

Universidad de **Cádiz**

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

**EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS  
DE AUTONOMÍA**

Juan Manuel DÍAZ ALCEDO



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





EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1: Definición y requerimientos del cliente	Pág. 1
CAPÍTULO 2: Definición y parámetros principales	Pág. 5
CAPÍTULO 3: Condición de navegación	Pág. 30
CAPÍTULO 4: Diseño de las formas	Pág. 43
CAPÍTULO 5: Disposición general e interiores	Pág. 66
CAPÍTULO 6: Escantillonado	Pág. 83
CAPÍTULO 7: Cálculo del desplazamiento y centro de gravedad	Pág. 123
CAPÍTULO 8: Estudio de estabilidad	Pág. 141
CAPÍTULO 9: Resistencia y potencia propulsora	Pág. 176
CAPÍTULO 10: Normativa aplicada	Pág. 183
CAPÍTULO 11: Presupuesto	Pág. 212
ANEXO I: Información comercial del motor propulsor	Pág. 215
ANEXO II: Planos	Pág. 218

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 1

### DEFINICIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

## CAPÍTULO 1

### DEFINICIÓN Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Esta embarcación está dirigida a un cliente que responde al perfil de un empresario de alto poder adquisitivo, en este caso está interesado en disfrutar una embarcación de porte medio para ocio y recreo, en nuestro caso consideramos suficiente una embarcación de 14,7m de eslora en la flotación, construida en P. R. F. V. para ahorrar peso y facilitar el mantenimiento. La ocupación de la misma se hará en periodos de tiempo no muy prolongados, como tope unos tres días. Debe ser capaz de albergar a seis personas en camarotes dispuestos para este fin con un alto grado de confort.

El ámbito de la navegación será entorno a los puertos mediterráneos, aunque también cabe la posibilidad de realizar rutas de manera esporádica por la costa atlántica de la península e incluso la africana. Debemos de tener en cuenta que la amplitud de las rutas dependerá de la categoría de navegación homologada y de la distancia máxima entre los puertos en donde sea posible repostar y hacer acopio de provisiones.

Teniendo en cuenta las características de la embarcación y el tipo de navegación que se desea realizar, la homologaremos en la zona de navegación 2, esto es: navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas.

En relación con lo anterior, un aspecto importante es la autonomía. En nuestro caso, dotaremos de recursos suficientes para hacer que el buque pueda ser capaz de moverse entre los distintos puertos deportivos, teniendo en cuenta la distancia entre estos y al mismo tiempo un margen que permita recalar en lugares intermedios o hacer otras incursiones (acceso a zonas de buceo, etc.). Además de lo anterior concederemos un margen de seguridad en previsión de cualquier problema durante la navegación. Considerando lo anterior dotaremos a la embarcación de 400 millas de autonomía.

Teniendo en cuenta la autonomía tendremos cuidado en proporcionar:

- 1.- Capacidad de combustible suficiente realizar las rutas establecidas.
- 2.- Tanques de agua dulce con capacidad suficiente para consumo humano.
- 3.- Servicios de aseo personal y otros servicios propios del barco.

4.- Espacio suficiente para almacenaje de víveres, material necesario para el funcionamiento propio del buque y la navegación.

El buque se diseñará para ser gobernado por el mismo cliente, sin recurrir a la contratación de un patrón profesional. La embarcación debe de responder a criterios de facilidad de manejo y mantenimiento, puesto que no supondremos al cliente un experto en navegación, sino como una persona más interesada en disfrutar del tiempo libre, por esto trataremos de liberarlo en lo posible de trabajosas labores de mantenimiento.

Atendiendo al anterior párrafo, en el puente de gobierno dispondremos sistemas de navegación de fácil utilización y lectura, diseñados de manera que el aprendizaje de su manejo sea rápido, sencillo e intuitivo. Se instalarán sistemas de posicionamiento global vía satélite, y así como otros sistemas que garanticen la seguridad de las personas abordo en caso de accidente.

En el campo de la seguridad se desea que el barco se mantenga estable incluso a velocidades altas de crucero, procurando que los movimientos transversales y longitudinales del mismo durante la navegación sean suaves y con un recorrido lo más corto posible. Además dispondremos de todos los sistemas de seguridad exigidos por la reglamentación.

En el campo de la velocidad, no se perseguirá alcanzar altas velocidades, pero sí poder navegar a un ritmo adecuado que permita realizar las rutas previstas en un tiempo razonable.

Si en el párrafo anterior no dimos una gran importancia a la velocidad, en el capítulo de la habitabilidad si haremos hincapié, proyectando unas formas voluminosas que proporcionen espacios amplios y confortables. Se tendrá especial cuidado en el diseño de interiores, haciendo una pequeña vivienda flotante capaz de albergar en su interior a los seis pasajeros en tres camarotes dobles, con dos cuartos de baño completos. Se dispondrán servicios de fonda y hotel tales como cocina y salón, instalándose en este último equipo de audio, video y otros sistemas de entretenimiento digital. Los acabados serán de calidad en todos los accesorios y materiales, empleando revestimientos de maderas nobles en los camarotes y zonas de uso común, materiales plásticos en suelos, etc. En el exterior los materiales serán tales que faciliten su limpieza y mantenimiento, resistentes a la intemperie y a la acción del agua salada. El mobiliario exterior será el necesario para la vida y disfrute al aire libre.

La maquinaria propulsora y otros servicios se dispondrán de manera que su accesibilidad y manipulación no resulte excesivamente complicada, disminuyendo en lo posible el tiempo de las operaciones.

Con lo anterior, se pretende conseguir una embarcación de fácil manejo, segura, dotada de toda clase de comodidades y empleando materiales de gran calidad. La aspiración del cliente es conseguir un lugar donde disfrutar del tiempo libre, tanto navegando, como con la simple estancia a bordo, disponiendo eventualmente de una segunda residencia.



EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 2

### DEFINICIÓN Y PARÁMETROS PRINCIPALES



## CAPÍTULO 2

### DEFINICIÓN Y PARÁMETROS PRINCIPALES

#### 2.1 INTRODUCCIÓN, INFORMACIÓN PREVIA

Una vez conocidas las necesidades o requerimientos del armador, pasaremos en este capítulo, a cuantificar los parámetros necesarios para elaborar las formas del buque.

Para definir las formas del buque y el resto de sus elementos utilizaremos ecuaciones, análisis estadísticos y varios métodos desarrollados por diversos autores. Ante esto, debemos decir y recalcar, que a pesar de lo anterior la decisión final será del proyectista, teniendo licencia para modificar los datos obtenidos según las necesidades del proyecto o las pretensiones del proyectista. Claro está que lo anterior está encauzado hacia la realización satisfactoria del proyecto.

Como punto de partida a la hora de definir las dimensiones del buque y sus formas, extraeremos del capítulo 1 la información necesaria. Esto es lógico puesto que la realización de un proyecto exige tener en cuenta las exigencias del cliente. Analizando los requerimientos del armador consideramos los siguientes valores iniciales para iniciar el proyecto:

- 1.- Eslora en la flotación: 14,70m.
- 2.- Construida en P. R. F. V.
- 3.- Habilitación para 6 personas.
- 4.- Velocidad de crucero de 14 nudos.
- 5.- Autonomía de 400 millas.

A partir de esta información definiremos el resto de los parámetros de diseño, la información es importante:

La eslora en la flotación nos indica el porte general de la embarcación. A igual desplazamiento un buque con mayor eslora soporta mayores momentos flectores y por lo tanto necesitaría un mayor escantillonado de refuerzos, lo que aumentará su peso. Para ver la influencia desde el punto de vista de la hidrodinámica, debemos analizar el régimen de navegación de la embarcación. En embarcaciones de desplazamiento un aumento de la eslora a igualdad de desplazamiento reduce la resistencia, pero mas adelante trataremos este aspecto concretamente en nuestro proyecto.

El material de construcción y las dimensiones nos da idea del peso de la embarcación. Además nos haremos una idea de los métodos constructivos a emplear.

Conociendo la cantidad de plazas de pernocta, en este caso 6, conoceremos el volumen interior necesario, tanto para los camarotes, como para los víveres y el resto de servicios necesarios para la comodidad a bordo de los pasajeros.

La velocidad de crucero (14 nudos) nos dará una idea de la velocidad máxima a la que proyectaremos la embarcación y conociendo la eslora en la flotación (14,7 m.), sabremos el régimen de navegación de la embarcación. La velocidad del buque influirá en el tipo de secciones (U o V), con todo lo que conlleva.

La autonomía (400 millas) determina la capacidad de los tanques de combustible, lo que obliga a disponer espacio suficiente para estos. En capítulos posteriores combinaremos resistencia al avance, peso específico del combustible y consumo de combustible, para conocer la capacidad de estos.

Después de esta somera y muy general presentación de los datos de partida del estudio, pasamos al estudio paramétrico de la embarcación.

## 2.2 ESTUDIO ESTADÍSTICO

En el apartado anterior comentamos que utilizaríamos datos estadísticos para determinar los parámetros principales de forma. La estadística que utilizaremos ha sido tomada de una muestra de buques reales, de esta manera se garantiza un funcionamiento adecuado. Además las embarcaciones han sido ya homologadas por las autoridades competentes, lo que añade una mayor garantía.

Al construir una base de datos como base para predecir un proyecto tenemos dos opciones: confeccionarla con un listado de embarcaciones parecidas o utilizar una lista con buques de características diferentes (sin semejanza entre ellos). En el primer caso se consigue una predicción muy fiable para un buque parecido a los del listado, pero si la embarcación difiere en sus formas, el error cometido será grande y nos conducirá a error en el diseño. En el segundo caso podremos realizar predicciones para buques de características diferentes, pero obteniendo una menor precisión en los resultados.

En nuestro caso estudiaremos el mercado de buques y lo clasificaremos según sus formas. Primero definiremos los tipos de formas en las que clasificaremos a las embarcaciones, luego tomaremos una muestra de veinte buques cada tipo. Seguidamente estudiaremos las formas de nuestro barco y una vez la hayamos clasificado en uno de los tipos, las compararemos con la muestra tomada de los buques de iguales formas.

Hemos optado por el primer método de estudio, puesto que la clasificación será bastante rigurosa y utilizaremos buques de gran parecido al proyectado.

Observando los buques construidos podemos encontrar según sus formas, dos tipos bien diferenciados, los construidos con formas en U y en V. Hemos tomado una muestra de veinte embarcaciones de cada tipo, aunque en cada grupo son comunes sus formas, las dimensiones y parámetros principales los diferencian.

De cada embarcación representaremos los siguientes parámetros:

- 1.- Eslora total, Loa, en metros.
- 2.- Eslora en la flotación, Lwl, en metros.
- 3.- Manga, B, en metros.
- 4.- Calado, T, en metros.
- 5.- Desplazamiento,  $\Delta$ , en kilogramos.
- 6.- Velocidad máxima, Vmax, en nudos.
- 7.- Velocidad de crucero, V, en nudos.
- 8.- Potencia total, en H.P..
- 9.- Número de motores.
- 10.- Capacidad de combustible, en litros.
- 11.- Capacidad de agua dulce, en litros.

En las páginas siguientes presentamos dos tablas con la información del estudio estadístico. En la TABLA1 recogemos la información de los buques con formas en U y en la TABLA 2 la correspondiente a los que tienen formas en V.

TABLA 1: BUQUES CON FORMAS EN U										
ESLORA TOTAL (Loa) (m)	ESLORA FLOT. (Lwl) (m)	MANGA (B) (m)	CALADO (T) (m)	DESPLAZAMIENTO ( $\Delta$ ) (Kg)	VELOCIDAD MÁXIMA (Vmax)(nudos)	VELOCIDAD CRUCERO (v)(nudos)	POTENCIA TOTAL (H.P.)	Nº DE MOTORES	FUEL (l)	AGUA DULCE (l)
18,11	17,7	5,5	1,52	29210	20,5	14	1400	2	3500	1260
15,95	15,6	5	1,3	25600	18,4	14	740	2	2000	640
15,31	15	3,9	1	25600	19,6	15	471	2	1400	1000
13,59	13,3	4,3	1	14800	13,6	9,5	460	2	1000	900
13,5	13,35	3,66	1	12000	24	20	630	2	800	500
13,09	12,8	5	1,3	17300	17,9	13	636	2	900	640
12,47	12,24	3,9	1,1	11300	20	16	570	2	830	610
11,98	11,87	3,94	0,94	10000	19,2	16	460	2	1000	400
11,97	11,7	4,3	1,1	14700	18,5	15	630	2	1600	900
11,97	11,74	3,96	1,1	12000	23	19	630	2	1300	600
11,34	11,15	3,76	1,1	8600	18	14	480	2	780	400
11,3	11	3,66	1	9200	14,6	11	400	2	1000	900
10,45	10,34	3,7	0,96	9380	17,8	14	480	2	660	320
9,8	9,69	3,58	1	8000	14,2	10	400	2	700	300
9,24	9,13	2,32	0,7	5300	20	15	340	2	500	400
9	8,8	3,05	0,75	4500	19	14	340	2	300	275
8,53	8,4	3	0,8	3200	15	11,3	340	2	240	300
8,53	8,3	2,93	0,7	3800	20	16	340	2	250	250
8,3	8,1	3,1	0,85	2300	14	10	200	2	380	230
7,48	7,39	2,94	0,8	2000	14	9,5	200	2	180	200

TABLA 2: BUQUES CON FORMAS EN V										
ESLORA TOTAL (Loa) (m)	ESLORA FLOT. (Lwl) (m)	MANGA (B) (m)	CALADO (T) (m)	DESPLAZAMIENTO ( $\Delta$ ) (Kg)	VELOCIDAD MÁXIMA (Vmax)(nudos)	VELOCIDAD CRUCERO (v)(nudos)	POTENCIA TOTAL (H.P.)	Nº DE MOTORES	FUEL (l)	AGUA DULCE (l)
18,65	17,9	4,59	1,3	26700	31	24	1600	2	2500	750
16,76	15,39	4,72	1,3	18000	32	22	1280	2	2271	567
14,8	12,65	4,6	1,43	20100	33	29	1200	2	1900	700
14,59	14,02	4,39	1,12	14750	30	20	852	2	1600	700
14,26	14,11	4,3	1,16	13000	32,5	22	960	2	1952	588
13,67	11,98	4,2	0,85	11900	30	22	860	2	1300	420
13,24	10,1	4,16	1,26	10500	30	20	740	2	1134	454
13,19	11,98	4,25	0,8	13500	28	22	860	2	1360	350
13,13	11,83	3,87	0,98	8750	29	21	740	2	1050	380
12,89	9,64	4,06	1,09	9500	31,5	24	840	2	772	375
12,67	12,3	3,66	0,97	7700	33	24	520	2	746	300
12,37	11,63	4,24	1,07	13381	21,5	12,5	660	2	1250	272
11,94	10,03	3,51	0,76	5900	26,5	20	500	2	757	340
11,2	10,69	3,54	0,9	7800	29,5	21,5	520	2	770	200
11,13	10,83	3,84	0,75	9300	30,5	23	740	2	640	400
10,63	9,34	3,45	0,9	5500	29,7	24,5	520	2	558	208
10,3	9,7	3,3	0,8	5800	29,5	24	520	2	650	200
9,3	9	3,35	0,8	5800	32	23	340	2	500	200
8,4	7,48	3,03	0,82	4050	29	23	304	2	400	120
8,1	7,48	2,9	0,75	2300	26,5	22	230	1	300	100



## 2.3 DETERMINACIÓN DE LAS FORMAS DE LAS CUADERNAS, U O V, UTILIZANDO DE GROOT

El establecimiento de las formas de un buque es de vital importancia, no sólo por determinar la estética general del buque y su habitabilidad, sino porque influyen totalmente en el comportamiento mientras navega y en la estabilidad.

En un primer momento nos gustaría plantear un proyecto de buque con cuadernas en forma de U, sería un tipo de buque clásico, con un comportamiento marino y buena estabilidad. Esta idea la justificamos por la velocidad de crucero exigida, 14 nudos es una velocidad bastante moderada y por esto, en un primer momento, pensamos que podemos huir de formas en V, con su característico codillo. Con unas formas en U conseguiremos un mayor espacio interior, también pretendemos utilizar una generosa manga que dote de mayor habitabilidad y confort a los pasajeros.

Somos conscientes de que un buque de la eslora dicha, gran manga y formas redondas, implicará una mayor resistencia y por lo tanto será necesaria una mayor potencia propulsora a instalar, implicando un mayor consumo. Creemos que esto se puede justificar por la existencia de numerosos buques de estas características, sus dueños seducidos por la estética aparcan a un lado el factor consumo. Otra razón es que este tipo de buque tienen una finalidad de recreo, y no económica, como puede ser el caso de una compañía naviera, donde este sería un factor decisivo. Los clientes de este tipo de buques son personas de alto poder adquisitivo, que más que la el factor económico buscan disfrutar de una buena embarcación en la mar.

Para confirmar las formas de nuestra embarcación utilizaremos el método publicado por De Groot en International Shipbuilding Progress (1955). Para utilizar este sistema necesitamos conocer el dato de la velocidad máxima. La velocidad máxima que emplearemos en De Groot la calcularemos en el punto siguiente empleando como base la velocidad de crucero que es un dato dado.

### 2.3.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD MÁXIMA PARA APLICAR DE GROOT

Para hacer una estimación de la velocidad máxima utilizaremos la información estadística de las tablas 1 y 2. Seguidamente presentamos la información referente a la velocidad máxima y de crucero en la siguiente tabla:

BUQUES CON FORMAS EN U			BUQUES CON FORMAS EN V		
Lwl (m)	Vmax (nudos)	V (nudos)	Lwl (m)	Vmax (nudos)	V (nudos)
18,11	20,5	14	18,65	31	24
15,95	18,4	14	16,76	32	22
15,31	19,6	15	14,8	33	29
13,59	13,6	9,5	14,59	30	20
13,5	24	20	14,26	32,5	22
13,09	17,9	13	13,67	30	22
12,47	20	16	13,24	30	20
11,98	19,2	16	13,19	28	22
11,97	18,5	15	13,13	29	21
11,97	23	19	12,89	31,5	24
11,34	18	14	12,67	33	24
11,3	14,6	11	12,37	21,5	12,5
10,45	17,8	14	11,94	26,5	20
9,8	14,2	10	11,2	29,5	21,5
9,24	20	15	11,13	30,5	23
9	19	14	10,63	29,7	24,5
8,53	15	11,3	10,3	29,5	24
8,53	20	16	9,3	32	23
8,3	14	10	8,4	29	23
7,48	14	9,5	8,1	26,5	22
PromedioVmax		PromedioV	PromedioVmax	PromedioV	
18,065		13,815	29,735	22,175	
IncrementoV			IncrementoV		
30,76%			34,09%		

De estos datos podemos sacar algunas conclusiones importantes:

1.- Comparando embarcaciones del mismo porte la velocidad máxima y de crucero son siempre superiores en cascos en V. La mayoría de este tipo de embarcaciones navegan en régimen de planeo, presentando el característico codillo, lo que explica una superior velocidad.

2.- En barcos con formas en V tenemos el siguiente promedio de velocidades de: 29,735 nudos para velocidad máxima y 22,175 nudos para velocidad de crucero. La velocidad de crucero se incrementa un 34,09% para alcanzar la velocidad máxima.

3.- De las embarcaciones con formas en U extraemos el promedio de velocidad máxima y de crucero, siendo de 18,065 y 13,815 nudos respectivamente.

Similar al caso anterior, observamos un incremento de un 30,76% en la velocidad de crucero para alcanzar la velocidad máxima.

Con esta información incrementaremos la velocidad de 14 nudos en un porcentaje. Al no conocer las formas de nuestro buque, y aun suponiendo que por su baja velocidad de crucero es probable que presente formas en U, calcularemos las velocidades en los dos casos:

FORMAS EN U		
V (nudos)	IncrementoV	Vmax (nudos)
14	30,76%	18,3069

FORMAS EN V		
V (nudos)	IncrementoV	Vmax (nudos)
14	34,09%	18,7729

Estos dos valores de velocidad máxima son los que utilizaremos en el método de De Groot.

### 2.3.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DE GROOT

De Groot resume sus estudios en una gráfica, mediante la cual a partir de los valores de la velocidad y de la eslora en la flotación podemos estimar las formas de nuestra embarcación. En nuestro caso sabemos que la eslora en la flotación será un valor fijo, pero como vimos en el apartado anterior podemos tener dos posibles velocidades máximas (18,3069 y 18,7729), dependiendo de las formas de la embarcación.

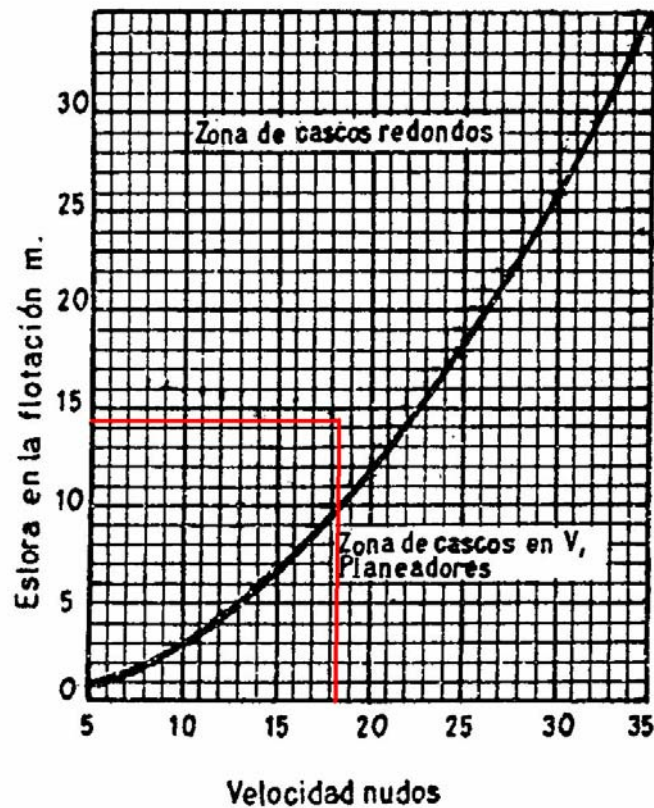
Para esta estimación procederemos a entrar en la gráfica con cada uno de los valores de velocidad máxima, si el resultado obtenido en los dos casos es el mismo, tomaremos este resultado como bueno, en caso de que cada velocidad corresponda a diferentes tipos de carenas tendremos que emplear otro método o realizar otro tipo de análisis.

Valores de entrada:

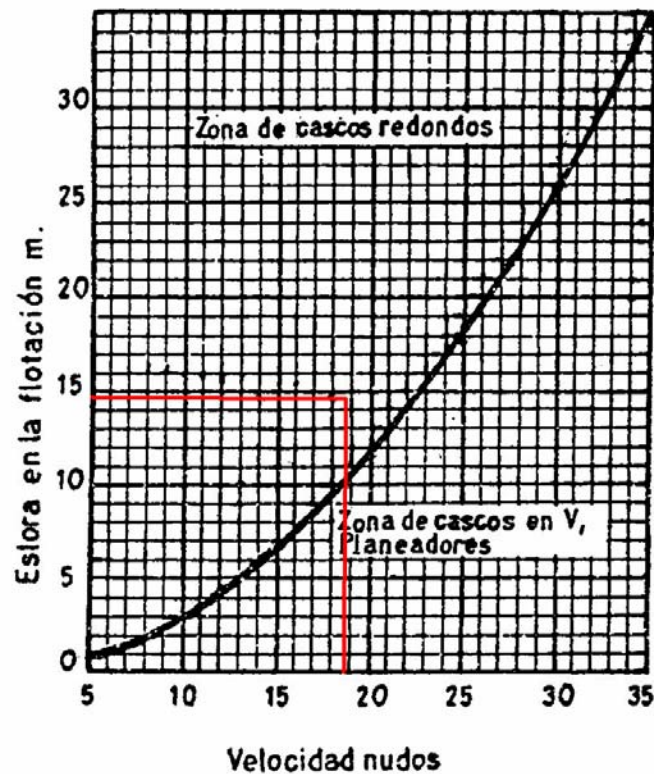
CASO 1 Velocidad estimada con formas en U	
Eslora en la flotación	14.7m.
Velocidad máxima	18.3069 nudos

CASO 2 Velocidad estimada con formas en V	
Eslora en la flotación	14.7m.
Velocidad máxima	18.7729 nudos

Entrada en la gráfica de De Groot con los valores del CASO 1:



Podemos ver en este primer caso que las formas serían redondeadas o en U.



También en este segundo caso las formas estimadas son claramente redondeadas, por esta razón diseñaremos una barco de formas en U.

## 2.4 VELOCIDAD MÁXIMA ESTABLECIDA PARA LA EMBARCACIÓN: 18 NUDOS

En el punto anterior dedujimos que las formas de la embarcación serían redondeadas y por lo tanto la velocidad máxima según nuestro estudio estadístico sería de 18,3069 nudos. A pesar de esto, estableceremos la velocidad máxima en 18 nudos, para presentar un valor más estético y que resulte al cliente más familiar.

## 2.5 DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

En este apartado definiremos las dimensiones principales: eslora máxima (Loa), manga (B) y calado (T). Recordemos que la eslora en la flotación (Lwl) es un dato de partida (14,7 m.).

Para determinarlas en vez de recurrir a gráficas o fórmulas, que pueden ser más o menos aplicables a nuestra embarcación, preferimos utilizar nuestra propia



información estadística, puesto que la similitud entre los barcos de esta y el que estamos proyectando es alta y nos dará fiabilidad.

Los datos a utilizar los tomaremos de la TABLA 1.

### 2.5.1 DETERMINACIÓN DE LA ESLORA MÁXIMA (LOA)

Conociendo la eslora máxima y la eslora en la flotación nos da idea del lanzamiento de la proa, que incide en la estética general de la embarcación. Una proa muy lanzada implicaría una mayor protección frente a los embarques de agua, pero al mismo tiempo ofrecería una superficie mayor en la carena que aumentaría el rozamiento y la resistencia por formación de olas. Para el estudio partiremos de los datos presentados en la TABLA 1: BUQUES CON FORMAS EN U. La información es:

ESLORA TOTAL (Loa) (m)	ESLORA FLOT. (Lwl) (m)
18,11	17,7
15,95	15,6
15,31	15
13,59	13,3
13,5	13,35
13,09	12,8
12,47	12,24
11,98	11,87
11,97	11,7
11,97	11,74
11,34	11,15
11,3	11
10,45	10,34
9,8	9,69
9,24	9,13
9	8,8
8,53	8,4
8,53	8,3
8,3	8,1

7,48	7,39
------	------

Calculando el promedio de ambas columnas obtenemos:

PROMEDIO ESLORA TOTAL (Loa) (m)	PROMEDIO ESLORA FLOT.(Lwl) (m)
12,007	11,783
COCIENTE Lwl/Loa	
0,981	

Con esta información la eslora en la máxima será de:

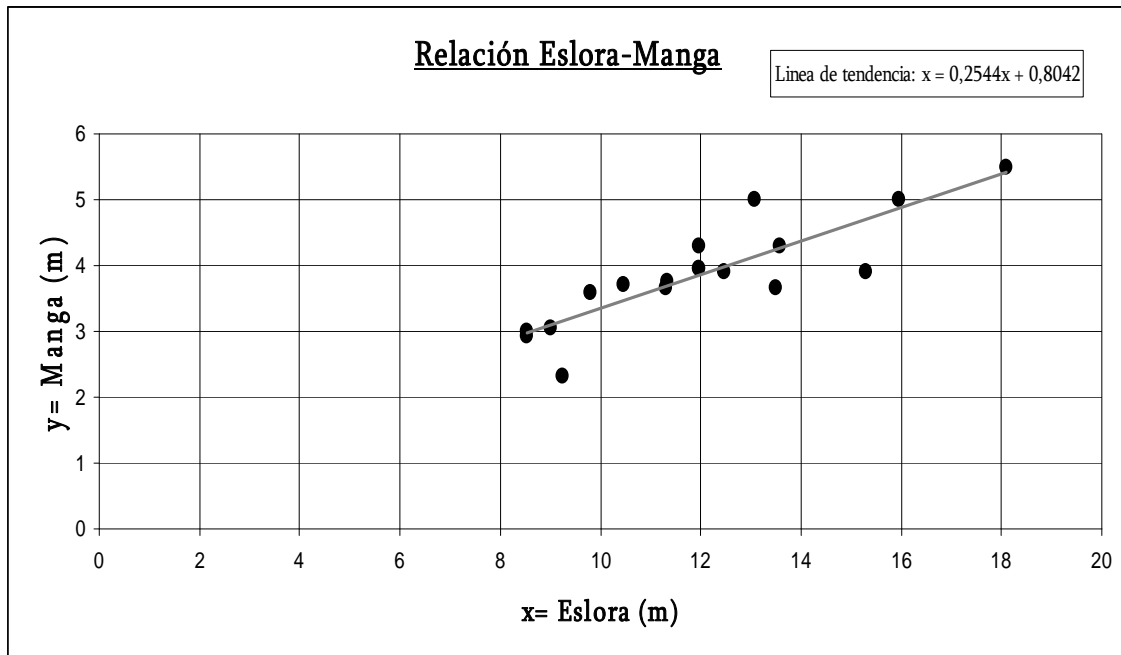
$$\underline{Loa} = Lwl / 0,981 = \underline{14,978 m.}$$

## 2.5.2 DETERMINACIÓN DE LA MANGA MÁXIMA

Para determinar la manga máxima de nuestra embarcación recurriremos a comparar la relación geométrica eslora-manga de los buques de nuestra base de datos, y calculando la tendencia, extrapolarla a nuestro caso.

La relación eslora-manga nos da una idea de la esbeltez de las formas, obteniendo a valores altos embarcaciones más esbeltas. A igual valor de eslora, un valor alto implica una menor resistencia al avance, por tener menos superficie mojada y por lo tanto menor resistencia al avance. Valores bajos corresponden a barcos de mayor manga, con una estabilidad transversal superior y más seguros.

Analizando la información de nuestra base de datos obtenemos el siguiente gráfico de dispersión:



Entrando con el valor de nuestra eslora máxima, 14,978m obtenemos un valor de manga de:

$$\text{Manga} = 0,2544 \times 14,978 + 0,8042 = 4,652\text{m.}$$

Pensamos que aunque este valor puede ser suficiente y adecuado, pero para seguir las directrices que se marcaron en un principio del proyecto de diseñar una embarcación con una gran habitabilidad, sería necesario incrementar la manga. Un incremento de un 15% lo consideramos adecuado para este propósito y fijaremos el valor de la manga en:

$$\underline{\underline{\text{Manga} = 4,652 \times 1.15 = 5,476\text{m.}}}$$

La relación eslora-manga para nuestra embarcación será:

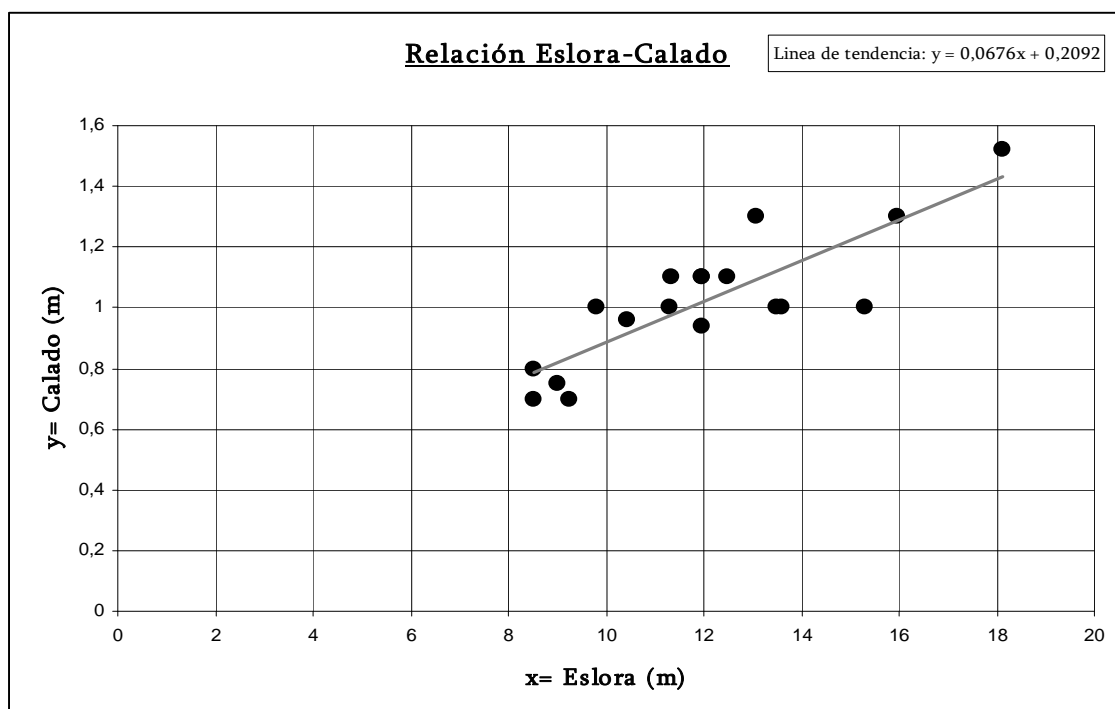
$$\text{Loa} / \text{B} = 14,978 / 4,652 = 3,219$$

### 2.5.3 DETERMINACIÓN DEL CALADO

Antes de realizar el diseño de las formas es necesaria una primera estimación del calado, de esta forma tendremos una idea previa de las formas sumergidas u obra viva.

Para este fin tomaremos nuestra base de datos y mediante gráficos de dispersión compararemos dos relaciones geométricas: relación eslora-calado y manga-calado.

