la tabla 2.6.3 de dicha normativa, aparece el módulo resistente para los longitudinales del fondo y costado en función de la eslora y el coeficiente V/\sqrt{Lwl} , en esta sección también aparece el espaciado o "clara" entre los refuerzos.

ESLORA	ESPACIADO BÁSICO (mm)
11,5	407,5
12	410
14	420

Espaciado básico entre refuerzos = 407,5 = 408 mm

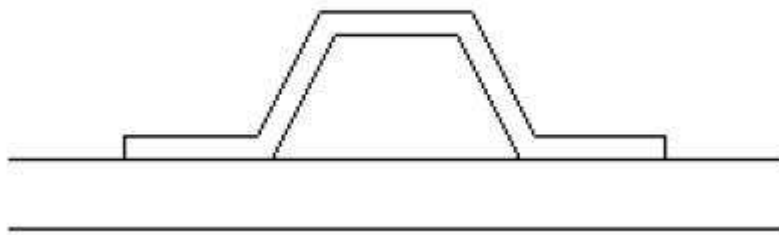
En la siguiente tabla se recogen los valores de los módulos resistentes referentes a los longitudinales de fondo y costado:

MÓDULO RESISTENTE DE LONGITUDINALES (m ³)						
ESLORA (L) m.	V/ \sqrt{Lwl} = 7,2		V/ \sqrt{Lwl} = 8,33		V/ \sqrt{Lwl} = 9,0	
	fondo	costado	fondo	costado	fondo	costado
11,5			159,97	128,85		
12	150	120	165,75	132,6	175	140
14	170	135	188,9	147,6	200	155

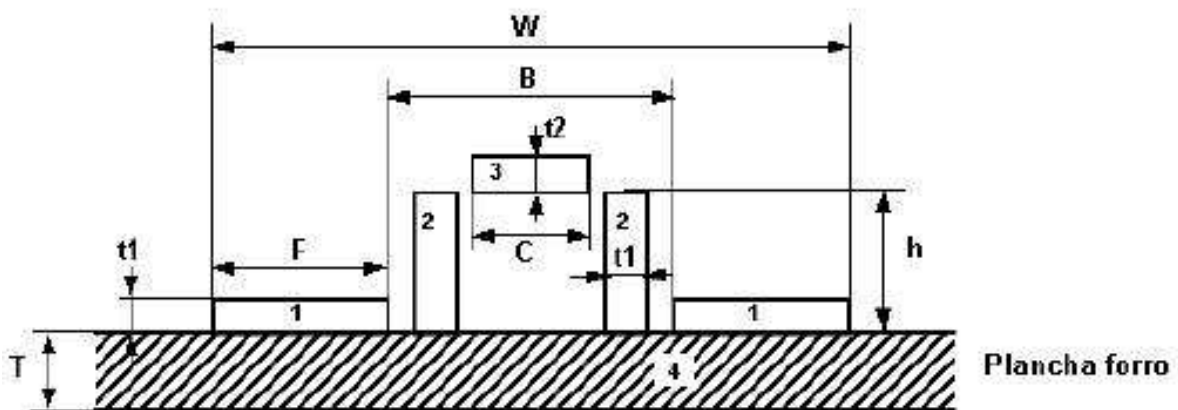
De la tabla se deduce:

- ✓ Módulo resistente de **Longitudinales del Fondo** = $159,97 \approx 160 \text{ cm}^3$
- ✓ Módulo resistente de **Longitudinales de Costado** = $128,85 \approx 129 \text{ cm}^3$

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 por paralelogramos viene representada en la siguiente figura:



Y_g (neutra) = $A * Y_g / A$	25.63636364
$Y_{m\acute{a}x}$ = $T+h+t_2 - Y_{gn}$	76.363636
I_n (Lneutra) = $I - Y_{gn}^2 * A$	8472569.697
Módulo resistente real = I_n / Y_{max}	110950.3175
G_c (fondo)	0.40
$K_z = 1 / (15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1,45)$	0.69
Módulo tabla (w)	160000 mm ³
Módulo corregido = $w * K_z$	110400 mm³

Con las condiciones establecidas anteriormente se obtiene un módulo resistente de 110950,32 mm³, que al ser mayor que el módulo corregido 110400 mm³, se aceptan las medidas establecidas para el refuerzo longitudinal del fondo, ya que proporciona un módulo resistente superior al módulo resistente corregido.

Por tanto un refuerzo con estas dimensiones es **aceptable**.

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.

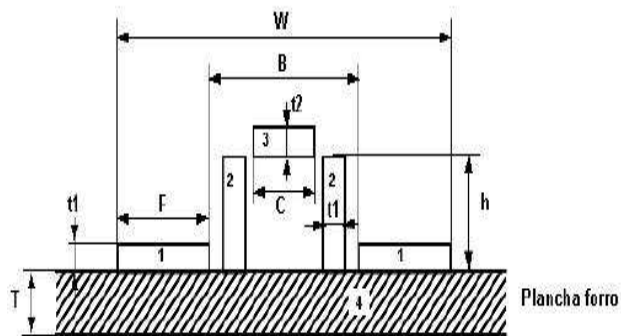
La anchura ha de tener un valor de 25 mm + 12 mm por cada 600 gr/m²

$$\text{Anchura del solape} = 25 + 12 * (7350/600) = 172 \text{ mm}$$

En cualquier caso no será menor de 50 mm

Longitudinales de costado

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	8
t2	8
C	120
h	80
W	300
F	120



ELEMENTO	ÁREA (mm ²)	Yg (mm)	A* Yg (mm ³)	Ip= 1/12 b*h ³	I = Ip + A* Yg ²
1	1920	9	17280	10240	165760
2	1280	45	57600	682666.667	3274666.67
3	960	89	85440	5120	7609280
4	2400	4	9600	12800	51200
TOTAL	6560		169920		11100906.7

Yg (neutra) = A* Yg/A	25.90244
Ymáxima= T+h+t2- Ygn	70.0976
In (Lneutra) = I - Ygn ² * A	6699564.23
Módulo resistente real = In/ Y max	95574.85502
Gc (fondo)	0.4080
Kz= 1/(15 * Gc ² - 6*Gc + 1,45)	0.667
Módulo tabla (w)	129000 mm ³
Módulo corregido= w* Kz	86043 mm³

Comprobamos que el módulo resistente real sea mayor que el módulo requerido: 95574.85502 > 86043 mm³, por tanto, son aceptables las medidas del refuerzo longitudinal de costado propuestas anteriormente.

A continuación se muestra un laminado apto para el refuerzo longitudinal de fondo y de costado, siendo el espesor del laminado del fondo de 10 mm y para los refuerzos del 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	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	450	0,90
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	13	Espesor total
Peso Laminado	6600	10,35

LAMINADO REFUERZO LONGITUDINAL DE COSTADO		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	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	11	Espesor total
Peso Laminado	5000	8

- ✓ Espesor laminado refuerzos longitudinales del fondo: 10 mm
- ✓ Espesor laminado refuerzos longitudinales de costado: 8 mm

➤ LAMINADO DE REFUERZOS TRANSVERSALES DEL CASCO (VARENGAS Y CUADERNAS)

Debemos mencionar que el reparto de dichos refuerzos en la embarcación, se realizará de forma que no resulte un obstáculo a la hora de disponer los interiores.

Se recomienda que el espaciado de cuadernas adoptado por el diseño debería ser aproximadamente de $350 + 5L$; por lo tanto en nuestro caso tendríamos un espaciado de cuadernas de $350 + 5 * 11,5 = 408$ mm

El módulo mínimo necesario recomendado para estos refuerzos se recoge en la tabla 2.6.2 de la normativa.

MÓDULO RESISTENTE DE VARENGAS Y CUADERNAS (cm ³)						
ESLORA (L) m.	V/√Lwl= 7,2		V/√Lwl= 8,33		V/√Lwl= 9,0	
	Varenga	Cuaderna	Varenga	Cuaderna	Varenga	Cuaderna
408			2365,33	80,6		
410	235	70	285,4	85,75	315	95
425	395	115	435,95	124,45	460	130

- ✓ Módulo resistente de varengas (centro): 266 cm³
- ✓ Módulo resistente de cuadernas (costado): 81 cm³

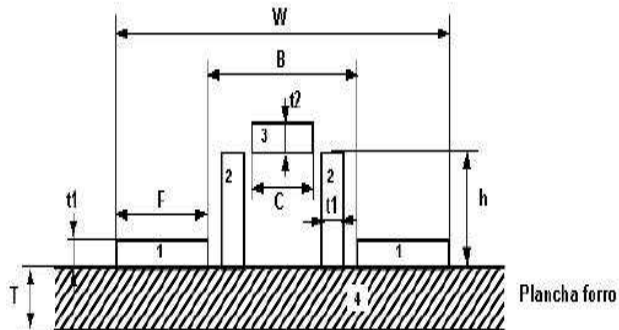
El módulo obtenido en la tabla 2.6.2 ha de ser corregido según el punto 4.3.5 sección b) de la normativa, multiplicándolo por el factor de corrección Kz.

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

La morfología de este tipo de refuerzo es similar a la de los refuerzos longitudinales, el llamado tipo "sombbrero de copa", por tanto, con la ayuda de la hoja de cálculo se obtendrá el módulo resistente apto y las dimensiones de estos.

Varengas

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	11
t2	11
C	100
h	120
W	400
F	100



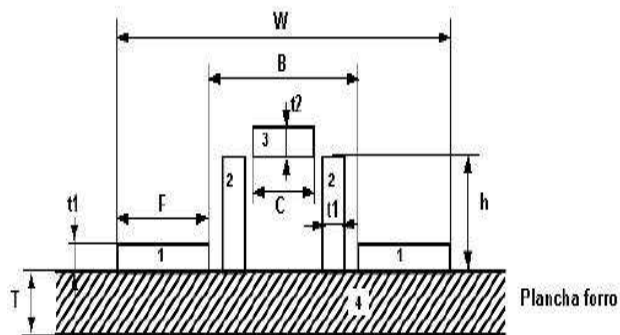
ELEMENTO	ÁREA (mm ²)	Yg (mm)	A* Yg (mm ³)	Ip= 1/12 b*h ³	I = Ip + A* Yg ²
1	2200	17.5	38500	22183.33	695933.33
2	2640	72	190080	3168000.00	16853760.00
3	1100	137.5	151250	110910.67	20807966.67
4	4800	6	28800	57600.00	230400.00
TOTAL	10740		408630		38588060.00

Y_g (neutra) = $A^* Y_g / A$	38.05 mm
$Y_{m\acute{a}x} = T + h + t_2 - Y_{gn}$	104.95 mm
$I_n (L_{neutra}) = I - Y_{gn}^2 * A$	23040715.78
Módulo resistente real = I_n / Y_{max}	219534.6725 mm³
G_c (fondo)	0.40
$K_z = 1 / (15 * G_c^2 - 6 * G_c + 1,45)$	0.69
Módulo tabla (w)	266000 mm ³
Módulo corregido = $w * K_z$	183540 mm³

Con las condiciones establecidas anteriormente se obtiene un módulo resistente de 219534.6725 mm³, que al ser mayor que el módulo corregido (183540 mm³), se aceptan las medidas propuestas para el refuerzo transversal del fondo, ya que proporciona un módulo resistente superior al corregido. Por tanto, un refuerzo con estas dimensiones es **aceptable**.

Cuadernas

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	7
t2	7
C	70
h	80
W	300
F	100



ELEMENTO	ÁREA (mm ²)	Yg (mm)	A* Yg (mm ³)	Ip= 1/12 b*h ³	I = Ip + A* Yg ²
1	1400	11.5	16100	5716.67	190866.67
2	1120	48	53760	597333.33	3177813.33
3	490	91.5	44835	2000.83	4104403.33
4	2400	4	9600	12800.00	51200.00
TOTAL	5410		124295		7524283.33

Yg (neutra) = A* Yg/A	22.98 mm
Ymáxima= T+h+t2- Ygn	72.02 mm
In (Lneutra) = I - Ygn ² * A	4668599.96
Módulo resistente real = In/ Y max	64819.20111 mm³
Gc (costado)	0.4080
Kz= 1/(15 * Gc ² - 6*Gc + 1,45)	0.667
Módulo tabla (w)	81000 mm ³
Módulo corregido= w* Kz	54027 mm³

Con las condiciones anteriormente establecidas se obtiene un módulo resistente mayor al módulo corregido ($64819.20111 \text{ mm}^3 > 54027 \text{ mm}^3$), con lo cual, las medidas propuestas para el refuerzo se **aceptan**.

A continuación se muestra un laminado apto para el refuerzo transversal de centro (varenga) y costado (cuaderna), el primero tiene un espesor de 11 mm y el segundo un espesor de 7 mm.

LAMINADO REFUERZO TRANS. VARENGA		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	600	1,20
TEJIDO	800	1,00
MAT	600	1,20
TEJIDO	800	1,00
MAT	600	1,20
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	13	Espesor total
Peso Laminado	6950	11,05

LAMINADO REFUERZO TRANS. CUADERNA		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	9	Espesor total
Peso Laminado	4250	6,85

- ✓ Espesor laminado refuerzos transversales de centro: 11 mm
- ✓ Espesor laminado refuerzos transversales de costado: 7 mm

➤ LAMINADO DE CUBIERTA

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

La metodología utilizada para el cálculo del laminado de la superficie y de sus refuerzos es la misma que se ha utilizado en apartados anteriores.

En la tabla 2.7.1 de la normativa de LLOYD'S aparece cual ha de ser el peso por metro cuadrado de la cubierta.

ESLORA (m)	ESPACIADO BÁSICO (mm)	PESO CUBIERTA (gr/m ²)
11,5	408	2125
12	410	2150
14	420	2250

PESO DEL LAMINADO DE CUBIERTA: 2125 gr/m²

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

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

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

LAMINADO DE CUBIERTA		
TIPO DE FIBRA	PESO (gr/m²)	ESPELOR (mm)
MAT	300	0.60
TEJIDO	450	0.55
MAT	500	1.00
TEJIDO	450	0.55
MAT	500	1.00
TEJIDO	450	0.55
MAT	300	0.60
Nº de CAPAS	7	
PESO DEL LAMINADO	2950	
ESPELOR TOTAL	4.85	

<i>G_c</i> (laminado)	0.3993
<i>K_w</i>	1.28
PESO INICIAL	2125
PESO LAMINADO CORREGIDO	2720

El peso mínimo del laminado de cubierta ha de ser 2125 gr/mm², el cual podemos conseguir con un estratificado como el mostrado en la gráfica anterior. (Laminado con 7 capas, espesor de 4.85 mm y peso de 2950 gr/mm²).

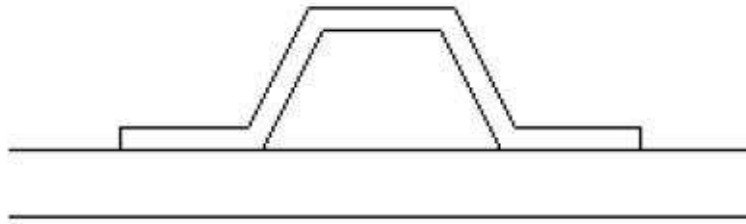
Como se mencionó anteriormente el peso mínimo de laminado es de 2125 y al ser corregido mediante el factor de corrección *K_w*, obtenemos un valor de peso laminado corregido de 2720 gr/mm².

Como el peso laminado corregido es menor que el peso del laminado propuesto, se considera aceptado la propuesta de laminado para cubierta, ya que 2950 gr/mm² > 2720 gr/mm².

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 será en forma de "sombbrero de copa"



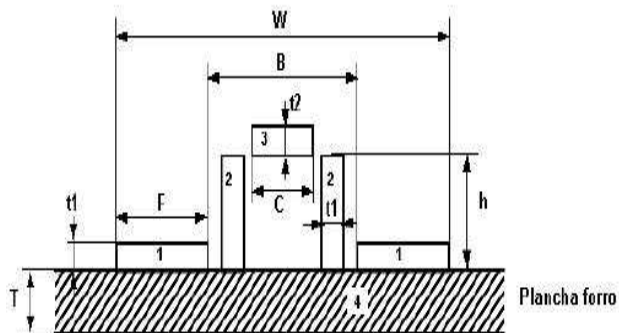
El módulo mínimo necesario de estos refuerzos se recogen en la tabla 2.7.3 de la normativa, en la cual, hemos considerado un valor de panel no soportado de 1.8 metros.

ESLORAS (m)	LONGITUD DE ESLORAS (1,8 m)
	Módulo (cm ³)
11,5	74
12	75
14	79

Por tanto el módulo resistente de eslora es: 74 cm³, el cual debe ser corregido según el punto 4.3.5 sección b) de la normativa, multiplicándolo por el factor de corrección Kz.

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

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	7
t2	7
C	80
h	70
W	300
F	100



ELEMENTO	ÁREA (mm ²)	Yg (mm)	A* Yg (mm ³)	Ip= 1/12 b*h ³	I = Ip + A* Yg ²
1	1400	8.5	11900	5716.67	106866.67
2	980	40	39200	400166.67	1968166.67
3	560	78.5	43960	2286.67	3453146.67
4	1500	2.5	3750	3125.00	12500.00
TOTAL	4440		98810		5540680.00

Yg (neutra) = A* Yg/A	22.25
Ymáxima= T+h+t2- Ygn	59.75
In (Lneutra) = I - Ygn ² * A	3341712.41
Módulo resistente real = In/ Y max	55932.46 mm³
Gc (cubierta)	0.3993
Kz= 1/(15 * Gc ² - 6*Gc + 1,45)	0.69
Módulo tabla (w)	74000 mm ³
Módulo corregido= w* Kz	51060 mm³

El módulo corregido es menor que el módulo resistente real (51060 < 55932.46 mm³), con lo cual, la morfología elegida para los refuerzos es **acceptable**.

Reforzado transversal de cubierta (Baos)

La cubierta no sólo es soportada longitudinalmente por las esloras, sino que transversalmente es soportada por los baos.

Éstos se escantillonan según la tabla 2.7.2 de las reglas LLOYD'S, en la cual, hemos considerado un valor de panel no soportado, es decir, la longitud del bao de 1,2 metros

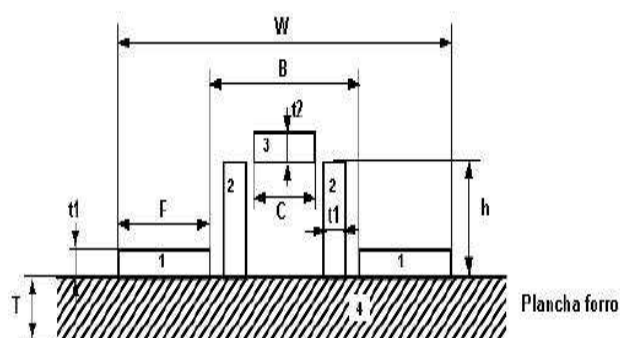
ESLORAS (m)	LONGITUD DE BAO (1,2 m)
	Módulo (cm ³)
11,5	13,75
12	14
14	15

Por tanto, el módulo resistente del bao es de 13,75 cm³, el cual, se debe corregir según el punto 4.3.5 sección b) de la normativa, multiplicándolo por el factor de corrección Kz.

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

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

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	4
t2	4
C	40
h	40
W	300
F	100



ELEMENTO	ÁREA (mm ²)	Y _g (mm)	A* Y _g (mm ³)	I _p = 1/12 b*h ³	I = I _p + A* Y _g ²
1	800	7	5600	1066.67	40266.67
2	320	25	8000	42666.67	242666.67
3	160	47	7520	213.33	353653.33
4	1500	2.5	3750	3125.00	12500.00
TOTAL	2780		24870		649086.67

Y _g (neutra) = A* Y _g /A	8.95
Y _{máxima} = T+h+t2- Y _{gn}	40.05
I _n (Lneutra) = I - Y _{gn} ² * A	426598.57
Módulo resistente real = I_n/ Y max	10650.59752 mm³
G _c (cubierta)	0.3993
K _z = 1/(15 * G _c ² - 6*G _c + 1,45)	0.69
Módulo tabla (w)	13750 mm ³
Módulo corregido= w* K_z	9487.5 mm³

El módulo corregido es menor que el módulo resistente real (9487.5 < 10650.6 mm³), por tanto, la morfología elegida para los refuerzos es **aceptable**.

A continuación se muestra un laminado apto para el reforzado tanto longitudinal como transversal de cubierta, el primero tiene un espesor de 7 mm y el segundo tiene un espesor de 4 mm.

LAMINADO ESLORAS CUBIERTA		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	800	1,00
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	500	1,00
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	9	Espesor total
Peso Laminado	4250	6,85

LAMINADO BA OS		
Capa	gr/m ² (capa)	t (capa)
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
TEJIDO	450	0,55
MAT	300	0,60
Nº Capas	7	Espesor total
Peso Laminado	2550	4,05

- ✓ Espesor laminado refuerzos longitudinales de cubierta: 7 mm
- ✓ Espesor laminado refuerzos transversales de cubierta: 4 mm

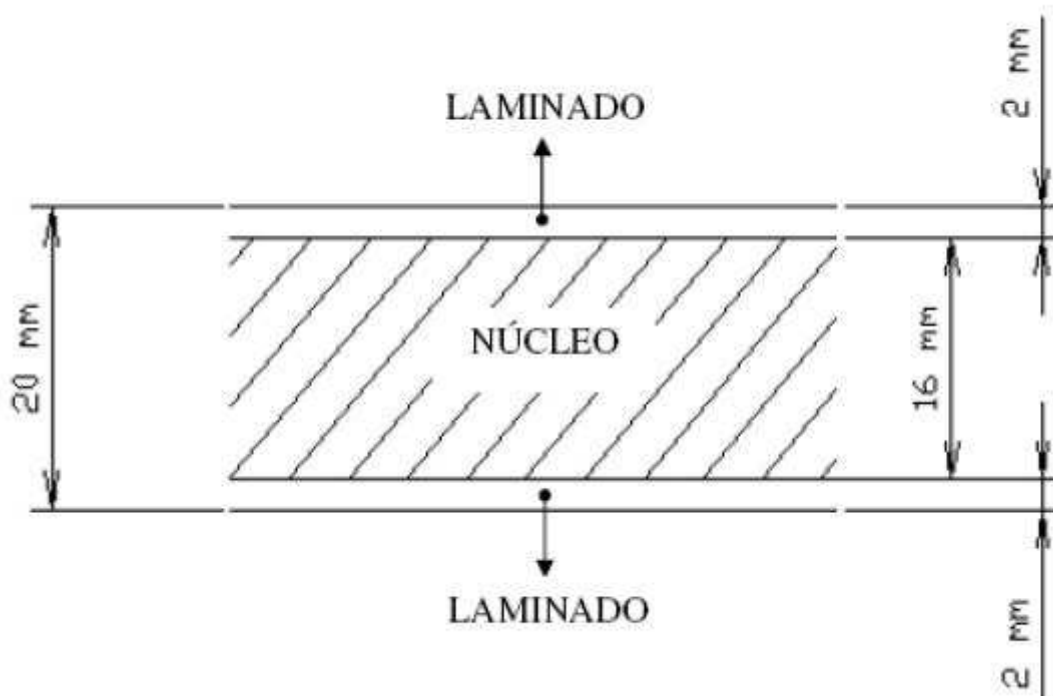
➤ LAMINADO DE MAMPAROS TRANSVERSALES

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 la madera marina, madera de balsa, Honey corn o panel de abeja, PVC, etc...

En este caso, se utilizará para el núcleo el PVC que proporciona un módulo resistente apto, así como bajo peso. Densidad = 96 kg/m^3

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



En la siguiente tabla aparece un laminado apto para la fabricación de las capas de laminado que constituyen el "sándwich".

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

LAMINADO MAMPAROS TRANSVERSALES		
Capa	gr/m ² (capa)	Espesor
MAT	300	
TEJIDO	500	
MAT	300	
Nº capas	3	Espesor total
Peso laminado	1100	1,81

✓ Espesor del laminado: 2 mm

➤ CUADRO- RESUMEN DEL ESCANTILLONADO

❖ Casco

	Peso requerido (gr/m ²)	Peso corregido (gr/m ²)	Peso total (gr/m ²)	Espesor (mm)
FONDO	5132	6713	7350	11.9
COSTADO	3299	4296.3	5000	8
QUILLA	5718.8	-	7350	24
CUBIERTA	2125	2720	2950	5

❖ Refuerzos

	Módulo requerido sin corregir (cm ³)	Módulo requerido corregido (cm ³)	Módulo real (cm ³)	Laminado (gr/m ²)	Espesor (mm)
Longitudinales de fondo	160	110.4	110.95	6600	10
Longitudinales de costado	129	86.04	95.57	5000	8
Varengas	266	183.54	219.5	6950	11
Cuadernas	81	54.027	64.8	4250	7
Esloras	74	51.06	55.9	4250	7
Baos	13.75	9.48	10.6	2550	4

➤ **CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD**

PESO DEL CASCO

En previsión de un posterior estudio de pesos para comprobar la estabilidad de la embarcación, es necesario conocer el peso y la posición del c.d.g. del casco, despojado de cualquier otro elemento que sea ajeno a él, tales como mobiliario, equipamiento, tripulación, motores, tanques, etc.

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

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

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

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

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

Debemos tener en cuenta, que el fondo comprende desde la línea de crujía hasta una línea trazada paralela a la flotación 150 mm sobre la misma, con lo cual, el codillo se encuentra dentro de la superficie del fondo y por este motivo lo incluiremos en la zona del fondo.

Los datos extraídos del programa Maxsurf son los siguientes:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	39.85	6.762	1.69
Fondo/Codillo	35.022	4.710	0.573
Total	74.869	5.8	1.167

Además de las zonas anteriormente expuestas, hay que tener en cuenta la zona de la quilla y la roda. Esta zona, según el capítulo de Escantillado, 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 la quilla.

La anchura transversal de este sobre-espesor está definida en el capítulo anterior y tiene un valor de 587,5 mm 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 tanto los datos de esta superficie son:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Quilla/Roda	6,32	4,30	0,50

Hasta aquí, ya se puede conocer unos datos importantes, el área total y la posición del centro de gravedad de cada zona del casco "desnudo" (sin refuerzos).

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Costados	39.85	6.762	1.69
Fondo/Codillo	35.022	4.710	0.573
Quilla/Roda	6.32	4.3	0.5

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

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

PESO DEL CASCO "DESNUDO" (sin estructura resistente)								
Zona	Superficie (m ²)	Peso del laminado (Kg/m ²)	G_c	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Costados	39.85	5000	0.40	278.95	6.762	1886.26	1.69	471.43
Fondo/Codillo	35.022	7350	0.408	362.44	4.710	1707.09	0.573	207.7
Quilla/Roda	6.32	7350	0.408	65.45	4.3	281.44	0.50	32.73
TOTAL				706.85	5.5	3874.8	1.007	711.86

Peso del casco = 706.85 Kg.

LCG= 5.5 m.

KCG= 1.007 m.

Otros elementos importantes a analizar son la cubierta, mamparos transversales y los refuerzos estructurales.

PESO DE LA CUBIERTA

Al igual que ocurre con el casco, para el cálculo del peso de la cubierta, es necesario conocer su superficie. Para ello se procederá a realizar un cálculo directo aproximado mediante la descomposición de los cuerpos en figuras más sencillas.

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Para efectuar este cálculo se descompondrá la cubierta en diferentes zonas:

- ✓ Cubierta principal
- ✓ Pasillos laterales
- ✓ Cubierta de bañera
- ✓ Cubierta de puesto de gobierno
- ✓ Cubierta de habilitación

Una vez conocidas estas superficies, el proceso es el mismo que el explicado en el caso anterior, en el caso del casco.

En las siguientes tablas se recogen los datos obtenidos:

Superficie	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Cubierta principal + Pasillos laterales	16.2	10.1	2.08
Cubierta bañera	10.6	2.2	1.8
Cubierta puesto de gobierno	17.9	6.2	2.02
Cubierta habilitación	19.5	7.5	0.6
Cubierta cámara máquinas	7	2.05	0.6

PESO DE LA CUBIERTA								
Zona	Superficie (m ²)	Peso del laminado (Kg/m ²)	Gc	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Cubierta principal + Pasillos laterales	16.2	2.950	0.399	66.85	10.1	675.19	2.08	139.05
Cubierta	10.6	2.95	0.399	43.75	2.2	96.2	1.8	78.7

bañera						5		5
Cubierta Puesto de gobierno	17.9	2.95	0.399	73.86	6.2	457. 98	2.02	149.2
Cubierta habilita ción	19.5	2.95	0.399	80.55	7.5	604.1 5	0.6	48.3 3
Cubierta cámara de máquinas	7	2.95	0.399	28.88	2.05	59.2 3	0.6	17.32
TOTAL				293.8 9	6.44	1892. 8	1.47	432. 67

✓ PESO DE LA CUBIERTA= 293.9 Kg

✓ LCG= 6.44 m

✓ KCG= 1.47 m

PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES

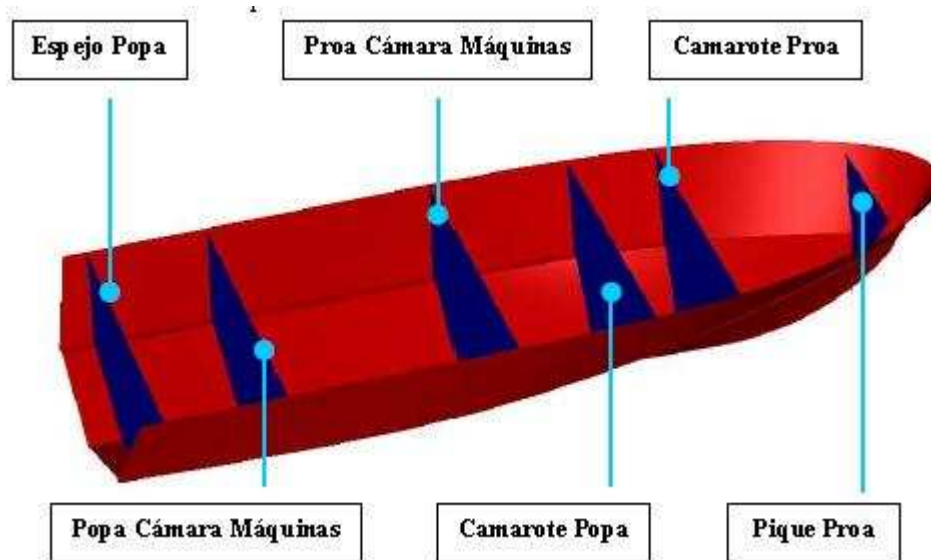
Mediante el programa informático Maxsurf se han introducido una serie de planos transversales al casco en las posiciones establecidas para ello, según la disposición de los mamparos transversales definida en su correspondiente capítulo, Disposición general.

Con lo cual, mediante este programa se puede obtener la superficie en metros cuadrados y la posición de estos mamparos transversales. En este apartado se incluye el espejo de popa.

Según lo estipulado en el apartado de Escantillonado, los mamparos transversales se fabricarán con un laminado tipo "sándwich" de 16 mm de

espesor para el núcleo de PVC (densidad= 96 Kg/m³) y 2+2 mm para las capas monolíticas.