En primer lugar consideraremos la relación eslora-calado, y analizando la información de nuestra base de datos obtenemos el siguiente gráfico de dispersión:



Entrando con el valor de nuestra eslora, 14,978m obtenemos un valor de calado de:

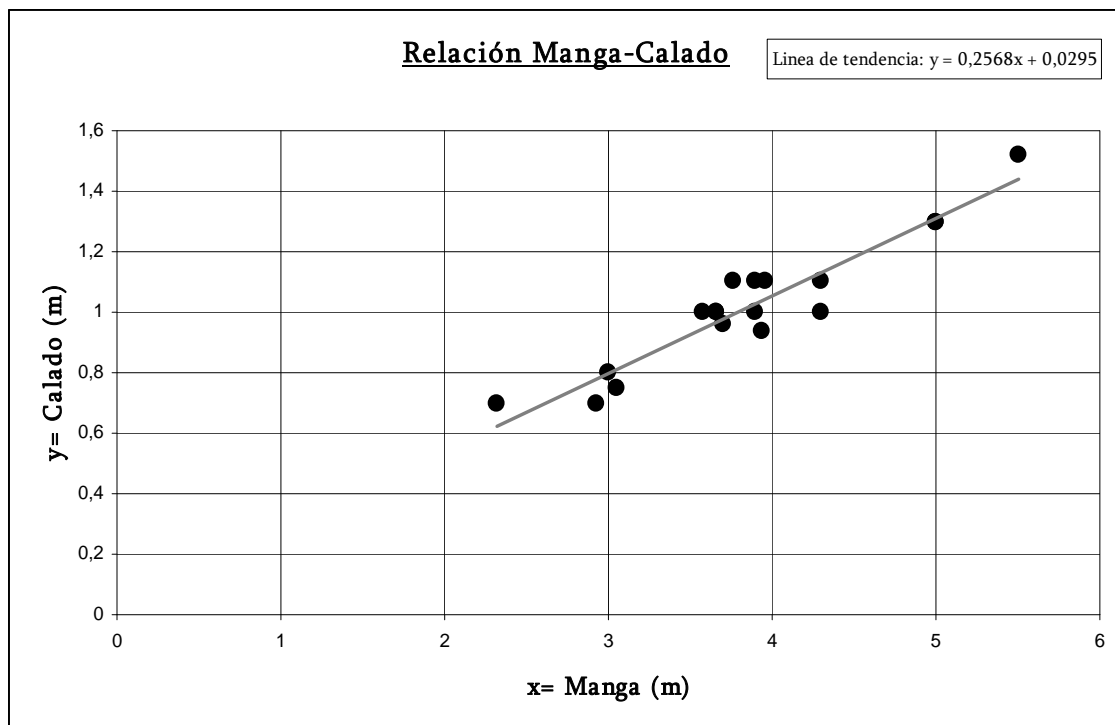
$$\text{Calado} = 0,0676 \times 14,978 + 0,2092 = 1,221\text{m.}$$

La relación eslora-calado para nuestra embarcación será:

$$\text{Loa} / \text{T} = 14,978 / 1,221 = 12,266$$

Loa / T nos da información del tamaño de la sección longitudinal de la obra viva en crujía. A igualdad de eslora un valor bajo es indicativo de barcos con mayor área de deriva.

En segundo lugar consideraremos la relación manga-calado, y analizando la información de nuestra base de datos obtenemos el siguiente gráfico de dispersión:



Entrando con el valor de nuestra manga, 5,476m obtenemos un valor de calado de:

$$\text{Calado} = 0,2568 \times 5,476 + 0,0295 = 1,435\text{m.}$$

La relación manga-calado para nuestra embarcación será:

$$B / T = 5,476 / 1,435 = 3,816$$



B / T nos da información del tamaño de la sección transversal de la obra viva en la sección maestra. A igualdad de manga, un valor bajo es indicativo de barcos con mayor estabilidad transversal.

Si obtenemos el promedio de las anteriores relaciones geométricas obtendremos el calado estimado:

Si calculamos la media aritmética obtendremos el valor de nuestro calado:

$$\text{Calado} = (1,221 + 1,435) / 2 = \underline{1,328m.}$$

La relación eslora-calado para nuestra embarcación será:

$$\text{Loa} / \text{T} = 14,978 / 1,328 = 11,278$$

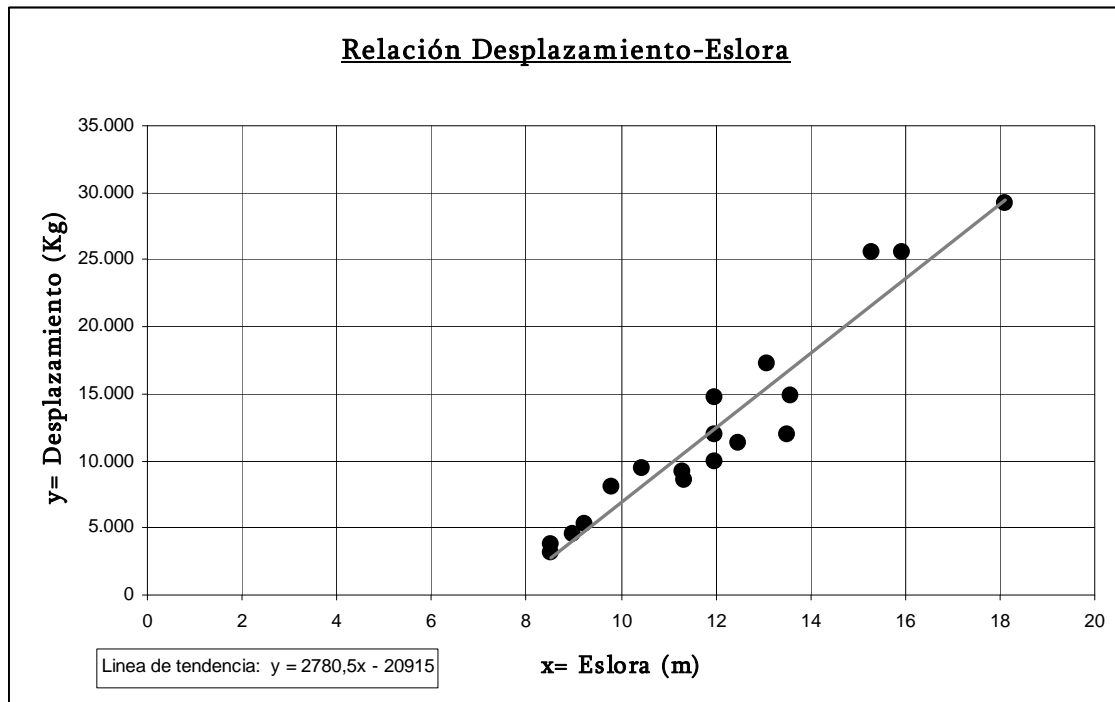
La relación manga-calado para nuestra embarcación será:

$$\text{B} / \text{T} = 5,476 / 1,328 = 4,123$$

## 2.6 ESTIMACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO

En un primer momento, y previo a realizar un cálculo exacto del desplazamiento de nuestra embarcación, consideramos necesario realizar una primera aproximación del desplazamiento del barco. Para este fin compararemos dos magnitudes: la desplazamiento y la eslora, esta relación desplazamiento-eslora es idónea para el cálculo, puesto que la eslora es indicativa del porte del barco. Valores altos indican buques llenos de gran desplazamiento.

De nuestra base de datos obtenemos el siguiente gráfico de dispersión:



Entrando con el valor de nuestra eslora, 14,978 m obtendremos un valor de desplazamiento de:

$$\text{Desplazamiento} = 2780,5 \times 14,978 - 20915 = 20731,329 \text{ Kg.}$$

Pensamos que este valor es algo elevado, puesto que estudiando las embarcaciones de mayor eslora observamos que presentan valores superiores a la media, estudiando estas embarcaciones observamos que llegando a este porte la decoración y mobiliario son de bastante lujo y por lo tanto recargados y de materiales de calidad, aportando mayor peso que en barcos menores. Por esta razón pensamos que en nuestro proyecto el desplazamiento se podría ver reducido en un 10%, quedando como sigue:

$$\text{Desplazamiento} = 20731,329 \times 0,9 = \underline{\underline{18658,196 \text{ Kg.}}}$$

La relación desplazamiento-eslora para nuestra embarcación será:

$$\Delta / \text{Loa} = 18658,196 / 14,978 = 1245,706$$

## 2.7 NÚMERO DE MOTORES

La mayoría de las embarcaciones similares a la nuestra comparten la potencia total en dos unidades propulsoras y para el gobierno utilizan dos timones. Por lo tanto montaremos dos motores con dos timones en nuestra embarcación, además con este sistema aumentaremos la capacidad de gobierno con la posibilidad de invertir la dirección de una de las unidades propulsoras para facilitar el giro.

## 2.8 ESTIMACIÓN DE LA POTENCIA PROPULSORA

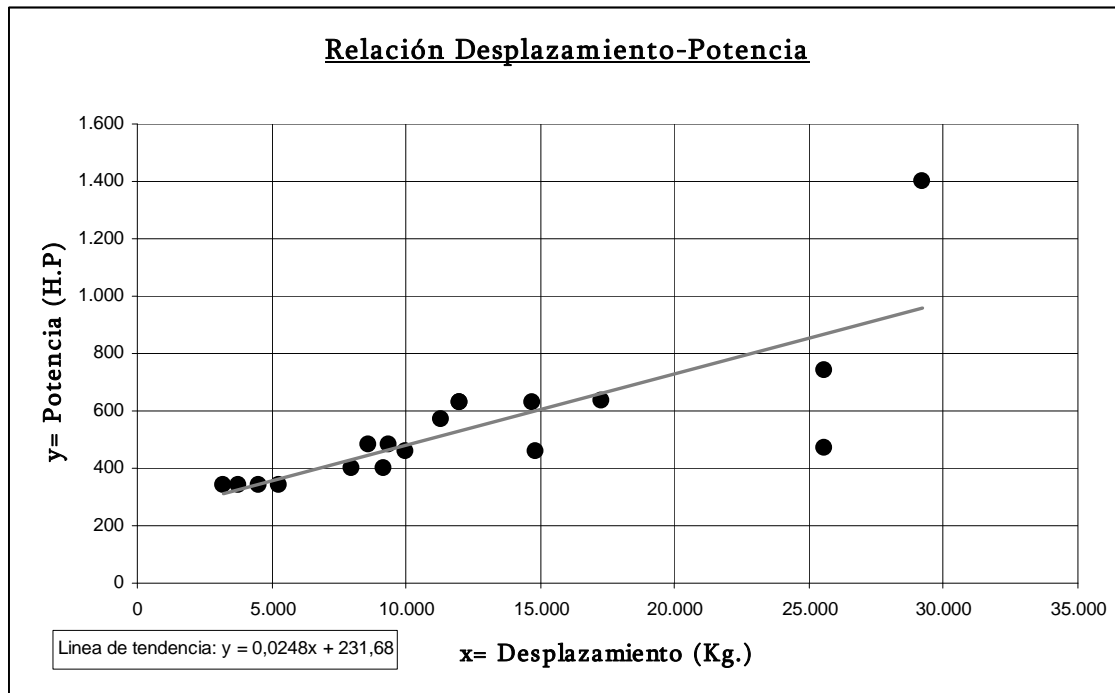
Un conocimiento previo de la potencia a instalar es importante en esta fase del proyecto, tanto como para estimar la maquinaria propulsora necesaria como para preparar el espacio necesario para ubicarla. Además partiendo de esta haremos un cálculo aproximado del peso de la maquinaria propulsora.

Teniendo en cuenta el peso final de la embarcación, instalaremos un determinado valor de potencia, para poder alcanzar la velocidad requerida. Es importante conocer los valores usuales a instalar según el desplazamiento.

Para llegar a esta primera aproximación analizaremos la relación desplazamiento-potencia de los buques de nuestra base de datos. Este valor es idóneo para el cálculo puesto que a mayor desplazamiento hace pensar en buques de mayor tamaño que ofrecerán mayor resistencia al avance y necesitarán mayor potencia propulsora para moverlos.

En general con valores altos tendremos barcos más pesados y con más potencia para alcanzar una misma velocidad.

En el siguiente gráfico de dispersión representamos los valores de desplazamiento y potencia de los barcos de nuestra base de datos, y podemos observar la línea de tendencia de la relación:



Entrando con el valor de nuestro desplazamiento, 18658,196 Kg. obtendremos un valor de potencia de:

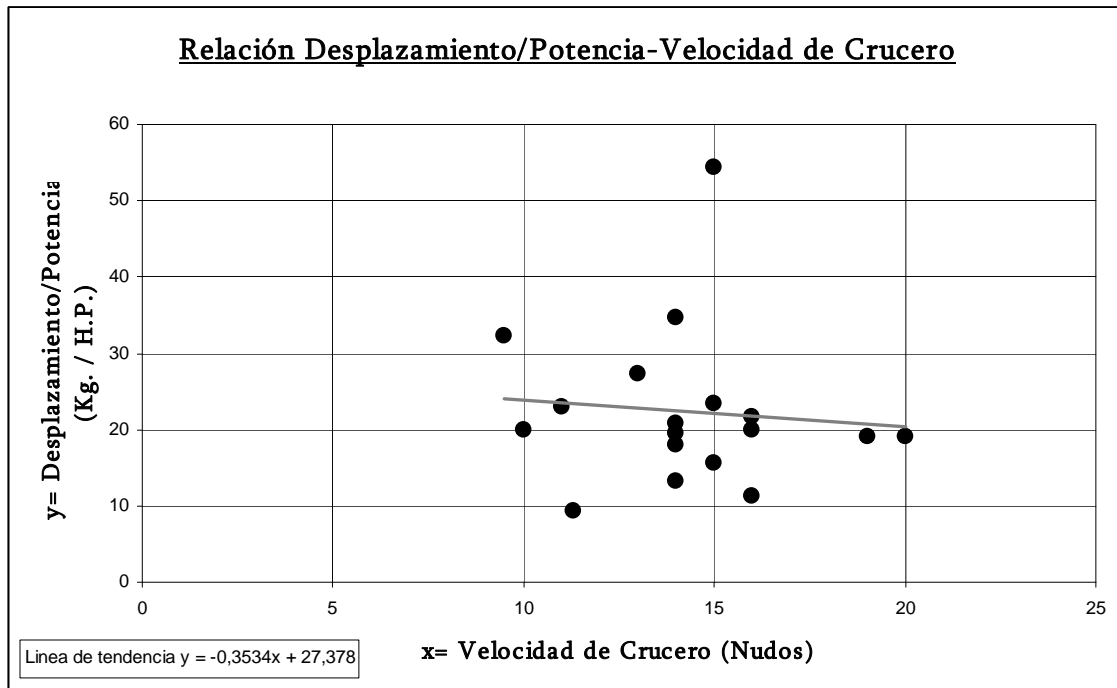
$$\text{Potencia} = 0,0248 \times 18658,196 + 231,68 = 694,403 \text{ H.P.}$$

La relación desplazamiento-potencia para nuestra embarcación será:

$$\Delta / \text{Pot. Total} = 18658,196 / 694403 = 26,869 \text{ H.P.}$$

Además de la anterior relación, y teniendo en cuenta que la potencia es función de la velocidad que se desea alcanzar, pensamos conveniente estudiar otras dos relaciones: desplazamiento/potencia-velocidad de crucero y desplazamiento/potencia-velocidad máxima. De esta manera combinaremos las tres magnitudes de las que depende la potencia.

En primer lugar estudiaremos la relación desplazamiento/potencia-velocidad de crucero, para ello hemos realizado el siguiente gráfico de dispersión a partir de los valores de nuestro estudio estadístico:



Entrando con el valor de la velocidad de crucero obtenemos un valor de la relación desplazamiento-potencia de:

$$\begin{aligned} \text{Desplazamiento/Potencia} - \text{Velocidad de crucero} &= \\ -0,3534 \times 14 + 27,378 &= 22,43 \end{aligned}$$

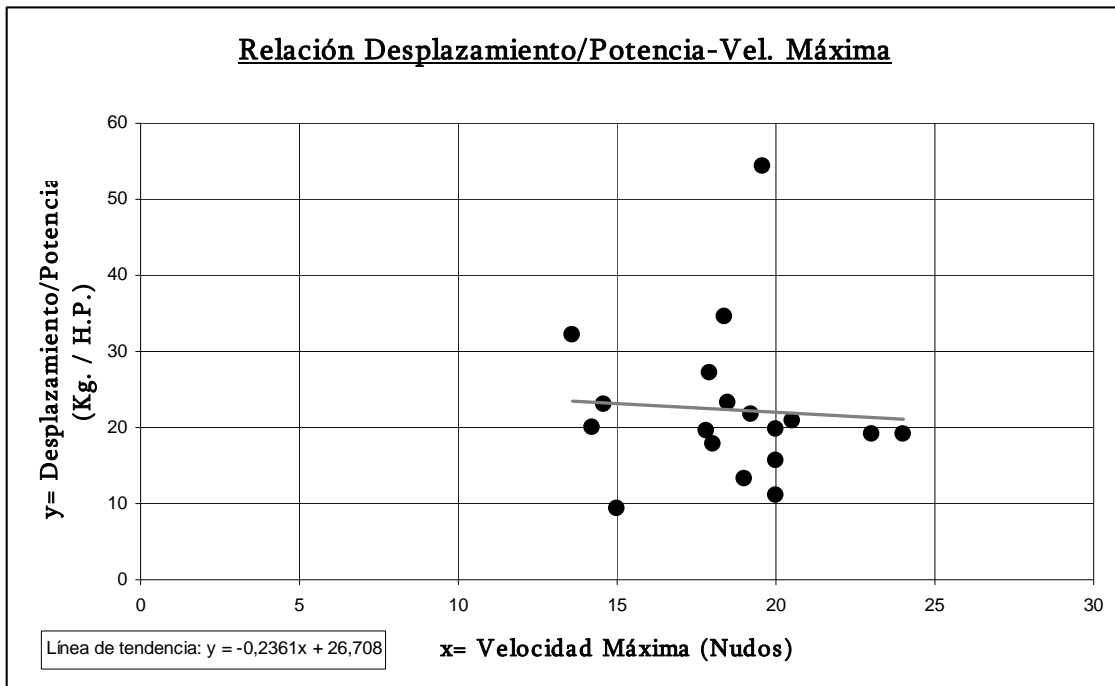
De esta información podemos extraer que la potencia necesaria para propulsar una embarcación de nuestro desplazamiento será de:

$$\text{Desplazamiento/Potencia} = 22,43 \text{ a } 14 \text{ nudos}$$

Sustituyendo en la ecuación el desplazamiento de nuestro barco, 18658,196 Kg, obtendremos una potencia de:

$$\text{Potencia} = 18658,196 / 22,43 = 831,841 \text{ H.P.}$$

Para terminar estudiaremos la relación desplazamiento/potencia-velocidad máxima mediante el siguiente gráfico de dispersión, realizado con los valores de nuestra base de datos:



Para un valor de velocidad máxima de 18 nudos, la relación desplazamiento-potencia obtenido en la anterior gráfica es:

$$\begin{aligned} \text{Desplazamiento/Potencia} - \text{Velocidad de crucero} = \\ -0,2361 \times 18 + 26,708 = 22,458 \end{aligned}$$

Con esta información y conociendo la relación Desplazamiento-Potencia a 18 nudos calcularemos la potencia máxima:

$$\text{Desplazamiento/Potencia} = 22,458 \text{ a } 18 \text{ nudos}$$

Sustituyendo en la ecuación el desplazamiento de nuestro barco, 18658,196 Kg, obtendremos una potencia de:

$$\text{Potencia} = 18658,196 / 22,458 = 830,804 \text{ H. P.}$$

Con estos tres valores de potencia obtendremos la potencia promedio, la cual consideraremos como inicial para cálculos:

Potencia según relación: Desplazamiento-Potencia	694,403 H.P.
Potencia según relación: Desplazamiento/Potencia – Velocidad de crucero	831,841 H.P.
Potencia según relación: Desplazamiento/Potencia – Velocidad de crucero	830,804 H. P.
Potencia promedio	785,682 H. P.

**Potencia promedio para cálculos: 785,682 H. P.**

Después de analizar el mercado de motores marinos intraborda, hemos optado por utilizar la marca comercial volvo, por rendimiento, fácil mantenimiento, baja sonoridad y gran cantidad de servicios técnicos en los puertos españoles. Para alcanzar la potencia necesaria de 785.682 H.P. utilizaremos la tabla siguiente, en la que encontramos los motores intraborda de la marca volvo. Utilizaremos dos unidades del modelo D6-435, con una potencia de 435 H.P.. La potencia estimada a instalar será de 870 H.P., con esto aumentaremos la potencia aproximadamente un 10%, que consideramos razonable, para dotar a la embarcación de una reserva de emergencia en caso de mar brava, etc.

Diesel intraborda	Pot. al eje de la hélice	Pot. al eje del cigüeñal	Régimen Nominal	Num. de	Cilindrada
	Kw./H.P.	Kw./H.P.	r.p.m.	Cilindros	litros/cui
D1-13	8.6/11.8	9.0/12.2	3200	2	0.51 (31)
D1-20	13.3/18.0	13.8/18.8	3200	3	0.76 (46.5)
D1-30	20.1/27.3	20.9/28.4	3200	3	1.13/69
D2-40	27.9/38.0	29.1/39.6	3200	4	1.51/92.1
D2-55	39/53	41/55	3000	4	2.2/134.2
D2-75	53/72	55/75	3000	4	2.2/134.2
D3-110	78/106	81/110	3000	5	2.4/146
D3-130	92/125	96/130	4000	5	2.4/146
D3-160	115/156	120/163	4000	5	2.4/146
D3-190	134/182	140/190	4000	5	2.4/146

D4-180	128/174	132/180	2800	4	3.7/226
D4-225	160/218	165/225	3500	4	3.7/226
D4-260	186/253	191/260	3500	4	3.7/226
D6-280	201/274	206/280	3500	6	5.5/336
D6-310	223/303	228/310	3500	6	5.5/336
D6-370	267/363	272/370	3500	6	5.5/336
<b><i>D6-435</i></b>	<b><i>310/422</i></b>	<b><i>320/435</i></b>	<b><i>3500</i></b>	<b><i>6</i></b>	<b><i>5.5/336</i></b>
D9-500	357/485	368/500	2600	6	9.4/571
D9-575	410/558	423/575	2500	6	9.4/571
D12-675	481/654	496/675	2300	6	12.1/740
D12-715	510/694	526/715	2300	6	12.1/740
D12-800	553/752	570/775	2300	6	12.1/740

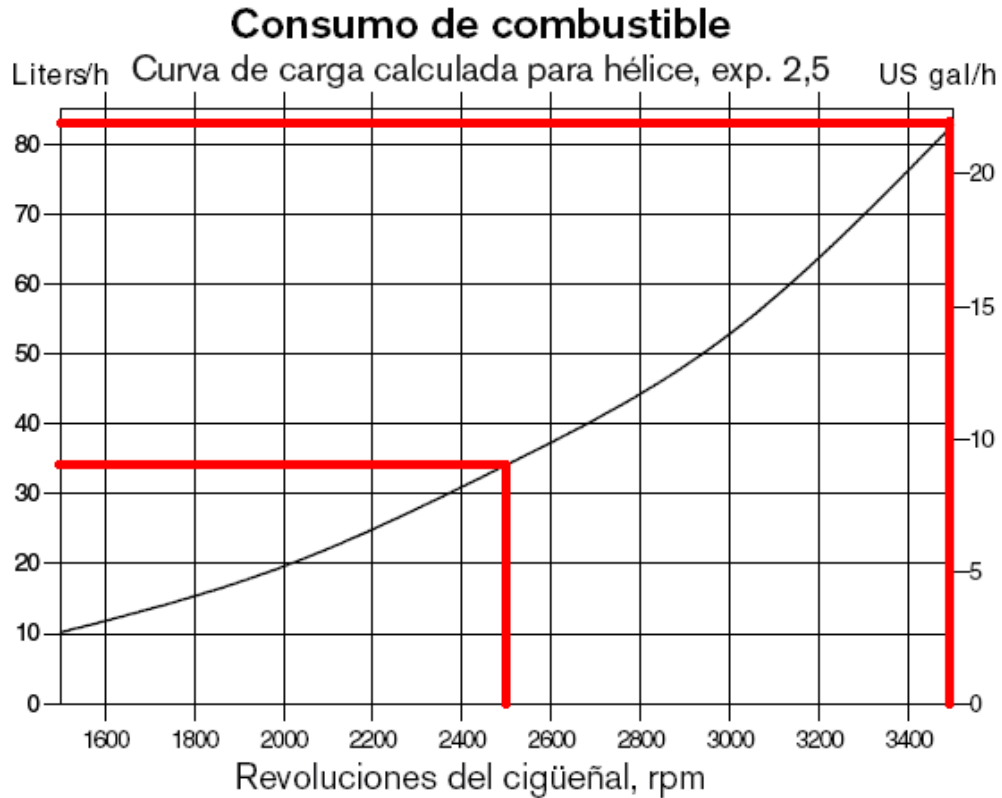
Debemos tener en cuenta que estas son primeras aproximaciones y que la potencia final a instalar será obtenida en el cálculo final de potencia.

## 2.9 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE

Al no incluir información sobre la autonomía en nuestro estudio estadístico no lo utilizaremos para calcular la capacidad de los tanques y teniendo una completa información sobre la motorización preferimos calcularlo directamente, utilizando la curva de consumo de combustible del motor seleccionado.

Recordemos que la autonomía será de 400 millas, consideraremos que el 85% de la distancia la recorreremos a la velocidad de crucero (14 nudos) y el 15% restante a la velocidad máxima (18 nudos). Consideraremos que la velocidad máxima se alcanzará al 100% de las revoluciones del motor (3500 r.p.m.) y la velocidad de crucero se suele alcanzar al 70% de las revoluciones (2500 r.p.m. aprox.). Para calcular los litros necesarios calcularemos el tiempo en recorrer las 400 millas y luego entrando en la tabla de consumo de combustible obtendremos los litros consumidos por hora:





En la siguiente tabla se recogen los cálculos:

Vel. (nudos)	Autonomía (millas)	% de Auto.	R.P.M.	Tiempo (h)	Consumo (l/h)	Consumo Total (l)
14	400	85	2500	24,286	34	825,714
18		15	3500	3,333	83	276,666
						Suma:1102,381

El volumen calculado lo incrementaremos un 25% para cubrir imprevistos que se pudieran producir, el volumen será de 1377,976 litros, y lo redondearemos a **1400 litros**. Si comparamos este valor con la capacidad de tanques de las embarcaciones de la estadística, podemos comprobar que los valores son aproximados, y por lo tanto consideramos esta aproximación como muy acertada.

## 2.10 CAPACIDAD DE TANQUES DE AGUA POTABLE

A pesar de conocer la capacidad de los tanques de agua potable, no tenemos información del consumo diario por persona, este valor puede variar mucho dependiendo del estándar del barco. Como en el punto anterior, no consultaremos la base de datos.

En este tipo de embarcaciones economizar el agua potable es de vital importancia y todos los equipamientos de la embarcación están orientados a este fin. Dispondremos ***un tanque con una capacidad total de 1260 litros***. Se ha considerado un consumo de 70 litros por persona y día. Este abastecimiento será suficiente para seis personas durante tres días.





EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 3

### CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

## CAPÍTULO 3

### CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Antes de realizar el diseño de las formas es necesario hacer una estimación de la condición o régimen de navegación que practicará nuestra embarcación. Para que un barco pueda navegar en una condición de navegación determinada es necesario que posea unas formas adecuadas. En este capítulo estimaremos el régimen de navegación por medio de un método adecuado y una vez definido se utilizará como base para diseñar las formas de la carena.

#### 3.2 DESCOMPOSICIÓN DE LA RESISTENCIA TOTAL DE UNA EMBARCACIÓN

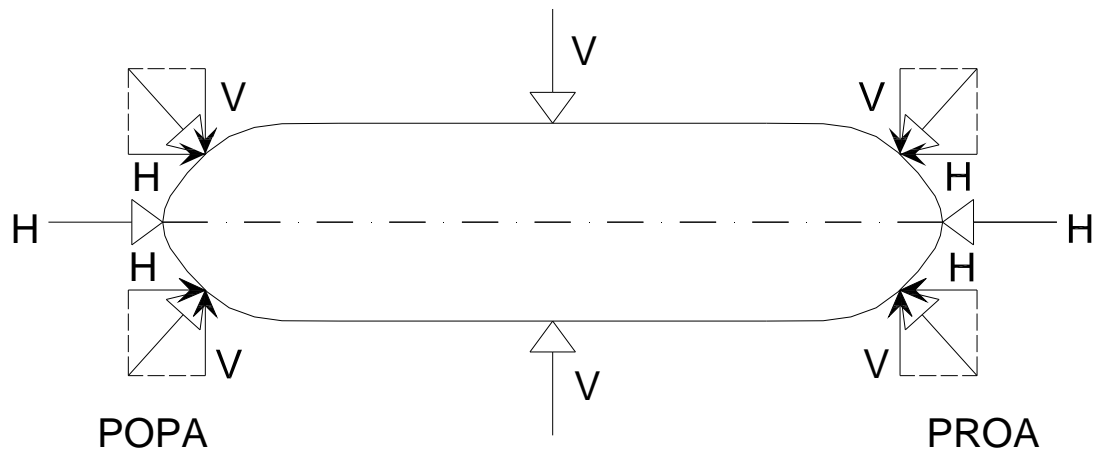
Antes de comenzar a describir los regímenes de navegación, veo conveniente dar una breve introducción de los tipos de resistencia que se presentan en la navegación de un buque y de cuya suma resulta su resistencia total (RT).

Consideraremos a la resistencia total como suma de las siguientes:

1.- Resistencia viscosa (RV): es debida a que el agua no es un fluido ideal y posee viscosidad, causando esta resistencia. Está dividida a su vez en:

1.1.- Resistencia de fricción (RF): es consecuencia del gasto energético que se produce en acelerar las partículas de agua tangencialmente a la superficie del buque, cuando el buque está en movimiento. Simplificando el concepto diremos que es producido por la fricción del agua contra el casco. Podemos descomponerla en resistencia de fricción de placa plana (RFPP) y resistencia de fricción de superficie curva (RFSC).

1.2.- Resistencia de presión de origen viscoso (RPOV): en un buque flotando en un fluido perfecto, no existen fuerzas tangenciales y las únicas fuerzas que actuarían serían las de presión normal, ejercidas por el fluido contra la superficie. En la siguiente figura vemos representado con la flecha  $\rightarrow$  las componentes normales a la superficie del buque; con la flecha  $\rightarrow$  la descomposición de la anterior en los ejes principales; las letras V e H indican la naturaleza de la componente, pudiendo ser vertical u horizontal:



Según la imagen podemos deducir que las componentes con el indicativo  $V$  se anularán, puesto que las componentes de babor y estribor son de igual valor pero de sentidos opuestos. Las componentes con el indicativo  $H$  las podemos clasificar de dos maneras: favorables al movimiento y en contra de este. Un cuerpo desplazándose en este fluido se movería sin resistencia alguna.

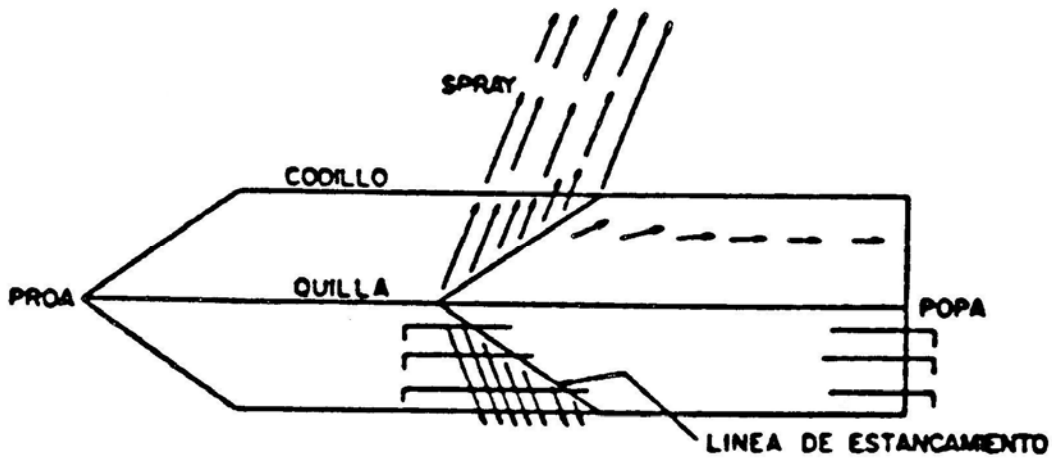
Cuando el buque navega en un fluido no ideal, y por tanto viscoso, como es el mar, se produce el fenómeno de la separación de la capa límite. De una forma sencilla explicaremos que la capa límite alrededor de un buque ocupa la zona del fluido que es arrastrada por el movimiento del buque. Por efecto de las formas la capa límite se ensancha conforme avanzamos hacia popa, disminuyendo con esto la magnitud de las componentes de presión (en popa) favorables al movimiento, aumentando la resistencia del buque.

1.3.- Resistencia por formación de olas ( $RW$ ): al navegar un buque produce un tren de olas que incrementa la resistencia del buque. Este se produce al moverse el buque en la superficie de separación de dos fluidos de diferentes pesos específicos, (agua de mar y aire). Podemos considerar tres tipos que sumados componen la totalidad de la resistencia por formación de olas:

1.3.1.-  $RWP$ : es la resistencia que produce una embarcación al navegar sobre el mar, generando trenes de olas transversales y divergentes.

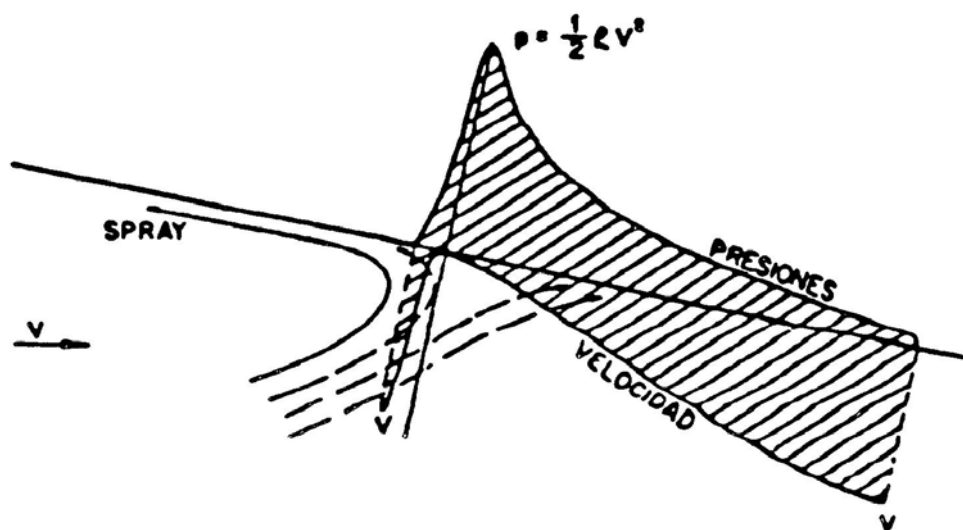
1.3.2.-  $RS$ : es la resistencia por generación del spray, se produce en barcos que navegan en régimen de planeo. Tiene una componente de carácter viscoso y otra de

presión. Se produce cuando la carena impacta contra la superficie del mar y el agua de la superficie sale despedida alejándose fuera de la carena. En la siguiente ilustración vemos esquematizada la generación del spray:



En la ilustración podemos ver como se genera el spray en el fondo de la embarcación y como el resto del flujo continua hacia la popa. La frontera entre los dos tipos de flujo recibe el nombre de línea de estancamiento.

1.3.3.- RP: podemos describirla como la resistencia causada por la componente horizontal de las fuerzas hidrodinámicas, que se producen en la condición de planeo. El carácter de esta resistencia es de presión y podemos ver su distribución en la siguiente gráfica:



Aquí vemos la distribución de presiones sobre el casco, causando la RP, podemos calcular su valor mediante la ecuación  $1/2\rho V^2$ .



1.4.- Resistencia de apéndices (RAP): es la resistencia producida por los apéndices de la embarcación: timones, estabilizadores y quillotes, ejes de los propulsores y arbotantes, etc. Los apéndices generan una resistencia de fricción y otra de presión.