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



Mamparos	Área (m ²)	LCG (m)	KCG (m)
Pique de proa	1.70	11.1	1.7
Camarote de proa	5.778	10.8	1.2
Camarote de popa	3.50	5.2	1.25
Cámara de máquinas proa	5.90	3.50	1.15
Cámara de máquinas popa	5.80	1.1	1.080
Espejo de popa	4.90	0.30	0.12

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

PESO DE LOS MAMPAROS TRNASVERSALES											
MAMPARO	Superficie (m²)	Espesor PVC (m)	Densidad PVC (Kg/m³)	Peso PVC (Kg/m²)	Peso laminado (Kg/m²)	Gc	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Pique de proa	1.7	0.016	96.000	2.6112	1.100	0.3991	7.85	11.1	87.14	1.7	13.35
Camarote Proa	5.778	0.016	96.000	8.875	1.100	0.3991	26.75	10.8	288.9	1.2	32.1
Camarote Popa	3.50	0.016	96.000	5.376	1.100	0.3991	16.15	5.2	83.98	1.25	20.19
CC.MM proa	5.90	0.016	96.000	9.06	1.100	0.3991	27.24	3.50	95.34	1.15	31.4
CC.MM popa	5.80	0.016	96.000	8.9088	1.100	0.3991	26.8	1.1	29.48	1.080	28.95
Espejo popa	4.90	0.016	96.000	7.53	1.100	0.3991	22.64	0.30	6.792	0.12	2.72
TOTAL							127.43	4.65		1.008	

✓ PESO TOTAL DE LOS MAMPAROS = 127.43 Kg

✓ LCG= 4.65 m

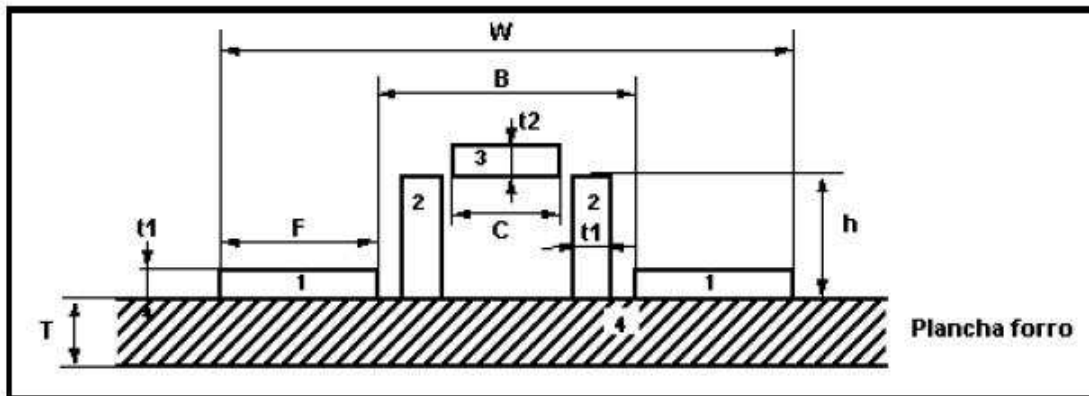
✓ KCG= 1.008 m

PESO DE LOS REFUERZOS

Partiendo de la geometría de refuerzo utilizada (ver el siguiente croquis), se procederá a calcular la anchura de laminado en función de las medidas del núcleo en un corte transversal.

Para calcular las dimensiones de la sección transversal de los refuerzos se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1)$$



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

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

Longitudinales del fondo

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	10
t2	10
C	120
h	80
W	300
F	120

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 520 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$6.7 \text{ kg/m}^2 * 0.52 = 3.48 \text{ Kg/m}$$

Longitudinales de costado

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	8
t2	8
C	120
h	80
W	300
F	120

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 520 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$5.3 \text{ kg/m}^2 * 0.52 = 2.756 \text{ Kg/m}$$

Varengas

DIMENSIONES (mm)	
T	12
t1	11
t2	11
C	100
h	120
W	400
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 540 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$6.9 \text{ kg/m}^2 * 0.54 = 3.72 \text{ Kg/m}$$

Cuadernas

DIMENSIONES (mm)	
T	8
t1	7
t2	7
C	70
h	80
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 430 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$4.2 \text{ kg/m}^2 * 0.43 = 1.80 \text{ Kg/m}$$

Longitudinales de cubierta (esloras)

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	7
t2	7
C	80
h	70
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 420 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$4.2 \text{ kg/m}^2 * 0.42 = 1.76 \text{ Kg/m}$$

Transversales de cubierta (baos)

DIMENSIONES (mm)	
T	5
t1	4
t2	4
C	40
h	40
W	300
F	100

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2 * (t2 + h - t1) = 320 \text{ mm}$$

Peso por metro lineal de refuerzo:

$$2.55 \text{ kg/m}^2 * 0.32 = 0.81 \text{ Kg/m}$$

El peso total de los refuerzos viene expresado en la siguiente tabla:

REFUERZOS	Longitud Total (m)	Anchura (m)	Superficie total (m ²)	Peso laminado (Kg/m ²)	Gc	Peso total (Kg)
Long. Fondo	54.62	0.52	28.40	6.6	0.40	262.4
Long. Costado	57.82	0.52	30.06	5.0	0.4080	211.224
Varenga	159.34	0.54	86.04	6.9	0.40	831.2
Cuaderna	125.73	0.43	54.06	4.2	0.4080	319.7
Eslora	114.52	0.42	48.09	4.2	0.3991	282.5
Bao	87.21	0.32	27.9	2.55	0.3991	99.6
TOTAL						2007.03

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

PESO DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES DEL CASCO					
ZONAS	Peso total (Kg)	LCG (m)	Mto LCG	KCG (m)	Mto KCG
Long. Fondo	262.4	4.710	1235.9	0.573	150.35
Long. Costado	211.224	6.762	1428.4	1.69	356.97
Varenga	831.2	4.910	4081.2	0.653	542.77
Cuaderna	319.7	6.92	2212.32	1.57	501.929
Eslora	285.5	6.44	1838.62	1.47	419.7
Bao	99.6	6.32	629.5	1.29	128.5
TOTAL	2001.03	6.02	12055.3	1.12	2228.7

- ✓ Peso de los refuerzos estructurales = 2001.09 Kg
- ✓ LCG= 6.02 m
- ✓ KCG= 1.12 m

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 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, los cuales son: "rosca", "salida de puerto a plena carga" y "llegada a puerto al 10% de consumos".

CÁLCULO DE PESOS Y CENTROS DE GRAVEDAD							
Pique de proa	Peso total (Kg)	Xg (m)	Lg (m)	Kg (m)	Mto Xg (Kg/m)	Mto Lg (Kg/m)	Mto Kg (Kg/m)
Ancla principal	38.000	0.000	12.1	1.90	0.000	459.8	72.2
Cadena + estacha	55.000	0.000	11.8	1.60	0.000	649	88
Molinete	32.000	0.000	11.638	1.89	0.000	372.42	6.05
Camarote de proa	Peso total	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Cama doble	65.000	0.000	9.55	1.160	0.000	620.75	75.4
Puerta	9.000	0.000	7.456	1.599	0.000	67.1	14.4
Armario	110.000	0.000	7.77	1.510	0.000	847	166.1
Accesorios	45.000	0.000	8.232	1.570	0.000	374.4	70.65
Aseo	Peso total	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Mamparo longitudinal	20.000	0.150	7.73	1.650	3	164.6	33
Mamparo popa + puerta	27.000	0.820	6.89	1.650	22.14	186.03	44.55
Suelo	6.000	0.860	7.657	0.35	5.16	45.94	2.1
Cabina ducha	65.000	1.183	7.96	1.350	76.895	517.4	87.75

Módulo inodoro	30.000	0.185	8.04	0.749	5.55	241.2	22.47
Módulo lavabo	15.000	0.980	7.05	1.049	14.7	105.75	15.74
Cocina	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Nevera-congelados	30.000	0.702	5.630	0.653	21.02	168.9	19.6
Cocina eléctrica	5.000	0.615	5.320	1.005	3.08	26.6	5.03
Fregadero	5.000	1.145	6.402	0.653	5.73	32.01	3.27
Encimera, muebles	45.000	0.98	5.648	0.933	44.1	254.16	41.98
Salón	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Sofá + tambuchos	90.000	0.902	7.75	1.005	81.18	697.5	90.45
Mesa con soporte telescópico	22.000	0.489	7.80	0.879	10.758	171.8	19.338
Mesa soporte televisor	17.000	0.455	6.64	0.658	7.735	112.88	11.186
Equipo HiFi	3.000	0.455	6.64	0.655	1.365	19.92	1.965
Escalera	70.000	0.988	4.258	0.905	69.16	298.06	63.35
Camarote de popa	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Cama doble	50.000	0.65	3.65	0.750	32.5	182.5	37.5
Mesita noche + cajonera	15.000	1.250	4.67	0.682	18.75	70.05	10.23
Accesorios	20.000	1.250	4.50	1.540	25	90	30.8
Puerta	9.000	0.100	4.67	1.599	0.9	42.03	14.391
Cámara de máquinas	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Motor Er.	850.000	0.785	3.080	0.665	667.25	2.618	565.25
Motor Br.	850.000	- 0.785	3.080	0.665	-667.25	2.618	565.25
Baterías	85.000	0.000	2.205	0.550	0.000	187.425	46.75
Eje hélice timón Er.	160.000	0.785	1.180	0.150	125.6	188.8	24
Eje hélice timón Br.	160.000	- 0.785	1.180	0.150	-125.6	188.8	24

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Tanque combustible Er.	300.000	1.380	3.270	0.665	414	981	199.5
Tanque combustible Br.	300.000	- 1.380	3.270	0.665	-414	981	199.5
Aislamiento mamparo proa	10.000	0.000	4.400	0.915	0.000	44	9.15
Aislamiento mamparo popa	10.000	0.000	1.250	0.915	0.000	12.50	9.15
Aislamiento costados	15.000	0.000	2.950	0.820	0.000	42.7	12.3
Aislamiento techo	12.000	0.000	2.850	0.820	0.000	34.2	9.84
Bombas de achique	25.000	0.000	1.875	0.580	0.000	46.875	14.5
Puesto de gobierno	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Panel instrumentos	50.000	1.215	7.800	2.20	60.75	390	110
Asientos + tambuchos	40.000	1.040	7.120	1.980	41.6	284.8	79.2
Parabrisas frontal	130.000	0.000	8.550	2.580	0.000	1111.5	335.4
Limpia parabrisas eléctrico	8.000	0.000	8.900	2.250	0.000	71.12	18
Sofa + mesa de relax	90.000	1.210	4.720	1.950	108.9	424.8	175.5
Bañera	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Suelo	75.000	0.000	1.880	1.654	0.000	141	124.05
Puerta cristalera + mamparo	150.000	0.000	3.6	2.55	0.000	540	382.5
Asientos con tambuchos	28.000	1.074	2.20	2.009	30.072	61.6	56.252

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Balsa 6 personas + kit seguridad	140.000	0.000	1.080	1.158	0.000	151.2	162.12
Cubierta principal	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Pasamanos	58.000	0.000	7.850	3.125	0.000	455.3	181.25
Elementos amarre	18.000	0.000	10.520	2.640	0.000	189.36	47.52
Solarium proa	22.000	0.000	9.550	2.730	0.000	210.1	60.06
Estructura	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Casco desnudo	706.85	0.000	5.5	1.007	0.000	3887.67	711.79
Cubierta	293.9	0.000	6.44	1.47	0.000	1892.72	432.033
Mamparos transversales	127.43	0.000	4.65	1.008	0.000	592.55	128.5
Refuerzos	2001.09	0.000	6.02	1.12	0.000	12046.56	2241.23
Tanque agua potable	120	0.000	5.300	0.240	0.000	636	28.8
Tanque aguas residuales	70	0.000	4.100	0.240	0.000	287	16.8
ROSCA	7850.27				20.2063	36888.7	8002.49

Xg en Rosca	0.002
Lg en Rosca	4.8
Kg en Rosca	1.001

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Pesos a plena carga	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Tanque combustible Br (425 l)	387	1.380	3.270	0.665	534.06	1265.49	257.65
Tanque combustible Er (425 l)	387	-1.380	3.270	0.665	-534.06	1265.49	257.65
Tanque agua potable (400 l)	400	0.000	5.300	0.240	0.000	2120.000	96.000
Tanque aguas residuales	0.000	0.000	4.100	0.240	0.000	0.000	0.000
Tripulantes	450	0.000	2.260	2.228	0.000	1017.000	1002.600
Pertrechos	150	0.000	2.260	2.228	0.000	339.000	334.200
Rosca	7850.27				20.2063	38888.7	8002.49
SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA	9624.27				20.2063	42895.78	9948.69

Xg a plena carga	0.0209
Lg a plena carga	4.5
Kg a plena carga	1.03

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

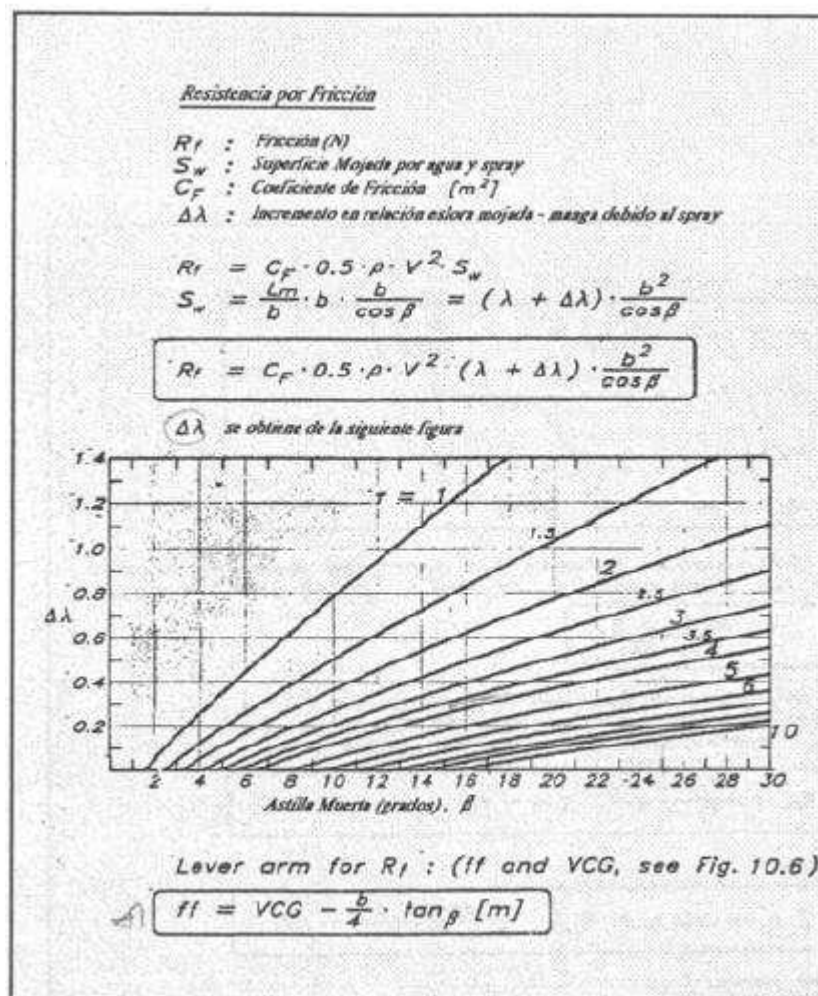
Pesos 10% consumos	Peso	Xg	Lg	Kg	Mto Xg	Mto Lg	Mto Kg
Tanque combustible Br (425 l)	38.7	1.380	3.270	0.665	53.406	126.549	25.74
Tanque combustible Er (425 l)	38.7	- 1.380	3.270	0.665	-53.406	126.549	25.74
Tanque agua potable (400 l)	40	0.000	5.300	0.240	0.000	212	9.6
Tanque aguas residuales	30	0.000	4.100	0.240	0.000	0.000	0.000
Tripulantes	450	0.000	2.260	2.228	0.000	1017.000	1002.600
Pertrechos	15	0.000	2.260	2.228	0.000	33.9	33.42
Rosca	7850.27				20.2063	38888.7	8002.49
LLEGADA PUERTO 10 % CONSUMOS	8597				20.2063	40370.7	9099.59

Xg a 10% consumos	0.002
Lg a 10% consumos	4.6
Kg a 10% consumos	1.077

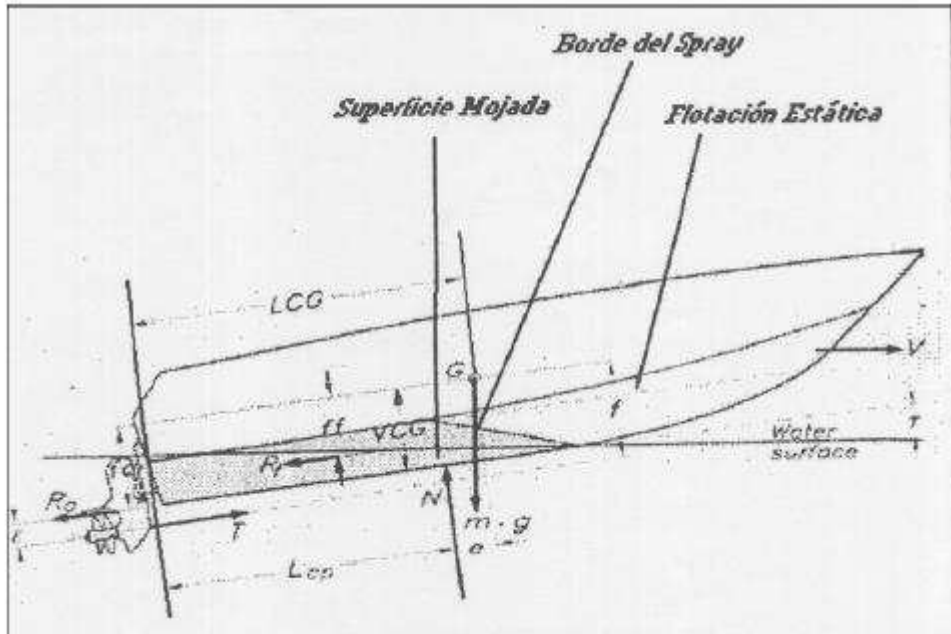
➤ PREDICCIÓN DE POTENCIA

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

Para su cálculo se ha utilizado el programa "Hullspeed", que a partir de las formas obtenidas con el programa "Maxsurf", nos da la potencia a instalar requerida para la velocidad que deseamos obtener en nuestra embarcación, teniendo en cuenta las distintas resistencias que surgen en el casco de la embarcación.