1.5.- Resistencia aerodinámica (RA): es la producida por el viento al actuar sobre la obra muerta y la superestructura.

1.6.- Otras resistencias (RO): con esta denominación están englobadas otras resistencias de menor importancia, como las causadas por tomas de mar, ánodos de sacrificio y otros.

Aparte de estas resistencias principales, se pueden agrupar varias: así a la suma de la resistencia viscosa y la de olas, se le conoce como resistencia hidrodinámica (RH), de esta forma  $RT = RH + RAP + RA + RO$ . William Froude descompuso la resistencia hidrodinámica en resistencia de fricción de placa plana (RFF) y en la resistencia residual (RR), consideraremos a la RFF como la resistencia de fricción que produce una placa plana de igual eslora y superficie mojada que la embarcación y a la RR como el resto de la resistencia.

Después de esta breve explicación de los tipos de resistencia pasaremos a enumerar y a describir las diferentes condiciones de navegación.

### 3.3 TIPOS DE REGÍMENES DE NAVEGACIÓN

Al desplazarse una embarcación sobre el mar, podemos distinguir entre tres tipos de condiciones o regímenes de navegación:

- 1.- Desplazamiento.
- 2.- Semidesplazamiento.
- 3.- Planeo.

Cuando una embarcación flota sobre el mar, el calado que presenta se debe a la presión hidrostática que genera el fluido, este fenómeno lo explica el teorema de Arquímedes. Cuando la embarcación comienza a moverse aplica una fuerza a las partículas de fluido que se encuentran alrededor del casco que las acelera, así mismo por el principio de acción y reacción esta fuerza también será aplicada sobre la superficie del casco, pero en sentido contrario. Esta fuerza sobre la superficie del casco genera una presión denominada presión hidrodinámica. Podemos descomponer la fuerza sobre el casco en una componente horizontal, responsable de la resistencia por formación de olas y de la resistencia de presión de origen viscoso; y

otra componente vertical que es responsable del asiento y del la elevación del casco. Cuando una embarcación navega a una velocidad lo bastante alta como para que la componente vertical sea mayor que el empuje hidrostático, se produce la elevación del casco (por lo tanto de su c.d.g.) y se considera que la embarcación navega a régimen de planeo. Las embarcaciones de desplazamiento no sufren elevación de su c.d.g. como consecuencia de la actuación del empuje hidrodinámico. Del régimen de semidesplazamiento sólo diremos, por ahora, que es una condición de navegación intermedia entre las dos anteriores.

Las tres condiciones de navegación dependen de unos parámetros interrelacionados:

1.- Número de Froude (Fn.), regula la distribución de la ola generada por la embarcación en su movimiento a lo largo de su eslora. Es un coeficiente adimensional, y tiene la siguiente expresión:

$$Fn. = V / \sqrt{g * Lflot.}$$

Siendo: V la velocidad en m/s.; g la constante gravitacional en m/s<sup>2</sup>.; Lflot. en m.

Para nuestro proyecto hemos calculado los números de Fn. para la velocidad de crucero y máxima, obteniendo:

$$Fn_{14} = 7,202 / \sqrt{9,81 * 14,7} = 0,6$$

$$Fn_{18} = 9,260 / \sqrt{9,81 * 14,7} = 0,771$$

2.- Formas del buque. Dependiendo de su diseño conseguiremos propiciar un régimen u otro.

3.- Potencia propulsora. Este factor es importante en embarcaciones de planeo y semidesplazamiento. Aunque las formas se hayan diseñado correctamente, es necesario una determinada potencia mínima para que el barco alcance la velocidad que produzca la sustentación hidrodinámica necesaria para que planee.

4.- Desplazamiento. A igualdad de formas, un mayor desplazamiento implica un incremento de calado, incrementando la superficie mojada y por lo tanto la resistencia de fricción. En consecuencia es necesario aumentar la potencia propulsora para conseguir la misma velocidad que en una embarcación con menor desplazamiento, además un mayor peso requiere de mayor empuje hidrodinámico para que se produzca el planeo.

### 3.4 CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE FROUDE

Debemos decir que a pesar de que el planeo dependa de los cuatro factores enumerados anteriormente. En este capítulo y concretamente en este apartado sólo tendremos en cuenta el nº de Froude, puesto que el resto se tratarán en capítulos posteriores. Además, el nº de Froude es el método generalmente usado para determinar el régimen de desplazamiento de una embarcación.

En este capítulo estudiaremos la navegación de nuestra embarcación basándonos en el número de Froude, que como dijimos anteriormente regula la distribución de la ola generada por la embarcación en su movimiento a lo largo de su eslora. Nuestra intención es la de fijar un baremo de números de Froude con el que estimar la condición de navegación.

Froude introduce el concepto de velocidad límite en 1872, al descubrir la relación entre la longitud de una ola entre dos crestas y la velocidad que puede alcanzar la embarcación. La longitud entre las crestas de las olas de proa y de popa de un barco depende directamente de su velocidad, y , siguiendo a Froude, cuanto mayor sea aquella longitud mayor será la velocidad de desplazamiento de las olas. El «freno» hidrodinámico que genera al agua desplazada se asocia con la velocidad límite del barco, que, como vemos, es función directa de la eslora de flotación; su valor teórico para barcos de desplazamiento se calcula según la fórmula:

$$V = 2,43 \times \sqrt{L_{\text{flot}}}$$

Donde V es la velocidad límite en nudos y  $L_{\text{flot}}$  es la eslora de flotación en metros. La velocidad límite para nuestra embarcación es de:

$$V = 2,43 \times \sqrt{14,7} = 9,317 \text{ nudos}$$

Si se pretende sobrepasar la velocidad límite a costa de un aumento de la potencia instalada, sólo se conseguirá que el barco se clave más en el agua generando olas más altas e incrementándose, por otra parte el consumo, las vibraciones y los ruidos molestos, pero nunca se logrará avanzar más deprisa. Si pretendemos conseguir velocidades superiores y romper el freno hidrodinámico deberemos huir de diseñar una embarcación con formas de desplazamiento, y optar por las de semidesplazamiento o planeo. El valor de número de Froude para la velocidad límite es:

$$Fn_{9,317} = 4,793 / \sqrt{(9,81 * 14,7)} = 0,399 \approx 0,4$$

Comparando este resultado con los números de Froude de nuestra embarcación a las dos velocidades consideradas:

$$1.- 14 \text{ nudos} \Rightarrow F_n = 0,6$$

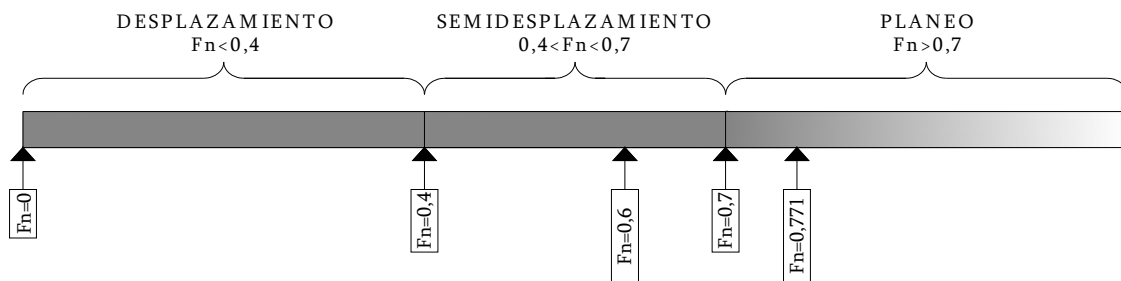
$$2.- 18 \text{ nudos} \Rightarrow F_n = 0,771$$

Podemos deducir que ***la condición de navegación no será de desplazamiento.***

Cuando una nave tiene potencia suficiente y formas adecuadas para navegar a números de Froude superiores a 0,7, se comprueba que el centro de gravedad se coloca por encima de la condición de reposo. La sustentación hidrodinámica cobra importancia en relación a las fuerzas de flotabilidad. En estas condiciones la embarcación empezará a planear, la superficie mojada y el desplazamiento serán inferiores a los medidos con el barco en reposo. ***En nuestro caso a la velocidad máxima el valor de Froude (0,771) es mayor a 0,7 y por lo tanto a esta velocidad navegará a régimen de planeo.***

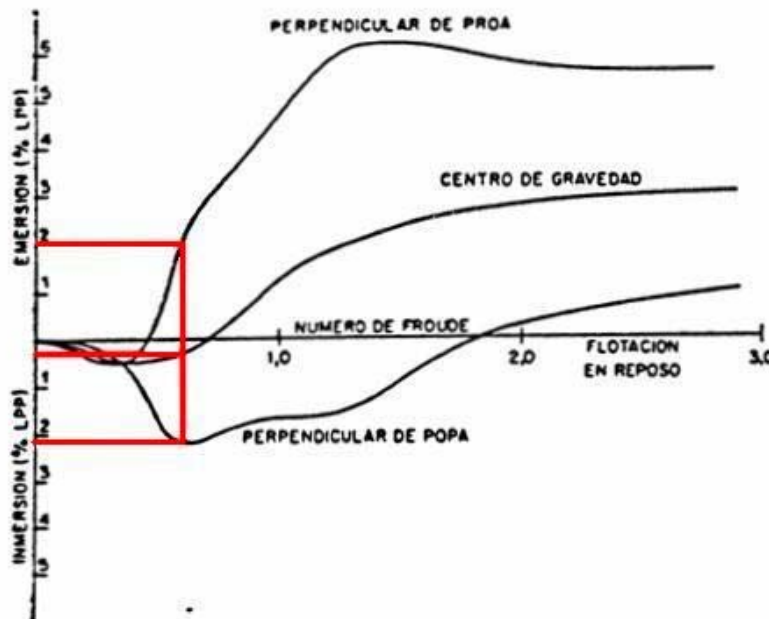
Recordando la descripción de las condiciones de navegación en el apartado 3.3 TIPOS DE REGÍMENES DE NAVEGACIÓN, en el que describíamos el semidesplazamiento con una condición intermedia entre el desplazamiento y el planeo, podemos decir que se producirá para valores de  $F_n$  entre 0,4 y 0,7. Considerando esto, a velocidad de crucero ( $F_n = 0,6$ ) el barco proyectado navegará a régimen de semidesplazamiento.

En el gráfico siguiente representamos la información anterior:



### 3.5 ESTUDIO DE LA NAVEGACIÓN A VELOCIDAD DE CRUCERO: Fn.=0,6 (14 NUDOS)

En primer lugar estimaremos el cambio de asiento y centro de gravedad de nuestra embarcación. Para este fin utilizaremos la siguiente gráfica extraída del trabajo “Formas de cascos de embarcaciones rápidas”, realizado por José M<sup>a</sup> González Álvarez-Campana:



Entrando en la gráfica con el nº de Froude (0,6) obtenemos la siguiente información:

- 1.- La proa de la embarcación emergerá (medido en la perpendicular de proa), respecto a la flotación en reposo un 2% de Lpp.  $\approx Lwl.^1$ , 294mm.
- 2.- En popa, a la altura de la perpendicular de popa, el barco sufre una inmersión de un 2,12% de Lpp.  $\approx Lwl.$ , 312mm.
- 3.- Al navegar a 14 nudos el centro de gravedad queda 41mm. por debajo del c.d.g. en la situación en reposo.

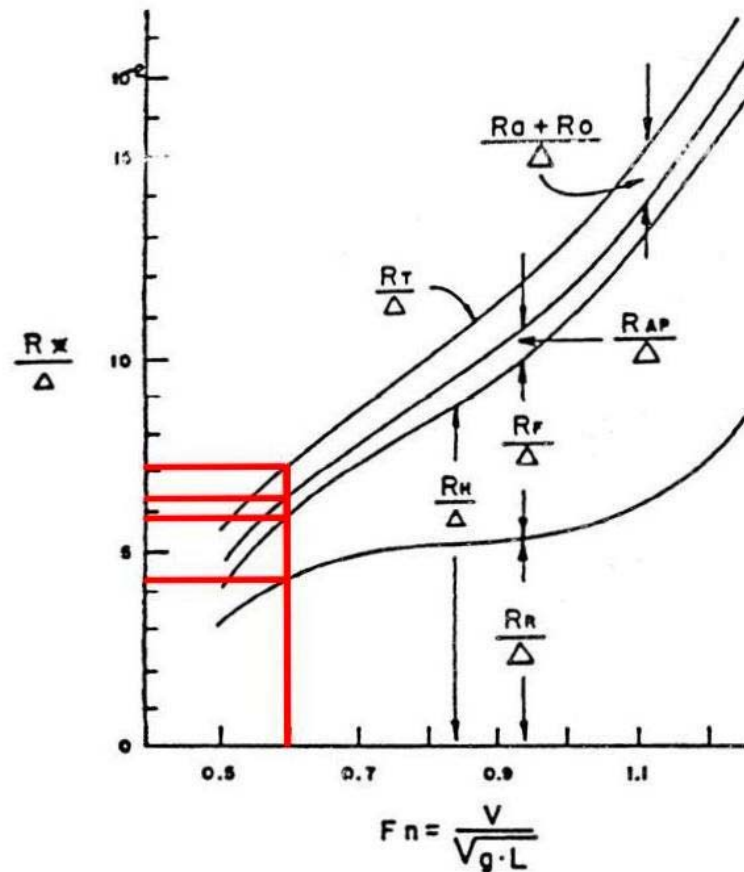
La embarcación toma un asiento apopante, a causa de la ola generada por ella misma. La ola tiene una longitud de onda de:

$$\lambda = (V / 1,25)^2 = (7,202 / 1,25)^2 = 33,198 \text{ m.}$$

<sup>1</sup> En esta fase del proyecto no conocemos el eje del timón por lo tanto aproximaremos Lpp. a Lwl por cometer un error mínimo.

El asiento es de 606mm., con un ángulo de asiento de 2,36°.

También estudiaremos el tipo de resistencia que genera nuestra embarcación a velocidad de crucero, para actuar en el diseño de las formas de forma adecuada. La resistencia la estudiaremos utilizando un gráfico adecuado para una embarcación como la que estamos proyectando y que ha sido extraído de la misma fuente que la gráfica anterior:



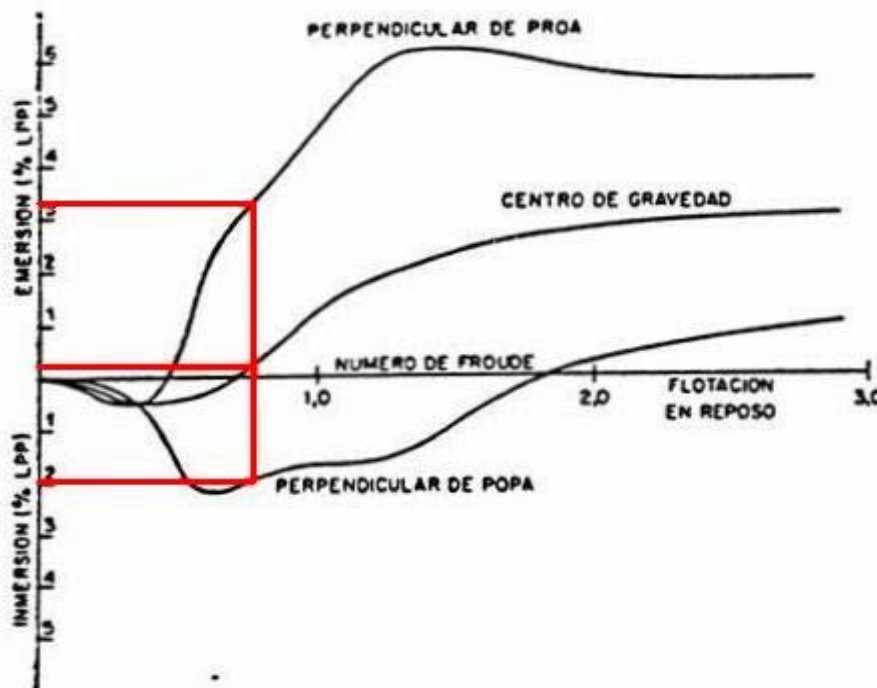
Entrando en la gráfica con el nº de Froude obtenemos el valor de diferentes tipos de resistencia en función del desplazamiento. La resistencia está representada de dos formas: como suma de la resistencia hidrodinámica (RH), resistencia de apéndices (RAP) y resistencia aerodinámica (RA) más otras resistencias de poca importancia (RO), estas ya descritas en el punto 3.2; y la otra como suma de resistencia de fricción de placa plana (RFF), resistencia residual (RR), resistencia de apéndices (RAP) y resistencia aerodinámica (RA) más otras resistencias de poca importancia (RO). Los valores de resistencia obtenidos son los siguientes:

DATOS DE ENTRADA	
Velocidad de la embarcación	14 nudos
Nº Froude	0,6
RESISTENCIA DESCOMPUESTA EN RH + RAP + RA + RO (100%)	
RESISTENCIA HIDRODINÁMICA (RH)	82,61%
RESISTENCIA DE APÉNDICES (RAP)	6,52%
RESIST. AERODINÁMICA Y OTRAS (RA+RO)	10,87%
RESISTENCIA DESCOMPUESTA EN RR + RFF + RAP + RA + RO (100%)	
RESISTENCIA RESIDUAL (RR)	60,87%
RESISTENCIA FRICCIÓN PLACA PLANA (RFF)	21,74%
RESISTENCIA DE APÉNDICES (RAP)	6,52%
RESIST. AERODINÁMICA Y OTRAS (RA+RO)	10,87%

3.6 ESTUDIO DE LA NAVEGACIÓN A VELOCIDAD DE MÁXIMA:  
 $F_n=0,771$  (18 NUDOS)

En este punto procederemos igual que en el punto anterior, primero estimando el cambio de asiento y centro de gravedad, y después el tipo de resistencia generada por nuestra embarcación. Las gráficas utilizadas son las mismas que en el punto anterior.

El cambio de asiento y centro de gravedad lo obtendremos entrando con el nº de Froude (0,771):



Los datos que obtenemos son los siguientes:

1.- La proa de la embarcación emergerá (medido en la perpendicular de proa), respecto a la flotación en reposo un 3,28% de  $L_{pp} \approx L_{wl}^1$ , 482mm.

2.- En popa, a la altura de la perpendicular de popa, el barco sufre una inmersión de un 2% de  $L_{pp} \approx L_{wl}^1$ , 294mm.

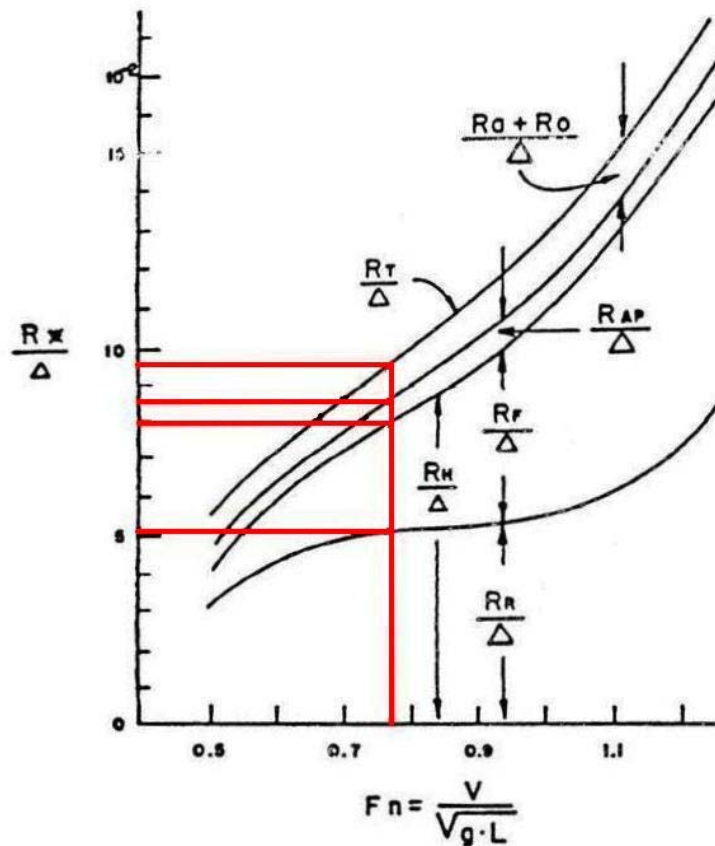
3.- Al navegar a 18 nudos el centro de gravedad se coloca 32mm. por encima del c.d.g. respecto a la situación en reposo.

El barco por encontrarse sobre la ola adquiere un asiento apopante, a causa de la pendiente de la onda. La ola tiene una longitud de onda de:

$$\lambda = (V / 1,25)^2 = (9,26 / 1,25)^2 = 54,88m.$$

El asiento es de 776mm., con un ángulo de asiento de 3,02°.

Ahora también estudiaremos la resistencia generada por la embarcación a 18 nudos, utilizaremos la misma gráfica que a 14 nudos:



<sup>1</sup> En esta fase del proyecto no conocemos el eje del timón por lo tanto aproximaremos  $L_{pp}$  a  $L_{wl}$ . por cometer un error mínimo.



Entraremos en la gráfica con el nº de Froude a 18 nudos (0,771) y recogeremos la información en la siguiente tabla:

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
Velocidad de la embarcación	18 nudos
Nº Froude	0,771
<b>RESISTENCIA DESCOMPUESTA EN RH + RAP + RA + RO (100%)</b>	
RESISTENCIA HIDRODINÁMICA (RH)	83,88%
RESISTENCIA DE APÉNDICES (RAP)	5,64%
RESIST. AERODINÁMICA Y OTRAS (RA+RO)	10,48%
<b>RESISTENCIA DESCOMPUESTA EN RR + RFF + RAP + RA + RO (100%)</b>	
RESISTENCIA RESIDUAL (RR)	53,63%
RESISTENCIA FRICCIÓN PLACA PLANA (RFF)	30,25%
RESISTENCIA DE APÉNDICES (RAP)	5,64%
RESIST. AERODINÁMICA Y OTRAS (RA+RO)	10,48%

### 3.7 CONCLUSIONES

A la velocidad de 14 nudos la embarcación trimará por popa  $2,36^\circ$  y su centro de gravedad descenderá 41mm. respecto a la condición en reposo. Esto se produce por la pendiente de la ola generada por la embarcación, situándola en una condición muy desfavorable. Para intentar compensar esta situación diseñaremos un a popa de espejo con formas voluminosas que hagan compensar el trimado y la posición de c.d.g. disminuyendo la resistencia y aumentando el comfort y la seguridad durante la navegación.

A la velocidad de 18 nudos también trimara por popa ( $3,02^\circ$ ) y además el centro de gravedad se eleva 32mm. por encima de su situación en reposo, esto es síntoma del planeo, y para propiciarlo diseñaremos formas con capacidad de proporcionar sustentación hidrodinámica. La resistencia de fricción de placa plana se ha incrementado un 8,51%, lo que nos sugiere intentar de controlar en lo posible la resistencia de fricción de la carena.

Respecto a la resistencia aerodinámica y de apéndices, vemos que son casi idénticas a las dos velocidades.



EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE LAS FORMAS

## CAPÍTULO 4

### DISEÑO DE LAS FORMAS

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo diseñaremos las formas de nuestra embarcación. Para el modelado de las formas emplearemos el programa informático Maxsurf, especializado en la modelización de embarcaciones. La forma de trabajar será fijar unos parámetros básicos de diseño que serán modificados, o no, en función de las necesidades específicas del proyecto.

Además la realización del proyecto será apoyada por la realización de un modelo tridimensional, que será utilizado para realizar la distribución de espacios de habitación, de cubierta y locales específicos, colocación de tanques, diseño del sistema de propulsivo (motor, reductora, eje, hélice, etc), estudio del sistema de gobierno, tomar medidas para fabricar el molde sobre el que se laminará la estructura y distribución de equipos y sistemas. Para realizar el modelo 3D hemos empleado el programa informático Solidworks, programa hoy en día a la vanguardia en diseño.

#### 4.2 DIMENSIONES PRINCIPALES

##### 4.2.1 ESLORA EN LA FLOTACIÓN

La eslora en la flotación es un dato de proyecto fijado en 14,7m., respetaremos este parámetro, puesto que pensamos que es una de las exigencias del armador es prioritario cumplir sus exigencias. En este cuadro representamos la variación:

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
ESLORA EN LA FLOTACIÓN ( $L_{wl}$ )		
DATO DE PROYECTO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
14,7m.	14,7m.	0%

##### 4.2.2 ESLORA MÁXIMA

En este proyecto en cuestión el valor de la eslora máxima no tiene gran influencia hidrodinámica y consideraremos a este parámetro un parámetro mas bien estético. Para seguir la estética de las embarcaciones similares tomaremos el valor que obtuvimos del estudio estadístico. En este cuadro resumen presentamos la información:

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
ESLORA EN LA MÁXIMA (Loa.)		
ESTUDIO ESTADÍSTICO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
14,978m.	14,7m.	0%

#### 4.2.3 MANGA MÁXIMA

Recordemos que en el estudio estadístico obtuvimos una manga de 4,652m.. Para cumplir uno de los propósitos del proyecto que consistía en proporcionar una gran habitabilidad y amplios espacios, hicimos una estimación de incrementar la manga en un 15% fijándola en 5,476m.. Una vez en la fase de diseño por necesidades de espacio se incrementó algo este valor situándolo en 5,503m., la relación Loa/B pasa a ser de 2,722. Este valor para la manga puede parecer un valor algo excesivo, pero si analizamos la base de datos la relación Loa/B tiene de media un valor de 3,075 y por esta razón consideraremos el valor de la manga aceptable.

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
MANGA (B)		
ESTUDIO ESTADÍSTICO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
4,652m.	5,503m.	15,46%

#### 4.2.4 PUNTAL

La elección del puntal para nuestra embarcación no responderá a estudios estadísticos, tendremos en cuenta la altura libre entre cubierta que deseamos para la habilitación y que el plano vélico no penalice la estabilidad. El puntal en la sección media será de 2,9m., con el fin de disponer una altura libre entre cubiertas media de 1,95m. (ya considerando embonos y reforzado).

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
PUNTAL (D) (EN LA SECCIÓN MEDIA)		
ESTUDIO ESTADÍSTICO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
-	2,9m.	-

#### 4.3 TIPO DE FORMAS

En este apartado estableceremos el tipo general de las formas. Recordando el capítulo 2, definición y parámetros principales, hicimos una descomposición de las formas en dos tipos, U y V. Este parámetro es muy importante, puesto que define la forma de las cuadernas dando la estética general de la embarcación. En el capítulo 2, punto 2.3, utilizamos el método de De Groot para determinar la forma de nuestras cuadernas. El resultado obtenido fueron formas en U, y esta será una de las pautas

para diseñar las cuadernas. También tomaremos como referencia las conclusiones obtenidas en el capítulo 3, en el que se estudiaba la condición de navegación. Con números de Froude de 0,6 y 0,771 para la velocidad de crucero y máxima, llegamos a la conclusión de que la embarcación navegará en dos regímenes de navegación diferentes: semidesplazamiento y planeo.

Después de las anteriores consideraciones hemos decidido proyectar una carena con formas en U y con capacidad para proporcionar sustentación suficiente como desarrollar un planeo adecuado a su nº de Froude. Las formas en U también proporcionarán buenas cualidades marineras.

Para diseñar nuestro barco tomaremos como referencia los siguientes esquemas de carenas con formas redondeadas:

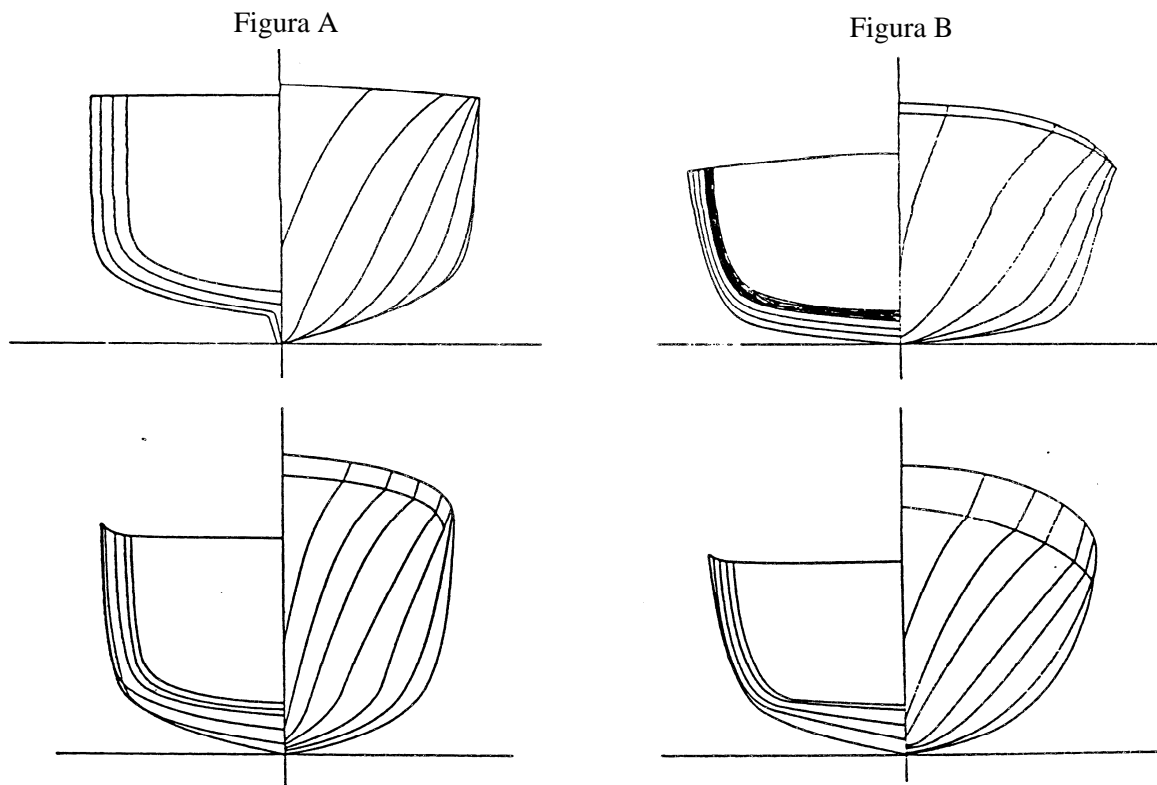


Figura C

Figura D

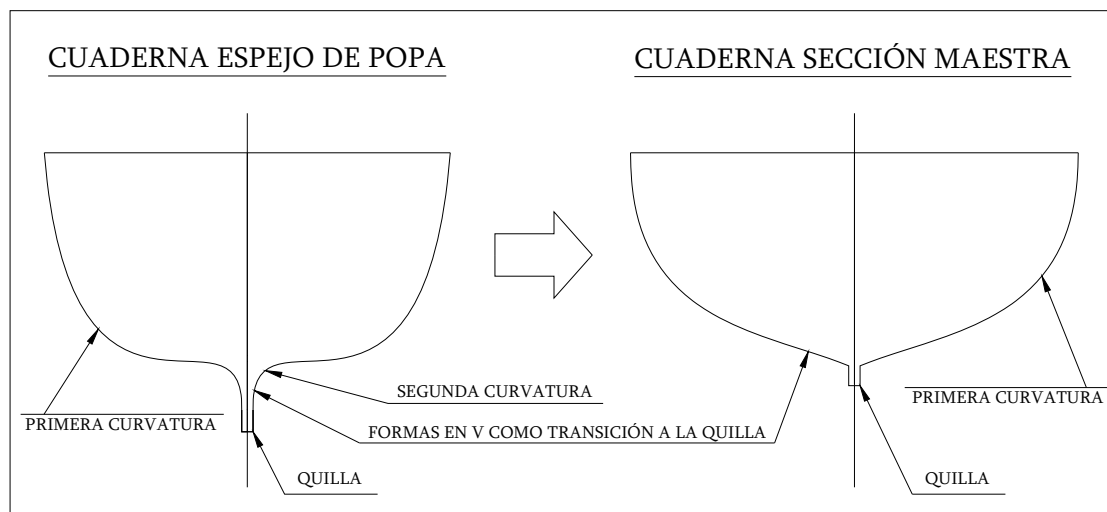
La figura A corresponde a un diseño con quilla vertical para aumento del área de deriva y diqueado.

La figura B está basada en la serie 63.

Las figuras C y D son proyectos parecidos, recurriendo la C a formas en U y el otro en V.

### 4.3.1 FORMAS DE POPA

En el extremo de popa diseñaremos una popa de espejo. El espejo será amplio, aportando formas voluminosas en popa que evite una excesiva inmersión de la popa al aumentar la velocidad, puesto que a velocidades a partir de números de Froude de 0,4 la posición del barco sobre la ola genera un asiento apopante negativo para la navegación. Podemos esquematizar el proceso con la siguiente ilustración, en la que se representa la sección más a popa y la sección en la cuaderna maestra, pudiéndose apreciar la transición de popa a proa:



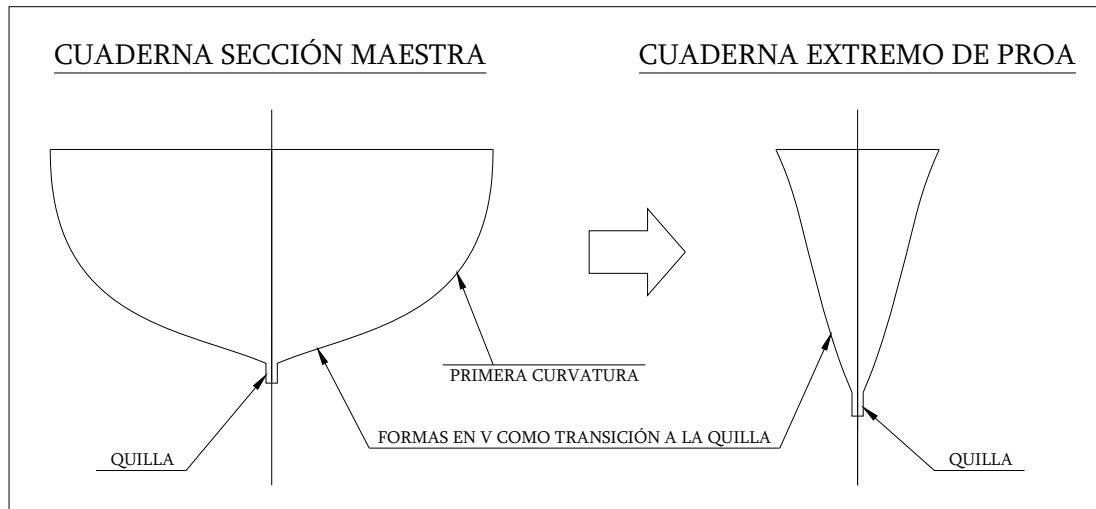
Podemos ver en las formas del espejo que se produce una doble curvatura en las formas, la primera curvatura proporcionará volumen que traduciremos en un incremento de habitabilidad interior. La unión de la primera curvatura con la segunda curvatura producen unas formas planas que generarán sustentación hidrodinámica. Podríamos decir que la primera curvatura formaría un “falso codillo”. La segunda curvatura extendida a lo largo de la eslora proporcionará espacio para timón, hélice, línea de eje y arbotante. Después de la segunda curvatura las formas continúan en V para conseguir una transición suave hacia la quilla\*.