Croquis de momentos actuantes en la embarcación



El factor más importante a tener en cuenta para alcanzar la condición de planeo y una navegación óptima es el valor de la potencia que instalemos a bordo.

Aplicando el método de Savitsky, calcularemos la potencia en función de la resistencia que opone el agua al avance de la embarcación. Es importante señalar que con este método no se tienen en cuenta la resistencia de los apéndices, ya que en el caso de las motoras, existe una ausencia casi total de elementos que sobresalgan del casco disminuyendo sensiblemente la posibilidad de algún error.

Este método está indicado para el cálculo de la resistencia al avance en embarcaciones que navegan en régimen de planeo, por tanto, los parámetros a utilizar en los cálculos variarán en cuanto a dimensiones, formas y parámetros de la embarcación.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas velocidades, se han descartado resultados obtenidos por los métodos de Lahtiharju y Van Oort ya que discrepaban demasiado con los resultados obtenidos por el método de Savitsky, que es el indicado para este tipo de embarcaciones.

Velocidad (Kn)	Savitsky Resist. (Kn)	Savitsky Power (hp)
12,75	24,76	217,81
13,5	25,86	240,86
14,25	26,98	265,27
15	28,11	290,83
15,75	29,2	317,26
16,5	30,24	344,18
17,25	31,19	371,13
18	32,02	397,67
18,75	32,73	423,37
19,5	33,29	447,87
20,25	33,71	470,95
21	33,99	492,45
21,75	34,15	512,36
22,5	34,19	530,71
23,25	34,14	547,61
24	34,02	563,21
24,75	33,83	577,66
25,5	33,6	591,13
26,25	33,34	603,79
27	33,06	615,8
27,75	32,77	627,31

Para una velocidad máxima de 27 nudos, la cual es la requerida por el cliente, la embarcación necesitaría una potencia de 615.8 hp

➤ ELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

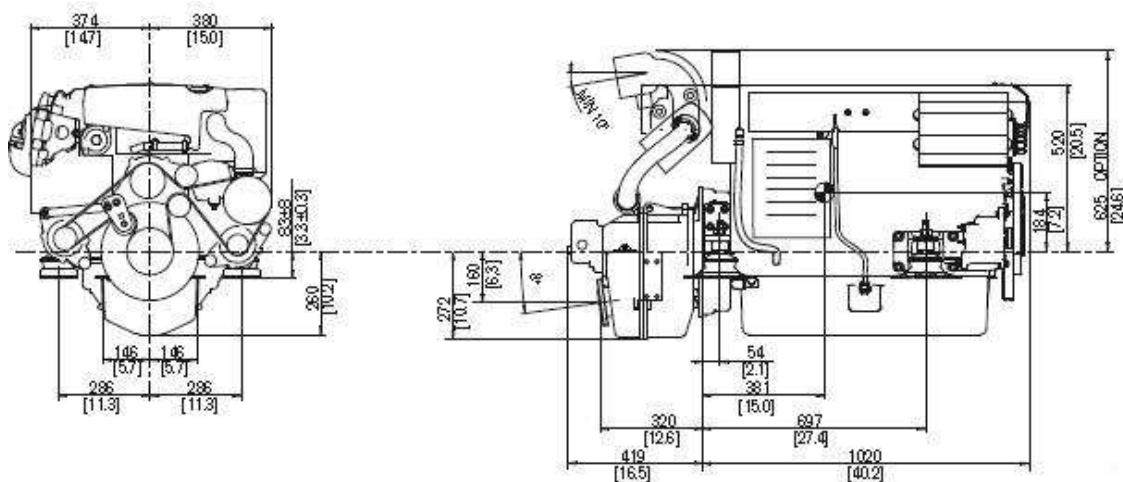
Una vez obtenida la potencia necesaria para la embarcación según el método de Savitsky a partir del programa "Hullspeed", hay que decidir cuál será el motor o motores a instalar.

En este caso se ha optado por dos motores por motivos principalmente de seguridad, para que en caso de fallar uno de ellos, la embarcación pueda continuar navegando haciendo uso del otro motor.

Según este método, el propulsor de la embarcación deberá desarrollar al menos una potencia de 615.8 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 por 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 D6-330*, que juntos desarrollarán una potencia máxima de 660 hp, dando en mencionado margen de error a la potencia necesaria calculada anteriormente.

En la figura siguiente se muestra un croquis del motor que hemos elegido para nuestra embarcación. En el anexo podremos encontrar un plano un poco más detallado y las especificaciones técnicas del mismo.



➤ 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 por el cliente para esta embarcación ha sido de 27 nudos, y la potencia necesaria para conseguir en condiciones de máxima dicha velocidad es de 660 hp.

Por tanto como hemos especificado en el apartado anterior dotaremos a la embarcación de dos motores de 330 hp, cuyo consumo específico es de 240 g/Hph.

Potencia	330 hp
Revoluciones por minuto	3500 rpm
Consumo	240 g/Hph
Par	740 Nm

La cantidad de combustible en los tanques es de 850 litros:

$$850 \text{ litros} * 0.85 \text{ kg/l} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Tn}$$

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

$$240 \text{ g/Hph} * 330 \text{ hp} * 2 * 1 = 158400 \text{ gr/h} = 0.158 \text{ Tn/h}$$

Así, obtenemos una autonomía en horas de:

$$1 \text{ Tn} / 0.158 \text{ Tn/h} = 6.32 \text{ horas a la máxima potencia}$$

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

La velocidad máxima son 27 nudos, un nudo es una milla náutica por hora, luego a una velocidad de 27 nudos, conseguimos una autonomía en millas de:

$$27 * 6.32 = \mathbf{170.64 \text{ millas}}$$

➤ **FRANCOBORDO**

En este apartado se ha decidido incluir el estudio de francobordo de la embarcación según la Circular 7/95, en su punto 10.1.1 especifica las normas que deben cumplir las embarcaciones de este tipo.

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

$$\text{Francobordo ,máximo (K)}= F_a+ F_m +F_f/3$$

Donde:

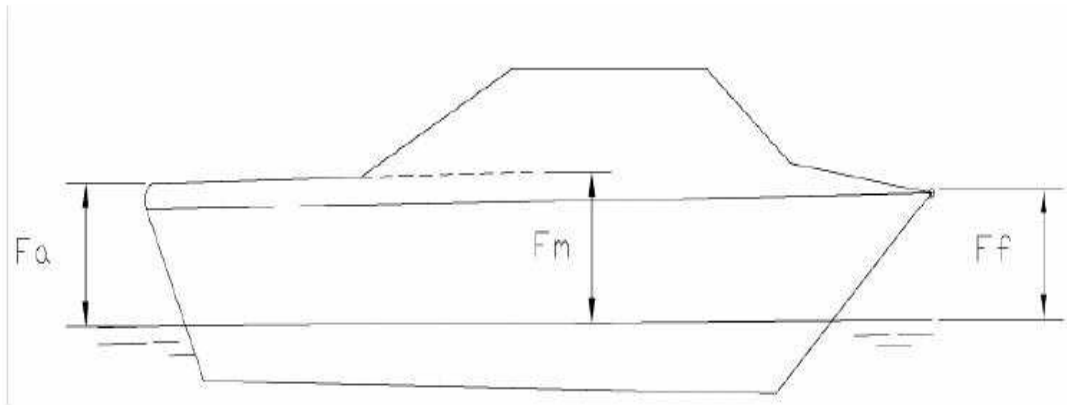
F_a: francobordo en el extremo de proa

F_m: francobordo medio en la mitad de la eslora

F_f: francobordo en el extremo de popa

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

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



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

El francobordo medio en la embarcación, según la fórmula anterior y las mediciones realizadas en el plano de formas es de 1,08 metros.

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

➤ ESTUDIO DE ESTABILIDAD

INTRODUCCIÓN

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

Concretamente se aplicará la Circular 12/90 de la Dirección 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.

Debido al gran tamaño de estas circulares solo se expondrá en este capítulo la parte de ella que es de interés para la realización del estudio de estabilidad de la embarcación.

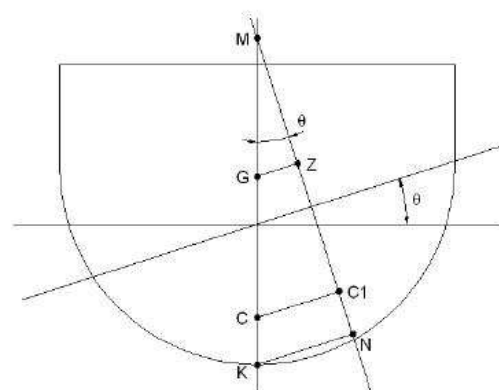
ESTABILIDAD INICIAL

Llamamos estabilidad inicial a la estabilidad de la embarcación para pequeñas inclinaciones (hasta 10°). En estos casos, el metacentro, se encuentra situado en el plano de crujía, y se considera como un punto fijo para cualquier valor de escora.

Llamamos GM o altura metacéntrica a la distancia entre el centro de gravedad y su metacentro transversal.

Observando la figura podemos comprobar que:

$$GM = KC + CM - KG$$



El brazo del par de estabilidad equivale a $GM^* \text{ sen } \Phi$, por tanto el GM es una medida de la estabilidad inicial de la embarcación.

Por tanto si GM es positivo (G debajo de M), el barco tendrá equilibrio estable. Si GM es cero (G coincide en el mismo punto que M), el equilibrio será indiferente, y si GM es negativo (G por encima de M) la embarcación no estará en equilibrio en esa posición.

De lo anterior se puede sacar la conclusión de que GM es el factor más importante de la estabilidad, de manera que cuanto mayor sea su valor, más difícil será producir una escora en la embarcación, por ser mayor el par de fuerzas necesario para producirla.

ESTABILIDAD A GRANDES ÁNGULOS

Cuando la inclinación de la embarcación excede de la considerada estabilidad inicial, el metacentro se sale de su posición inicial y su determinación se hace extremadamente laboriosa. Por lo tanto, hemos de recurrir a otro parámetro para medir la estabilidad a grandes ángulos.

Éste parámetro no es otro que el brazo del par de estabilidad, que es la distancia que separa las líneas de actuación del peso y el empuje (GZ).

En la estabilidad inicial GZ se considera cero, ya que para valores pequeños de inclinación, la función "sen Φ " toma valores muy próximos a cero.

Sin embargo cuando la inclinación aumenta, la expresión sen Φ , adquiere valores apreciables, con lo que el brazo GZ para una determinada inclinación puede calcularse como:

$$GZ = KN - KG^* \text{ sen } \Phi$$

El brazo KN es la distancia media desde la quilla hasta la línea de actuación del empuje en su flotación inclinada. Por tanto, el brazo KN es función del desplazamiento y el ángulo de escora, en definitiva, de las formas sumergidas de cualquier embarcación.

Los valores de los brazos KN por cada inclinación se suelen representar en función del desplazamiento en las llamadas curvas isoclinas o de brazos KN.

Por otra parte el brazo del par de estabilidad GZ depende de la posición vertical del centro de gravedad (KG). Por tanto, una vez conocidos el desplazamiento, la posición del centro de gravedad y disponiendo de las curvas KN, es posible determinar los brazos GZ para inclinación mediante una tabla.

A partir de dicha tabla se puede dibujar la llamada curva d estabilidad estática transversal, que indica la estabilidad del buque para grandes ángulos de inclinación.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se hace necesario establecer unos requisitos mínimos que garanticen la estabilidad de la embarcación y la seguridad del pasaje a bordo.

CRITERIOS DE ESTABILIDAD A CUMPLIR (según la Circular 12/90 de la Dirección General de la Marina Mercante)

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

Según esta 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 pasaje)
- Salida de puertos, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje (sin carga)
 - Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje y con el 10% del combustible y provisiones.

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

CRITERIOS DE ESTABILIDAD

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

- ✓ El área que quede debajo de la curva de brazos adrizantes no será inferior a $0,055 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta el ángulo de escora 30° , ni inferior a $0,09 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta 40° o hasta el ángulo de inundación, si este ángulo es menor de 40° . Además el área que quede debajo de la curva de los brazos adrizantes entre los ángulos de escora 30° y 40° o entre 30° y el ángulo de inundación no será inferior a $0,03 \text{ m} \times \text{rad}$.
- ✓ El brazo adrizante será de 200 mm como mínimo para un ángulo de escora igual o superior a 30° .
- ✓ El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25°
- ✓ La altura metacéntrica inicial corregida no será inferior a 150 mm.

Por otra parte también puede cumplir:

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

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

Donde:

M: momento escorante en Tm x m

V: velocidad de crucero en m/seg

L: eslora en la flotación en mts

\blacktriangle : desplazamiento en Tn

d: calado medio en metros

KG: ordenada del centro de gravedad sobre quilla

COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD

A continuación a través del programa informático Hidromax se realizará el correspondiente estudio de estabilidad en las diferentes condiciones de carga.

Para ello se detallarán todos los pesos con sus correspondientes coordenadas del centro de gravedad para el cálculo tanto del equilibrio de la embarcación como de la estabilidad de la misma.

Todo ello se especificará en el anexo correspondiente a equilibrio y estabilidad.

En este apartado, por tanto, veremos si nuestra embarcación cumple los requisitos descritos anteriormente para las dos condiciones de carga expuestas, a través de un conciso cuadro resumen de todos los criterios exigidos sus correspondientes valores y la gráfica de los valores de momentos adrizantes de la embarcación.

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

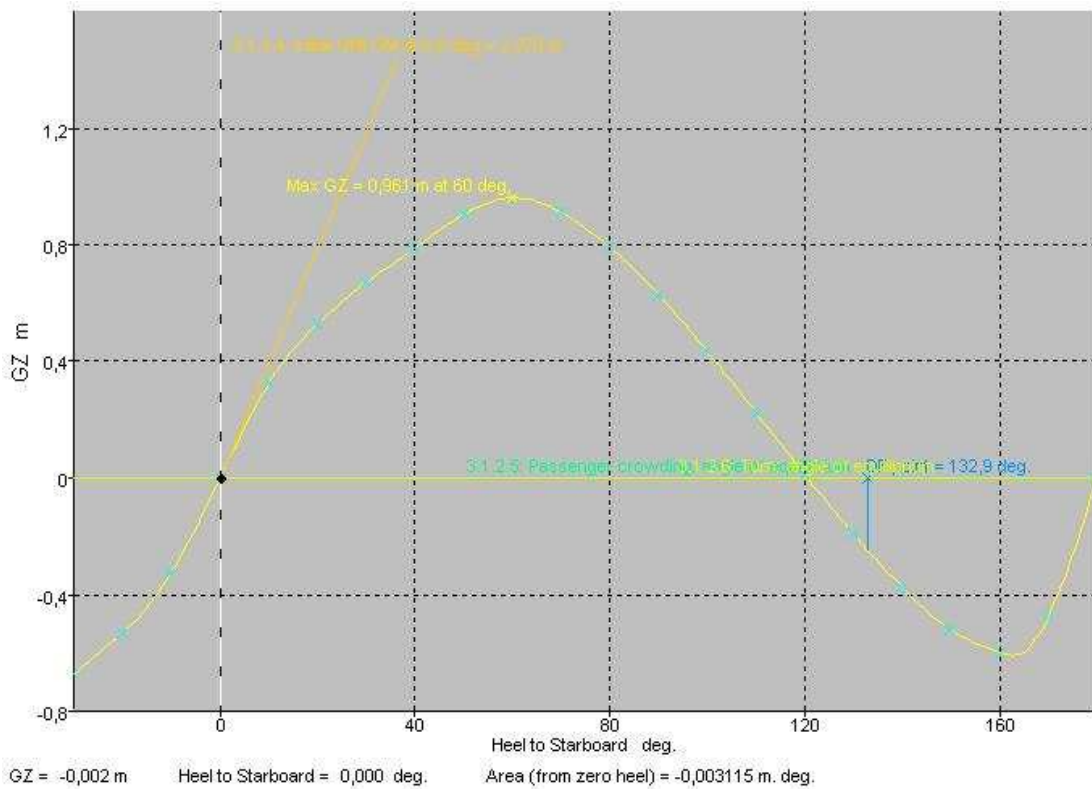
SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA

Con el total de combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specifi
2	Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specifi
3	Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specifi
4	Tanque combustible Br 425 l	1		0,387	0,387	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specifi
5	Tanque combustible Er 425 l	1		0,387	0,387	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specifi
6	Tanque agua dulce	1		0,400	0,400	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specifi
7	Tanque aguas residuales	1		0,000	0,000	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specifi
8	Total Loadcase				9,624	4,581	0,002	1,019		0,000	
9	FS correction							0,000			
10	VCG fluid							1,019			

CRITERIO	UNIDADES	DATO A CUMPLIR	DATO DEL ESTUDIO	
Área 0° a 30°	m * deg	3.15	12.03	CUMPLE
Área 0° a 40° o punto de inundación	m * deg	5.15	19.32	CUMPLE
Área 30° a 40° o punto de inundación	m * deg	1.72	7.29	CUMPLE
GZ a 30° de escora	m * deg	0.200	0.961	CUMPLE
Brazo adrizante máximo GZ máx	Grados	25	60	CUMPLE
Altura metacéntrica inicial corregida GM	m * deg	0.150	2.270	CUMPLE

Podemos comprobar que los criterios de estabilidad expuestos anteriormente se cumplen con un amplio margen, a continuación se muestra la gráfica correspondiente al estudio de estabilidad de dicha condición de carga.



Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

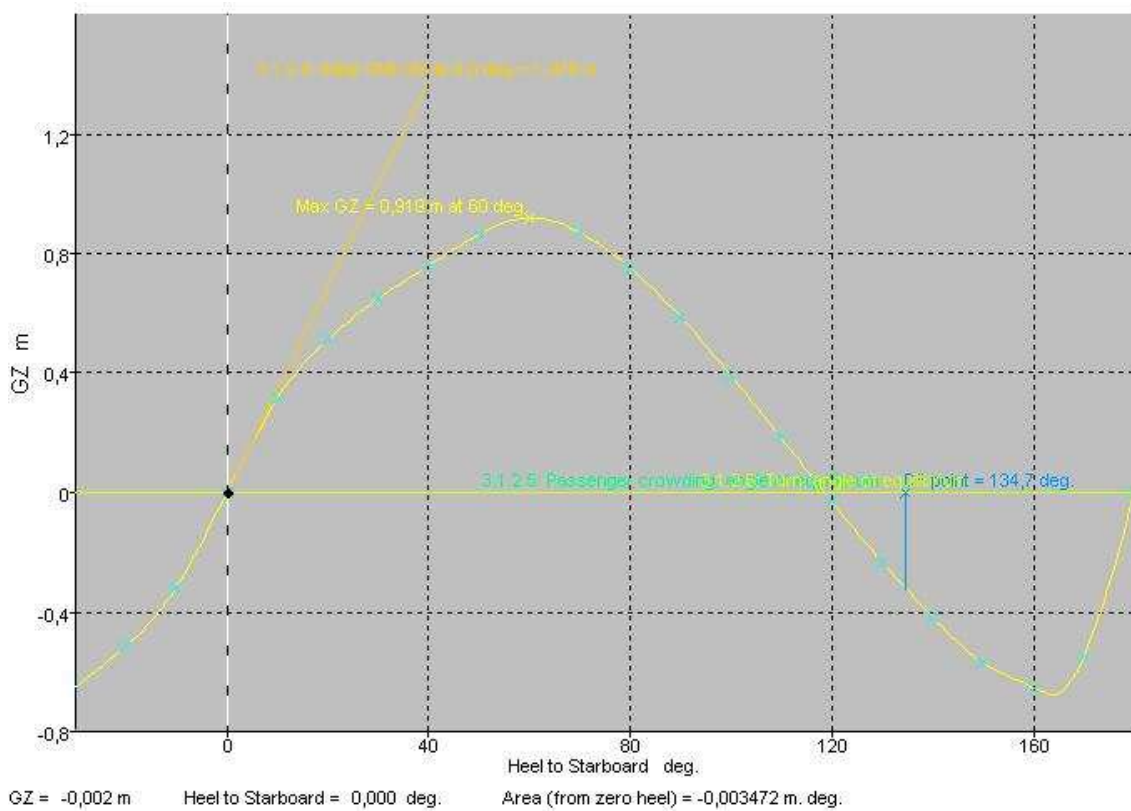
LLEGADA A PUERTO A PLENA CARGA

Al 10 % de tanques de combustible y agua dulce, con la totalidad de pasajeros y pertrechos.

	Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Ar m m	Trans.Ar m m	Vert.Ar m m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specifi
2	Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specifi
3	Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specifi
4	Tanque combustible Br al 10%	1		0,039	0,039	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specifi
5	Tanque combustible Er al 10%	1		0,039	0,039	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specifi
6	Tanque de agua dulce al 10%	1		0,040	0,040	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specifi
7	Tanque de aguas residuales	1		0,030	0,030	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specifi
8	Total Loadcase				8,597	4,655	0,002	1,077		0,000	
9	FS correction							0,000			
10	VCG fluid							1,077			

CRITERIO	UNIDADES	DATO A CUMPLIR	DATO DEL ESTUDIO	
Área 0° a 30°	m * deg	3.15	11.66	CUMPLE
Área 0° a 40° o punto de inundación	m * deg	5.15	18.71	CUMPLE
Área 30° a 40° o punto de inundación	m * deg	1.72	7.04	CUMPLE
GZ a 30° de escora	m * deg	0.2	0.19	CUMPLE
Brazo adrizante máximo GZ máx	Grados	25	60	CUMPLE
Altura metacéntrica inicial corregida GM	m * deg	0.150	1.978	CUMPLE

Podemos comprobar que los criterios de estabilidad expuestos anteriormente se cumplen con un amplio margen, a continuación se muestra la gráfica correspondiente al estudio de estabilidad de dicha condición de carga.



En el Anexo Estudio de Equilibrio y Estabilidad se adjuntan toda la información y datos obtenidos en el programa Hidromax

➤ **PRESUPUESTO**

Introducción

El objetivo principal de este capítulo es obtener conclusiones acerca si la embarcación en el mercado, junto a productos de similares características, será o no competitiva.

Para ello es necesario que el presupuesto se realice de la forma más estricta posible para que posteriormente no aparezcan grandes variaciones en el mismo.

Para el cálculo del presupuesto, se ha consultado a distintos proveedores de diferentes marcas y a partir de estas consultas se ha estimado con bastante exactitud la cantidad de materiales necesarios para la construcción de la embarcación.

Además de lo referente a materiales y mobiliario es imprescindible tener en cuenta el precio de la mano de obra. Para ello, se hace una estimación del número de horas por hombre necesarias para la construcción de la embarcación. Para establecer un número de horas coherente se ha consultado a fabricantes de embarcaciones similares.

En el presente presupuesto no se ha tenido en cuenta el coste de la construcción del modelo ni del molde. Se ha calculado el coste de una unidad y posteriormente estos costes se tendrán en cuenta a la hora de establecer el precio de venta, donde se debe amortizar la inversión inicial derivada de la construcción del modelo y molde, así como los gastos fijos derivados del funcionamiento del astillero, gastos de luz, agua, etc.

Para estimar el presupuesto se han considerado dos apartados diferentes:

- ✓ Materiales

- ✓ Mano de obra

Materiales

Los gastos de construcción producidos por los materiales se han resumido englobándolos en diferentes apartados, en función de sus características. En el siguiente cuadro se muestran de forma extendida dicha estimación:

COSTES DE MATERIALES			
Laminado	Cantidad	Precio + IVA	Total
Mat de fibra de vidrio 300, 450, 500, 600 (por Kg)	370	4.50 €	1665 €
Tejido de fibra de vidrio 450, 500, 600, 800 (por Kg)	590	4.10 €	2419 €
Resina (por Kg)	1610	3.75 €	6037.5 €
Gelcoat (por Kg)	110	11.75 €	1292.5 €
Espuma de poliuretano (por Kg)	103	4.60 €	473.8 €
Material diverso (rodillos, acetona...)	1	250 €	250 €
		SUBTOTAL	12137.8 €
Carpintería	Cantidad	Precio + IVA	Total
Puerta con bisagra	3	175 €	525 €
Puerta corredera	1	180 €	180€
Mesa salón comedor	2	320 €	640€
Armario camarote proa	1	150 €	150 €
Cajonera camarote proa	2	70 €	140 €
Cajonera camarote popa	1	70 €	70 €
Cama camarote de proa	1	500 €	500 €
Cama camarote de popa	1	450 €	450 €
Mesita noche camarote popa	1	70 €	70 €
Mamparo longitudinal aseo	1	200 €	200 €
Armarios de cocina	3	120 €	360 €
Encimera de cocina	1	500 €	500 €
Piso de cocina forrado	1	780 €	780 €
Sofá salón	1	700 €	700 €

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Sofá bañera	1	300 €	300 €
Mueble de aseo	1	70 €	70 €
Escala de acceso habilitación	1	400 €	400 €
		SUBTOTAL	6035 €
Aseo	Cantidad	Precio + IVA	Total
W.C. Marino	1	140 €	140 €
Depósito de aguas fecales	1	240 €	240 €
Grifo de fondo pasacasco WC	2	30 €	60 €
Tuberías, abrazaderas, arandelas...	1	40 €	40 €
Bombas fecales de achique, filtro antiolor...	1	120 €	120 €
Lavabo con grifo	1	70 €	70 €
Tubería grifo fondo y abrazaderas de lavabo	1	50 €	50 €
Manguera hasta depósito de agua	1	35 €	35 €
Espejo	1	45 €	45 €
Accesorios varios	1	30 €	30 €
Cabina ducha con manguera	1	400 €	400 €
Suelo plástico aseos	1	180 €	180 €
		SUBTOTAL	1410 €
Habilitación	Cantidad	Precio + IVA	Total
Colchón camarote proa	1	250 €	250 €
Colchón camarote popa	1	250 €	250 €
Almohadas, sábanas, colchas camarote proa	1	100 €	100 €
Almohadas, sábanas, colchas camarote popa	1	100 €	100 €
Cojines y colchonetas tapizadas sofá salón	2	280 €	560 €
Cojines y colchonetas tapizadas sofá bañera	1	150 €	150 €
Televisor LCD	1	850 €	850 €
Puerta cristalera corredera	1	1200 €	1200 €

		SUBTOTAL	3460 €
Cocina	Cantidad	Precio + IVA	Total
Vitrocerámica	1	250 €	250 €
Horno eléctrico	1	200 €	200 €
Fregadero con desagüe + grifo inoxidable	1	120 €	120 €
Manguera hasta depósito de agua	1	50 €	50 €
Bomba presión de agua	1	200 €	200 €
Nevera eléctrica con congelador	1	280 €	280 €
Microondas	1	80 €	80 €
		SUBTOTAL	1180 €
Instalación eléctrica	Cantidad	Precio + IVA	Total
Baterías de 12 V	2	220 €	440 €
Cajas de baterías de polipropileno	2	50 €	100 €
Acopladores de baterías 4 posiciones	2	45 €	90 €
Panel de fusibles 8 entradas	1	70 €	70 €
Conector de mechero 12 V en inox	1	20 €	20 €
Bomba achique 30 l/min	2	105 €	210 €
Contacto automático bomba achique	2	23 €	46 €
Luces de techo halógenas	10	18 €	180 €
Luces de navegación costado y alcance	1	57 €	57 €
Molinete eléctrico 1500W	1	1400 €	1400 €
Limpia parabrisas eléctrico	1	280 €	280 €
		SUBTOTAL	2893 €
Puesto de gobierno	Cantidad	Precio + IVA	Total
Asiento doble puesto de gobierno con cajón	1	300 €	300 €
Asiento auxiliar	1	155 €	155 €
Parabrisas frontal	1	1500 €	1500 €
Ventanas laterales	2	750 €	1500 €

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

		SUBTOTAL	3455 €
Elementos de cubierta	Cantidad	Precio + IVA	Total
Roldana de fondeo en acero inox con pasador	1	120 €	120 €
Bitas y guiacabos de amarre	1	78 €	78 €
Cornamusas de amarre acero inox	4	35 €	140 €
Boca de llenado de agua de 45 mm con manguera	1	30 €	30 €
Boca de llenado de gasoil de 70 mm	2	35 €	70 €
Boca de succión de depósito séptico	1	38 €	38 €
Respiraderos de tanques y cámara de máquinas	1	40 €	40 €
Bisagras tambucho pozo del ancla y pertrechos	4	8.50 €	34 €
Pasamanos de cubierta principal	1	1800 €	1800 €
Colchonetas solarium proa	2	260 €	520 €
		SUBTOTAL	2870 €
Otros equipamientos	Cantidad	Precio + IVA	Total
Sonda	1	1750 €	1750 €
GPS Lector de cartas	1	1900 €	1900 €
VHF fijo	1	750 €	750 €
Antena VHF	1	55 €	55 €
Extintores	5	45 €	225 €
Botiquín homologado	1	80 €	80 €
Aros salvavidas de rabiza y luz	2	70 €	140 €
Equipo de colchonetas solas	1	160 €	160 €
Balsa salvavidas	1	3000 €	3000 €
Chalecos salvavidas	6	25 €	150 €
Ancla	1	380 €	380 €
Cadena ancla	1	470 €	470 €
		SUBTOTAL	9060 €
Accesorios	Cantidad	Precio+ IVA	Total

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Escotillas	2	250 €	500 €
Portillos iluminación y ventilación camarotes	4	175 €	700 €
Portillos iluminación y ventilación aseos	1	150 €	150 €
Tornillos tuercas herrajes	1	280 €	280 €
		SUBTOTAL	1630 €
Depósito y tanques			
Tanque de combustible	2	340 €	680 €
Indicador de fuel	1	57 €	57 €
Accesorios sistema de combustible	1	70 €	70 €
Depósito de agua potable	1	280 €	280 €
Depósito de aguas fecales	1	220 €	220 €
		SUBTOTAL	1307 €
Cámara de máquinas	Cantidad	Precio + IVA	Total
Motor volvo penta D6-330	2	53000 €	106000 €
Instalación completa	1	6000 €	6000 €
Instalación completa conjunto de dirección	1	2500 €	2500 €
Escala acceso a cámara de máquinas	1	770 €	770 €
		SUBTOTAL	115270 €
TOTAL COSTE DE MATERIALES 160707,8 €			

Mano de obra

COSTE MANO DE OBRA		
Construcción del casco	Horas/Hombre	Total
Limpieza y cera del molde	40	800 €
Pintado del Gelcoat	30	600 €
Laminado	300	6000 €
Desmoldeo	40	800 €
	SUBTOTAL	8200 €

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Construcción cubierta y bañera	Horas/Hombre	Total
Limpieza y cera del molde	50	1000 €
Pintado del Gelcoat	40	800 €
Laminado	300	6000 €
Desmoldeo	40	800 €
	SUBTOTAL	8600 €
Construcción cubierta y bañera	Horas/Hombre	Total
Montaje del casco-cubiertas	50	1000 €
Montaje del mobiliario	250	5000 €
Montaje de equipos	230	4600 €
	SUBTOTAL	10600 €
PRECIO HORA/HOMBRE: 20 €		
TOTAL COSTE MANO DE OBRA 27400 €		

Coste total

CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DE LA EMBARCACIÓN	
TOTAL COSTE MATERIALES	160707,7 €
TOTAL COSTE MANO DE OBRA	27400 €
COSTE TOTAL DE LA EMBARCACIÓN	188107,7 €