En las formas de la sección maestra podemos apreciar como se pierde la segunda curvatura. La primera curvatura proporciona volumen y por lo tanto un incremento de la habitabilidad. La transición a la quilla se realiza por medio de formas en V. Debemos indicar que la transición de las formas en V de la sección maestra a el conjunto formado por la primera curvatura, transición de primera a segunda curvatura y segunda curvatura de las formas de popa, produce una conducción del flujo de proa a popa que genera gran sustentación, siendo muy importante en embarcaciones pesadas como la que se está proyectando.

\* En apartados posteriores de este capítulo explicaremos la conveniencia de incluir quilla

### 4.3.2 FORMAS DE PROA

En la siguiente ilustración podemos ver la evolución de las formas desde la cuaderna en la sección maestra hasta una de las cuadernas del extremo de proa:

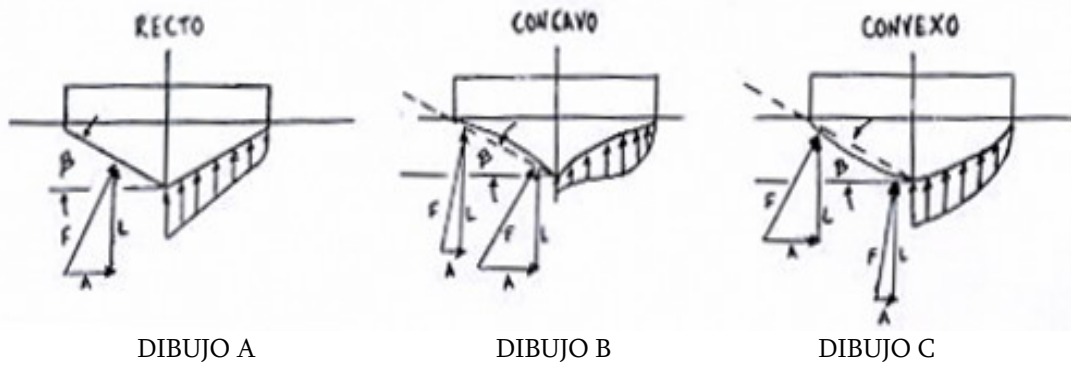


Podemos ver como ha desaparecido la primera y segunda curvatura en el extremo de proa. Las formas toman forma de V para obtener una fácil penetración en el fluido, disminuyendo la formación de olas. Las formas finas hacen que el flujo pase hacia la popa disminuyendo pérdidas. Las formas en V protegerán a la embarcación de rociones de espuma y agua en la zona de cubierta. También con este tipo de formas en proa se reducirán los pantocazos producidos por los movimientos del buque.

### 4.3.3 FORMAS DE LAS CUADERNAS

Vemos conveniente analizar desde el punto de la hidrodinámica las formas seleccionadas para el diseño, y para dar una idea general describiremos los tipos generales que existen y sus cualidades. Existen tres tipos: recto, cóncavo y convexo, los cuales vemos representados en la siguiente ilustración:





La principal diferencia entre el dibujo B y el C, consiste en la distribución de presiones bajo el casco.

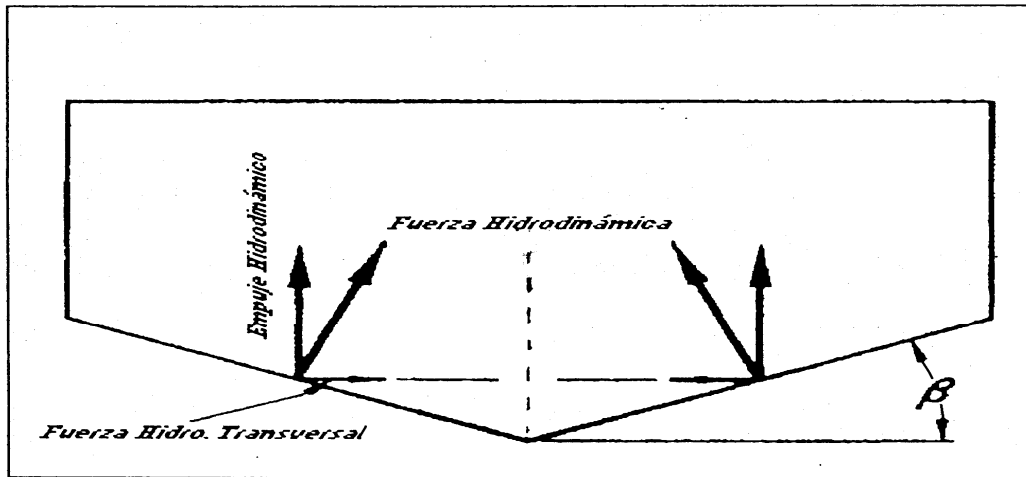
Así pues, en la sección B esta distribución crece produciendo más empuje a medida que se acerca al costado de la embarcación, con lo que hay mayor empuje en la zona del costado que bajo la quilla, todo lo contrario ocurre en la sección C.

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

La conclusión que extraemos es que las formas más apropiadas para el planeo son las convexas y las rectas. En nuestro caso elegimos las rectas por reducir la superficie mojada al aumentar la velocidad. Comentaremos como curiosidad que en el caso de las secciones más a popa el efecto de la doble curvatura hace que las formas rectas tomen un ángulo de astilla muerta de prácticamente 0 grados, quedando la superficie horizontal y aportando alto empuje hidrodinámico.

#### 4.3.4 ASTILLA MUERTA ( $\beta$ )

El ángulo de astilla muerta tiene influencia en la capacidad de generar empuje hidrodinámico. En la siguiente ilustración vemos como se descompone la fuerza hidrodinámica por el efecto del ángulo de astilla muerta en una componente vertical y otra horizontal:



Podemos observar que al disminuir el ángulo de astilla muerta también aumenta el empuje hidrodinámico y por lo tanto la capacidad de planeo.

En el siguiente cuadro podemos ver los valores de astilla muerta para diferentes tipos de embarcaciones:

TIPO DE EMBARCACIÓN	ÁNG. ASTILLA MUERTA MEDIO (grados)
Crucero	20
Lancha deportiva	21,5
Semirígidas	25
Motoras de competición de alta vel.	24
Catamaranes de alta velocidad	16,5

Tomando como referencia la tabla anterior y considerando a nuestra embarcación como un crucero hemos diseñado una astilla muerta con un valor medio de 19 grados, pensando que aportará la sustentación adecuada.

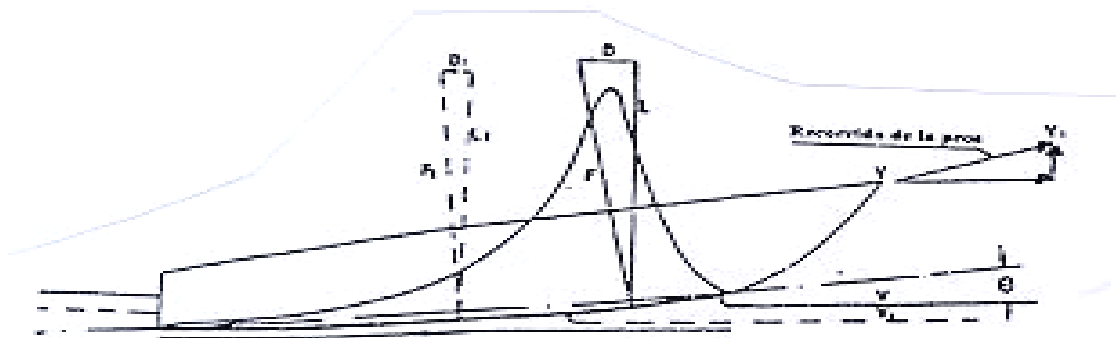
### 4.3.5 FORMAS DEL FONDO

Existe una influencia de la sección longitudinal del fondo sobre el planeo, de esta forma existen tres posibilidades: fondo convexo, fondo cóncavo, y fondo recto. Cada una de ellas tiene las siguientes ventajas:

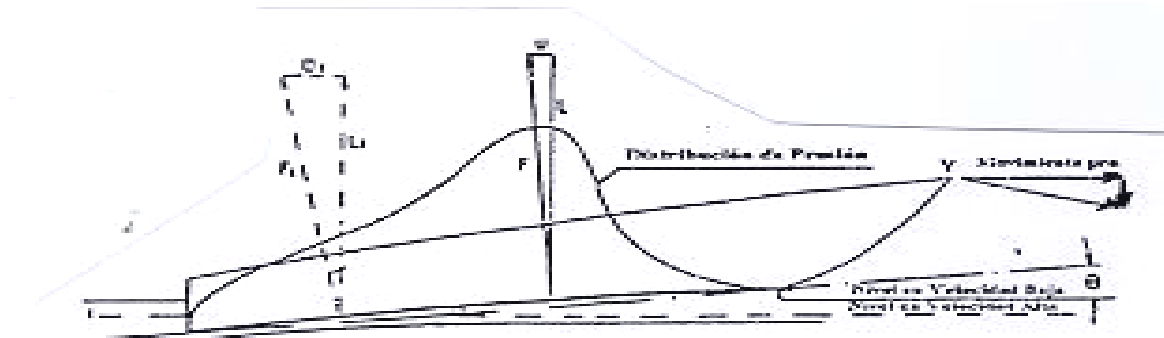
- Fondo convexo (rocker), da un mejor rendimiento a altas velocidades. Existe un movimiento ascendente de la proa al aumentar la velocidad y la posición de máxima presión se acerca a la proa.

- Fondo cóncavo (hook), mejora el rendimiento de planeo a baja velocidad. Hace que la proa descienda al aumentar la velocidad y el punto de máxima presión ocupa una posición mas retrasada.
- Fondo recto (straight), con el que obtendremos un igual rendimiento a ambas velocidades (altas y bajas). La proa se mantiene con un movimiento horizontal y el punto de máxima presión se mantiene en posición centrada.

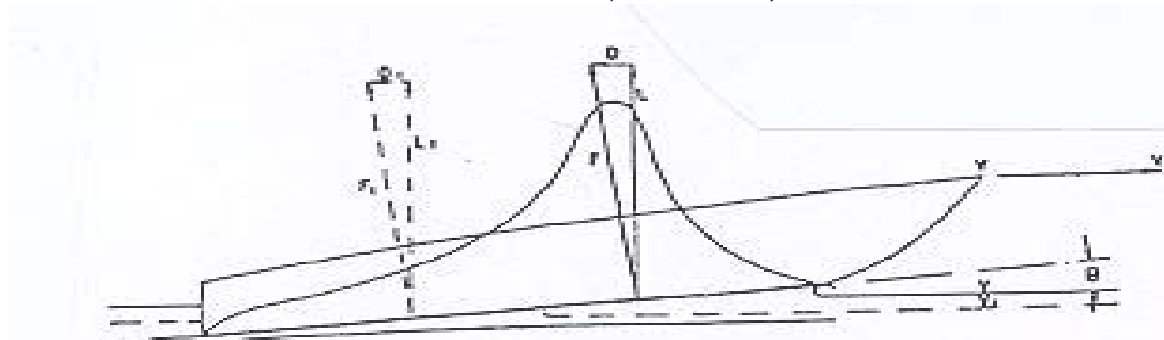
FONDO CONVEXO (ROCKER)



FONDO CÓNCAVO (HOOK)



FONDO RECTO (STRAIGHT)



Atendiendo a las diferentes características de cada tipo de fondo, vamos a optar para nuestra embarcación un fondo recto o "straight", ya que con él, se obtiene un igual rendimiento a altas y bajas velocidades y el punto de máxima presión se

mantendrá en posición centrada. Observando la embarcaciones similares a la que estamos proyectando vemos que la mayor parte tienen fondo recto. Considerando el ángulo que forma el fondo con la línea base se ha comprobado que los valores varían entre 1 y 4 grados. Hemos considerado un ángulo de 2 grados para la inclinación del fondo respecto a la línea base. Los valores más altos corresponden a barcos de porte menor y más rápidos, el valor elegido corresponde a embarcaciones de características más parecidas a las de nuestro proyecto.

#### 4.4 JUNQUILLOS ANTI-SPRAY O SPRAYRAILS

En las embarcaciones de planeo se produce el efecto llamado “abanico” o Spray de proa, que resulta incómodo para los navegantes que se encuentren en esta zona de la embarcación, además provoca el embarque de agua por la proa.

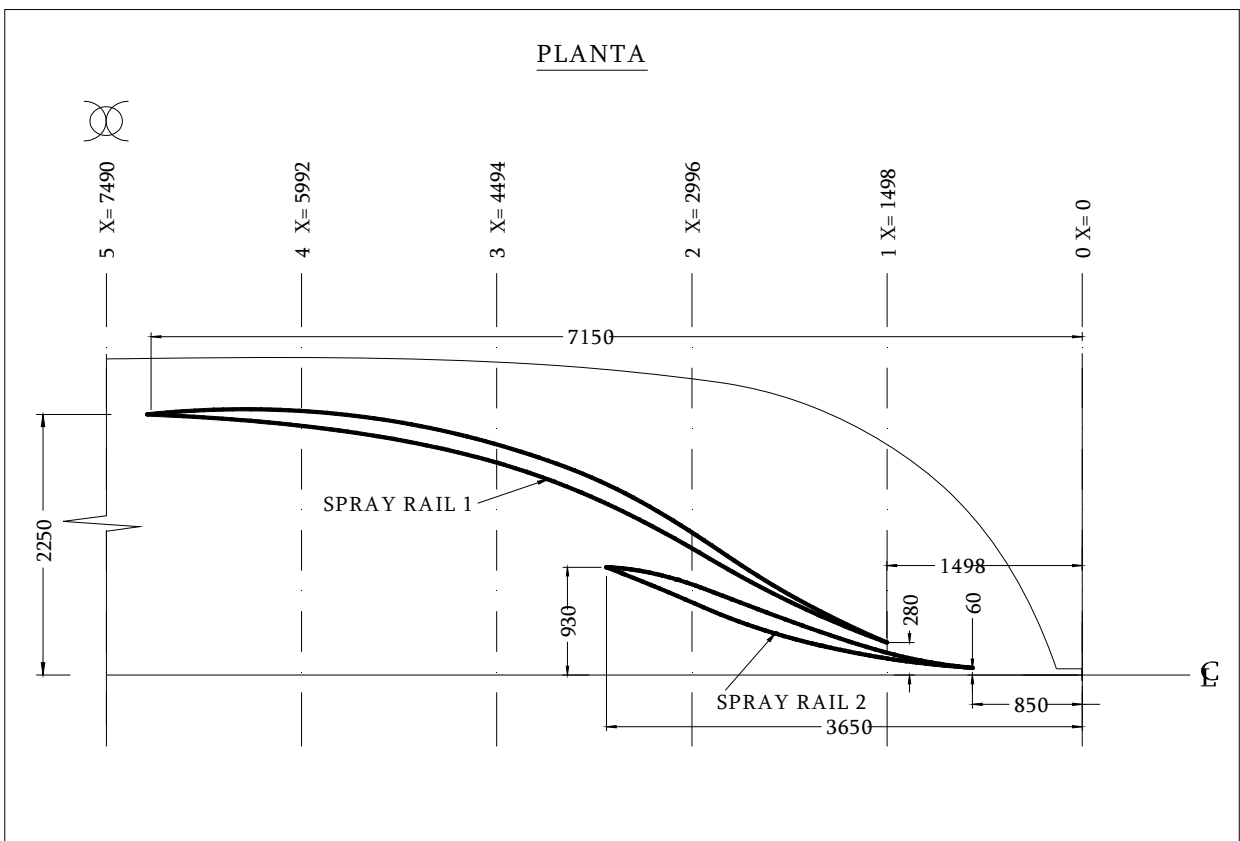
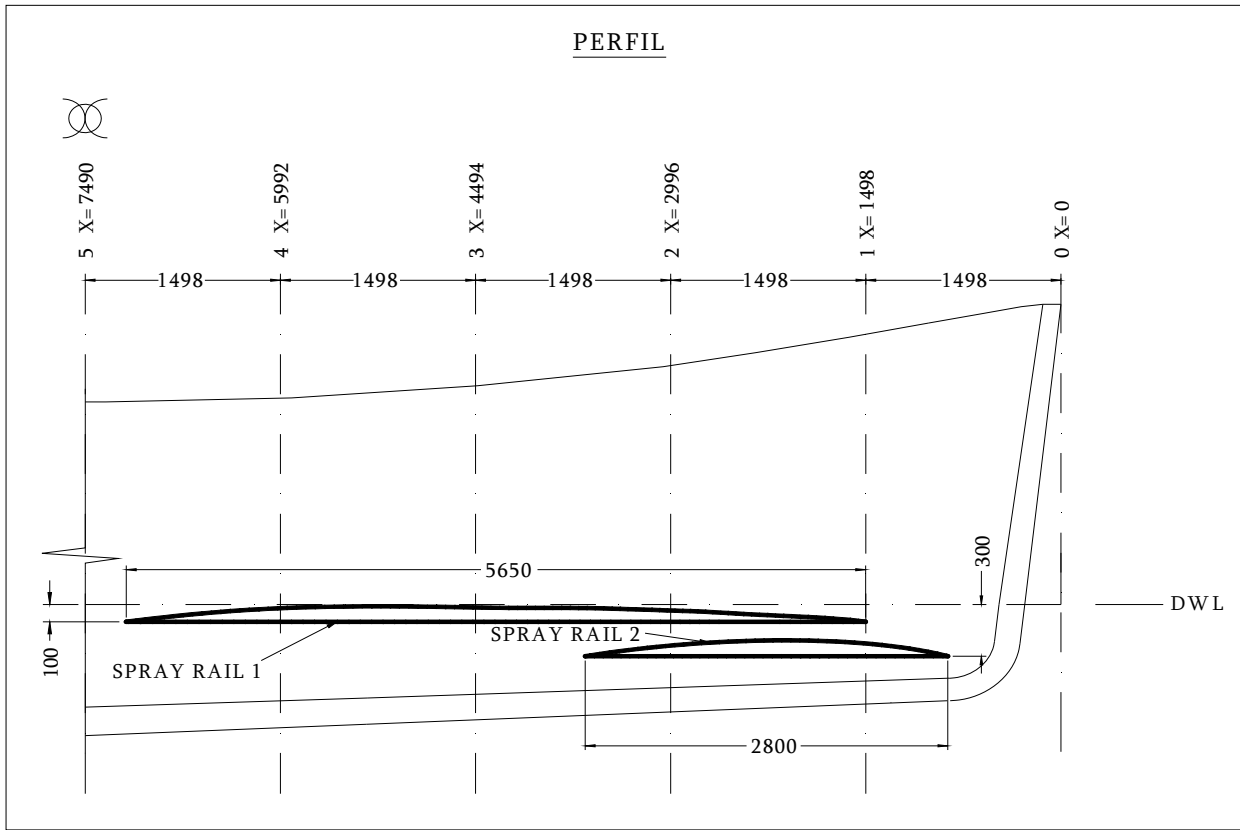
Por otra parte este spray incrementa la resistencia al avance al subir el agua por las paredes del casco, esta resistencia es de carácter friccional.

El fenómeno se produce a partir de velocidades con nº de Froude de 0,7.

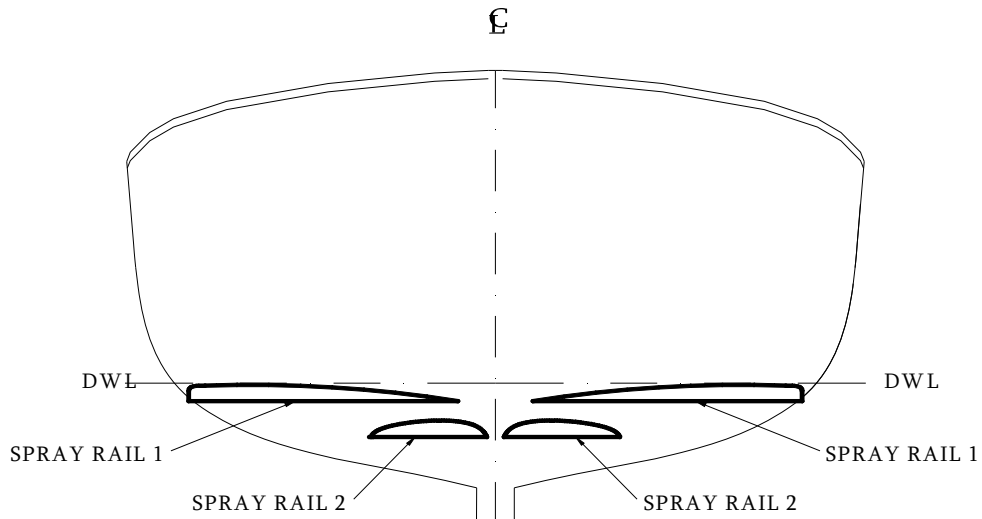
Para paliar el fenómeno anterior proyectaremos unos junquillos anti-spray basándonos en embarcaciones similares a la nuestra. Pensamos que esta puede una buena aproximación en esta fase del proyecto, pero los resultados definitivos saldrán de los ensayos en el canal de experiencia.

Los junquillos se colocan en el cuerpo de proa y se extienden hasta cerca de la sección media. Se disponen con la parte baja paralela a la flotación en reposo. En reposo se encuentran bajo la flotación, pero al ir aumentando la velocidad van saliendo del agua por el efecto de la sustentación dinámica, en este momento actúan de barrera impidiendo que la ola “trepe” por el casco, reduciendo la superficie mojada y por tanto la fricción. En estas ilustraciones podemos ver los detalles del diseño del junquillo y de su colocación en la embarcación:

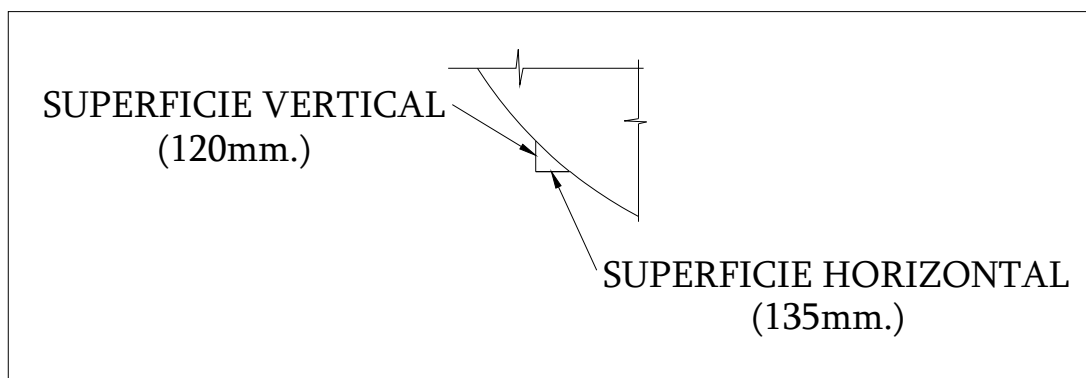
DETALLE DE DISEÑO Y POSICIÓN DE SPRAYRAILS  
(MEDIDAS EN MILIMETROS)



SECCIÓN TRANSVERSAL



DETALLE DE SECCIÓN DE ÁREA MÁXIMA



## 4.5 PARÁMETROS DE FORMA

Para el diseño correcto de unas formas redondeadas es necesario que sus parámetros de forma estén próximos a unos valores de referencia. Los parámetros de forma estudiados serán los siguientes:

- 1.- Relación de esbeltez.
- 2.- Coeficiente de bloque.
- 3.- Coeficiente prismático.
- 4.- Coeficiente de la maestra.
- 5.- Relación de áreas de espejo.
- 6.- Posición longitudinal del centro de carena.

### 4.5.1 RELACIÓN DE ESBELTEZ

Entendemos por relación de esbeltez el coeficiente:

$$\text{Relación de esbeltez} = L / (\text{VOL})^{1/3}$$

La relación de esbeltez incide de manera importante en el comportamiento en el mar de las embarcaciones rápidas. De este parámetro depende principalmente la resistencia por formación de olas. A partir de valores de  $F_n$  de 0,5 la resistencia por formación de olas va perdiendo importancia frente a la de fricción.. Considerando los valores de  $F_n$  de nuestra embarcación para velocidad de crucero (0,6) y máxima (0,771), pensamos que el valor de la relación de esbeltez no es un parámetro limitador en nuestro caso y diseñaremos en función de nuestras necesidades sin preocuparnos por este coeficiente. Además debemos decir que para valores de  $F_n$  mayores de 1 la resistencia de fricción es la componente mayor.

### 4.5.2 COEFICIENTE DE BLOQUE (CB)

Es un coeficiente geométrico y adimensional, es el resultado del producto de otros dos coeficientes de carácter hidrodinámico y también adimensional: el prismático y el de la maestra. Generalmente las embarcaciones rápidas tienen un CB inferior a 0,5. Una vez terminado el diseño el CB del diseño se ha fijado en 0,235 cumpliendo con lo esperado en este tipo de barcos. En el siguiente cuadro vemos un resumen:

PARÁMETRO ESTUDIADO:	
COEFICIENTE DE BLOQUE (CB)	
VALOR RECOMENDADO	VALOR DE DISEÑO
CB < 0,5	0,235

### 4.5.3 COEFICIENTE PRISMÁTICO (CP)

Este coeficiente controla la distribución longitudinal del desplazamiento de la embarcación. En ensayos realizados en canales de experiencia muestran que el valor de CP aumenta con la velocidad, siendo para las embarcaciones rápidas de velocidades más bajas entorno a 0.58 y para las más veloces de 0.7. El incremento del valor es mayor en la zona de bajas velocidades. Para hacer una estimación de valores adecuados de CP, con los que reduciremos la resistencia al avance, utilizaremos la siguiente ecuación, publicada por S. C. Fung en “Resistance Predictions and Parametric Studies for High-Speed Displacement Hulls. « Naval Engineers Journal» de marzo de 1987:

$$CP = 0,5687 + 0,1538 \times Fn - 0,0701 \times (Fn)^2$$

Entraremos en la fórmula con el valor de Fn correspondiente a la velocidad más alta (0,711), por ser donde la resistencia al avance es mayor. Calculando:

$$CP = 0,5687 + 0,1538 \times 0,771 - 0,0701 \times (0,771)^2 = 0,6456$$

La embarcación diseñada tiene un valor de CP de 0,727, los valores son muy próximos y por lo tanto consideramos nuestro valor válido. En el siguiente cuadro resumimos los valores:

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
COEFICIENTE PRISMÁTICO (CP)		
VALOR RECOMENDADO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
0,6456	0,727	+11,2%

### 4.5.4 COEFICIENTE DE LA MAESTRA (CM)

Un valor excesivo incrementará la resistencia de formas de la embarcación y al mismo tiempo no permitirán longitudinales rectos que faciliten la salida del agua. A pesar de que en nuestro proyecto ya tenemos una manga y puntal determinado, intentaremos reducir en lo posible este valor, manteniendo una distribución adecuada de espacios en la embarcación. Una vez finalizado el diseño el valor de CM



conseguido ha sido de 0,432, valor nada elevado que ha permitido diseñar una carena con longitudinales rectos y una astilla muerta adecuada.

#### 4.5.5 RELACIÓN DE ÁREAS DE ESPEJO

A velocidades bajas ( $F_n < 0,4$ ), los espejos de popa permanecen mojados, generando turbulencias que incrementan la resistencia al avance. A altas velocidades el régimen del flujo en la popa cambia. Aguas abajo del espejo se crea una región de bajas presiones produciéndose un seno en el sistema de olas transversal, esto deja el espejo seco y ocasiona un efecto positivo sobre la resistencia al avance.

Para conseguir un flujo correcto en el cuerpo de salida de la flotación debemos controlar la relación entre el área de la maestra (AM) y el área del espejo de popa (AE), los cambios bruscos en el cuerpo de salida afectan negativamente a la resistencia al avance. Podemos estimar el valor de AE / AM para nuestra embarcación mediante la siguiente ecuación:

$$AE / AM = -0,0857 + 0,3967 \times F_n + 0,1061 \times (F_n)^2$$

Sustituyendo el nº de Froude a su velocidad máxima (0,771):

$$AE / AM = -0,0857 + 0,3967 \times (0,771) + 0,1061 \times (0,771)^2 = 0,283$$

El valores de AE y AM en nuestro proyecto son 1,169m<sup>2</sup> y 1,525 m<sup>2</sup> respectivamente. Calculando el valor de AE / AM:

$$AE / AM = 1,169 / 1,525 = 0,766$$

Podemos ver que este valor es demasiado alto, la razón se explicará más adelante en el apartado 4.6.

#### 4.5.6 POSICIÓN LONGITUDINAL DEL CENTRO DE CARENA (LCB)

En este tipo de embarcaciones la posición longitudinal del centro de carena debe estar colocado a popa de la cuaderna media. Mediante la siguiente ecuación podemos calcular la posición del LCB como un porcentaje de la eslora entre perpendiculares, el valor será medido a popa de la cuaderna media:

$$PLCDC = -2,2189 + 12,3505 \times F_n - 5,4048 \times (F_n)^2$$

Sustituyendo el valor de  $F_n$  correspondiente a la velocidad más alta, y por lo tanto el caso más desfavorable, obtenemos:

$$PLCDC = -2,2189 + 12,3505 \times (0,771) - 5,4048 \times (0,771)^2 = 4,09\%$$

En esta etapa del proyecto ya se ha definido la posición del timón, y por tanto, conocemos el valor de la eslora entre perpendiculares (LPP), con un valor de 14,223m.. La distancia del LCB a la cuaderna central sera:

$$LCB = LPP \times 4,09 = 0,582m.$$

En nuestra embarcación el valor de LCB es de -1,050m. a popa de la cuaderna central. Para establecer una comparación homogénea expresaremos este valor como porcentaje de LPP:

$$PLCDC = (1,050 / 14,223) \times 100 = 7,38\%$$

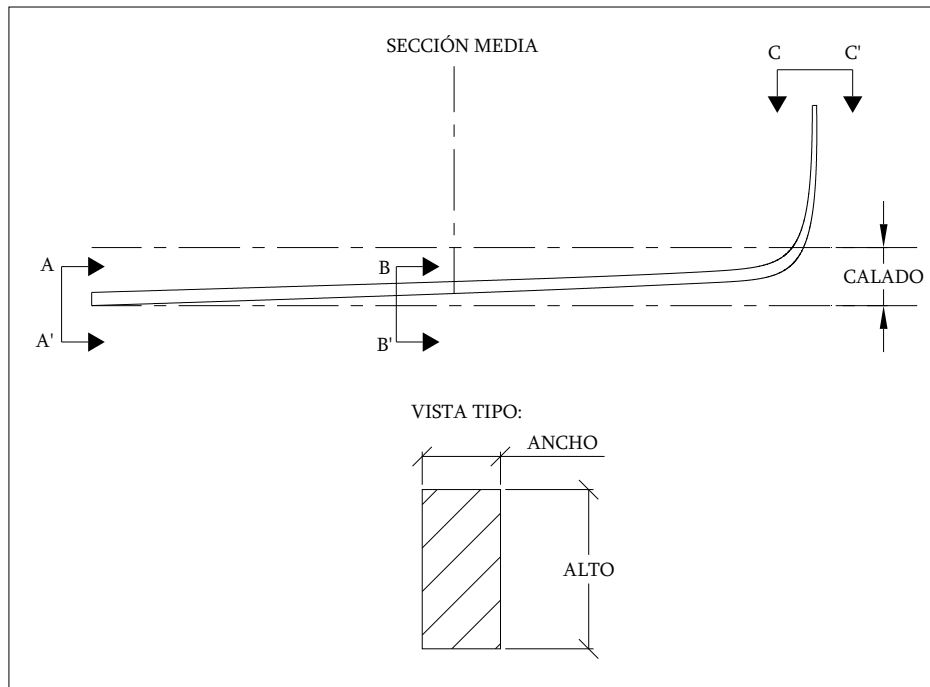
Comparando los valores pensamos que la diferencia entre ellos no es excesiva, y consideramos el proyectado un valor válido. Resumimos la información en la siguiente tabla:

PARÁMETRO ESTUDIADO:		
POSICIÓN LONG. DEL CENTRO DE CARENA (LCB)		
VALOR RECOMENDADO	VALOR DE DISEÑO	VARIACIÓN
4,09% LPP A PP. CNA. CENTRO	7,38% LPP A PP. CNA. CENTRO	3,29% LPP A PP. CNA. CENTRO

## 4.6 QUILLA

Las embarcaciones de formas redondeadas tienen poca área de deriva, esto es porque sus formas son muy llenas y el calado se ve reducido. Una escasa área de deriva penaliza la estabilidad y la estabilidad de rumbo. Gran cantidad de embarcaciones con formas en U recurren a quillas para compensar estos problemas, además añade reforzado longitudinal extra. También ofrece un reforzado adicional en el diqueado. Este elemento constituye un elemento de seguridad en caso de varada accidental.

Analizando las quillas de las embarcaciones similares a la que estamos proyectando hemos extraído unas dimensiones que consideramos apropiadas y cuyas medidas representamos en la siguiente ilustración:



En la ilustración hemos realizado tres vistas de sección de la quilla proyectada en tres puntos de la eslora: extremo de popa, sección media y extremo de proa. En la siguiente gráfica mostramos las dimensiones de cada vista de sección:

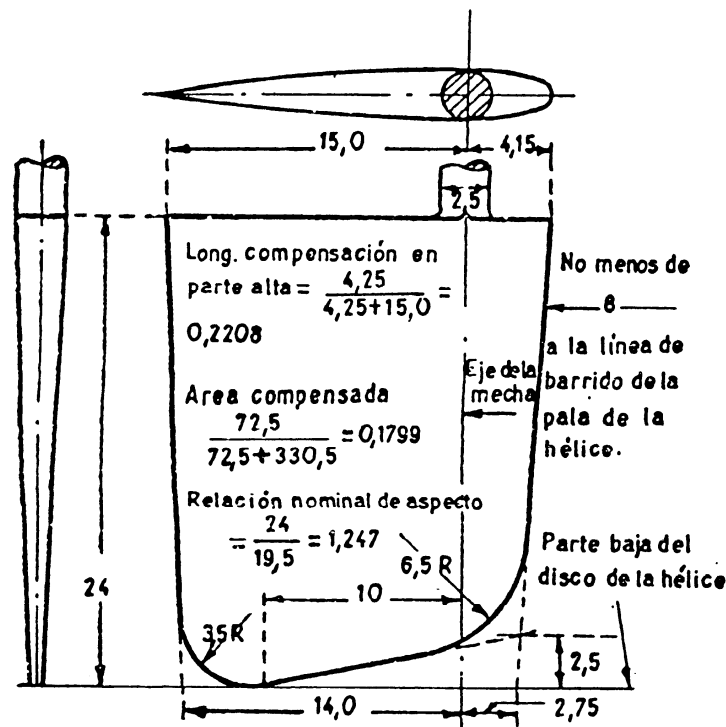
SECCIÓN	ANCHO (mm.)	ALTO (mm.)
A – A'	140	272
B – B'	140	247
C – C'	140	88

Recordemos que en el apartado 4.5.5 RELACIÓN DE ÁREAS DE ESPEJO, el valor obtenido fue elevado, la razón es que la escasez del área de deriva penalizó la estabilidad no cumpliendo con los requerimientos. Para aumentar al área de deriva se extendió la quilla hasta el extremo de popa, con esto se aumentó el área del espejo de popa. Este tipo de formas no suele ser muy habitual, por lo general la quilla se interrumpe para dejar hueco para los timones. Ante esto se consultó a técnicos de la firma de embarcaciones Rodman y nos comunicaron que no se puede fijar una norma concreta y que sólo se sabría el resultado en ensayos en canal de experiencia. Aún así nos comentó que un valor muy significativo es comprobar que la resistencia no se haya incrementado de forma alarmante, si esto pasara deberíamos cambiar el diseño. Otro de sus comentarios fue que podría tener efectos beneficiosos: como la de evitar interferencias entre las dos hélices, mejora del flujo hacia los timones y mayor protección ante impactos de timones, hélices y arbotantes. Con todo esto hemos decidido extender la quilla hasta el espejo de popa y esperar los resultados en el cálculo de la resistencia.