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

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

CON UN INCREMENTO DEL 30 %	244539,8 €
CON UN INCREMENTO DEL 40 %	263350,78 €

➤ **BIBLIOGRAFÍA**

APUNTES Y LIBROS DE:

- ✓ Construcción en materiales compuestos
- ✓ Teoría del Buque
- ✓ Embarcaciones deportivas
- ✓ Principles of Yacht Design

CATÁLOGOS COMERCIALES:

- ✓ Baitra accesorios navales
- ✓ Mel composites, materiales estructurales ligeros
- ✓ Motores Volvo Penta

NORMATIVAS:

- ✓ Lloyd's Register of Shipping Rules and Regulations

PÁGINAS WEB:

- ✓ www.fondear.com
- ✓ www.barcos.com
- ✓ www.volvopenta.com
- ✓ www.barcosyamarres.com

➤ **ANEXO 1. ESTUDIO DE EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD**

EQUILIBRIO SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA

Hydromax 13.01, build: 2091

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,0252 tonne/m³)

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specified
Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Br 425 l	1		0,387	0,387	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Er 425 l	1		0,387	0,387	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque agua dulce	1		0,400	0,400	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Tanque aguas residuales	1		0,000	0,000	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				9,624	4,581	0,002	1,019		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							1,019			

Draft Amidsh. m	0,855
Displacement tonne	9,624
Heel to Starboard degrees	0,0
Draft at FP m	0,816
Draft at AP m	0,893
Draft at LCF m	0,863
Trim (+ve by stern) m	0,078
WL Length m	10,474
WL Beam m	3,617
Wetted Area m ²	33,608
Waterpl. Area m ²	30,087
Prismatic Coeff.	0,804
Block Coeff.	0,355
Midship Area Coeff.	0,516
Waterpl. Area Coeff.	0,794
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,578
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,510
KB m	0,655
KG fluid m	1,019
BMt m	2,626
BML m	25,012
GMt corrected m	2,262
GML corrected m	24,648
KMt m	3,281
KML m	25,667
Immersion (TPc) tonne/cm	0,308
MTc tonne.m	0,208
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,380
Max deck inclination deg	0,4
Trim angle (+ve by stern) deg	0,4

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,003 m)		-0,097
Deck Edge (freeboard pos = 0,003 m)		-0,021
DF point	Downflooding point	2,147

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

EQUILIBRIO LLEGADA DE PUERTO AL 10% DE CONSUMOS

Hydromax 13.01, build: 2091

Free to Trim

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,0252 tonne/m³)

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specified
Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Br al 10%	1		0,039	0,039	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Er al 10%	1		0,039	0,039	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque de agua dulce al 10%	1		0,040	0,040	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Tanque de aguas residuales	1		0,030	0,030	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,597	4,655	0,002	1,077		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							1,077			

Draft Amidsh. m	0,823
Displacement tonne	8,597
Heel to Starboard degrees	0,1
Draft at FP m	0,799
Draft at AP m	0,848
Draft at LCF m	0,828
Trim (+ve by stern) m	0,049
WL Length m	10,456
WL Beam m	3,316
Wetted Area m ²	31,433
Waterpl. Area m ²	28,365
Prismatic Coeff.	0,793
Block Coeff.	0,361
Midship Area Coeff.	0,514
Waterpl. Area Coeff.	0,818
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,653
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,558
KB m	0,632
KG fluid m	1,077
BM _t m	2,424
BML m	26,242
GM _t corrected m	1,978
GML corrected m	25,796
KM _t m	3,055
KML m	26,874
Immersion (TPc) tonne/cm	0,291
MTc tonne.m	0,194
RM at 1deg = GM _t .Disp.sin(1) tonne.m	0,297
Max deck inclination deg	0,3
Trim angle (+ve by stern) deg	0,2

Key point	Type	Freeboard m
Margin Line (freeboard pos = 0,003 m)		-0,051
Deck Edge (freeboard pos = 0,003 m)		0,024
DF point	Downflooding point	2,178

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

ESTUDIO DE ESTABILIDAD SALIDA DE PUERTO A PLENA CARGA

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,0252 tonne/m³)

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specified
Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Br 425 l	1		0,387	0,387	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Er 425 l	1		0,387	0,387	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque agua dulce	1		0,400	0,400	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Tanque aguas residuales	1		0,000	0,000	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				9,624	4,581	0,002	1,019		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							1,019			

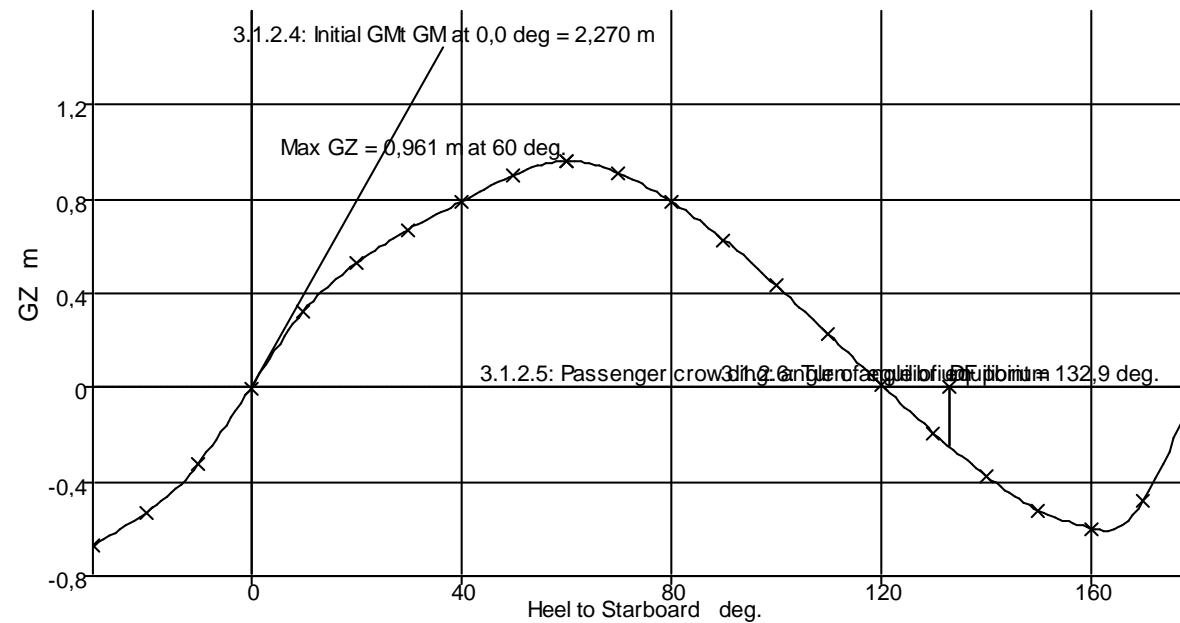
Proyecto fin de carrera
Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Heel to Starboard degrees																							
Displacement tonne	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,625	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624	9,624
Draft at FP m	0,628	0,728	0,790	0,816	0,790	0,728	0,628	0,470	0,203	-0,356	-1,557	-5,185	N/A	-9,227	-5,576	-4,333	-3,695	-3,304	-3,034	-2,824	-2,674	-2,632	
Draft at AP m	0,612	0,762	0,856	0,893	0,856	0,762	0,612	0,387	0,030	-0,550	-1,615	-4,658	N/A	-7,110	-4,079	-3,034	-2,485	-2,142	-1,914	-1,780	-1,751	-1,765	
WL Length m	10,401	10,438	10,475	10,473	10,475	10,438	10,401	10,362	10,331	10,222	10,283	10,719	10,993	11,196	11,361	11,504	11,635	11,760	11,876	11,866	11,899	11,876	11,476
Immersed Depth m	0,680	0,557	0,658	0,699	0,658	0,557	0,680	0,795	0,857	0,865	0,848	0,849	0,843	0,997	1,117	1,200	1,240	1,231	1,162	1,011	0,748	0,415	
WL Beam m	2,625	2,706	2,976	3,617	2,976	2,706	2,625	2,683	2,874	2,471	2,128	1,933	1,803	1,751	1,754	1,820	1,999	2,237	2,579	3,066	3,806	3,748	
Wetted Area m^2	29,697	30,304	31,709	33,633	31,710	30,304	29,697	29,806	29,999	29,180	28,532	28,233	28,054	27,974	27,968	28,025	28,155	28,506	29,464	31,981	38,789	45,055	
Waterpl. Area m^2	24,107	24,979	27,150	30,110	27,151	24,980	24,107	24,396	24,867	21,790	19,141	17,512	16,534	16,074	16,059	16,450	17,200	18,355	20,168	23,638	32,095	39,012	
Prismatic Coeff.	0,789	0,792	0,795	0,804	0,795	0,792	0,789	0,785	0,784	0,793	0,790	0,756	0,724	0,687	0,651	0,618	0,585	0,554	0,528	0,516	0,496	0,524	
Block Coeff.	0,505	0,597	0,458	0,355	0,458	0,597	0,505	0,425	0,369	0,430	0,507	0,557	0,562	0,481	0,422	0,374	0,325	0,290	0,264	0,255	0,277	0,526	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,581	4,579	4,578	4,578	4,578	4,579	4,581	4,585	4,589	4,590	4,583	4,571	4,552	4,530	4,508	4,488	4,471	4,459	4,455	4,461	4,478	4,486	
VCB from DWL m	-0,229	-0,216	-0,208	-0,207	-0,208	-0,216	-0,229	-0,245	-0,260	-0,270	-0,288	-0,308	-0,327	-0,343	-0,354	-0,360	-0,358	-0,346	-0,321	-0,275	-0,201	-0,147	
GZ m	-0,673	-0,531	-0,326	0,002	0,323	0,528	0,670	0,788	0,905	0,961	0,911	0,792	0,628	0,435	0,226	0,013	-0,192	-0,375	-0,521	-0,597	-0,478	0,002	
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4,942	4,863	4,733	4,509	4,733	4,863	4,942	5,014	5,151	5,282	5,275	5,259	5,217	5,158	5,082	4,988	4,874	4,771	4,740	4,817	5,010	5,714	
TCF to zero pt. m	-1,08	-0,80	-0,47	0,00	0,47	0,80	1,08	1,33	1,61	1,78	1,79	1,72	1,59	1,40	1,17	0,92	0,65	0,40	0,19	0,07	0,15	0,00	

Proyecto fin de carrera
Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

	9	9	1																			
Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,4	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	119,9	129,9	139,8	149,6	159,4	169,0	175,7
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	-0,1	-0,4	-0,9	-1,0	-0,3	2,6	N/A	10,5	7,5	6,5	6,1	5,8	5,6	5,3	4,6	4,3

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 0,003 m)		0
Deck Edge (immersion pos = 0,003 m)		0
DF point	Downflooding point	132,9



Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	120,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	3,1510	m.deg	12,0347	Pass	+281,93
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	132,9	deg			
	angle of vanishing stability	120,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	5,1570	m.deg	19,3272	Pass	+274,78
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	132,9	deg			
	angle of vanishing stability	120,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	1,7190	m.deg	7,2925	Pass	+324,23
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	60,0	deg	60,0		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	0,961	Pass	+380,43
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	60,0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	60,0	Pass	+140
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	2,270	Pass	+1413,32
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $nPass M / disp. D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $nPass =$	0				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than (\leq)	10,0	deg	0,0	Pass	+99,54
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,9996				
	vessel speed: $v =$	0,000	kts			
	turn radius, R , as percentage of Lwl	510,00	%			
	$h = KG - \text{mean draught} / 2$	0,592	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than (\leq)	10,0	deg	0,0	Pass	+99,54
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		

ESTUDIO DE ESTABILIDAD LLEGADA A PUERTO AL 10% DE CONSUMOS

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,0252 tonne/m³)

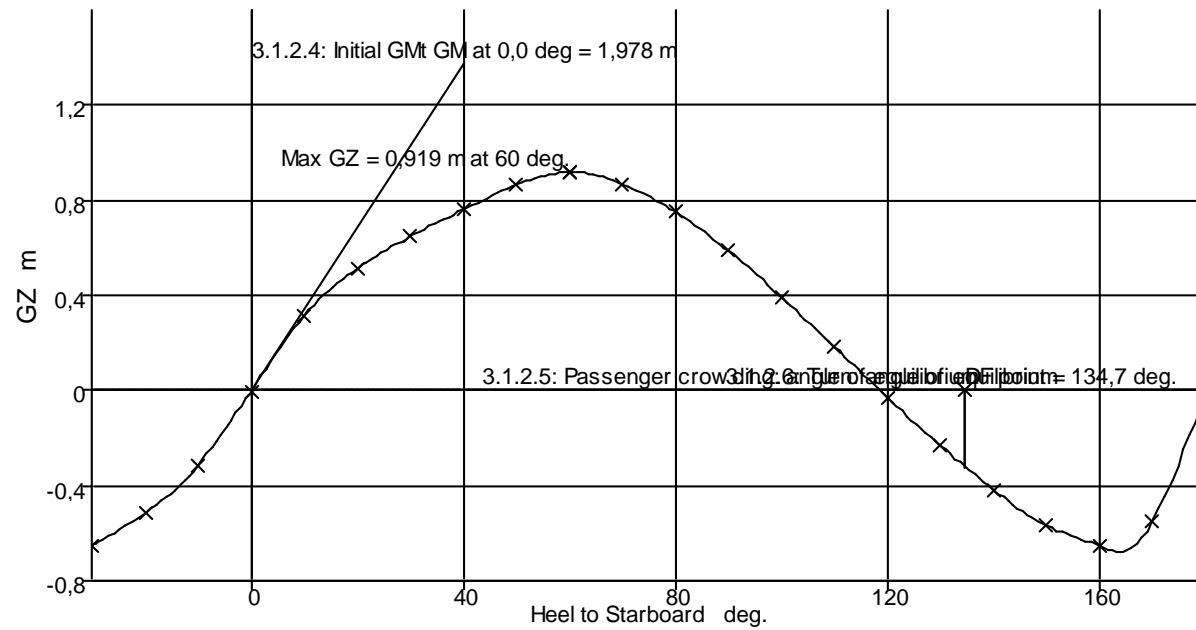
Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Rosca	1		7,850	7,850	4,850	0,002	1,001	0,000	0,000	User Specified
Tripulantes	6		0,075	0,450	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Pertrechos	6		0,025	0,150	2,260	0,000	2,228	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Br al 10%	1		0,039	0,039	3,275	-1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque combustible Er al 10%	1		0,039	0,039	3,275	1,380	0,665	0,000	0,000	User Specified
Tanque de agua dulce al 10%	1		0,040	0,040	5,300	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Tanque de aguas residuales	1		0,030	0,030	4,100	0,000	0,240	0,000	0,000	User Specified
Total Loadcase				8,597	4,655	0,002	1,077		0,000	
FS correction							0,000			
VCG fluid							1,077			