## 4.7 APÉNDICES Y HÉLICES

### 4.7.1 TIMONES

Es de vital importancia tener una idea del timón que usará nuestra embarcación, sobre todo para adaptarlo a las formas y asegurar un buen funcionamiento. En primer lugar elegiremos un modelo adecuado para nuestro proyecto, luego será modelizado y se insertará en el modelo 3D de la carena para comprobar su funcionamiento. En la siguiente imagen podemos ver el timón seleccionado, (las medidas vienen expresadas en pulgadas):



El área del timón dependerá del número de hélices y timones de la embarcación, en la siguiente tabla recogemos, según Baader, las relaciones área del timón-área de deriva en función del número de hélices y de timones, además se comenta el efecto de la configuración en el gobierno de la embarcación:

EMBARCACIONES DE UNA HÉLICE Y UN TIMÓN	
Superficie mínima para buen gobierno	2%
Superficie normal para gobierno y maniobra	2,5%
Superficie ideal para gobierno y maniobra	3%
Superficie para mejorar marcha atrás	4-5%
Superficie máxima en casos especiales	10%
EMBARCACIONES CON DOS HÉLICES Y UN TIMÓN	
Superficie mínima para gobierno	2,5%
Superficie normal para gobierno y maniobra	3%
Superficie para mejorar condiciones de maniobra	4-5%
EMBARCACIONES CON DOS HÉLICES Y DOS TIMONES	
Superficie mínima para gobierno	2%
Superficie mínima para gobierno y maniobra	2,5%
<b><u>Superficie aconsejada para gobierno y maniobra</u></b>	<b><u>3%</u></b>
Superficie para mejorar marcha atrás	4-5%

La configuración de nuestro barco será de dos hélices y dos timones, y seleccionaremos una relación de área timón-área de deriva de un 3% para que coincida con la superficie aconsejada para gobierno y maniobra.

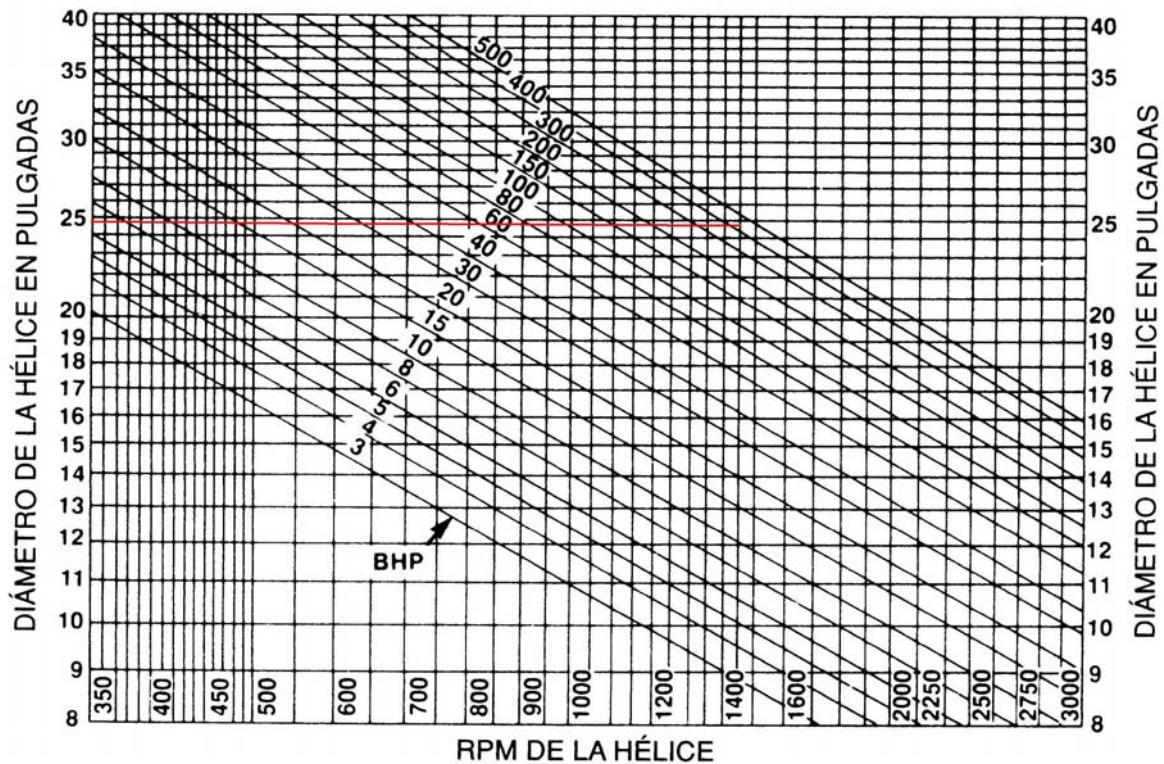
Con un área de deriva de nuestra embarcación de 13,648m<sup>2</sup>, el área del timón será de 0,409 m<sup>2</sup>.

Respecto al ángulo de giro, comentaremos que el timón seleccionado está proyectado para proporcionar una buena maniobrabilidad a ángulos de giro de 30° a 33°. Estos ángulos serán tenidos en cuenta para comprobar la posible interferencia entre el casco y el timón.

#### 4.7.2 HÉLICES

Hacer una estimación del diámetro de las hélices es de vital importancia, tanto como para tener una idea del diseño del equipo propulsivo, como para ubicarlas en la carena y evitar interferencias.

Para la determinación de su diámetro emplearemos la siguiente gráfica recomendada por John Teale:



La potencia a instalar será la correspondiente al motor seleccionado en el capítulo 2, apartado 2.8. Debemos decir que la potencia seleccionada está todavía pendiente de confirmar cuando se realice el cálculo de potencia. En la gráfica entraremos con una potencia propulsora de 435 B.H.P. (consideraremos en el cálculo de sólo un motor). Para determinar las revoluciones de la hélice debemos consultar la siguiente especificación técnica del motor:

**Datos técnicos**

Modelo. . . . .	<b>D6-435 I</b>
Potencia al cigüeñal, kW (CV) . . . . .	320 (435)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV) . . . . .	310 (422)
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 HS85AE, kg . . . . .	699
Ratio HS80AE . . . . .	1,96:1, 1,57:1
Ratio HS80IVE . . . . .	2,01:1, 1,64:1
Ratio HS85AE . . . . .	2,5:1
Ratio HS85IVE . . . . .	2,49:1

Consideraremos que instalaremos un reductor del tipo HS85AE, con una relación de reducción de 2,5:1. Para el cálculo tendremos en cuenta las revoluciones

máximas del motor (3500 r.p.m.), a las que le aplicaremos la reducción correspondiente:

$$\text{Revoluciones de la hélice} = 3500 / 2,5 = 1400 \text{ r.p.m.}$$

Con este valor entramos en la tabla anterior y obtendremos un diámetro de hélice de 24,75 in. (629mm.).

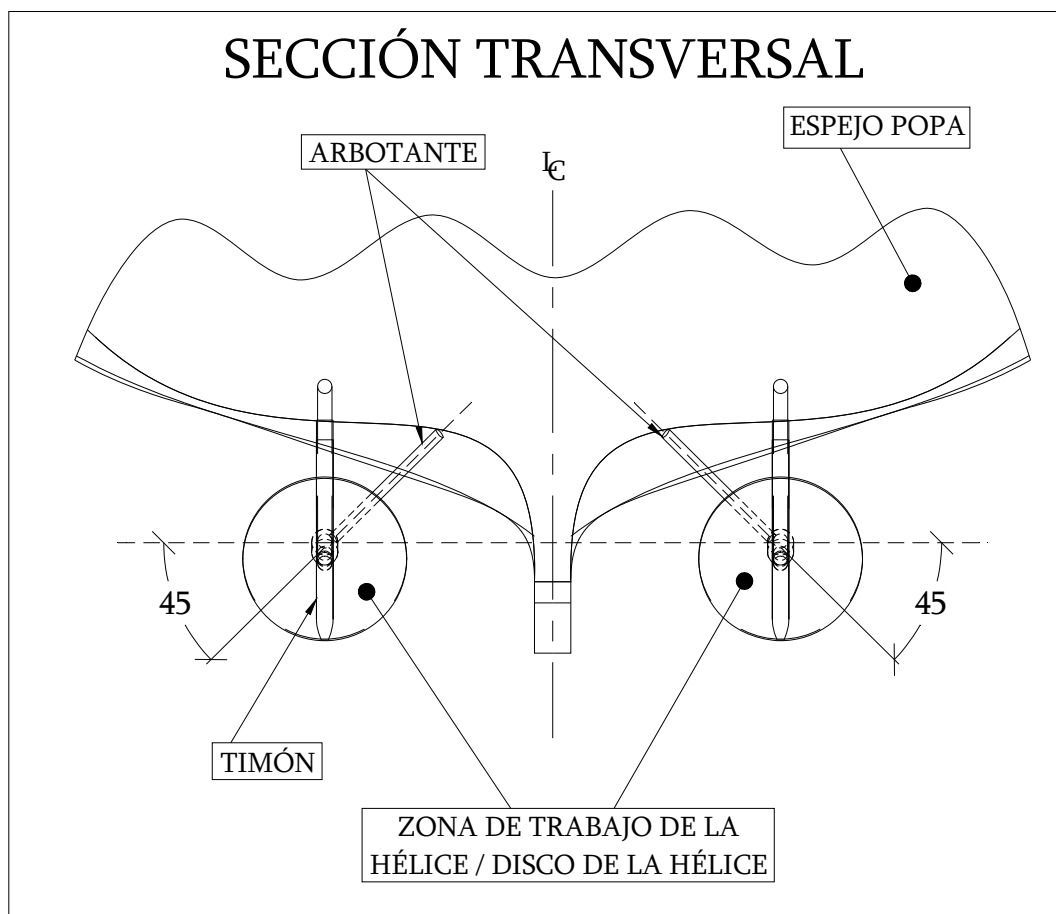
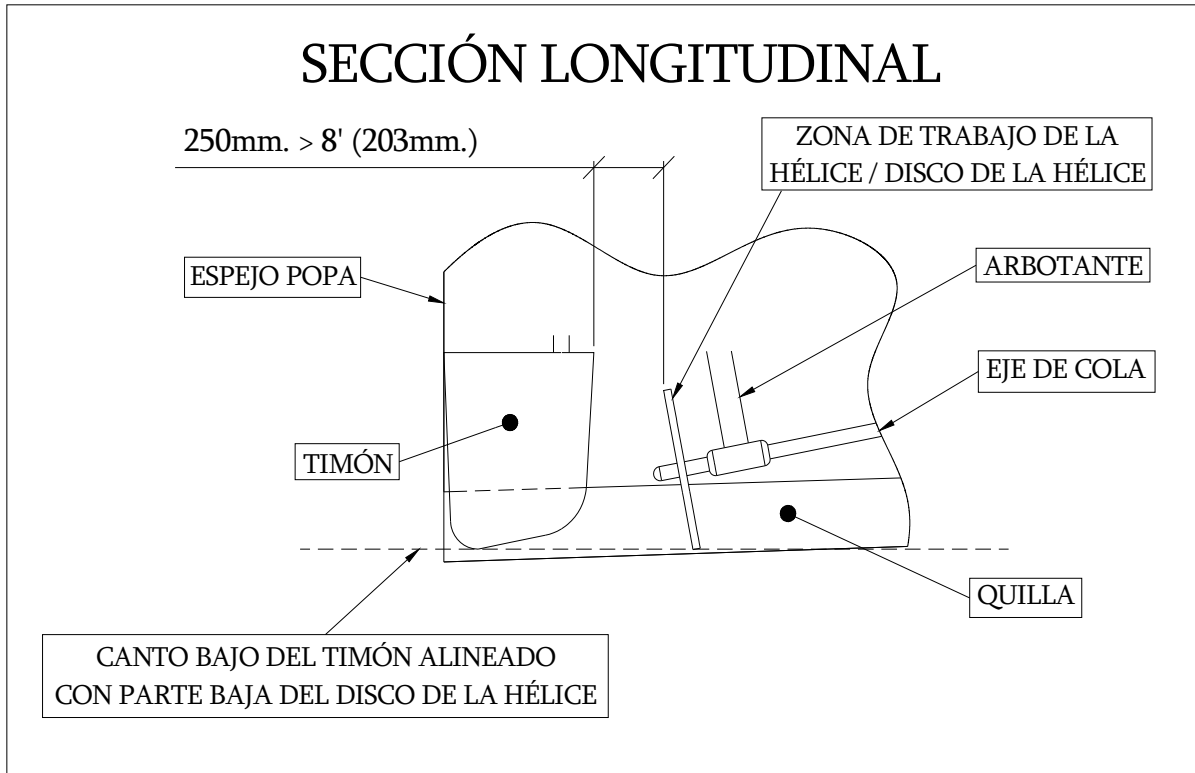
El tipo de hélice, número de palas, paso lo dejaremos al criterio del fabricante, aunque consideramos que una de cuatro palas podría ser adecuada.

El diámetro de la hélice será tenido muy en cuenta a la hora de proyectar las formas. Según John Teale la distancia entre la hélice y el casco será como mínimo de 20% del diámetro de la hélice, 126mm.. Este valor será tenido en cuenta en el diseño.

También será tomada en cuenta la colocación de la hélice respecto al timón. Remitiéndonos a la ilustración del timón en el punto 4.7.1 TIMONES podemos ver las recomendaciones de colocación de la hélice respecto al timón.

### 4.7.3 ARBOTANTE

Debido a las formas de la embarcación un tramo de la línea de ejes queda fuera del casco sin apoyo. La longitud del tramo en voladizo es excesiva (2,646m.) y por ello diseñaremos un arbotante para que sirva de apoyo. En la siguiente ilustración podemos ver el diseño de un posible arbotante basado en los de embarcaciones ya construidas:





Podemos ver el resultado final del diseño de las formas en el plano de formas de la embarcación, que aparece en el ANEXO II, planos, lámina 1/9.

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 5

### DISPOSICIÓN GENERAL E INTERIORES

## CAPÍTULO 5

### DISPOSICIÓN GENERAL E INTERIORES

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

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

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

Por otra parte, en la distribución de espacios se deberá de tener en cuenta que, según los requerimientos del cliente, debemos diseñar una “vivienda flotante”, con capacidad de albergar en su interior a seis personas. También dispondremos espacios para disfrutar al aire libre, con una generosa bañera en popa y un amplio solarium en la cubierta de proa.

En un primer momento distinguiremos dos zonas: cubierta e interiores:

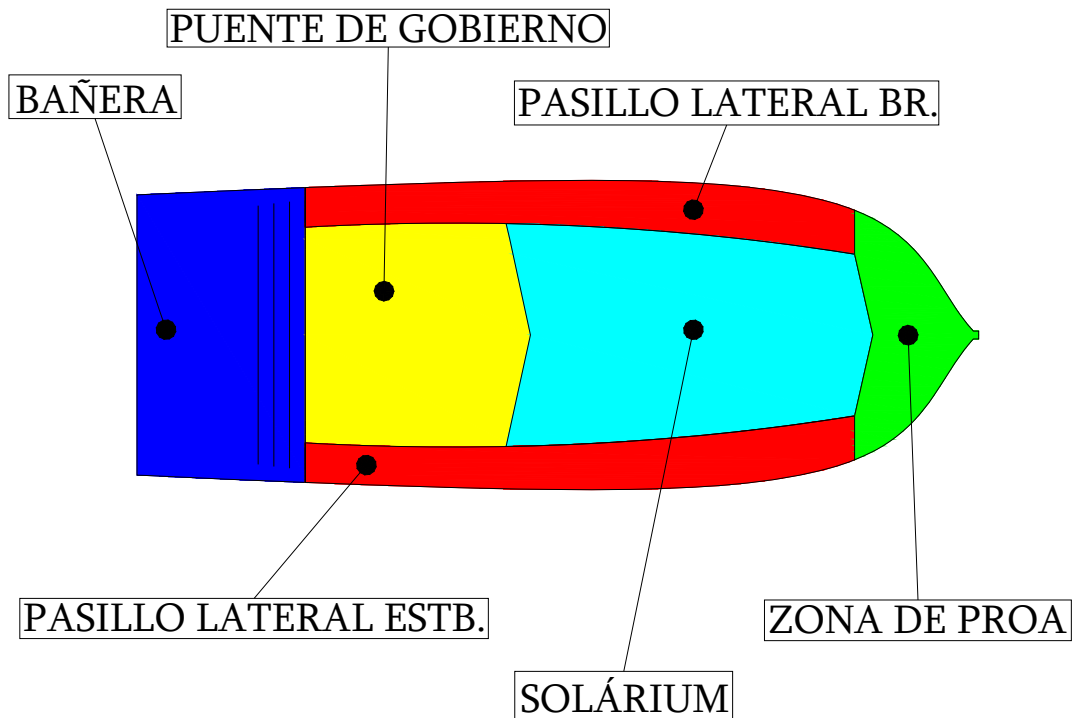
#### 5.2 DISEÑO DE LA CUBIERTA

El diseño de la cubierta es uno de los pilares fundamentales a la hora de diseñar una embarcación. La mayor del tiempo en épocas de buen clima se desarrolla en cubierta.

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

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

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



### 5.2.1 BAÑERA

La bañera es la parte principal de la cubierta, por lo que se le ha dotado de generosas dimensiones, aprovechando la ancha manga que posee la embarcación

Tiene unas dimensiones de 2,779 metros de eslora por 4,268 metros de manga, esto la convierte en una bañera de proporciones considerables, siendo la superficie total de 12,5 metros cuadrados.

Se ha diseñado una bañera amplia y libre de mobiliario. Se ha decidido no disponer mobiliario fijo en la bañera por estimar que su deterioro por estar expuesto a la intemperie influirá en la comodidad de los pasajeros y en la estética de la embarcación. Para suplir esta carencia se podrá colocar en esta zona mobiliario portátil que hemos incluido en el equipamiento de la embarcación.

El piso de la bañera irá forrado de madera de teca, por sus propiedades de resistencia, estética y cualidades antideslizantes.

En la zona central de la bañera dispondremos de una entrada a la cámara de máquinas de generosas dimensiones 1,639m. x 1m., este hueco será usado para el paso de elementos de máquinas de gran tamaño que necesiten ser sustituidos o reparados.

A proa de la bañera se encuentra, a una altura superior, el puente de gobierno. Para el acceso al puente de gobierno se ha diseñado una escalera estructural que ocupa toda la manga. Al ocupar toda la manga también sirve de acceso a los pasillos laterales y por tanto a la zona de proa de la embarcación.

En el espejo de popa, a popa de la bañera, dispondremos de medios de fijación para colocar una plataforma de baño de tipo portátil, realizada de acero inoxidable. Esta plataforma la incluiremos como equipo del casco y estará estibada en cámara de máquinas cuando no sea útil. Las dimensiones de esta plataforma serán de 3m. de manga y 1m. de eslora.

### 5.2.2 PUESTO DE GOBIERNO

La zona del puesto de gobierno tendrá una eslora de 4 metros por 3,545 metros de manga. Está situado a proa de la bañera y a un nivel superior de esta. El espacio estará completamente acristalado, para proporcionar luz y visibilidad. Este local estará convenientemente climatizado. El puesto de gobierno estará situado en una posición elevada para proporcionar visibilidad.

Esta zona está compuesta por:

A babor, un amplio sofá con capacidad para acomodar a tres personas. En este costado podemos encontrar una escalera estructural colocada perpendicularmente a la eslora para acceder a la cubierta inferior.

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

En la zona de proa se extiende un mueble a lo largo de toda la manga que además de ser usado como porta objetos servirá de mesa para extender los planos o cartas náuticas a consultar

En la zona de popa se encuentra la puerta de acceso al puente de gobierno. Está formado por dos piezas de cristal, una fija (babor) y otra deslizante (estribor), siendo esta última el acceso propiamente dicho al local.

### 5.2.3 PASILLOS LATERALES

En muchas embarcaciones de este tipo, los pasillos laterales suponen un problema debido a que son demasiado estrechos y hacen que el acceso desde la bañera hacia la zona de proa tenga un riesgo innecesario. Se ha intentado solucionar

este problema, dotando a estos pasillos de una manga media de unos 500 milímetros, además, de una barandilla de acero inoxidable que se eleva 600 milímetros sobre la tapa de regala y se extiende a lo largo de la eslora hasta la zona de proa, haciéndolos amplios y seguros. El piso de los pasillos laterales irá forrado de madera de teca, por sus propiedades de resistencia, estética y cualidades antideslizantes.

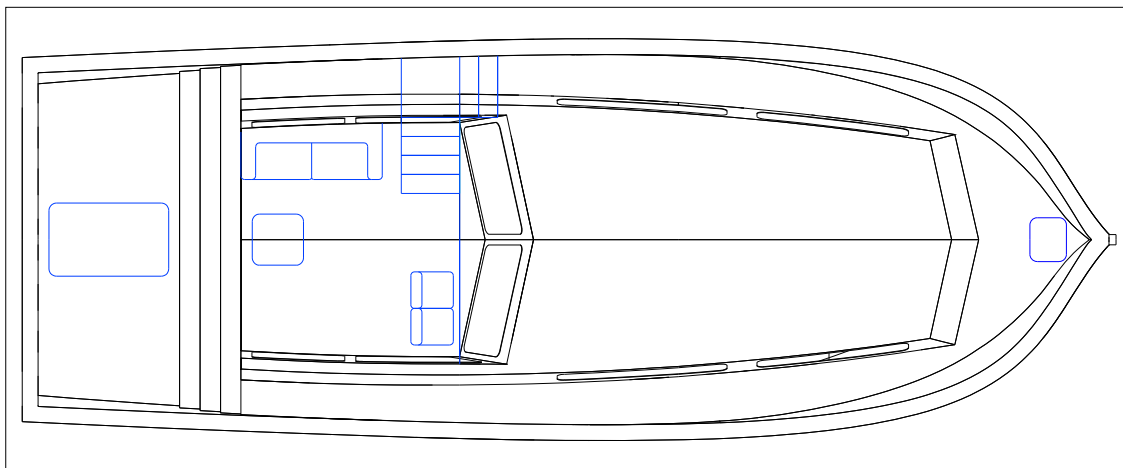
#### 5.2.4 CUBIERTA DE PROA: SOLÁRIUM Y ZONA DE PROA

La cubierta de proa tiene una eslora de 7,975 metros. Sobre la parte central se dispondrá de un amplio espacio que será utilizado como solárium, colocando colchonetas para aumentar el confort. En los laterales de esta parte de la estructura colocaremos ventanales para iluminación y ventilación de la habitación.

En el extremo de la cubierta, encontramos un espacio que denominamos zona de proa, este podrá ser usado para operaciones propias del trabajo náutico como atraque, etc. y para disfrutar al aire libre en esta zona. Colocaremos un acceso a la caja de cadenas y al área de almacenamiento que existe en el pique de proa.

El piso de la zona de proa irá forrado de madera de teca, por sus propiedades de resistencia, estética y cualidades antideslizantes. La zona habitada como solárium conservará su acabado original en gel-coat, por no ser zona de paso, y por estar cubierta con colchonetas.

En la siguiente imagen podemos ver la disposición general de la cubierta:



### 5.3 DISEÑO DE INTERIORES

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

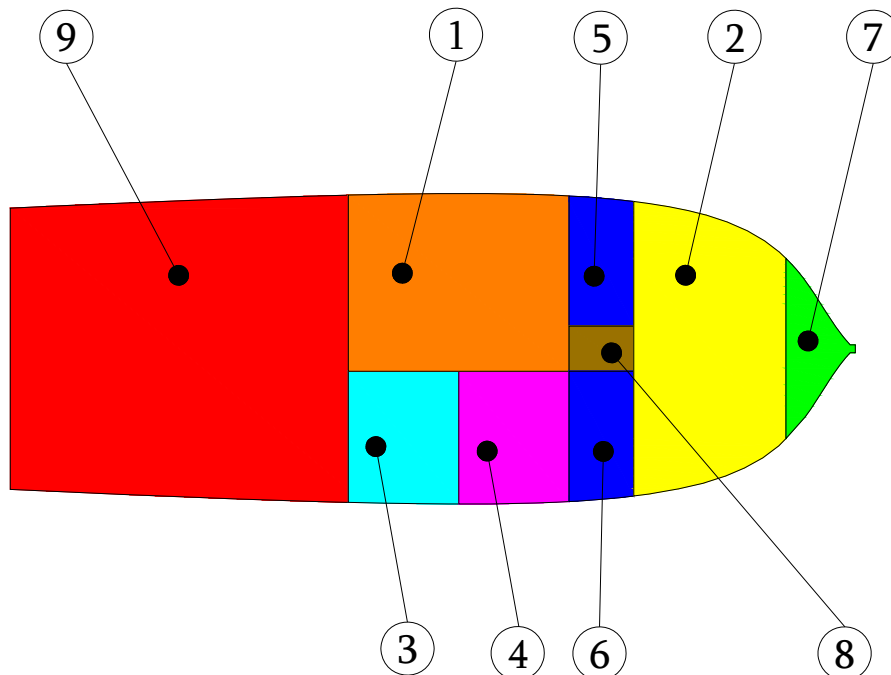
Un dato a tener en cuenta es establecer el número de tripulantes para el que se diseña el interior. Esta embarcación se diseña para que seis personas puedan vivir cómodamente en su interior.

El interior estará formado por: salón-comedor-cocina, dos cuartos de baño, camarote de proa y por dos camarotes de invitados. Además podemos distinguir otros dos locales, el de cámara de máquinas y el pique de proa.

El mobiliario será realizado con madera contrachapada con remates en madera natural de alta calidad. Los electrodomésticos y aparatos electrónicos serán de calidad, empleando la última tecnología y con sistemas de ahorro de energía.

Los dormitorios y espacios comunes estarán convenientemente climatizados.

En la siguiente ilustración podemos observar de manera esquemática la distribución de los espacios:



- 1.- Salón-comedor-cocina.
- 2.- Camarote principal.
- 3.- Camarote de invitados de popa.
- 4.- Camarote de invitados de proa.
- 5.- Cuarto de baño del camarote principal.
- 6.- Cuarto de baño de invitados.
- 7.- Pique de proa.
- 8.- Pasillo central.
- 9.- Cámara de máquinas.

### 5.3.1 SALÓN-COMEDOR-COCINA

Con la unión del salón, el comedor y la cocina pretendemos economizar espacios, no teniendo que aumentar el espacios en pasillos para acceder a un número mayor de habitaciones. El espacio tiene una eslora de 3,915m. y una manga media de 2,560m., albergando un área de 10,3m<sup>2</sup>.. Centralizaremos la vida dentro de la embarcación en esta habitación favoreciendo la convivencia.

El servicio de cocina se encuentra a proa del local, está dispuesto en un mueble encimera de 1,9m. con altillo, que cuenta con: frigorífico de 100 litros de capacidad con apertura frontal (a la banda de babor); calentador de gas; placa de tres fuegos a gas butano; fregadero de acero inoxidable con un seno, escurridor, grifo direccional con agua fría y caliente; campana extractora y horno-microondas.

El restante espacio está reservado para ser salón-comedor. A popa hemos colocado un sofá con forma de L , delante dispondremos una mesita de centro. A proa de esta situaremos una mesa de comedor extensible, siendo esta portátil, y desplazarse donde fuera necesaria. En babor colocaremos un mueble de salón para colocar los dispositivos de entretenimiento y que aporte capacidad de almacenamiento.

La iluminación y ventilación será adecuada, y será a través de los portillos de la parte alta.

### 5.3.2 CAMAROTE PRINCIPAL

El camarote principal o camarote del armador está situado en la parte más a proa de la habitación y a popa del pique de proa.



En la zona de proa hemos aprovechado la gran manga de la embarcación y hemos colocado una amplia cama doble de 1,5 m., se ha colocado una mesita de noche a cada lado de la cama.

En babor hemos dispuesto un armario de generosas dimensiones.

A estribor colocaremos una mesa de trabajo y otro armario complemento del de babor.

A este camarote se la ha dado un tratamiento especial, y cuenta con cuarto de baño privado. El cuarto de baño está situado en la banda de babor y se accede por una puerta situada a popa del camarote.

La iluminación y ventilación será adecuada, y será a través de los portillos de la parte alta.

### 5.3.3 CAMAROTES DE INVITADOS DE PROA Y POPA

Están situados en la banda de estribor en el lado opuesto al salón-comedor-cocina. Ambos camarotes son simétricos y tienen idéntica disposición. Tienen una eslora de 1,960m. y una manga media de 1,915m., el área de cada uno de ellos es de 3,75 m<sup>2</sup>.

Los pasajeros son acomodados en camas literas de 0,90m. de anchura. El mobiliario consta de mueble zapatero, armarios y mesa multiusos.

La iluminación y ventilación será adecuada, y será a través de los portillos de la parte alta.

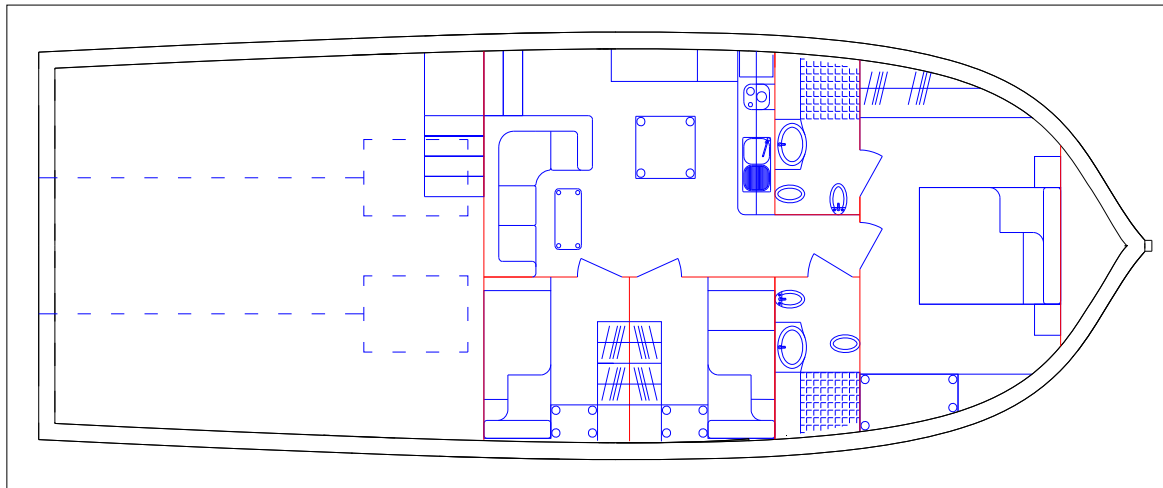
### 5.3.4 CUARTOS DE BAÑO

El cuarto de baño del camarote principal se encuentra situado en la banda de babor, a popa del camarote principal y a proa del salón-comedor-cocina. El cuarto de baño de invitados se encuentra situado en la banda estribor, a popa del camarote principal y a proa del camarote de invitados de proa. Tienen una eslora de 1,450m. y una manga media de 1,520m., el área de cada uno de ellos es de 2,2 m<sup>2</sup>. Ambos son simétricos respecto a línea centro. La entrada al W.C. del camarote principal se realiza a través del camarote principal y el de invitados a través del pasillo central.

Cada uno de ellos contará con placa de ducha, lavabo con mueble, bidé, inodoro y mueble de baño.

Los cuartos de baño recibirán iluminación y ventilación a través de portillos en la parte alta.

En la siguiente ilustración podemos ver una disposición general de los espacios descritos anteriormente:



#### 5.4 PIQUE DE PROA

Este espacio tendrá carácter de seguridad, cerrándose por popa por un mamparo estanco, y constituyendo un barrera a la entrada de agua en caso de colisión.

También será espacio de estiba para material propio de cubierta: ancla, cadena, estachas, etc.

#### 5.5 PASILLO CENTRAL

Será el acceso al camarote principal y al cuarto de baño de invitados. En el diseño general de los espacios se ha intentado reducir al máximo este espacio por tener poca utilidad práctica. Las eslora es de 1,145m. y la manga de 0,8m..

## 5.6 CÁMARA DE MÁQUINAS

Se extiende desde el espejo de popa hasta los espacios de habitación, alberga la maquinaria propulsora con sus accesorios, equipo de gobierno, plataforma de baño, baterías y otros servicios, constituyendo también un espacio de almacenamiento de pertrechos y otros.

## 5.7 MAMPAROS

Los mamparos se fabricarán de madera contrachapada marino de 2700gr./m<sup>2</sup>, para proporcionar resistencia estructural y un buen núcleo resistente.

### 5.7.1 MAMPAROS TRANSVERSALES

A lo largo de la eslora colocaremos cinco mamparos transversales que describiremos, de popa a proa, a continuación:

1.- El mamparo de proa de cámara de máquinas tendrá carácter de estanco para constituir un buen aislamiento entre C.M. y la habitación. El mamparo está colocado a 5,991m. del extremo de popa y ocupa toda la sección transversal hasta la cubierta superior, en la banda de babor se hará un hueco para colocar la escalera de acceso a la habitación sobre la cubierta inferior.

2.- El siguiente mamparo sirve de separación entre los dos camarotes de invitados, tiene una manga de 2,1m. y está situado a 7,949m. del extremo de popa.

3.- Continuando hacia proa encontramos el mamparo de popa de las cuartos de baño, sirve de separación entre estos y el camarote de invitados de proa y el salón-comedor-cocina. En línea de crujía practicaremos un paso acceder al pasillo central. Ocupa toda la sección transversal hasta el piso y está colocado a 9,907m. del extremo de popa.

4.- El siguiente mamparo es el límite de proa de los cuartos de baño. Ocupa toda la sección transversal hasta el piso y tiene practicados dos accesos: uno para acceso al cuarto de baño del camarote principal y otro hacia el pasillo central. Está colocado a 11,052m. del extremo de popa.

5.- El mamparo más extremo es el pique de proa, límite por proa del camarote principal. El mamparo será estanco para proporcionar protección en caso de colisión accidental. Está situado a 13,752m. del extremo de popa y ocupa toda la sección transversal.