Proyecto fin de carrera
Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Heel to Starboard degrees	-30,0	-20,0	-10,0	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	160,0	170,0	180,0	
Displacement tonne	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,598	8,597	8,598	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597	8,597
Draft at FP m	0,621	0,718	0,778	0,799	0,778	0,718	0,621	0,467	0,209	-	-	-	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Draft at AP m	0,531	0,694	0,799	0,847	0,799	0,694	0,531	0,292	-	-	-	-	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WL Length m	10,37 0	10,40 3	10,44 1	10,45 6	10,44 1	10,40 3	10,36 9	10,33 7	10,32 3	10,21 6	10,27 4	10,72 3	11,00 2	11,20 5	11,36 9	11,51 1	11,63 5	11,75 3	11,80 6	11,81 5	11,87 6	11,87 8	11,62 8
Immersed Depth m	0,617	0,525	0,628	0,670	0,627	0,525	0,617	0,738	0,804	0,800	0,760	0,705	0,733	0,884	1,006	1,094	1,143	1,143	1,082	0,941	0,694	0,361	
WL Beam m	2,564	2,638	2,883	3,316	2,883	2,638	2,564	2,625	2,760	2,444	2,129	1,933	1,778	1,724	1,725	1,812	1,953	2,165	2,401	2,854	3,809	3,754	
Wetted Area m ²	28,50 1	29,03 5	30,39 3	31,43 3	30,39 2	29,03 5	28,50 0	28,51 7	28,38 2	27,80 1	27,17 0	26,87 0	26,69 1	26,60 0	26,58 3	26,60 1	26,65 7	26,93 9	27,87 6	30,28 7	37,17 5	44,69 0	
Waterpl. Area m ²	23,48 5	24,28 7	26,36 6	28,36 5	26,36 5	24,28 7	23,48 4	23,64 7	23,71 8	21,46 6	18,86 4	17,25 0	16,27 8	15,80 2	15,76 6	16,09 1	16,68 8	17,59 7	19,09 3	22,40 0	30,96 2	38,85 7	
Prismatic Coeff.	0,778	0,782	0,785	0,792	0,785	0,782	0,779	0,775	0,776	0,786	0,788	0,761	0,740	0,715	0,678	0,640	0,604	0,570	0,548	0,529	0,509	0,530	
Block Coeff.	0,511	0,582	0,444	0,361	0,444	0,582	0,511	0,419	0,366	0,420	0,511	0,586	0,585	0,491	0,425	0,368	0,323	0,288	0,273	0,264	0,267	0,532	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4,660	4,656	4,654	4,653	4,654	4,656	4,659	4,664	4,671	4,673	4,669	4,659	4,642	4,622	4,600	4,579	4,560	4,546	4,541	4,546	4,561	4,570	
VCB from DWL m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GZ m	0,210	0,198	0,193	0,196	0,192	0,198	0,210	0,227	0,243	0,248	0,259	0,276	0,293	0,310	0,323	0,331	0,334	0,325	0,302	0,259	0,188	0,129	
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-	-	-	-	0,313	0,512	0,648	0,760	0,864	0,919	0,870	0,751	0,586	0,392	0,182	-	-	-	-	-	-	-	0,002
TCF to zero pt. m	0,651	0,515	0,317	0,002											0,030	0,234	0,419	0,570	0,654	0,549			
Max deck inclination deg	4,951	4,863	4,730	4,559	4,730	4,863	4,951	5,040	5,173	5,290	5,291	5,279	5,242	5,185	5,112	5,012	4,888	4,796	4,813	4,890	5,028	5,781	
Trim angle (+ve by stern) deg	-	-	-	0,000	0,497	0,826	1,094	1,334	1,628	1,821	1,823	1,747	1,605	1,410	1,172	0,906	0,634	0,380	0,169	0,027	0,108	0,000	
	1,094	0,826	0,497																				
	30,0	20,0	10,0	0,2	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	129,9	139,8	149,7	159,5	169,1	176,0	
	-0,5	-0,1	0,1	0,2	0,1	-0,1	-0,5	-0,9	-1,5	-2,0	-2,0	-0,9	N/A	6,7	5,6	5,3	5,2	5,2	5,1	4,9	4,3	4,0	

Proyecto fin de carrera
Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Key point	Type	Immersion angle deg
Margin Line (immersion pos = 0,003 m)		0
Deck Edge (immersion pos = 0,003 m)		1
DF point	Downflooding point	134,7



Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	118,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	3,1510	m.deg	11,6679	Pass	+270,29
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	134,7	deg			
	angle of vanishing stability	118,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	5,1570	m.deg	18,7155	Pass	+262,92
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	134,7	deg			
	angle of vanishing stability	118,6	deg			
	shall not be less than (\geq)	1,7190	m.deg	7,0477	Pass	+309,99
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	60,0	deg	60,0		
	shall not be less than (\geq)	0,200	m	0,919	Pass	+359,43
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	60,0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (\geq)	25,0	deg	60,0	Pass	+140

Proyecto fin de carrera

Yate crucero a motor de 11,98 m eslora y categoría de diseño B

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall not be less than (\geq)	0,150	m	1,978	Pass	+1218,51
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	0				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	0,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than (\leq)	10,0	deg	0,1	Pass	+99,47
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,9996				
	vessel speed: $v =$	0,000	kts			
	turn radius, R , as percentage of L_{wl}	510,00	%			
	$h = KG - \text{mean draught} / 2$	0,666	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than (\leq)	10,0	deg	0,1	Pass	+99,47
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		

➤ ANEXO 2. MOTOR VOLVO PENTA D6-330

VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

D6-330

243 kW (330 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

Altas prestaciones para uso marino

El Volvo Penta D6-330 de 6 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. Junto con un gran volumen de barrido y el sistema EVC (Electronic Vessel Control), se obtiene no sólo un rendimiento diesel puntero, sino también bajas emisiones de escape.



D6-330 con inversor H880AE

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 ligero y 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 rígida, refuerzos escalonados del bloque 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-D

(EVC-D, una nueva generación del probado sistema EVC - Electronic Vessel Control- que ofrece la mejor sensación al pilotar que se puede experimentar!

El nuevo diseño ergonómico de los mandos tiene como resultado un accionamiento suave permitiendo al mismo tiempo un manejo de gran precisión en cualquier situación. Los botones pulsadores integrados permiten acceder fácilmente a funciones tales como Low-speed, Control de crucero y función monomando

posibilitando una navegación sencilla y segura.

Complemente el puesto de mando eligiendo entre la amplia gama de indicadores y displays de fácil lectura que incluyen la nueva pantalla a color de 7". Añada a todo esto el ordenador de viaje para una gestión precisa del combustible y un impacto medioambiental mínimo.

No hay que decir que en las instalaciones dobles los motores incluyen sincronización estándar.

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.

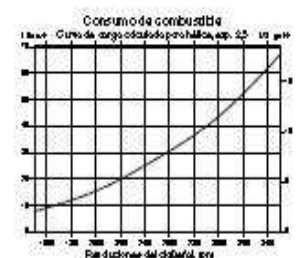
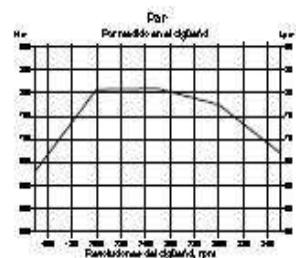
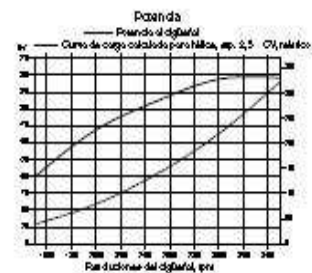
Asociado con las características del motor D6, el mecanismo de cambios hidráulico y la tecnología de biselado en todo el tren de engranajes, hemos desarrollado un grupo propulsor completo cuando se desea elevado par, fiabilidad operativa y reducción de ruidos y vibraciones.

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.

Satisfiriendo nuevos estándares de emisiones de escape

El sistema de inyección common-rail en combinación con la electrónica y un avanzado sistema de combustión introduce 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.



**VOLVO
PENTA**

D6-330

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
- Tecnología de 4 válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno raspador
- Canislas integradas
- Asientos de válvula intercambiables
- Cigüeñal de siete apoyos
- Distribución posterior

Suspensión del motor

- Suspensión elástica

Sistema de lubricación

- Filtro de aceite de paso total y bypass fácilmente sustituible
- 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 con 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 o 24V
- Alternador de 14W/115A o 28W/80A adaptados 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 (12V) y fusibles con reajuste manual (24V)
- Mecanismo de paro eléctrico

Instrumentos/s/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 decelada y en ángulo de 6° 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
- Opción de marcha lenta

Accesorios

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

Opción

Kit de U.S.C.G./MED (SOLAS) disponible.

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 listado pueden describir algo de las de serie.

A1701243 - Datos gen. de www.volvo-penta.com 28/09/2011 10:03:03

Datos técnicos	
Modelo	D6-330 I
Potencia al cigüeñal, kW (CV)	243 (330)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV)	237 (322)
Revoluciones, rpm	3500
Cilindrada, l	5,5
Número de cilindros	6
Diámetro cilindros/carrera, mm	103/110
Relación de compresión	17,5:1
Peso en seco con HS63AE, kg	656
Peso en seco con HS80AE, kg	677
Peso en seco con HS80VE, kg	721
Ratio HS63AE	2,04:1, 1,56:1
Ratio HS63VE	2,00:1, 1,56:1
Ratio HS80AE	2,50:1
Ratio HS80VE	2,49:1

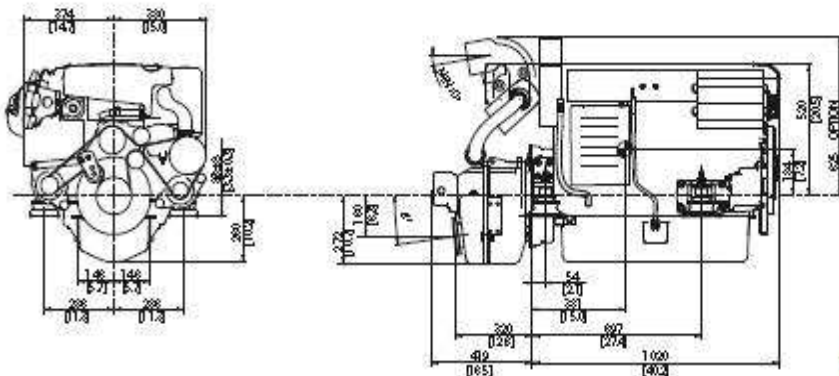
Potencia: R4 & R6

Datos técnicos según ISO 8886. El poder calorífico inferior del combustible es de 42.700 kJ/kg y la densidad de 840 g/litro a 15°C. Algunos modelos de combustible pueden diferir de esta especificación influyendo en el consumo de combustible.

El motor cumple los estándares de emisiones de escape IMO NOx, US EPA Tier 2 y EU RCD.

Dimensiones D6-330/HS80AE

No para instalación



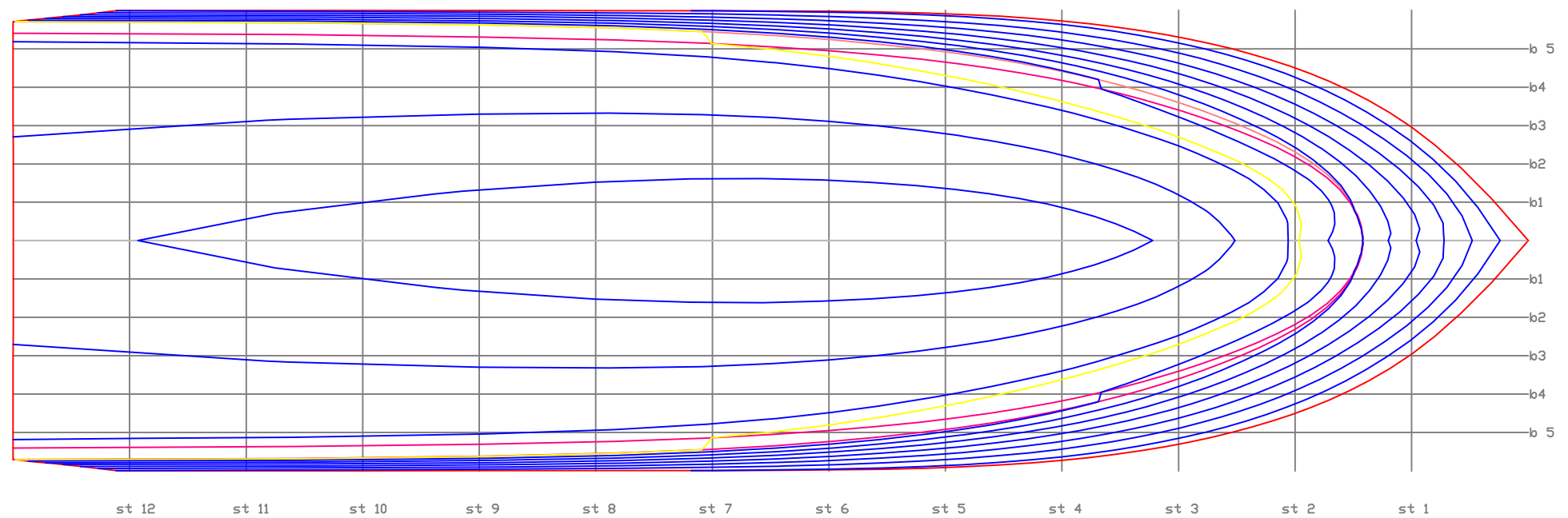
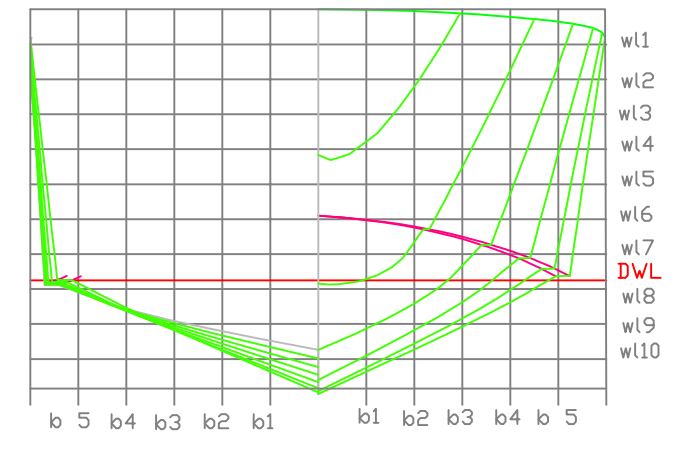
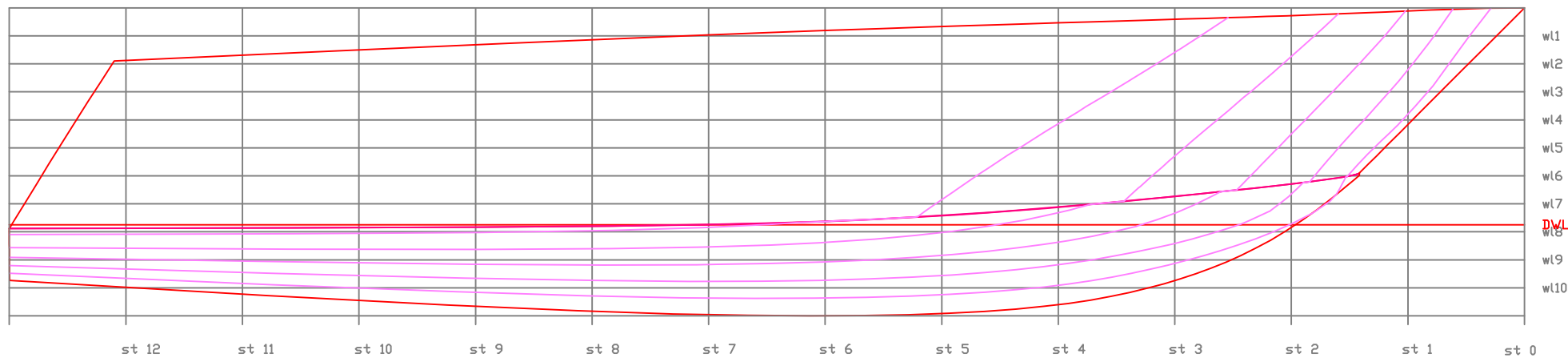
**VOLVO
PENTA**

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

06-2010 © 2010 AB Volvo Penta

➤ **ANEXO 3. PLANOS**

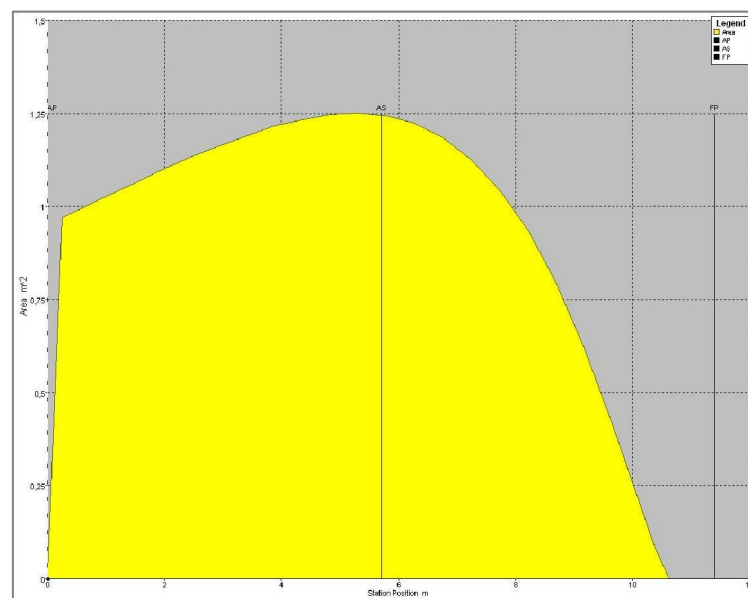
- ✓ Plano de formas
- ✓ Plano de disposición general
- ✓ Plano de escantillonado



Measurement	Value	Units
1 Displacement	10,81	tonne
2 Volume	10,546	m ³
3 Draft to Baseline	0,9	m
4 Immersed depth	0,75	m
5 Lwl	10,609	m
6 Beam wl	3,616	m
7 WSA	35,022	m ²
8 Max cross sect are	1,25	m ²
9 Waterplane area	31,899	m ²
10 Cp	0,795	
11 Cb	0,366	
12 Cm	0,491	
13 Cwcp	0,831	
14 LCB from zero pt. (	4,741	m
15 LCF from zero pt. (	4,62	m
16 LCB from zero pt. (	44,683	%
17 LCF from zero pt. (	43,544	%
18 KB	0,679	m
19 KG	0	m
20 Bmt	2,696	m
21 Bml	23,768	m
22 Gmt	3,375	m
23 Gml	24,448	m
24 Kmt	3,375	m
25 Kml	24,448	m
26 Immersion (TPc)	0,327	tonne/c
27 MTc	0,232	tonne.m
28 RM at 1 deg = GMT.D	0,637	tonne.m
29 Precision	Medium	50 stati

Density: 1,025 tonne/m³ Recalculate

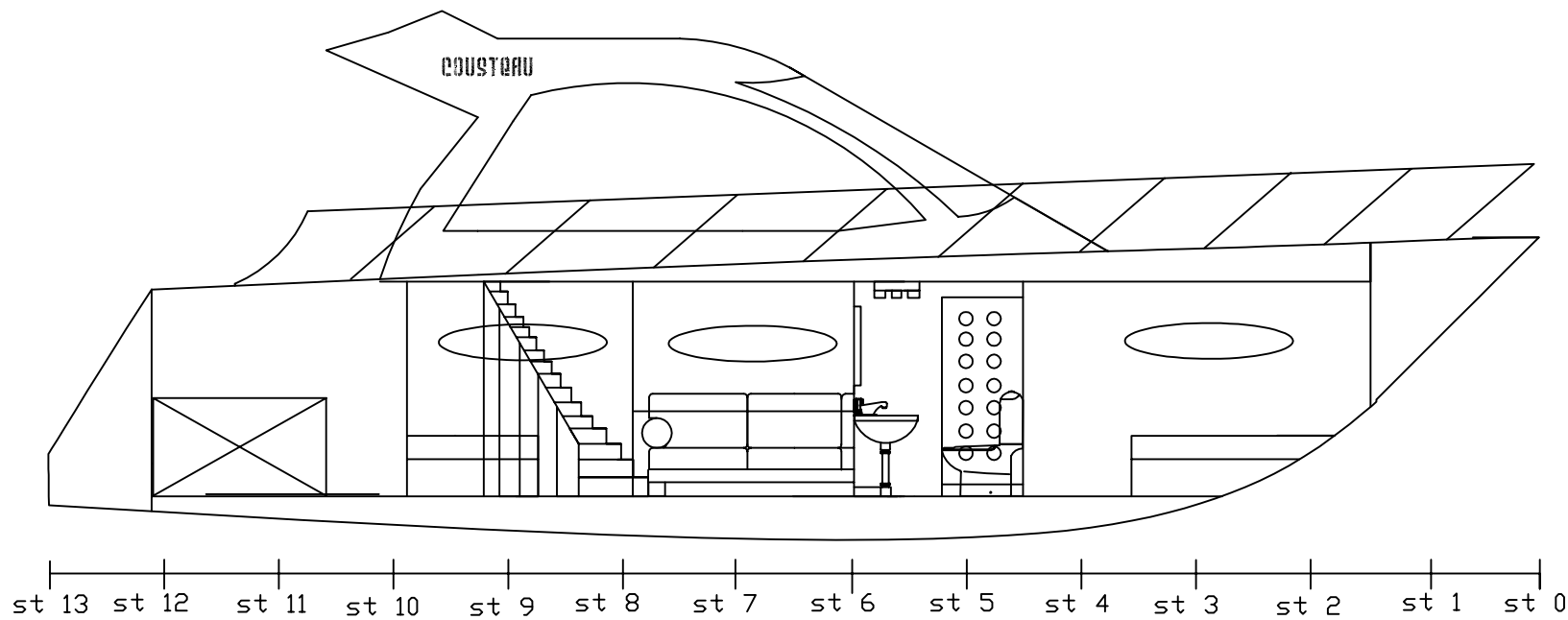
VCG: 0 m Close



DIMENSIONES PRINCIPALES

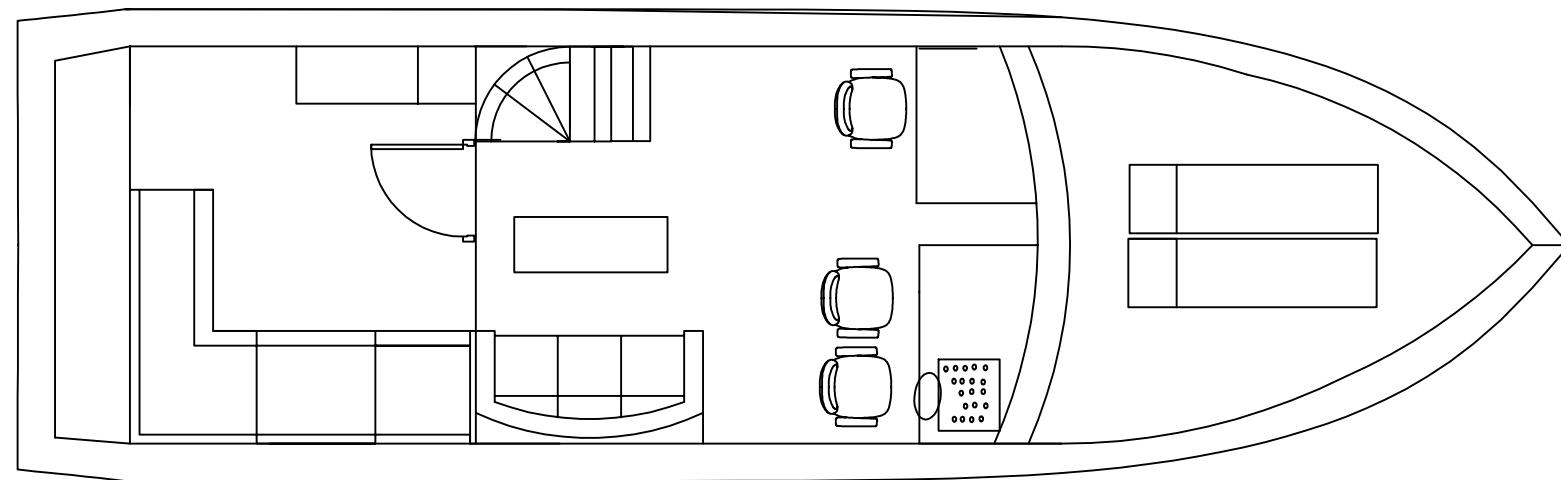
Eslora total: 12,5 m
 Eslora flotación: 10,5 m
 Manga: 3,8 m
 Calado: 0,9 m
 Desplazamiento: 10,5 ton
 Separación entre cuadernas: 0,95 m

ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)					
PROYECTO YATE CRUCERO A MOTOR DE 11,98 m eslora y categoría de diseño B					
Realizado, revisado y aprobado por: Almudena Piña Lorenzo		Archivo CAD: DGDWG	Fecha Octubre 2011	Escala 2:1	T. Papel A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Proyecto Fin de Carrera		Descripción del plano: PLANO DE FORMAS YATE COUSTEAU			
		Número de Plano: PFC-ED-APL-2011-001	Edición 1	Hoja nº: 1/2	

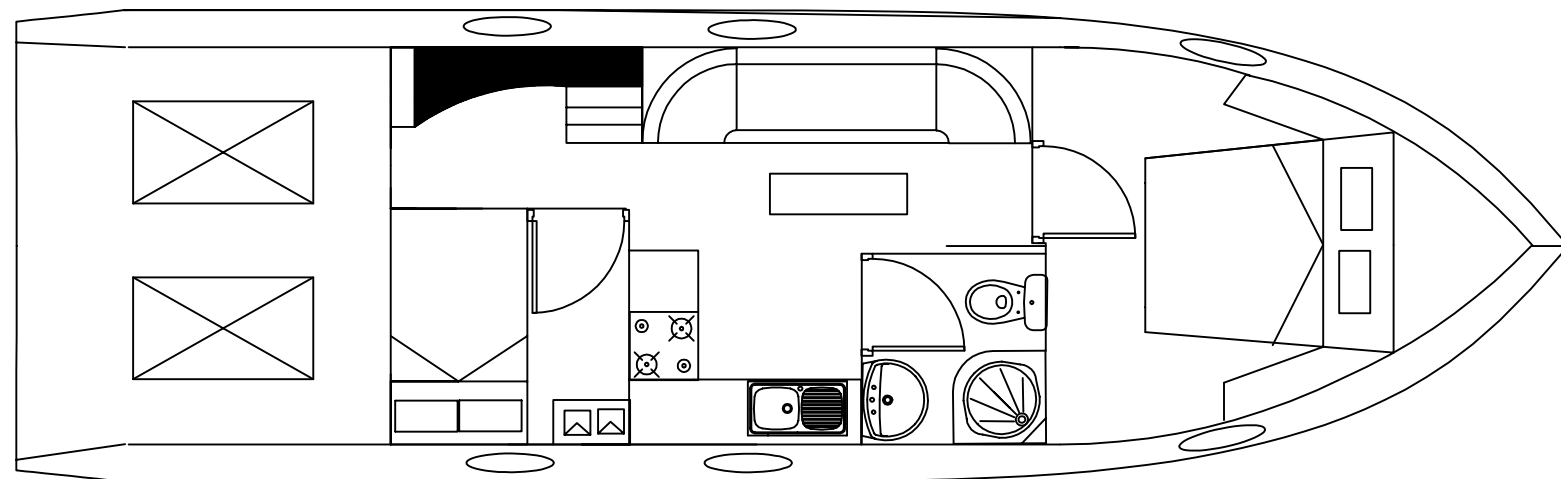


PERFIL DISPOSICIÓN GENERAL

CUBIERTA PRINCIPAL



CUBIERTA HABILITACIÓN



DIMENSIONES PRINCIPALES

Eslora total: 12,5 m

Eslora flotación: 10,5 m

Manga: 3,8 m

Calado: 0,9 m

Desplazamiento: 10,5 ton

Separación entre
cuadernas: 0,95 m

Capacidad de combustible:
850 litros

Capacidad de agua dulce:
400 litros

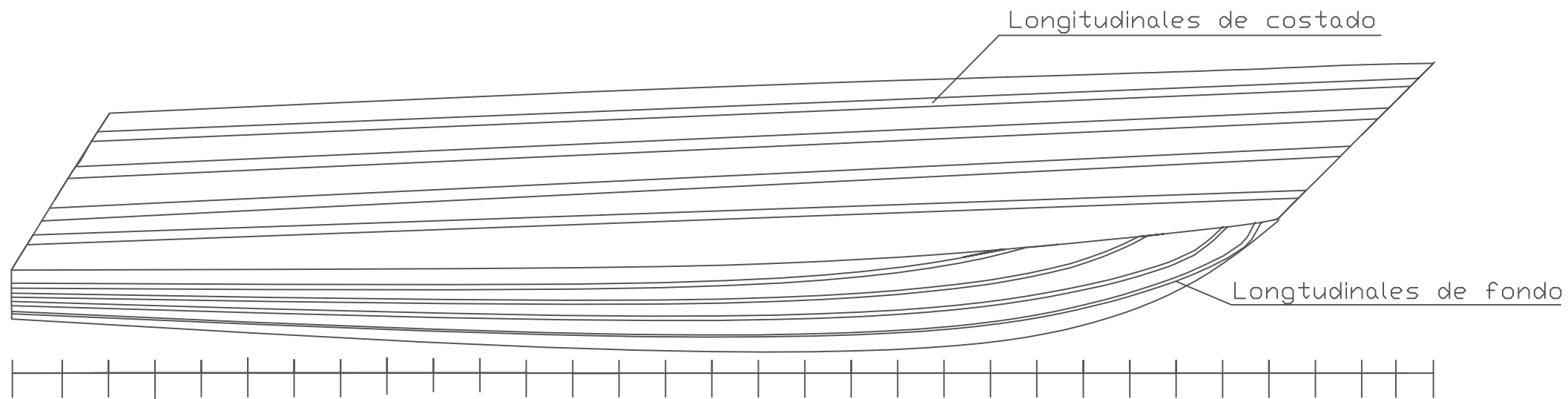
ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)

PROYECTO YATE CRUCERO A MOTOR DE 11,98 m eslora y categoría de diseño B

Realizado, revisado y aprobado por: Almudena Piña Lorenzo	Archivo CAD: DG.DWG	Fecha Octubre 2011	Escala 1:75	T. Papel A/3
--	------------------------	-----------------------	----------------	-----------------

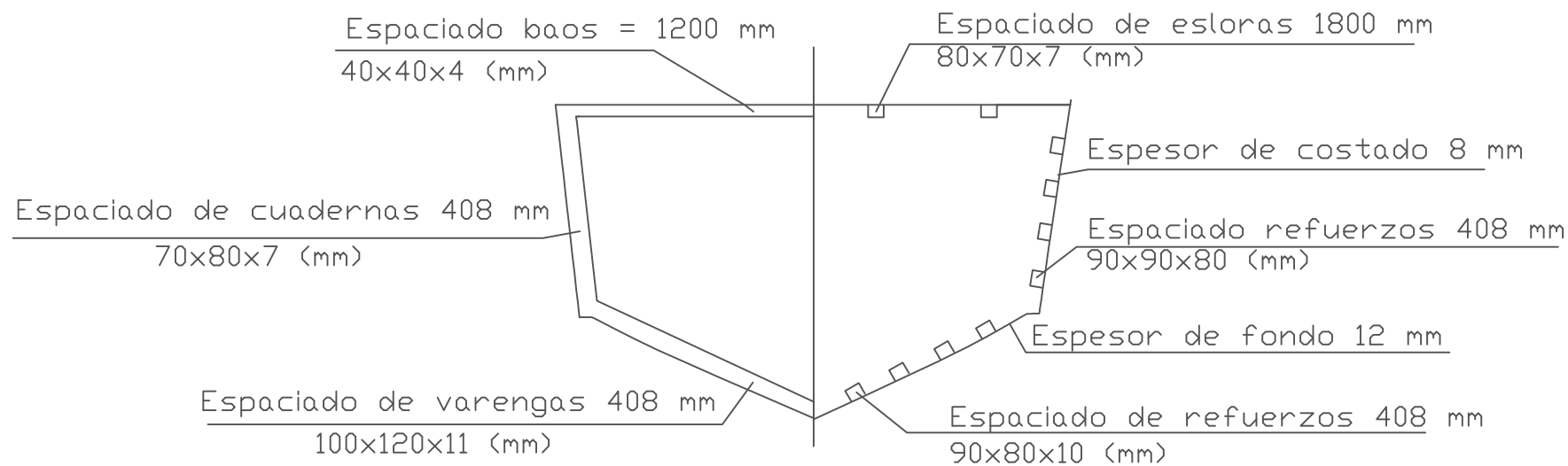
Ingeniería T. Naval Estructuras	Descripción del plano: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL		
---------------------------------	--	--	--

Proyecto Fin de Carrera	Número de Plano: PFC-ED-APL-2011-002	Edición 1	Hoja nº: 2/3
-------------------------	---	--------------	-----------------



Espaciado cuadernas y varengas: 408 mm

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora total:	12,5 m
Eslora flotación:	10,5 m
Manga:	3,8 m
Calado:	0,9 m
Desplazamiento:	10,5 ton



ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA (UCA)				
PROYECTO YATE CRUCERO A MOTOR DE 11,98 m eslora y categoría de diseño B				
Realizado, revisado y aprobado por:	Archivo CAD:	Fecha	Escala	T. Papel
Almudena Piña Lorenzo	DG.DWG	Octubre 2011	1:50	A/3
Ingeniería T. Naval Estructuras Proyecto Fin de Carrera	Descripción del plano: PLANO DE ESCANTILLONADO			
	Número de Plano: PFC-ED-APL-2011-003	Edición 1	Hoja nº: 3/3	