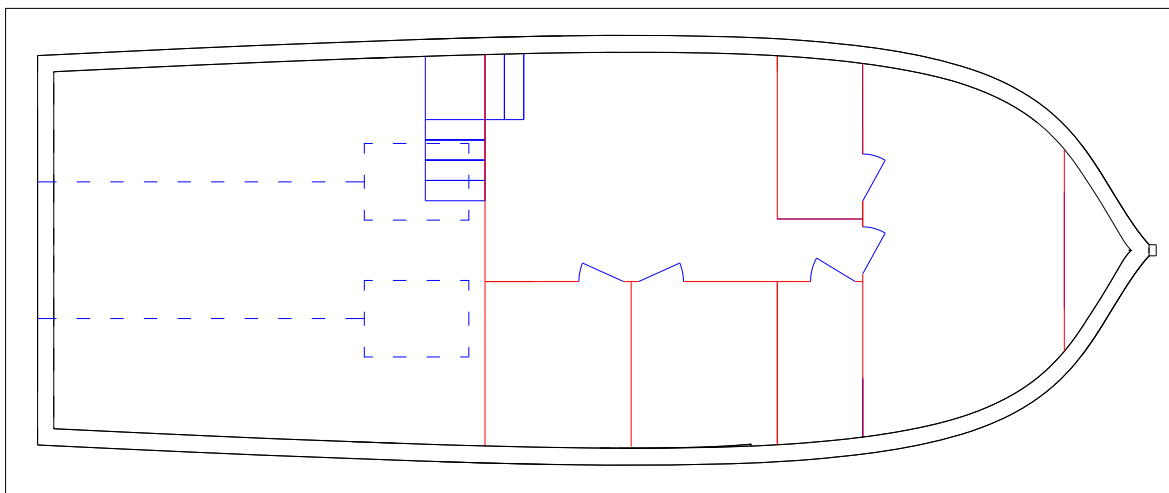
### 5.7.2 MAMPAROS LONGITUDINALES

A lo largo de la eslora colocaremos dos mamparos longitudinales que describiremos, de babor a estribor, a continuación:

1.- El mamparo de babor forma el límite de estribor del cuarto de baño del camarote principal y tiene una longitud de 1,145m.. Se encuentra a 0,4m. a babor de crujía.

2.- El mamparo de estribor forma el límite de babor de los camarotes de invitados y del cuarto de baño de invitados. Tiene una longitud de 5,060m. y se encuentra a 0,4m. a estribor de crujía. Tiene practicados los correspondientes accesos para acceder a los espacios a los que sirve de acceso.

En la siguiente ilustración vemos representada la disposición de los mamparos anteriormente descritos:

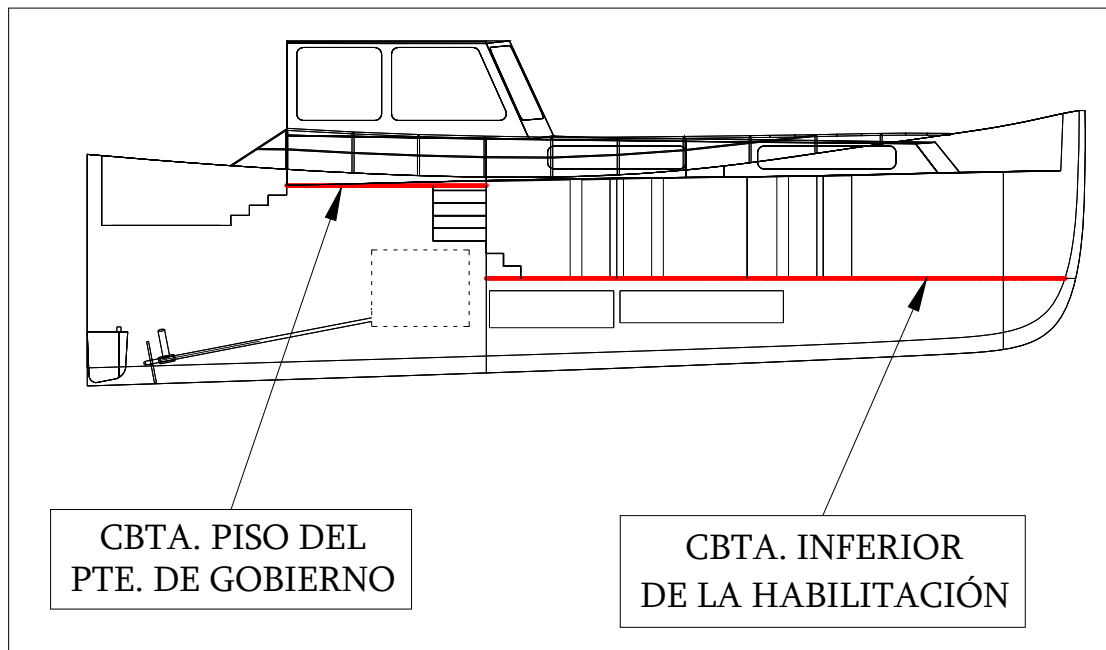


### 5.8 CUBIERTAS

En la embarcación podemos distinguir dos tipos de cubiertas, las que se encuentran dentro de la estructura y la que se encuentra a la intemperie.

Las que se encuentran dentro de la estructura son dos: la que forma parte del piso del puente de gobierno (3,013m. sobre la línea base) y la cubierta inferior de la habitación (1,613m. sobre la línea base). La cubierta inferior de la habitación la

extenderemos hasta el extremo de proa para dar mayor rigidez estructural al conjunto. La cubierta a la intemperie es la que constituye el cierre del casco. En la siguiente ilustración mostramos las cubiertas interiores:



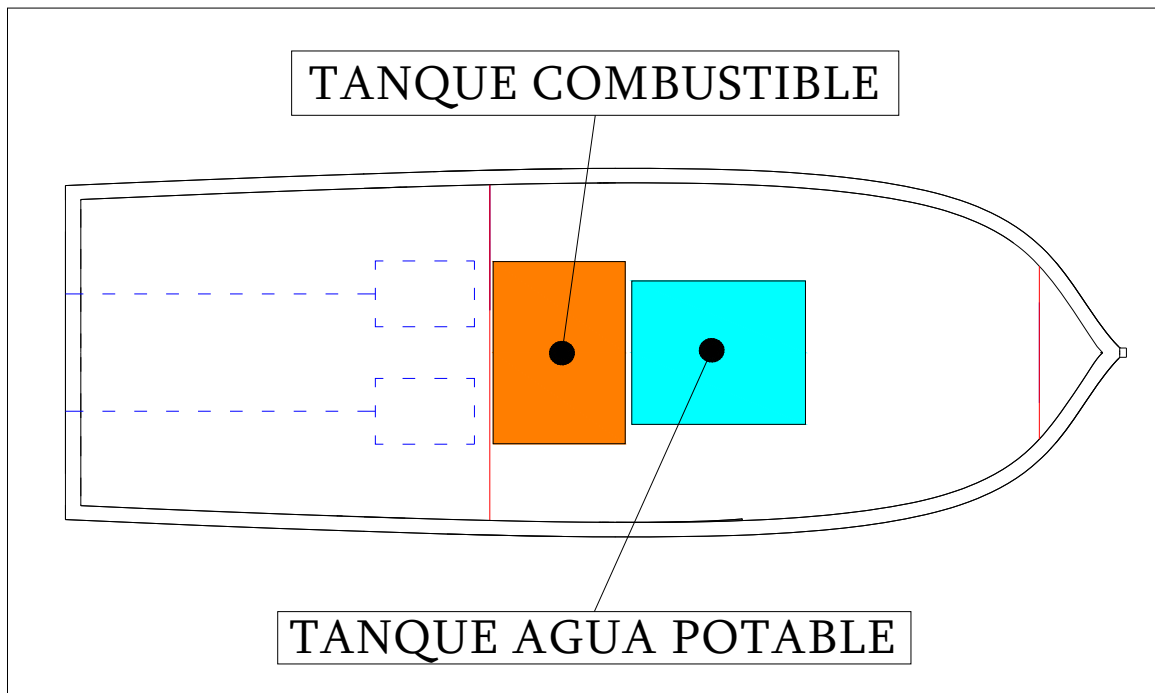
## 5.9 TANQUES

Una vez definidas las formas de la embarcación y la capacidad de los tanques, hemos procedido a ubicarlos y a darles forma. Para su diseño se han tenido en cuenta varios factores:

- 1.- Volumen de líquido a contener.
- 2.- Formas del casco.
- 3.- Interferencias con elementos estructurales.

Los tanques serán construidos de P.R.F.V. y su escantillonado se ha tratado en el capítulo 6, escantillonado. La estructura de los tanques será independiente de la estructura del casco.

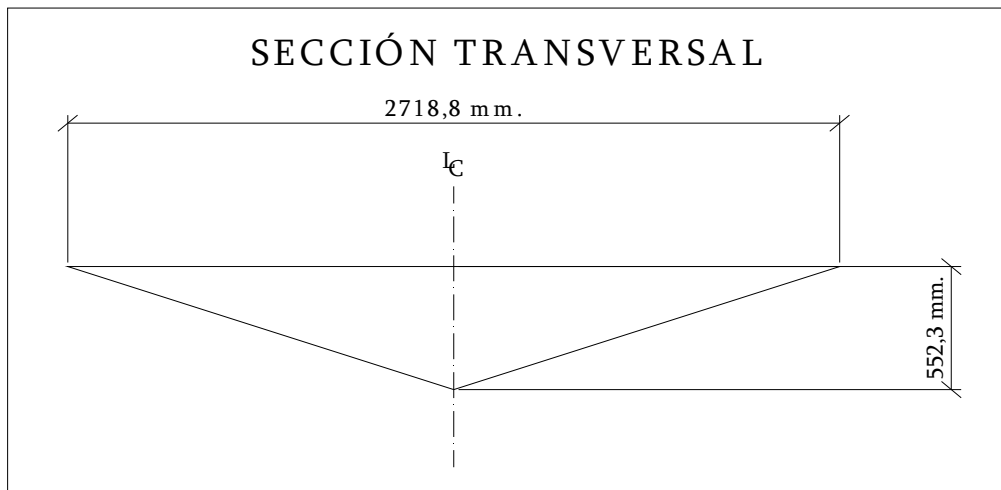
En la siguiente ilustración podemos ver su posición en la embarcación:

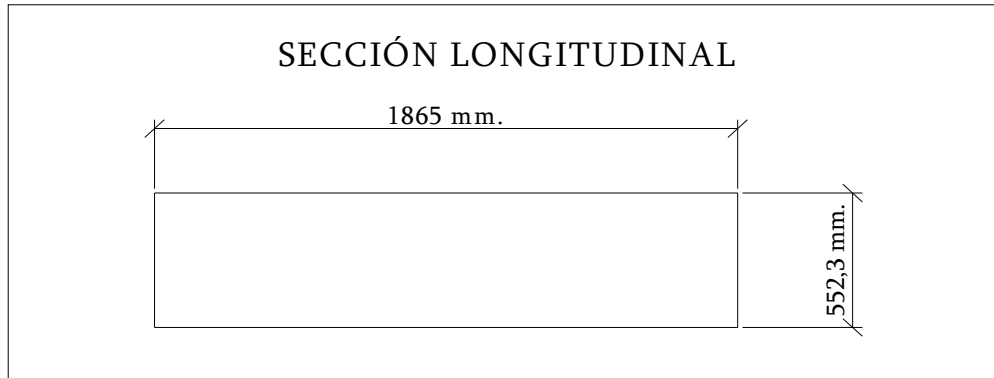


### 5.9.1 TANQUE DE COMBUSTIBLE

Recordemos que en el capítulo 2, apartado 2.9 se determinó el volumen de combustible necesario, 1400 litros.

Para alejar el combustible de la cámara de máquinas y por lo tanto de posibles fuentes de ignición, hemos decidido colocar el combustible bajo la cubierta inferior y a proa del mamparo estanco de proa de cámara de máquinas. Se colocará un tanque de sección transversal en forma de triángulo invertido, para adaptarse al máximo a las formas del fondo. En la siguiente ilustración representamos sus dimensiones:

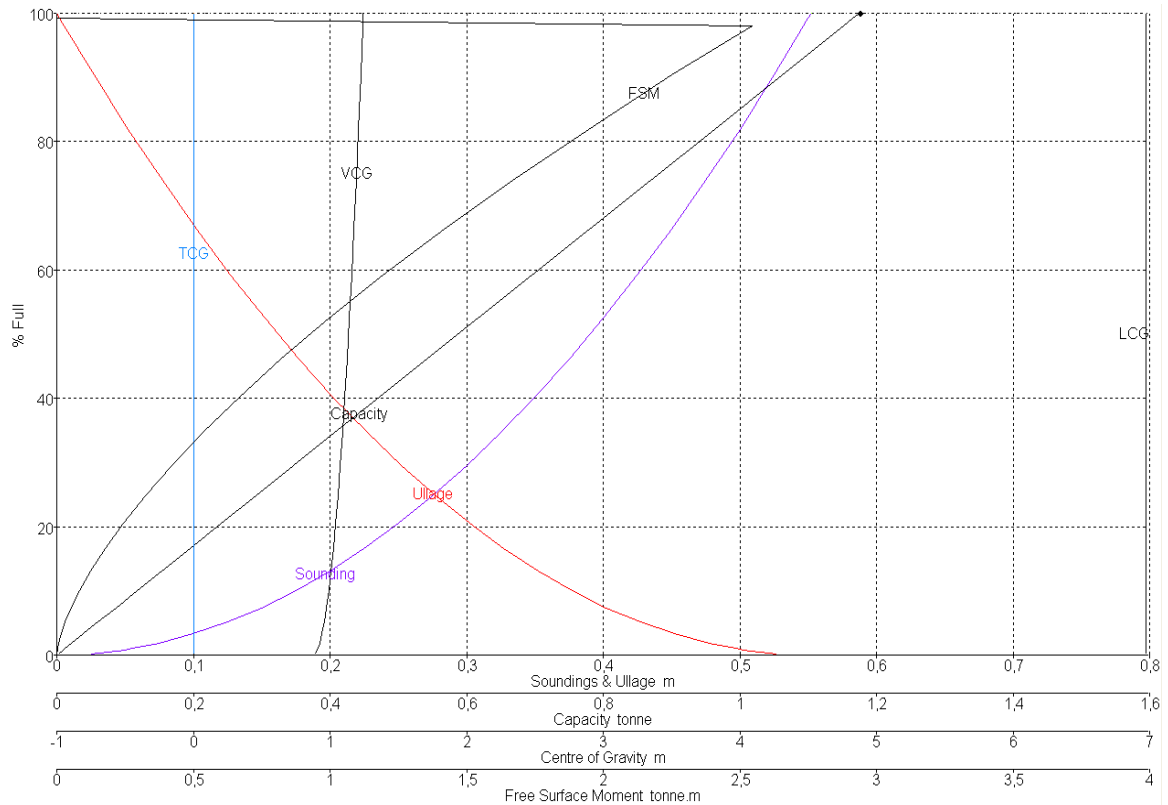




Respecto a su posicionamiento diremos que la sección transversal se colocará perpendicular y centrada con el plano de crujía, y la sección longitudinal en el sentido de la eslora, quedando la cara de popa del volumen interno del tanque a 6,039m. del extremo de popa. La cara alta del volumen interno del tanque se encuentra a 1,428m. sobre la línea base.

A continuación presentamos la calibración del tanque:

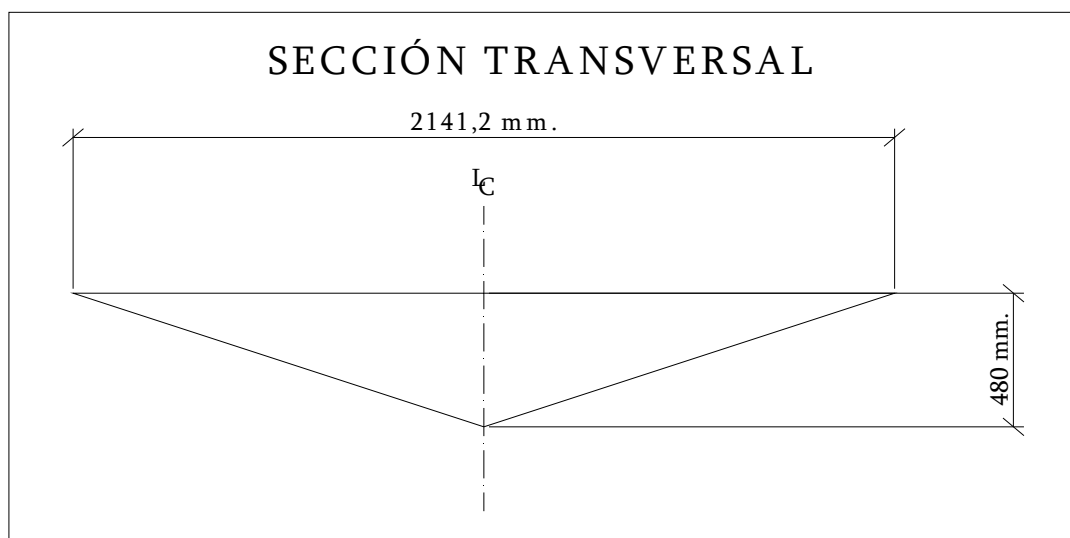
TANQUE DE COMBUSTIBLE								
SOUNDING (m.)	ULLAGE (m.)	% FULL	CAPACITY (m3)	CAPACITY (tonne)	LCG (m.)	TCG (m.)	VCG (m.)	FSM (tonnexm)
0,552	0	100	1,400	1,176	6,971	0	1,244	0
0,55	0,002	99,2	1,388	1,166	6,971	0	1,242	0
0,547	0,006	98	1,371	1,152	6,971	0	1,24	2,544
0,525	0,027	90,4	1,265	1,062	6,971	0	1,226	2,252
0,5	0,052	82	1,147	0,963	6,971	0	1,209	1,946
0,475	0,077	74	1,035	0,87	6,971	0	1,192	1,668
0,45	0,102	66,4	0,929	0,78	6,971	0	1,176	1,418
0,425	0,127	59,2	0,829	0,696	6,971	0	1,159	1,195
0,4	0,152	52,5	0,734	0,617	6,971	0	1,142	0,996
0,375	0,177	46,1	0,645	0,542	6,971	0	1,126	0,821
0,35	0,202	40,2	0,562	0,472	6,971	0	1,109	0,667
0,325	0,227	34,6	0,485	0,407	6,971	0	1,092	0,534
0,3	0,252	29,5	0,413	0,347	6,971	0	1,076	0,42
0,275	0,277	24,8	0,347	0,291	6,971	0	1,059	0,324
0,25	0,302	20,5	0,287	0,241	6,971	0	1,042	0,243
0,225	0,327	16,6	0,232	0,195	6,971	0	1,026	0,177
0,2	0,352	13,1	0,184	0,154	6,971	0	1,009	0,125
0,175	0,377	10	0,141	0,118	6,971	0	0,992	0,083
0,15	0,402	7,4	0,103	0,087	6,971	0	0,976	0,053
0,125	0,427	5,1	0,072	0,06	6,971	0	0,959	0,03
0,1	0,452	3,3	0,046	0,039	6,971	0	0,942	0,016
0,075	0,477	1,8	0,026	0,022	6,971	0	0,926	0,007
0,055	0,497	1	0,014	0,012	6,971	0	0,912	0,003
0,05	0,502	0,8	0,011	0,01	6,971	0	0,909	0,002
0,025	0,527	0,2	0,003	0,002	6,971	0	0,892	0



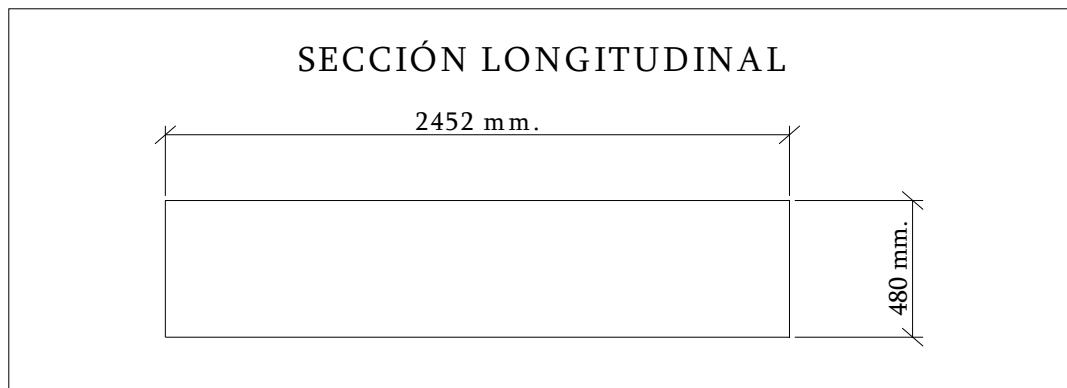
### 5.9.2 TANQUE DE AGUA POTABLE

Recordemos que en el capítulo 2, apartado 2.10 se determinó el volumen de agua potable necesario, 1260 litros.

Se colocará un tanque a proa del tanque de combustible y bajo la cubierta inferior. El tanque tendrá su sección transversal en forma de triángulo invertido, para adaptarse al máximo a las formas del fondo. En la siguiente ilustración representamos sus dimensiones:



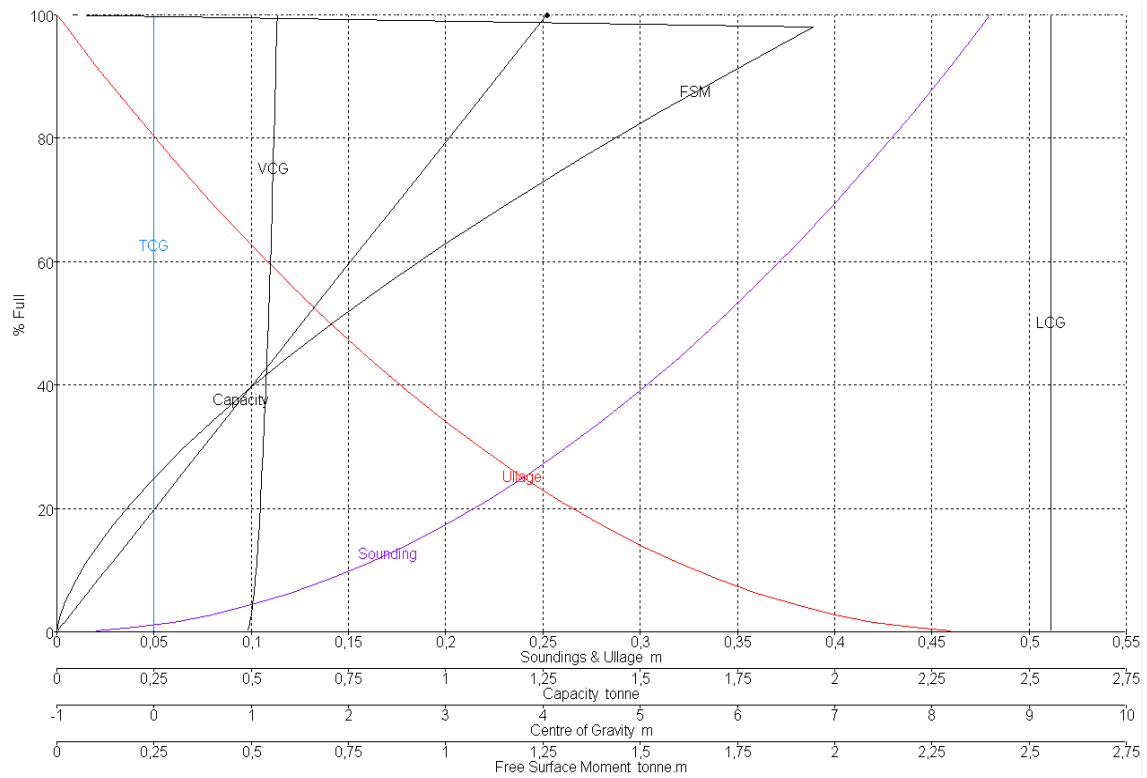




Respecto a su posicionamiento diremos que la sección transversal se colocará perpendicular y centrada con el plano de crujía, y la sección longitudinal en el sentido de la eslora, quedando la cara de popa del volumen interno del tanque a 7,997m. del extremo de popa.

A continuación presentamos la calibración del tanque:

TANQUE DE AGUA POTABLE								
SOUNDING (m.)	ULLAGE (m.)	% FULL	CAPACITY (m3)	CAPACITY (tonne)	LCG (m.)	TCG (m.)	VCG (m.)	FSM (tonnexam)
0,48	0	100	1,26	1,26	9,223	0	1,268	0
0,475	0,005	98	1,234	1,234	9,223	0	1,265	1,945
0,46	0,02	91,8	1,157	1,157	9,223	0	1,255	1,765
0,44	0,04	84	1,058	1,058	9,223	0	1,241	1,544
0,42	0,06	76,6	0,964	0,964	9,223	0	1,228	1,343
0,4	0,08	69,4	0,875	0,875	9,223	0	1,215	1,16
0,38	0,1	62,7	0,789	0,789	9,223	0	1,201	0,995
0,36	0,12	56,2	0,708	0,708	9,223	0	1,188	0,846
0,34	0,14	50,2	0,632	0,632	9,223	0	1,175	0,713
0,32	0,16	44,4	0,56	0,56	9,223	0	1,161	0,594
0,3	0,18	39,1	0,492	0,492	9,223	0	1,148	0,489
0,28	0,2	34	0,429	0,429	9,223	0	1,135	0,398
0,26	0,22	29,3	0,37	0,37	9,223	0	1,121	0,319
0,24	0,24	25	0,315	0,315	9,223	0	1,108	0,251
0,22	0,26	21	0,265	0,265	9,223	0	1,095	0,193
0,2	0,28	17,4	0,219	0,219	9,223	0	1,081	0,145
0,18	0,3	14,1	0,177	0,177	9,223	0	1,068	0,106
0,16	0,32	11,1	0,14	0,14	9,223	0	1,055	0,074
0,14	0,34	8,5	0,107	0,107	9,223	0	1,041	0,05
0,12	0,36	6,2	0,079	0,079	9,223	0	1,028	0,031
0,1	0,38	4,3	0,055	0,055	9,223	0	1,015	0,018
0,08	0,4	2,8	0,035	0,035	9,223	0	1,001	0,009
0,06	0,42	1,6	0,02	0,02	9,223	0	0,988	0,004
0,048	0,432	1	0,013	0,013	9,223	0	0,98	0,002
0,04	0,44	0,7	0,009	0,009	9,223	0	0,975	0,001
0,02	0,46	0,2	0,002	0,002	9,223	0	0,961	0



En el ANEXO II, planos, podemos ver los planos de disposición general, láminas 2/9 a 8/9.

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 6

### ESCANTILLONADO

## CAPÍTULO 6

### ESCANTILLONADO

#### 6.1 ELECCIÓN DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales tenidos en cuenta para la construcción de nuestra embarcación son los típicos que se usan en la actualidad en construcción naval:

- 1.- Madera
- 2.- Acero
- 3.- Aluminio
- 4.- Poliéster reforzado de fibra de vidrio (P. R. F. V.)

Una vez definidas las dimensiones principales de nuestro barco y sus formas, estamos en disposición de decidir el material para su fabricación.

La madera es el material tradicionalmente empleado en construcción naval. Cuenta con buenas características mecánicas y gran flotabilidad. Es posible realizar pequeñas reparaciones de manera no muy complicadas y con medios relativamente accesibles. En contra tenemos que tener en cuenta que la madera es un material pesado. El coste de adquisición del material es alto y para la fabricación es necesaria mano de obra cualificada y experta. Una vez comenzada la construcción es complicado conseguir las formas deseadas, por tratarse de un material poco moldeable. La madera tiene poca resistencia a la putrefacción y requiere de un esmerado cuidado para conservarla en buen estado. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones pensamos que es conveniente desechar la madera por incrementarse el coste de fabricación y además será necesario un mayor mantenimiento.

Huyendo de los inconvenientes de construir la embarcación en madera, estudiaremos la posibilidad de hacerlo en acero o aluminio. Su ventaja principal es la gran resistencia y a la vez flexibilidad de estos materiales, capaces de soportar importantes deformaciones sin alcanzar el grado de rotura, por lo que se garantiza en muchos casos la estanqueidad del casco en caso de colisión o varada.

Una de las ventajas que presenta el aluminio frente al acero es la disminución en peso a igualdad de embarcación. La construcción en aluminio requiere de unas condiciones ambientales y unos equipos muy específicos para su manufactura, haciendo desaconsejable la fabricación de embarcaciones de este material a la intemperie, obligando a la creación de grandes estructuras para albergar al casco durante la fabricación. En el caso del aluminio y el acero existen problemas de acopio a almacenamiento, especialmente en el caso del aluminio, que debe de almacenarse en lugar cerrado. En el aspecto económico el coste de adquisición del

aluminio es superior al del acero. Finalmente consideramos que al ser nuestra embarcación de formas tipo U, y por lo tanto, poseer un alto porcentaje de formas curvas, sería conveniente emplear para la construcción un material fácilmente conformable, principalmente por esta razón desecharemos el uso de estos dos materiales, puesto que curvar planchas de estos materiales es complicado, y requiere de mano de obra muy especializada.

En los últimos años se ha generalizado el uso los materiales compuestos en la fabricación de embarcaciones de recreo de mediano y pequeño porte. El más utilizado es el poliéster reforzado con fibra de vidrio P. R. F. V. Los materiales compuestos son una combinación de resinas sintéticas (resina de poliéster) y material reforzante (fibra de vidrio), de tal manera que las propiedades mecánicas de la resina y del refuerzo consiguen combinarse y aumentarse. Por tanto, la combinación de ambos, da lugar a un material de gran resistencia estructural, alcanzando y superando en algunos casos la resistencia a tracción del acero y siempre obteniendo cascos menos pesados. Además, por su composición (fibras y resina), evita problemas de almacenamiento y transporte. La generalización de su uso ha disminuido los costes y dificultades de adquisición. Atendiendo a su uso en la fabricación podemos decir que no requieren de mano de obra muy cualificada y a la hora de conformarlos se adaptan a cualquier geometría, siendo esto muy deseable al construir barcos con formas redondas. Además las embarcaciones construidas en este material requieren poco mantenimiento y poseen una extraordinaria resistencia a las condiciones del medio marino, con gran resistencia a la putrefacción. También debemos resaltar sus propiedades como aislante eléctrico, lo que añade seguridad al barco en servicio. Por estas razones utilizaremos P. R. F. V. para construir nuestra embarcación.

## 6.2 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Una vez definidas las formas del casco y los escantillones de los distintos elementos que lo componen podremos comenzar con el proceso productivo.

Debido a las características del material es necesario disponer de una superficie sólida donde aplicarlo, de manera que tras el curado se adapte de forma adecuada. Para este fin construiremos un molde con las formas de la embarcación. Existen dos posibilidades de realizar moldes; moldes tipo macho y tipo hembra. El molde tipo macho adopta la forma interior del casco. Una vez laminado y finalizado el proceso de fraguado, la superficie exterior resulta áspera e irregular, por lo tanto deberemos realizar trabajos adicionales de pulido y de terminación de la superficie. Un molde tipo hembra adopta la forma exterior del casco y una vez desmoldado el laminado presenta una superficie exterior completamente lisa a falta de reparar pequeñas imperfecciones. Otra de las ventajas de este tipo de molde es el control total sobre las dimensiones de la pieza resultante, puesto que las diferencias de espesor del laminado quedan hacia el interior de la superficie, la cual será la superficie interior del casco. Algo en contra de este método de laminado es que se

suelen presentar bolsas de aire que producen deformaciones en la superficie de la pieza. Estas bolsas producen pérdida de resistencia del laminado además de ser el comienzo de grietas.

Además de las anteriores consideraciones sobre el molde nos plantearemos también usar un molde de “usar y tirar” o uno para realizar múltiples laminaciones. En cualquiera de los dos casos es necesario tener en cuenta la rentabilidad del proyecto. Debemos considerar que un molde de usar y tirar requiere de una menor inversión inicial pero debemos amortizarlo en la venta de una embarcación construida. En el caso de moldes multiuso tendremos la posibilidad de construir una serie de barcos iguales, pero en contra tendremos que hacer una inversión económica mayor.

En el caso que nos ocupa y teniendo en cuenta los dos tipos de molde anteriores, hemos decidido recurrir a un tipo de molde hembra, por poder controlar mejor las dimensiones de las piezas fabricadas, además solucionaremos el problema de la aparición de bolsas de aire en el laminado empleando un sistema de vacío, para extraer el aire. Además utilizaremos un molde para realizar múltiples embarcaciones, de esta forma haremos más rentable la inversión en ingeniería, amortizando la inversión de ingeniería en varias embarcaciones y no solamente en una.

Una vez decidido el molde a utilizar, será preparado para que su interior tenga una superficie lisa y limpia.

El uso de resina de poliéster sobre la superficie del molde puede presentar el problema de que una vez aplicada sea imposible separar la pieza del molde. Para solucionar este problema antes de comenzar el laminado aplicaremos sobre la superficie de laminación un agente desmoldeante. Este agente puede ser un agente a base de cera brillante, acetato de celulosa disuelto en acetona, alcohol de polivinilo o algunos tipos de láminas de separación (podemos utilizar láminas de acetato, neopreno u otros). En nuestro caso emplearemos un producto que tenga como base la cera, por su fácil aplicación y excelentes resultados.

Seguidamente aplicaremos la capa de terminación, tenemos que recordar que al utilizar un molde hembra la primera capa que coloquemos será la correspondiente a la superficie exterior del casco, por esta razón la capa de acabado debe aplicarse con especial cuidado, evitando la formación de burbujas, inclusión de elementos extraños o una aplicación inadecuada. Para esta capa de terminación aplicaremos gel-coat con una brocha ancha y suave dando largas pinceladas continuas en la misma dirección. También podremos aplicarlo con un rodillo de lana siguiendo las mismas indicaciones. En cualquiera de los dos casos aplicaremos el producto hasta conseguir un espesor de entre 0,2 y 0,5 mm. Aplicaremos sucesivas capas hasta lograr este espesor, teniendo cuidado de esperar a que la capa anterior de producto esté seco.

Una vez seca la capa de gel-coat aplicaremos una capa de resina y empezaremos a laminar aplicando sucesivamente capas de resina y de tejido de fibra de vidrio, hasta lograr el espesor definido por el reglamento de escantillonado. Durante el proceso tendremos cuidado de evitar burbujas de aire entre las diferentes capas. También pondremos especial cuidado en el empalme de las diferentes capas de tejido, procurando que se garantice una unión correcta.

Cuando hayamos terminado el laminado del casco comenzaremos a colocar los refuerzos, previamente los refuerzos se habrán moldeado en espuma de poliuretano siguiendo las indicaciones de la sociedad de clasificación, hasta alcanzar el módulo resistente necesario, y después los posicionaremos en el lugar que ocuparán dentro del casco. Seguidamente procederemos a laminar para dar forma a los refuerzos procurando la perfecta cohesión entre los refuerzos y el casco.

Una vez finalizada la laminación y el curado del casco procederemos al desmoldeo. Esta operación se debe realizar con cuidado de no dañar la pieza y no suele ser tarea fácil. Cuando se trata de barcos pequeños la primera técnica a utilizar es la de voltear el molde y que la pieza se separe por su propio peso. En el caso de embarcaciones de un porte considerable como es el nuestro, este método es ineficaz y los métodos más empleados son la introducción de aire o agua entre la superficie del molde y la pieza, de esta manera y por la acción de la presión la pieza se separa del molde.

Terminada la fabricación de la estructura de la embarcación terminaremos el proceso realizando tareas de armamento, instalar los diferentes servicios y habilitación, así como dar la apropiada terminación.

### 6.3 ESTRUCTURA RESISTENTE

La estructura resistente la calcularemos en base a la reglamentación del Lloyd's Register of Shipping (Normas y reglas para la clasificación de yates y pequeñas embarcaciones) de agosto de 1978. Aunque en esta normativa se establecen claramente los pasos a seguir para calcular los espesores de los diferentes elementos estructurales, la decisión en cuanto al tipo de estructura a disponer quedará a la elección del proyectista. Esta normativa permite al proyectista distribuir los refuerzos según las necesidades del proyecto, pudiendo colocarlos en función de las formas proyectadas.

En esta ocasión, se ha optado por disponer unas robustas cuadernas o bulárcamas sobre las que se apoyarán los refuerzos longitudinales. Formaremos anillos transversales, que formarán el sostén de la estructura.

Además dispondremos refuerzos adicionales en aquellas zonas en las que la estructura se vea sometida a refuerzos puntuales:

1. En la zona del motor, se construirán un par de refuerzos longitudinales de una longitud que permitan el apoyo y la transmisión correcta del peso del motor a la estructura resistente del casco. Así mismo sería conveniente disponer de estructuras similares para albergar otros elementos de servicio cuyo peso es considerable, como tanques de combustible y agua dulce.
2. También dispondremos un reforzado más severo en las zonas donde se sitúen elementos de amarre tales como bitas y cornamuzas, de fondeo como la caja de cadenas o de otros elementos de seguridad tales como los candeleros.

Para otros elementos constructivos tales como la cubierta principal y la caseta de habitación, también se pretenderá el reforzado eminentemente transversal, para poder hacer coincidir los refuerzos de estos con los del casco, consiguiendo así una estructura uniforme y coherente en cuanto a la disposición de los distintos elementos reforzantes.

#### 6.4 CÁLCULO DE ESCANTILLONADO

El cálculo de los escantillones de la estructura de la embarcación es una tarea complicada, tanto por la complejidad de la estructura como por imposibilidad de conocer al cien por cien las sollicitaciones a las que estará sometida. Por estas razones creemos recomendable confiar en la experiencia de las Sociedades de Clasificación y escantillonar nuestra embarcación según sus normativas. En nuestro caso utilizaremos las reglas de la Lloyd's Register of Shipping por su simplicidad de uso.

El laminado considerado en este reglamento tiene un porcentaje de fibra de un 30% por capa de refuerzo y las propiedades mecánicas son las siguientes:

	N/mm <sup>2</sup>	Kgf/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo máximo de tensión	85	8,66
Módulo de tensión	6350	647
Esfuerzo máximo de flexión	152	15,5
Módulo de flexión	5206	531
Esfuerzo máximo de compresión	117,2	11,9
Módulo de compresión	6000	612
Esfuerzo cortante máximo	62	6,32
Módulo de esfuerzo cortante	2750	280
Esfuerzo cortante interlaminar	17,25	1,76
Grosor nominal del laminado	0,7mm por cada 300 g/m <sup>2</sup>	



También debemos considerar que el refuerzo será impregnado con resina, y bien compactado, para dar el máximo de contenido de vidrio por peso de refuerzo, en nuestra construcción utilizaremos dos tipos de fibra de vidrio cuya única diferencia será el trenzado de las fibras y cada tipo tendrá diferente porcentaje de contenido de fibra de vidrio por peso de refuerzo, a este valor el reglamento Lloyd's lo denomina Gc:

TIPO DE TEJIDO	CONT. DE FIBRA POR PESO DE REF. (Gc)
Tela de hebra desbastada o fibras trenzadas. ó Chopped strand mat (CSM)	0,34
Tela de mechas tejidas. ó Woven rovings (WR)	0,50

Según la reglamentación podemos calcular los grosores de cada capa de refuerzo mediante la formula:

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

Siendo: t: grosor de la capa de refuerzos.

W: peso de la capa de refuerzo, en g/mm<sup>2</sup>.

Gc: fibra de vidrio contenida en la capa.

El reglamento del Lloyd's Register of Shipping no será aplicable en los siguientes casos:

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

A continuación comprobaremos que nuestro barco cumple las condiciones para aplicar el reglamento:

- 1.- La velocidad máxima es menor que 35 nudos: en nuestro caso es de 18 nudos, por lo tanto **la regla es aplicable**.
- 2.- El coeficiente  $V / (Lwl)^{1/2}$  no excede de 10.8. Con una velocidad máxima de 18 nudos y una eslora en la flotación de 14,7, calculamos:

$$V / (Lwl)^{1/2} = 18 / (14,7)^{1/2} = 4,694 < 10,8 \text{ la regla es aplicable.}$$

3.- El desplazamiento de la embarcación con un coeficiente  $V / (Lwl)^{1/2}$  de 3,6 o mayor, no exceda de 0,094 ( $L^2 - 15,8$ ) toneladas. Aplicando nuestro caso, este coeficiente es de 4,694, y por lo tanto mayor que 3,6. Recordando que el desplazamiento estimado para nuestra embarcación obtenido según la estadística es de 18658,196 Kg, comprobaremos que se cumple la condición de este punto:

Primero calcularemos la eslora de escantillonado:

$$L = (Loa + Lwl) / 2 = (14,978 + 14,7) / 2 = 14,839 \text{ m.}$$

$$0,094 (L^2 - 15,8) = 0,094 (14,839^2 - 15,8) = 19,213 \text{ Tm.} = 19213 \text{ Kg.}$$

Como 18658,196 Kg < 19213 Kg. la regla es aplicable.

4.- La eslora de escantillonado no debe exceder de 30m. . En nuestro caso es de 14,839 m. y por lo tanto inferior a 30m. concluyendo que la regla es aplicable.

Una vez conocida la aplicabilidad del reglamento del Lloyd's, pasamos al cálculo del escantillonado:

## 6.5 LAMINADO DEL CASCO

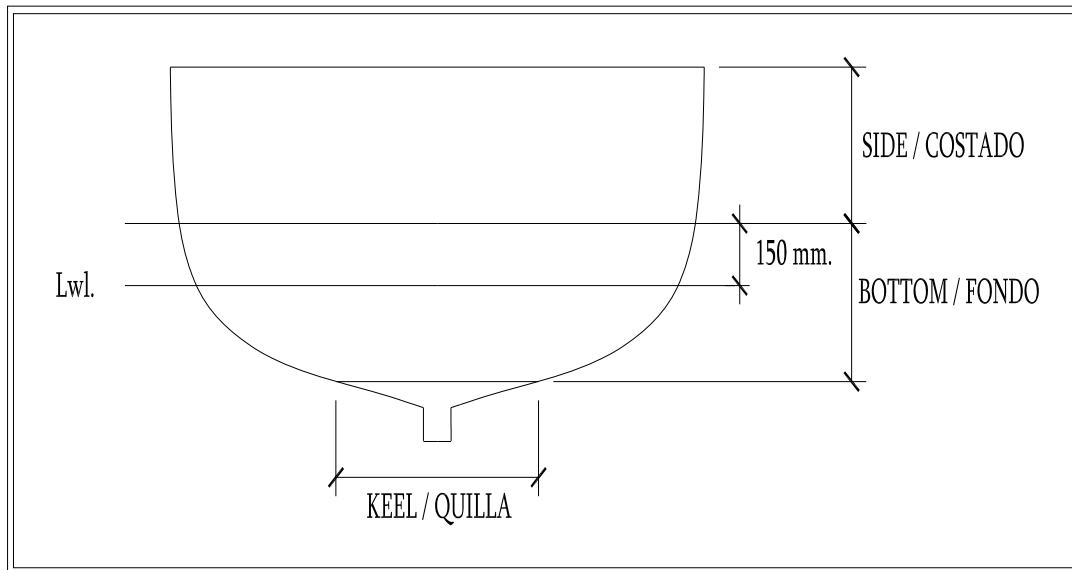
El reglamento del Lloyd's Register of Shipping divide a efectos de escantillonado al casco de la embarcación en tres partes bien diferenciadas:

1.- Side o costado, es la superficie del casco comprendida por la línea de unión cubierta costado y por una línea paralela a la flotación trazada 150 mm sobre la misma.

2.- Keel o quilla, es la parte inferior del casco y tiene una anchura de  $(25 \times L) + 300$  mm., siendo L la eslora de escantillonado.

3.- Bottom o fondo, que es la superficie comprendida entre las dos anteriores.

En el siguiente croquis podemos ver la distribución de las anteriores áreas:



### 6.5.1 LAMINADO DEL COSTADO

Para el cálculo del escantillonado el reglamento nos hace referencia a su tabla 2.5.1. donde determinaremos el peso del casco laminado para embarcaciones a motor:

Entrando con el valor de la eslora de escantillonado, 14,839m y con  $V / (Lwl)^{1/2}$ , 4,694. Obtenemos:

Peso mínimo del laminado del forro ( gr / m <sup>2</sup> )			
Side			
Eslora (m)	$V / (Lwl)^{1/2}$		
	<3,6	4,694	5,4
14	3550		3550
14,839		<b><i>3675,875</i></b>	
16	3850		3850

El peso mínimo del laminado para la zona de costado o side es de:

$$\underline{3675,875 \text{ gr / m}^2}$$

Una vez conocido el peso pasaremos a determinar el espesor de la capa de laminado, para esto iremos sumando capas de refuerzo hasta conseguir el peso necesario (3675,875 gr / m<sup>2</sup>). En la siguiente columna se recogen las capas de refuerzo utilizadas, indicando el tipo de tejido de fibra de vidrio utilizado en la capa, su peso en gr/m<sup>2</sup> (W), valor de Gc, espesor de la capa de fibra y este espesor corregido o redondeado para una fácil utilización.

En una primera tentativa plantearemos el siguiente laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	Gc	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
TOTAL	4300			6,7

El espesor de la fibra lo calculamos mediante la fórmula:

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

Seguidamente corregiremos el peso del laminado del forro conseguido según la tabla 2.5.1. según el punto 4.3.4, sección b), para compararlo con el peso obtenido en nuestra estimación de laminado:

Cálculo del coeficiente Kw:

$$Kw = 2,8 \times Gc + 0,16$$

Donde: Gc es el contenido de fibra de vidrio del laminado:

$$Gc = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36)$$

Siendo: T: el espesor del laminado (excluyendo el gel coat) en mm.

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

Calculando:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 6,7/4300) + 1,36) = 0,416$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,416 + 0,16 = 1,325$$

Corrigiendo:

$$3675,875 \text{ gr / m}^2 \times 1,325 = 4870,501 \text{ gr / m}^2$$

Comparando el peso requerido corregido, 4870,501 gr / m<sup>2</sup>, con el peso del laminado propuesto, 4300 gr / m<sup>2</sup>, vemos que es inferior, con lo cual debemos aumentar el espesor. Con este fin proponemos este otro laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	G <sub>c</sub>	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
TOTAL	4800			7,7

Repetiendo el proceso:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 7,7/4800) + 1,36) = 0,406$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,406 + 0,16 = 1,298$$

Corrigiendo:

$$3675,875 \text{ gr / m}^2 \times 1,298 = 4774,179 \text{ gr / m}^2$$

Al ser el peso del laminado planteado, 4800 gr / m<sup>2</sup> mayor que el laminado requerido, 4774,179 gr / m<sup>2</sup>, lo consideraremos aceptable.

Recopilando la información resultante:

LAMINADO DEL COSTADO	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
4800	7,7

### 6.5.2 LAMINADO DEL FONDO

El procedimiento de cálculo para el fondo es similar al del costado, por lo se omitirán algunas explicaciones dadas en el punto anterior.

Para el cálculo del escantillonado de la zona del fondo el reglamento nos hace referencia a su tabla 2.5.1. de donde extraeremos el peso del laminado en la zona del fondo del casco:

Introduciendo el valor de la eslora de escantillonado, 14,839m y  $V / (Lwl)^{1/2}$ , 4,694. Obtenemos:

Peso mínimo del laminado del forro ( gr / m <sup>2</sup> )			
Side			
Eslora (m)	$V / (Lwl)^{1/2}$		
	<3,6	4,694	5,4
14	4250		4900
14,839		<b><u>4813,165</u></b>	
16	4650		5300

El peso mínimo del laminado para la zona de costado o side es de:

$$\underline{4813,165 \text{ gr / m}^2}$$

Conociendo el peso calcularemos el espesor de la capa de laminado, como hicimos en el caso del laminado del costado iremos añadiendo capas de refuerzo hasta conseguir en peso necesario (4813,165 gr / m<sup>2</sup>). En la siguiente columna se

recogen las capas de refuerzo utilizadas, indicando el tipo de tejido de fibra de vidrio utilizado en la capa, su peso en  $\text{gr}/\text{m}^2$  (W), valor de  $G_c$ , espesor de la capa de fibra y este espesor corregido o redondeado para una fácil utilización.

Primeramente plantearemos el siguiente laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO ( $\text{gr} / \text{m}^2$ ) (W)	$G_c$	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
TOTAL	5250			8,25

Seguidamente corregiremos el peso del laminado del forro conseguido según la tabla 2.5.1. según el punto 4.3.4, sección b), para compararlo con el peso obtenido en nuestra estimación de laminado:

Cálculo del coeficiente  $K_w$ :

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16$$

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36)$$

Calculando:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 8,25/5250) + 1,36) = 0,413$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,413 + 0,16 = 1,317$$

Corrigiendo:

$$4813,165 \text{ gr} / \text{m}^2 \times 1,317 = 6340,394 \text{ gr} / \text{m}^2$$

Comparando el peso requerido corregido ,6340,394 gr / m<sup>2</sup>, con el peso del laminado propuesto, 5250 gr / m<sup>2</sup>, vemos que es inferior, con lo cual debemos aumentar el espesor. Con este fin proponemos este otro laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	Gc	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0.34	0,60248162	0,6
WR	450	0.5	0,55078125	0,55
CSM	500	0.34	1,00413603	1
WR	800	0.5	0,97916667	1
CSM	500	0.34	1,00413603	1
WR	450	0.5	0,55078125	0,55
CSM	500	0.34	1,00413603	1
WR	800	0.5	0,97916667	1
CSM	500	0.34	1,00413603	1
WR	450	0.5	0,55078125	0,55
CSM	500	0.34	1,00413603	1
WR	800	0.5	0,97916667	1
TOTAL	6550			10,25

Repitiendo el proceso:

$$Gc = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 10,25/6550) + 1,36) = 0,415$$

Sustituyendo:

$$Kw = 2,8 \times Gc + 0,16 = Kw = 2,8 \times 0,415 + 0,16 = 1,321$$

Corrigiendo:

$$4813,165 \text{ gr / m}^2 \times 1,321 = 6358,554 \text{ gr / m}^2$$

Al ser el peso del laminado planteado, 6550 gr / m<sup>2</sup> mayor que el laminado requerido, 6358,554 gr / m<sup>2</sup>, lo consideraremos aceptable.

Recopilando la información resultante:



LAMINADO DEL FONDO	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
6550	10,25

### 6.5.3 LAMINADO DE LA QUILLA

El procedimiento de cálculo para el escantillonado de la quilla es similar al del costado y fondo, pero con la diferencia de que el peso del laminado requerido lo obtendremos al incrementar el peso del laminado del fondo un 50% para formar una quilla de anchura (25L+300) milímetros. L es la eslora de escantillonado, sustituyendo el valor obtenemos un valor de 14,839m.. La anchura de la quilla tendrá un valor de 671mm.. El peso mínimo del laminado de la quilla será de:

$$4813,165 \text{ gr/m}^2 \times 1,5 = 7219,748 \text{ gr/m}^2$$

Para conseguir este peso haremos una primera tentativa con el siguiente laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	Gc	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
TOTAL	7500			11,80

Seguidamente corregiremos el peso del laminado del forro conseguido según la tabla 2.5.1. según el punto 4.3.4, sección b), para compararlo con el peso obtenido en nuestra estimación de laminado:

Cálculo del coeficiente Kw:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16$$

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36)$$

Calculando:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 11,80/7500) + 1,36) = 0,413$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,413 + 0,16 = 1,316$$

Corrigiendo:

$$7219,748 \text{ gr / m}^2 \times 1,316 = 9502,694 \text{ gr / m}^2$$

Comparando el peso requerido corregido, 9502,694 gr / m<sup>2</sup>, con el peso del laminado propuesto, 7500 gr / m<sup>2</sup>, vemos que es inferior, con lo cual debemos aumentar el espesor. Con este fin proponemos este otro laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	G <sub>c</sub>	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1

CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
TOTAL	9750			15,35

Repitiendo el proceso:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 15,35/9750) + 1,36) = 0,413$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,413 + 0,16 = 1,316$$

Corrigiendo:

$$7219,748 \text{ gr / m}^2 \times 1,316 = 9498,449 \text{ gr / m}^2$$

Al ser el peso del laminado planteado, 9750 gr / m<sup>2</sup> mayor que el laminado requerido, 9498,449 gr / m<sup>2</sup>, lo consideraremos aceptable.

Recopilando la información resultante:

LAMINADO DE LA QUILLA	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
9750	15,35

#### 6.5.4 LAMINADO DE LA CUBIERTA

La cubierta se laminará de una sola pieza y está de acuerdo con la tabla 2.7.1, de la que extraeremos el peso mínimo del laminado:

Peso mínimo del laminado del forro ( gr / m <sup>2</sup> )	
Cubierta	
Eslora (m)	Peso de la cubierta ( gr / m <sup>2</sup> )
14	2250
14,839	<b><i>2291,958</i></b>
16	2350

Para conseguir este peso probaremos con el siguiente laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	G <sub>c</sub>	ESPESOR (t)	ESPESOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
TOTAL	3500			5,7

Ahora también aplicaremos el punto 4.3.4, sección b):

Repitiendo el proceso:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 5,7/3500) + 1,36) = 0,402$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,402 + 0,16 = 1,285$$

Corrigiendo:

$$2291,958 \text{ gr / m}^2 \times 1,285 = 2946,004 \text{ gr / m}^2$$

Al ser el peso del laminado planteado, 3500 gr / m<sup>2</sup> mayor que el laminado requerido, 2946.004 gr / m<sup>2</sup>, lo consideraremos aceptable.

Recopilando la información resultante:

LAMINADO DE LA CUBIERTA	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
3500	5,7

### 6.5.5 LAMINADO DE LA SUPERESTRUCTURA

En nuestro caso construiremos una superestructura de una pieza y para conocer el escantillonado entraremos en la tabla 2.7.5 del reglamento:

Peso mínimo del laminado del forro ( gr / m <sup>2</sup> )	
Cubierta	
Eslora (m)	Peso de la cubierta ( gr / m <sup>2</sup> )
14	2250
14,839	<b><i>2291,958</i></b>
16	2350

Podemos observar de esta información que es la misma obtenida en el caso del laminado de la cubierta, y por esta razón utilizaremos el mismo tipo de laminado.

Recopilando la información resultante:

LAMINADO DE LA SUPERESTRUCTURA	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
3500	5,7

### 6.6 ESPACIO BÁSICO DEL REFUERZO

En las tablas utilizadas para calcular el peso del laminado, 2.6.2, 2.7.1 y 2.7.5, encontramos el parámetro “ espacio básico del refuerzo”. Podemos definir este como la distancia medida entre los centros geométricos de dos refuerzos consecutivos.

El cálculo del espacio básico del refuerzo es común para las tres tablas y entrando con el valor de la eslora de escantillonado obtenemos el siguiente resultado:

Espacio básico del refuerzo	
Eslora (m)	Espacio básico del refuerzo (mm)
14	420
14.839	<b><i>424,196</i></b>
16	430

Este valor de 424,196 mm. no nos parece muy práctico a la hora de hacer mediciones en el proceso productivo, por esta razón preferimos redondear el valor a 424mm., más fácil de utilizar.

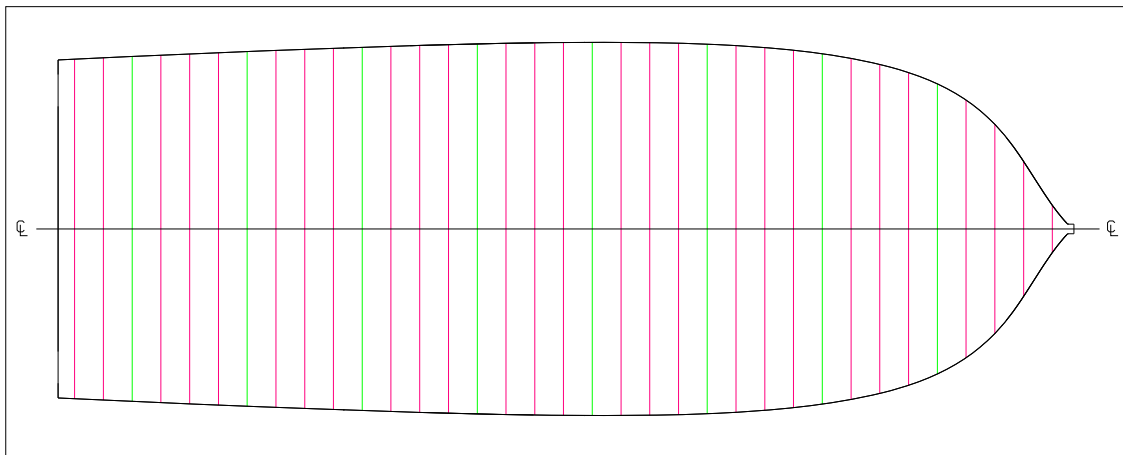
Para realizar esta modificación debemos tener en cuenta la nota 1) que figura en sus respectivos apartados en la que nos dice el peso del laminado debe ser corregido en directa proporción al espacio básico del refuerzo. De esto extraemos que al reducir el espacio entre refuerzos debemos reducir el peso del laminado en directa proporción. Esta proporción será de:

$$424 / 424.196 = 0.999$$

Después de este cálculo pensamos que la reducción es bastante pequeña, y que además influirá muy poco en el espesor. Finalmente no haremos ninguna modificación puesto que la variación es mínima y además con el valor actual daría un reforzado mayor del necesario.

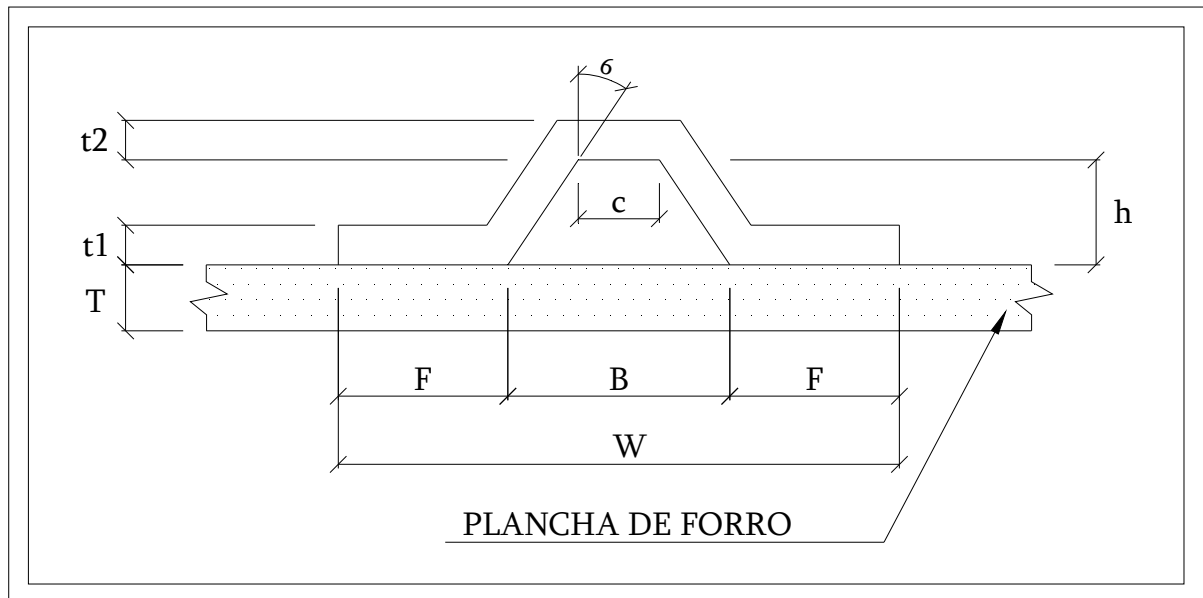
A partir de ahora consideraremos un ***espacio entre refuerzos de 424 mm.*** entre los refuerzos que compondrán los anillos del reforzado transversal de la embarcación.

Considerando el anterior espacio entre refuerzos, dispondremos una estructura basada en colocar tres cuadernas entre dos bulárcamas, con lo que resultaría una separación entre bulárcamas de 1696 mm.. En la siguiente ilustración hemos representado la distribución de refuerzos, estos se distribuyen a partir de 245mm. del espejo de popa. En color magenta se han representado las cuadernas y en verde las bulárcamas, que formarán un anillo reforzado.



## 6.7 ESCANTILLONADO DE REFUERZOS

Los refuerzos utilizados serán del tipo sombrero de copa, y serán laminados sobre una base de espuma de poliuretano, a la que previamente se le ha dado la forma del refuerzo. En la siguiente ilustración podemos ver el refuerzo, además hemos nombrado cada parte del refuerzo con letras. La dimensión de cada una de estas partes irá variando según el refuerzo.



Los refuerzos se fabricarán con el mismo tipo de laminado que el utilizado en la plancha donde se colocarán, de esta forma una cuaderna de costado se fabricará con el laminado de la zona de costado, de esta forma se reducirán los cálculos de laminados y evitar errores en el montaje.

A la hora de colocar los refuerzos tendremos en cuenta las recomendaciones del reglamento del Lloyd's:

1.- Al ser los refuerzos del tipo sombrero de copa la manga de las conexiones de las bridas a la plancha laminada tiene que ser de 25 mm. + 12 mm. x 600 gr / m<sup>2</sup> o de 50 mm.

2.- Las varengas y mamparos tienen que estar conectados a la estructura adyacente por ángulos dobles o equivalentes, la manga de cada brida es de 50 mm. + 25 mm. x 600 gr / m<sup>2</sup>.

### 6.7.1 PROCESO DEL CÁLCULO DE REFUERZOS

Para el escantillonado de los refuerzos aplicaremos el punto 4.3.5 b) del reglamento del Lloyd's Register of Shipping:

El módulo requerido para un determinado refuerzo lo obtendremos mediante tablas que nos proporciona el reglamento del Lloyd's Register of Shipping, este valor viene expresado en  $\text{cm}^3$ .

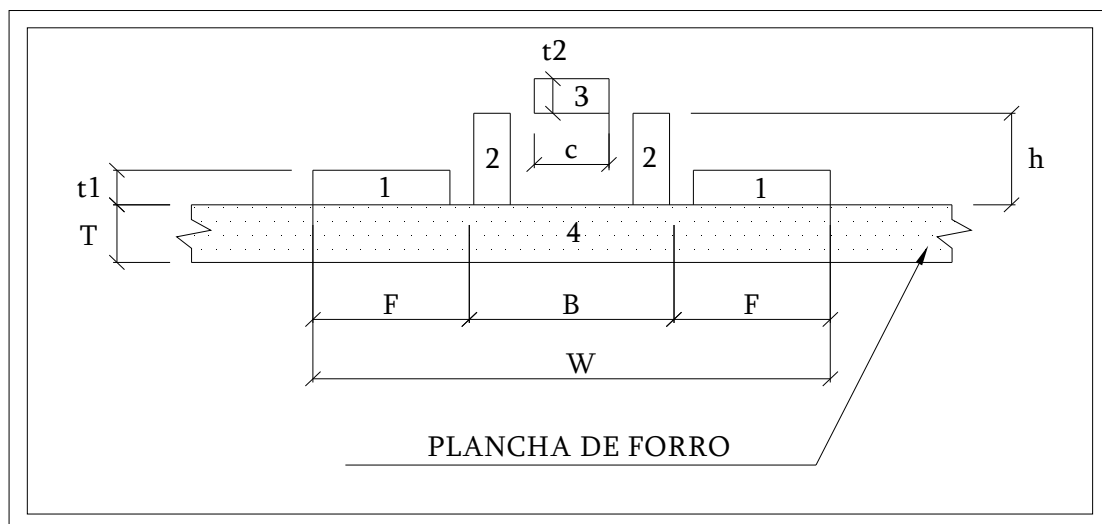
El módulo anterior lo corregiremos con el coeficiente  $k_1$  que tiene un valor:

$$K_1 = 1 / ( (15 \times G_c^2) - (6 \times G_c) + 1.45 )$$

Donde  $G_c$  es el contenido de fibra de vidrio determinado según el punto 4.3.4 b), debemos tener en cuenta que al ser el laminado del refuerzo igual al de la plancha donde se encuentra, el valor de  $G_c$  lo tomaremos del valor calculado para la plancha.

Una vez obtenido el valor del módulo requerido, diseñaremos un refuerzo que sea capaz de proporcionar un módulo resistente mayor al requerido.

Para calcular el módulo resistente del refuerzo diseñado lo descompondremos en un conjunto de paralelogramos para simplificar el cálculo:



A efectos de cálculo consideraremos la línea base bajo la plancha de forro.

Para terminar comprobaremos que el módulo del refuerzo diseñado sea mayor que el módulo requerido.



### 6.7.2 CÁLCULO DE CUADERNAS

El reglamento Lloyd´s considera a las cuadernas en dos partes una de centro y otra costado. El módulo resistente lo encontramos en la tabla 2.6.2.

#### 6.7.2.1 CÁLCULO DE VARENGAS DE CENTRO

En primer lugar entraremos con el valor del espaciado de refuerzos en la tabla 2.6.2:

Módulo varenga de centro(cm <sup>3</sup> )			
Espacio básico del refuerzo (mm)	V / ( Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3,6	4,694	5,4
410	150		195
424		<u>283,065</u>	
425	245		320

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0.415$$

$$Kl = 1 / ( (15 \times 0,415^2) - (6 \times 0.415) + 1,45 ) = 0,649$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$283,065\text{cm}^3 \iff 283065\text{mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,649 \times 283065 = 183660,093 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 10,25	h = 122
t1 = 10,25	B = 105,645
t2 = 10,25	W = 417,645
c = 80	F = 156

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	Ip=1/12xbxh <sup>3</sup>	Il.b.=Ip+AxY l.b. <sup>2</sup>
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
2	1.250,500	71,250	89.098,125	1.551.036,833	7.899.278,240
2	1.250,500	71,250	89.098,125	1.551.036,833	7.899.278,240
3	820,000	137,375	112.647,500	7.179,271	15.482.129,583
4	4.280,866	5,125	21.939,437	37.479,871	149.919,484
SUMA	10.799,866		361.952,437	3.174.731,965	32.214.581,921

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A x Y l.b.) / \sum A = 361952,437 / 10799,866 = 33,514mm.$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 108.985 \text{ mm.}$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 x \sum A) = 32214581,921 - ((33,514)^2 x 10799,866) = 20083915,657mm^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 20083915,657 / 108.985 = \underline{\underline{184280,674mm^3}}$$

Comparando, el wreq es 183660,093 mm<sup>3</sup> y el w del refuerzo propuesto es de 184280,674 mm<sup>3</sup>, al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***acceptable***.

### 6.7.2.2 CÁLCULO DE CUADERNAS COSTADO

Para conocer el módulo resistente requerido entraremos con el valor del espaciado de refuerzos en la tabla 2.6.2:

Módulo cuaderna de costado(cm <sup>3</sup> )			
Espacio básico del refuerzo (mm)	V / ( Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3,6	4,694	5,4
410	55		60
424		<b><i>88,879</i></b>	
425	85		95

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0.406$$

$$Kl = 1 / ( (15 \times 0,406^2) - (6 \times 0,406) + 1,45 ) = 0,671$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de  $\text{cm}^3$  a  $\text{mm}^3$ :

$$88,879\text{cm}^3 \implies 88879\text{mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,671 \times 88879 = 59613,196\text{mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

$T = 7.7$	$h = 66$
$t1 = 7.7$	$B = 93.874$
$t2 = 7.7$	$W = 335.874$
$c = 80$	$F = 121$

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	$I_p=1/12 \times b \times h^3$	$I_l.b.=I_p+AxY l.b.^2$
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
2	508,200	40,700	20.683,740	184.476,600	1.026.304,818
2	508,200	40,700	20.683,740	184.476,600	1.026.304,818
3	616,000	77,550	47.770,800	3.043,553	3.707.669,093
4	2.586,228	3,850	9.956,978	12.778,121	51.112,485
SUMA	6.082,028		120.617,528	393.981,623	6.069.180,182

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A \times Y l.b.) / \sum A = 120617,528 / 6082,028 = 19,832\text{mm}.$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 61,568\text{mm}.$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 \times \sum A) = 6069180,182 - ((19,832)^2 \times 6082,028) = 3677118,176\text{mm}^4$$

Finalmente el **módulo resistente** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 3677118,176 / 61,568 =$$

$$\underline{59724,303\text{mm}^3}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es  $59613.196 \text{ mm}^3$  y el  $w$  del refuerzo propuesto es de  $59724.303 \text{ mm}^3$ , al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo acceptable.

### 6.7.3 CÁLCULO DE BULÁRCAMAS

El reglamento Lloyd 's divide a las bulárcamas en dos partes una de centro y otra costado. El módulo resistente lo encontramos en la tabla 2.6.4.. El módulo indicado en esta tabla es para una separación de bulárcamas de 2m., como en nuestra embarcación esta separación es de 1696mm. deberemos corregir el módulo en directa proporción. La corrección que aplicaremos será:

$$1696 / 2000 = 0,848$$

#### 6.7.3.1 CÁLCULO DE BULÁRCAMAS DE CENTRO

Para conocer el módulo resistente requerido entraremos con el valor de la eslora de escantillonado en la tabla 2.6.4:

Módulo bulárcama de centro (cm <sup>3</sup> )			
Eslora de escantillonado (m.)	V / (Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3.6	4.694	5.4
14	855		855
14.839		<b><u>978,777</u></b>	
16	1150		1150

Corrección por separación de bulárcamas:

$$978,777 \times 0.848 = 830.003 \text{ cm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0.415$$

$$K_l = 1 / ((15 \times 0,415^2) - (6 \times 0,415) + 1,45) = 0,649$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$830,003 \text{ cm}^3 \implies 830003 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,649 \times 830003 = 538527,243 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 10.25	h = 270
t1 = 10.25	B = 106.756
t2 = 10.25	W = 418.756
c = 50	F = 156

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	Ip=1/12xbxh <sup>3</sup>	Il.b.=Ip+AxY l.b. <sup>2</sup>
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
2	2.767,500	145,250	401.979,375	16.812.562,500	75.200.066,719
2	2.767,500	145,250	401.979,375	16.812.562,500	75.200.066,719
3	512,500	285,375	146.254,688	4.487,044	41.741.918,490
4	4.292,252	5,125	21.997,791	37.579,560	150.318,240
SUMA	13.537,752		1.021.380,479	33.695.190,760	193.076.346,542

Calculando:

$$Y \text{ e.n.} = (\sum A \times Y \text{ l.b.}) / \sum A = 1021380,479 / 13537,752 = 75,447\text{mm.}$$

$$Y \text{ e.n. máxima} = 215,053 \text{ mm.}$$

$$I \text{ e.n.} = \sum I \text{ l.b.} - ((Y \text{ e.n.})^2 \times \sum A) = 193076346,542 - ((75,447)^2 \times 13537,752) = 1160164265,495 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I \text{ e.n.} / Y \text{ e.n. máxima} = 1160164265,495 / 215,053 = \underline{\underline{539477,874\text{mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es  $538527,243 \text{ mm}^3$  y el  $w$  del refuerzo propuesto es de  $539477,874\text{mm}^3$ , al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***aceptable***.

### 6.7.3.2 CÁLCULO DE BULÁRCAMAS DE COSTADO

Para conocer el módulo resistente requerido entraremos con el valor de la eslora de escantillonado en la tabla 2.6.4:

Módulo bulárcama de costado (cm <sup>3</sup> )			
Eslora de escantillonado (m.)	V / (Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3,6	4,694	5,4
14	345		365
14,839		<b><u>406,238</u></b>	
16	465		480

Corrección por separación de bulárcamas:

$$406,238 \times 0.848 = 344,490 \text{ cm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,406$$

$$K_I = 1 / ((15 \times 0,406^2) - (6 \times 0,406) + 1,45) = 0,671$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$406,238 \text{ cm}^3 \iff 406238 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,671 \times 406238 = 231056,624 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 7,7	h = 195
t1 = 7,7	B = 90,990
t2 = 7,7	W = 332,990
c = 50	F = 121

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	$I_p=1/12xbxh^3$	$I.l.b.=I_p+AxY l.b.$ 2
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
2	1.501,500	105,200	157.957,800	4.757.878,125	21.375.038,685
2	1.501,500	105,200	157.957,800	4.757.878,125	21.375.038,685
3	385,000	206,550	79.521,750	1.902,221	16.427.119,683
4	2.564,028	3,850	9.871,508	12.668,435	50.673,740
SUMA	7.815,428		426.831,128	9.539.533,655	59.485.659,761

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A x Y l.b.) / \sum A = 426831,128 / 7815,428 = 54,614 \text{ mm.}$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 155,786 \text{ mm.}$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 x \sum A) = 59485659,761 - ((54,614)^2 x 7815,428) = 36174740,476 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 36174740,476 / 155,786 = \underline{\underline{232207,778 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es  $231056,624 \text{ mm}^3$  y el  $w$  del refuerzo propuesto es de  $232207,778 \text{ mm}^3$ , al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***acceptable***.

#### 6.7.4 CÁLCULO DE LONGITUDINALES

Para el escantillonado de los longitudinales del casco emplearemos la tabla 2.6.3. de las reglas del Lloyd's Register of Shipping. En este reglamento establece una diferenciación entre los longitudinales colocados en la zona del fondo y en la zona del costado. Para la fabricación de los refuerzos de cada zona emplearemos el espesor de la zona del forro donde están colocadas. Los longitudinales los dispondremos separados 424 mm. (mantendremos la misma separación que en los refuerzos transversales, para conseguir una estructura con una disposición geométrica uniforme), por esta razón entraremos en la tabla con esta separación de refuerzos. Una vez obtenido el módulo resistente en la tabla lo corregiremos, puesto que está referido a longitudinales apoyados en bulárcamas separadas 2000 mm. y en nuestro caso será de 1696, el factor de corrección será de:

$$1696 / 2000 = 0,848$$

## 6.7.4.1 CÁLCULO DE LONG. DE FONDO

Para conocer el módulo resistente requerido entraremos con la separación entre refuerzos en la tabla 2.6.4:

Módulo longitudinales de FONDO (cm <sup>3</sup> )			
Espacio básico de refuerzo (mm.)	V / ( Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3,6	4,694	5,4
420	150		150
424		<u>160</u>	
430	175		175

Corrección por separación de bulárcamas:

$$160 \times 0,848 = 135,68 \text{ cm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,415$$

$$K_l = 1 / ( (15 \times 0,415^2) - (6 \times 0,415) + 1,45 ) = 0,649$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$135,68 \text{ cm}^3 \implies 135680 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,649 \times 135680 = 88032,646 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 10,25	h = 67
t1 = 10,25	B = 104,084
t2 = 10,25	W = 416,084
c = 90	F = 156

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:



ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	Ip=1/12xbxh <sup>3</sup>	Il.b.=Ip+AxY l.b. 2
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
1	1.599,000	15,375	24.584,625	13.999,578	391.988,188
2	686,750	43,750	30.045,313	256.901,729	1.571.384,151
2	686,750	43,750	30.045,313	256.901,729	1.571.384,151
3	922,500	82,375	75.990,938	8.076,680	6.267.830,156
4	4.264,861	5,125	21.857,411	37.339,744	149.358,975
SUMA	9.758,861		207.108,223	587.219,038	10.343.933,808

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A \times Y l.b.) / \sum A = 207108,223 / 9758,861 = 21,222 \text{ mm.}$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 66,277 \text{ mm.}$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 \times \sum A) = 10343933,808 - ((21,222)^2 \times 9758,861) = 5948562,496 \text{ mm}^4$$

Finalmente el **módulo resistente** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 5948562,496 / 66,277 = \underline{\underline{89752,478 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el wreq es 88032,646 mm<sup>3</sup> y el w del refuerzo propuesto es de 89752,478 mm<sup>3</sup>, al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo **acceptable**.

### 6.7.4.2 CÁLCULO DE LONG. DE COSTADO

Para conocer el módulo resistente requerido entraremos con la separación entre refuerzos en la tabla 2.6.4:

Módulo longitudinales de costado (cm <sup>3</sup> )			
Espacio básico de refuerzo (mm.)	V / (Lwl) <sup>1/2</sup>		
	<3,6	4,694	5,4
420	100		110
424		<b><u>110,082</u></b>	
430	110		120

Corrección por separación de bulárcamas:

$$110,082 \times 0,848 = 93,349 \text{ cm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,406$$

$$K_I = 1 / ((15 \times 0,406^2) - (6 \times 0,406) + 1,45) = 0,671$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de  $\text{cm}^3$  a  $\text{mm}^3$ :

$$110,082 \text{ cm}^3 \iff 110082 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,671 \times 110082 = 62611,496 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 7,7	h = 65
t1 = 7,7	B = 103,663
t2 = 7,7	W = 345,663
c = 90	F = 121

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	$I_p=1/12 \times b \times h^3$	l.l.b.= $I_p+AxY^2$ l.b.
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
1	931,700	11,550	10.761,135	4.603,374	128.894,484
2	500,500	40,200	20.120,100	176.217,708	985.045,728
2	500,500	40,200	20.120,100	176.217,708	985.045,728
3	693,000	76,550	53.049,150	3.423,998	4.064.336,430
4	2.661,609	3,850	10.247,196	13.150,568	52.602,273
SUMA	6.219,009		125.058,816	378.216,731	6.344.819,127

Calculando:

$$Y_{e.n.} = (\sum A \times Y \text{ l.b.}) / \sum A = 125058,816 / 6219,009 = 20,109 \text{ mm.}$$

$$Y_{e.n. \text{ máxima}} = 60,291 \text{ mm.}$$

$$I_{e.n.} = \sum I l.b. - ((Y_{e.n.})^2 \times \sum A) = 6344819,127 - ((20,109)^2 \times 6219,009) = 3829996,171 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I_{e.n.} / Y_{e.n. \text{ máxima}} = 3829996,171 / 60,291 = \underline{\underline{63525,301 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es 62611,496 mm<sup>3</sup> y el  $w$  del refuerzo propuesto es de 63525,301 mm<sup>3</sup>, al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***aceptable***.

### 6.7.5 CÁLCULO DE BAOS DE CUBIERTA

El módulo resistente requerido lo encontraremos en la tabla 2.7.2. introduciendo el espacio básico entre refuerzos, 424 mm.. En la anterior tabla encontramos varios valores de eslora del bao, esto es el tramo máximo de sin soporte, en nuestra embarcación queremos conseguir una estructura de cubierta sólida y por lo tanto consideraremos la máxima posible, 2,4 m.. Para la fabricación de los baos de cubierta utilizaremos el mismo tipo de laminado que el empleado para la cubierta.

Módulo de baos de cubierta (cm <sup>3</sup> )	
Espacio básico de refuerzo (mm.)	Eslora del bao (m.)
420	59
424	<b><u>60,6</u></b>
430	63

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,402$$

$$K_I = 1 / ( (15 \times 0,402^2) - (6 \times 0,402) + 1,45 ) = 0,684$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$60,6 \text{ cm}^3 \implies 60600 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,684 \times 60600 = 41462,752 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 5,7	h = 75
t1 = 5,7	B = 87,766
t2 = 5,7	W = 185
c = 72	F = 50

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	$I_p=1/12xbxh^3$	$I_l.b.=I_p+AxY l.b.^2$
1	285,000	8,550	2.436,750	771,638	21.605,850
1	285,000	8,550	2.436,750	771,638	21.605,850
2	427,500	43,200	18.468,000	200.390,625	998.208,225
2	427,500	43,200	18.468,000	200.390,625	998.208,225
3	410,400	83,550	34.288,920	1.111,158	2.865.950,424
4	1.054,500	2,850	3.005,325	2.855,059	11.420,235
SUMA	2.889,900		79.103,745	406.290,742	4.916.998,809

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A x Y l.b.) / \sum A = 79103,745 / 2889,900 = 27,372 \text{ mm.}$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 59,027 \text{ mm.}$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 x \sum A) = 4916998,809 - ((27,372)^2 x 2889,900) = 2751732,719 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 2751732,719 / 59,027 = \underline{\underline{46617,797 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es  $41462,752 \text{ mm}^3$  y el  $w$  del refuerzo propuesto es de  $46617,797 \text{ mm}^3$ , al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***aceptable***.

### 6.7.6 CÁLCULO DE LONGITUDINALES DE CBTA.

Para el cálculo emplearemos la tabla 2.7.3. considerando una longitud de vagra de 1,8 m. y aplicando una corrección por la manga de la cubierta apoyada de

5,503m.. Esta corrección incrementaría mucho el tamaño de los refuerzos, y por esta razón emplearemos el laminado utilizado en el costado ( 7,7 mm.). A continuación tomando como valor de entrada la eslora de escantillonado para la tabla anterior calculamos:

Módulo de vagra por metro de manga de la cubierta apoyada (cm <sup>3</sup> )	
Eslora de escantillonado (m.)	Longitud de la vagra (m.)
14	79
14,839	<u>80,259</u>
16	82

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,406$$

$$K_I = 1 / ( (15 \times 0,406^2) - (6 \times 0,406) + 1,45 ) = 0,673$$

A continuación convertiremos las unidades del módulo de cm<sup>3</sup> a mm<sup>3</sup>:

$$80,259 \text{ cm}^3 \implies 80259 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,673 \times 80259 = 54913,346 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo por la manga de la cubierta apoyada: de

$$54913,346 \times 5,503 = 297109,581 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 5,7	h = 120
t1 = 7,7	B = 310,225
t2 = 7,7	W = 410,225
c = 285	F = 50

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	Ip=1/12xbxh <sup>3</sup>	Il.b.=Ip+AxY l.b. 2
1	385,000	9,550	3676,750	1902,221	37015,183
1	385,000	9,550	3676,750	1902,221	37015,183
2	924,000	65,700	60706,800	1108800,000	5097236,760
2	924,000	65,700	60706,800	1108800,000	5097236,760
3	2194,500	129,550	284297,475	10842,659	36841580,545
4	2338,283	2,850	6664,105	6330,900	25323,600
SUMA	7150.783		419728.680	2238578.001	47135408.032

Calculando:

$$Y \text{ e.n.} = (\sum A \times Y \text{ l.b.}) / \sum A = 419728,680 / 7150,783 = 58,697 \text{ mm.}$$

$$Y \text{ e.n. máxima} = 74,703 \text{ mm.}$$

$$I \text{ e.n.} = \sum I \text{ l.b.} - ((Y \text{ e.n.})^2 \times \sum A) = 47135408,032 - ((58,697)^2 \times 7150,783) = 22498640,960 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I \text{ e.n.} / Y \text{ e.n. máxima} = 22498640,960 / 74,703 = \underline{\underline{301174,076 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es 297109,581 mm<sup>3</sup> y el  $w$  del refuerzo propuesto es de 301174,076 mm<sup>3</sup>, al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo ***acceptable***.

### 6.7.8 CÁLCULO DE REF. DE SUPERESTRUCTURA

Los refuerzos de superestructura son similares a los refuerzos de los baos de cubierta.

### 6.7.9 LAMINADO DE TANQUES DE AGUA POTABLE Y COMBUSTIBLE

Escantillonaremos el laminado de los tanques conforme a las reglas del Lloyd's teniendo en cuenta una separación de refuerzos de 460 mm. y comprobaremos que el espesor sea mayor de 6,3 mm..

Para el cálculo del laminado de los tanques utilizaremos la tabla 2.6.5 del reglamento Lloyd's. La altura de los tanques es de 480mm. y de 552,3mm. y por lo tanto entraremos en la tabla un calado de tanque menor de 0.6 m.. Teniendo en

cuenta la posición de los tanques y la geometría de la embarcación consideraremos una caída de tanque de 1,8 m..

El proceso de cálculo es similar al del laminado del resto de las zonas del barco, por lo tanto procederemos de forma similar:

Peso del laminado de tanques de agua potable y combustible (gr /m <sup>2</sup> )	
Calado del tanque (m.)	Caída (m.)
	1.8
0.6 y menores	3800

El peso mínimo del laminado para tanques será de :

$$\underline{3800 \text{ gr / m}^2}$$

Para alcanzar este peso emplearemos el siguiente laminado:

TIPO DE FIBRA	PESO (gr / m <sup>2</sup> ) (W)	Gc	ESPEJOR (t)	ESPEJOR CORREGIDO
CSM	300	0,34	0,60248162	0,6
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	800	0,5	0,97916667	1
CSM	500	0,34	1,00413603	1
WR	450	0,5	0,55078125	0,55
TOTAL	5250			8.25

Cálculo del coeficiente Kw:

$$Kw = 2,8 \times Gc + 0,16$$

$$Gc = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36)$$

Calculando:

$$G_c = 2,56 / ((3072 \times T/W) + 1,36) = 2,56 / ((3072 \times 8,25/5250) + 1,36) = 0,413$$

Sustituyendo:

$$K_w = 2,8 \times G_c + 0,16 = K_w = 2,8 \times 0,413 + 0,16 = 1,317$$

Corrigiendo:

$$3800 \text{ gr} / \text{m}^2 \times 1,317 = 5005,749 \text{ gr} / \text{m}^2$$

Comparando el peso requerido corregido , 5005,749gr / m<sup>2</sup>, con el peso del laminado propuesto, 5250 gr / m<sup>2</sup>, vemos que es superior y lo consideramos aceptable.

Recopilaremos la información resultante en el siguiente cuadro:

LAMINADO DE TANQUES	
Peso laminado ( gr / m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)
5250	8,25

### 6.7.10 ESCANTILLONADOS DE REF. DE TANQUES DE AGUA POTABLE Y COMBUSTIBLE

Consideraremos una separación de refuerzos de 460 mm. y un módulo resistente según la tabla 2.6.6 del reglamento del Lloyd 's Register of Shipping. Para la fabricación del refuerzo emplearemos el mismo laminado que el empleado para la construcción de los tanques. El proceso de cálculo será igual que para el resto de refuerzos. Considerando una eslora de refuerzo de 0,9 m. o menos y una caída de 1,8 m. obtenemos el siguiente módulo:

Módulo resistente de refuerzos de tanques (cm <sup>3</sup> )	
Eslora del refuerzo (m.)	Caída (m.)
	18
0,9 y menores	18

Corrigiendo el módulo:

$$G_c = 0,413$$

$$K_l = 1 / ( (15 \times 0,413^2) - (6 \times 0,413) + 1,45 ) = 0,652$$



A continuación convertiremos las unidades del módulo de  $\text{cm}^3$  a  $\text{mm}^3$ :

$$18 \text{ cm}^3 \iff 18000 \text{ mm}^3$$

Corrigiendo el módulo:

$$w_{req} = 0,652 \times 18000 = 11744,779 \text{ mm}^3$$

Para conseguir este módulo proponemos un refuerzo con los siguientes parámetros:

T = 8,25	h = 30
t1 = 8,25	B = 36,306
t2 = 8,25	W = 136,306
c = 30	F = 50

Mediante la siguiente tabla calcularemos el módulo del refuerzo propuesto:

ELEMENTO	AREA (A)	Y l.b.	AxY l.b.	$I_p=1/12xbxh^3$	$I_l.b.=I_p+AxY l.b.^2$
1	412,500	12,375	5104,688	2339,648	65510,156
1	412,500	12,375	5104,688	2339,648	65510,156
2	247,500	23,250	5754,375	18562,500	152351,719
2	247,500	23,250	5754,375	18562,500	152351,719
3	247,500	42,375	10487,813	1403,789	445824,844
4	1124,527	4,125	4638,672	6378,174	25512,697
SUMA	2692,027		36844,610	49586,260	907061,291

Calculando:

$$Y e.n. = (\sum A \times Y l.b.) / \sum A = 36844,610 / 2692,027 = 13,686 \text{ mm.}$$

$$Y e.n. \text{ máxima} = 32,813 \text{ mm.}$$

$$I e.n. = \sum I l.b. - ((Y e.n.)^2 \times \sum A) = 907061,291 - ((13,686)^2 \times 2692,027) = 402784,971 \text{ mm}^4$$

Finalmente el ***módulo resistente*** será:

$$w = I e.n. / Y e.n. \text{ máxima} = 402784,971 / 32,813 =$$

$$\underline{\underline{12275,003 \text{ mm}^3}}$$

Comparando, el  $w_{req}$  es  $11744,779 \text{ mm}^3$  y el  $w$  del refuerzo propuesto es de  $12275,003 \text{ mm}^3$ , al tener un módulo resistente mayor consideramos este refuerzo *acceptable*.

### 6.7.11 MAMPAROS

Los espacios de la embarcación estarán divididos mediante mamparos de madera contrachapada de un peso de  $2700 \text{ gr./m}^2$ , de espesor entre 19 y 25mm.. Hemos de decir que estos mamparos no tendrán una función resistente, únicamente servirán de subdivisión.

Podemos ver en el ANEXO II, planos, lámina 9/9, una sección central con la distribución transversal de refuerzos.



EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

CAPÍTULO 7  
CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO  
Y  
CENTRO DE GRAVEDAD

## CAPÍTULO 7

## CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO Y CENTRO DE GRAVEDAD

## 7.1 PESO DEL CASCO

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

Evidentemente, estos datos dependerán de los materiales y método de construcción del casco. Por tanto, es necesario conocerlos a partir de los cálculos de escantillonado realizados en el Capítulo 6: Escantillonado.

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

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

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

Con la ayuda del programa informático Solidworks, se puede calcular automáticamente la superficie y c.d.g de cada zona del casco.

La simbología empleada para las coordenadas del centro de gravedad es:

- 1.- XG: distancia a la perpendicular de popa.
- 2.- LG: distancia a crujía (estribor positivo).
- 3.- KG: distancia a la línea base.

Los datos extraídos del programa informático son los siguientes:

SUPERFICIE	ÁREA (m. <sup>2</sup> )	XG (m.)	KG (m.)
COSTADOS	61,70	6,292	1,91
FONDO	51,54	5,407	0,794
QUILLA	11,41	6,88	0,319

Además, hemos de tener en cuenta el peso de la fibra contenido en el laminado, el cual viene dado por el coeficiente Gc.

PESO DEL CASCO "DESNUDO" (sin estructura resistente)								
Zona	Superficie (m. <sup>2</sup> )	Peso laminado (Kg./m. <sup>2</sup> )	Gc	Peso total (Kg.)	XG (m.)	Mto XG	KG (m.)	Mto KG
Costados	72,79	4,8	1,406	583,59	6,292	3672,005	1,910	1114,674
Fondo	60,81	6,55	1,415	659,41	5,407	3565,451	0,794	523,575
Quilla	13,46	9,75	1,413	217,70	6,880	1497,783	0,319	69,447
<b>TOTAL</b>				<b>1460,71</b>	<b>5,980</b>		<b>1,169</b>	

PESO DEL CASCO = **1460,71 Kg.**

XG = **5,980 m.**

KG = **1,169 m.**

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

## 7.2 PESO DE LAS CUBIERTAS Y SUPERESTRUCTURA

Por comodidad en el cálculo al utilizar el programa informático Solidwork se ha decidido utilizar las siguientes partidas para el cálculo del peso y centro de gravedad de cubiertas y superestructuras:

1.- En la primera partida consideraremos todos los elementos que se encuentran a la intemperie: bañera, puente de gobierno, pasillos laterales, zona de solarium y zona de proa (se puede ver en el capítulo 5, disposición general e interiores, apartado 5.2, la ilustración con las diferentes partes).

2.- La segunda corresponde a la cubierta que sirve de piso al puente de gobierno.

3.- En la tercera y última consideraremos la cubierta inferior que sirve de piso a la habitación.

SUPERFICIE	ÁREA (m. <sup>2</sup> )	XG (m.)	KG (m.)	LG (m.)
<b>PARTIDA 1<sup>a</sup></b>	101,12	5,237	3,350	0
<b>PARTIDA 2<sup>a</sup></b>	10,72	3,477	3,010	0,103
<b>PARTIDA 3<sup>a</sup></b>	28,04	8,822	1,613	0

Procediendo de igual forma que en caso anterior, se obtiene:

PESO SUPERESTRUCTURAS Y CUBIERTAS										
Zona	Superficie	Peso laminado	Gc	Peso total	XG	Mto XG	KG	Mto KG	LG	Mto LG
	(m. <sup>2</sup> )	(Kg./m. <sup>2</sup> )		(Kg.)	(m.)		(m.)		(m.)	
Partida 1ª	101,12	3,5	0,402	170,15	5,237	891,101	3,350	570,019	0	0
Partida 2ª	10,72	3,5	0,402	18,03	3,477	62,710	3,010	54,287	0,103	1,858
Partida 3ª	28,04	3,5	0,402	47,18	8,822	416,241	1,613	76,105	0	0
<b>TOTAL</b>				<b>196,81</b>	<b>6,961</b>		<b>3,559</b>		<b>0,009</b>	

### 7.3 PESO DE LOS MAMPAROS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES

En el capítulo 5: Disposición general, se explica la disposición de los mamparos transversales y longitudinales. Seguidamente se modelaron con el programa Solidworks, mediante este programa se obtienen la superficie en metros cuadrados y la posición de sus centros de gravedad:

Mamparos	Superficie (m. <sup>2</sup> )	XG (m.)	KG (m.)	LG (m.)
Proa cámara máquinas (transversal)	9,65	5,037	1,911	0,264
Separación entre camarotes invitados (transversal)	4,16	6,995	2,599	1,428
Popa de cuartos de baño (transversal)	7,51	8,953	2,607	0
Popa de camarote Principal (transversal)	8,22	10,098	2,630	0
Pique de proa (transversal)	3,40	12,798	2,308	0
Mamparo de estribor (longitudinal)	10,68	7,567	3,724	0,4
Mamparo de babor (longitudinal)	2,36	10,670	3,683	-0,4

Según lo establecido en el capítulo 6: escantillonado, los mamparos se fabricarán con madera contrachapada de 2,700 kg./m<sup>2</sup>. Así, el peso de los mamparos es el siguiente:

MAMPARO	Superficie (m. <sup>2</sup> )	Peso madera contrachapada (Kg./m. <sup>2</sup> )	Peso total (Kg.)	XG (m.)	Mto XG	KG (m.)	Mto KG	LG (m.)	Mto LG
Proa cámara máquinas (transversal)	9,65	2,7	26,07	5,037	143,756	1,911	49,822	0,264	6,883
Separación entre camarotes invitados (transversal)	4,16	2,7	11,25	6,995	84,067	2,599	29,241	1,428	16,066
Popa de cuartos de baño (transversal)	7,51	2,7	20,30	8,953	191,416	2,607	52,918	0	0
Popa de camarote Principal (transversal)	8,22	2,7	22,22	10,098	234,958	2,63	58,434	0	0
Pique de proa (transversal)	3,40	2,7	9,19	12,798	122,044	2,308	21,218	0	0
Mamparo de estribor (longitudinal)	10,68	2,7	28,84	7,567	231,957	3,724	107,385	0,4	11,534
Mamparo de babor (longitudinal)	2,36	2,7	6,40	10,670	71,299	3,683	23,557	-0,4	-2,558
<b>TOTAL</b>			<b>124,26</b>	<b>8,687</b>		<b>2,757</b>		<b>0,257</b>	

PESO DE LOS MAMPAROS = 124,26 Kg.

XG = 8,687 m.

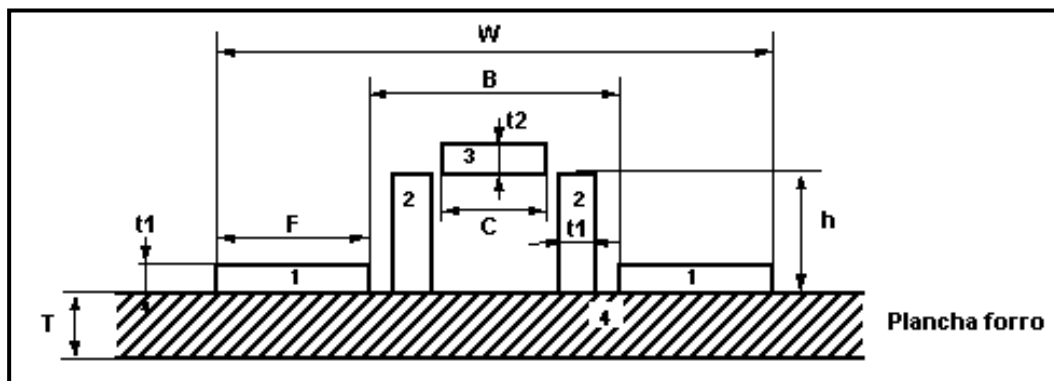
KG = 2,757m.

LG = 0,257m. (Estribor)

### 7.4 PESO DE LOS REFUERZOS

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

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





**Longitudinales del fondo**

Dimensiones del refuerzo:

DIMENSIONES (mm.)	
<b>T</b>	10,25
<b>t1</b>	10,25
<b>t2</b>	10,25
<b>C</b>	90
<b>h</b>	67
<b>W</b>	416,084
<b>F</b>	156

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 536 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$6,550 \text{ kg/m}^2 \times 0,536 \text{ m} = \mathbf{3,511 \text{ kg./m.}}$$

**Longitudinales de costado**

Dimensiones del refuerzo :

DIMENSIONES (mm.)	
<b>T</b>	7,7
<b>t1</b>	7,7
<b>t2</b>	7,7
<b>C</b>	90
<b>H</b>	65
<b>W</b>	345,663
<b>F</b>	121

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 462 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$4,8 \text{ kg/m}^2 \times 0,462 \text{ m} = \mathbf{2,218 \text{ kg./m.}}$$

**Varengas de centro**

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm.)	
T	10,25
T1	10,25
T2	10,25
C	80
H	122
W	417,645
F	156

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 636 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$6,550 \text{ kg/m}^2 \times 0,636 \text{ m} = \mathbf{4,166 \text{ kg./m.}}$$

**Cuadernas de costado**

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm.)	
T	7,7
t1	7,7
t2	7,7
C	80
h	66
W	335,874
F	121

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 454 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$4,8 \text{ kg/m}^2 \times 0,454 \text{ m} = \mathbf{2,179 \text{ kg./m.}}$$

**Bulárcamas de centro**

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm.)	
T	10,25
T1	10,25
T2	10,25
C	50
H	270
W	418,756
F	156

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 902 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$6,550 \text{ kg/m}^2 \times 0,902 \text{ m} = \mathbf{5,908 \text{ kg./m.}}$$

**Bulárcamas de costado**

Dimensiones :

DIMENSIONES (mm.)	
T	7,7
t1	7,7
t2	7,7
C	50
h	195
W	332,990
F	121

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 682 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$4,8 \text{ kg/m}^2 \times 0,682 \text{ m} = \mathbf{3,274 \text{ kg./m.}}$$

**Longitudinales de cubierta**

Dimensiones :

DIMENSIONES (m.)	
T	5,7
t1	7,7
t2	7,7
C	285
h	120
W	410,225
F	50

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 625 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$4,8 \text{ kg/m}^2 \times 0,625 \text{ m} = \mathbf{3 \text{ kg./m.}}$$

**Baos**

Dimensiones :

DIMENSIONES (m.)	
T	5,7
t1	5,7
t2	5,7
C	72
h	75
W	185
F	50

$$\text{Anchura} = 2F + C + 2(T2 + h - T1) = 322 \text{ mm.}$$

Peso por metro lineal de refuerzo :

$$3,5 \text{ kg/m}^2 \times 0,322\text{m} = \mathbf{1,127 \text{ kg./m.}}$$

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

REFUERZOS	Longitud total (m.)	Anchura (m.)	Superficie total (m. <sup>2</sup> )	Peso laminado (Kg./m. <sup>2</sup> )	Gc	Peso total (Kg.)
Long. fondo	175,134	0,536	93,872	6,55	0,415	1017,93
Long. Costado	51,254	0,462	23,679	4,8	0,406	189,84
Varenga	20,54	0,636	13,066	6,55	0,415	141,68
Cuaderna	100,47	0,454	45,613	4,8	0,406	365,70
Bulárcama de centro	6,328	0,902	5,708	6,55	0,415	61,89
Bulárcama de costado	30,413	0,682	20,742	4,8	0,406	166,29
Long. de cbta.	239,964	0,625	149,977	4,8	0,406	1202,45
Bao	430,59	0,322	138,650	3,5	0,402	813,71
<b>TOTAL</b>						<b>3959,49</b>

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

PESOS DE LOS REFUERZOS ESTRUCTURALES DEL CASCO							
REFUERZOS	Peso total (Kg.)	XG (m.)	Mto XG	KG (m.)	Mto KG	LG (m.)	Mto LG
Long. fondo	1017,93	5,407	5503,948	0,756	769,555	0,000	0,000
Long. Costado	189,84	6,292	1194,473	1,860	353,102	0,000	0,000
Varenga	141,68	5,407	766,064	0,750	106,260	0,000	0,000
Cuaderna	365,70	6,292	2300,984	1,910	698,487	0,000	0,000
Bulárcama de centro	61,89	5,407	334,639	0,750	46,418	0,000	0,000
Bulárcama de costado	166,29	6,292	1046,297	1,910	317,614	0,000	0,000
Long. de cbta.	1202,45	5,825	7004,271	2,875	3457,044	0,010	11,861
Bao	813,71	5,825	4739,861	2,875	2339,416	0,007	5,714
<b>TOTAL</b>	<b>3959,49</b>	<b>5,781</b>		<b>2,043</b>		<b>0,004</b>	

PESO DE REFUERZOS ESTRUCTURALES = **3959,49 Kg.**

XG = **5,781 m.**

KG = **2,043 m.**

LG = **0,004m.**

## 7.5 TABLA DE PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA EMBARCACIÓN

A continuación se presenta el cálculo del centro de gravedad de la embarcación en sus dos condiciones de navegación :

1.- Salida de puerto : con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje.

2.- Llegada a puerto : con los pasajeros y su equipaje, con el 10% del combustible y de las provisiones.

Para su confección se ha tenido en cuenta la posición de cada elemento en la embarcación. Para la obtención de los pesos se han consultado catálogos de fabricantes y libros de referencia.

El cálculo se ha realizado en metros y en kilogramos.

Cálculo de PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD de la embarcación: SALIDA DE PUERTO							
<b>Camarote Proa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Armario (Br.)	51,100	-2,026	11,172	2,503	-103,529	570,889	127,903
Armario (Er.)	18,200	1,787	12,092	2,503	32,523	220,074	45,555
Mesa de trabajo	7,100	1,953	11,377	1,963	13,866	80,777	13,937
Cama doble	198,000	0,000	12,324	1,853	0,000	2440,152	366,894
Mesilla de noche (Br.)	4,100	-0,950	13,099	1,853	-3,895	53,706	7,597
Mesilla de noche (Er.)	4,100	0,950	13,099	1,853	3,895	53,706	7,597
Equipaje 1	45,000	-2,026	11,172	2,503	-91,170	502,740	112,635
Equipaje 2	15,000	1,787	12,092	2,503	26,805	181,380	37,545
<b>Camarote de invetados de popa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cama litera	118,820	1,527	5,964	2,503	181,438	708,642	297,406
Mueble zapatero	4,690	0,488	5,964	1,853	2,289	27,971	8,691
Mesa multiusos	4,960	1,873	6,723	1,963	9,290	33,346	9,736
Armario	27,780	1,111	7,257	2,503	30,864	201,599	69,533
Mueble multiusos con estantes	14,540	2,274	7,257	2,503	33,064	105,517	36,394
Equipaje	60,000	1,111	7,257	2,503	66,660	435,420	150,180
Menaje	29,000	2,274	7,257	2,503	65,946	210,453	72,587
<b>Camarote de invetados de proa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cama litera	118,820	1,527	8,979	2,503	181,438	1066,885	297,406
Mueble zapatero	4,690	0,488	2,538	1,853	2,289	11,903	8,691
Mesa multiusos	4,960	1,873	8,210	1,963	9,290	40,722	9,736
Armario	27,780	1,111	7,682	2,503	30,864	213,406	69,533
Mueble multiusos con estantes	14,540	2,274	7,687	2,503	33,064	111,769	36,394
Equipaje	60,000	1,111	7,682	2,503	66,660	460,920	150,180
Menaje	29,000	2,274	7,687	2,503	65,946	222,923	72,587
<b>Cocina</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Nevera-congelador	99,200	-2,312	8,662	2,503	-229,350	859,270	248,298
Placa de cocina 3fuegos	5,000	-1,916	9,185	2,39	-9,580	45,925	11,950
Mueble encimera	35,800	-1,455	9,178	2,003	-52,089	328,572	71,707
Altillo del mueble encimera	13,500	-1,453	9,304	3,29	-19,616	125,604	44,415
Horno-microondas	5,000	-2,325	9,178	1,803	-11,625	45,890	9,015
Fregadero de acero inoxidable	1,300	-1,043	9,184	2,37	-1,356	11,939	3,081
Campana extractora	3,900	-1,916	9,304	3,003	-7,472	36,286	11,712

<b>Cuarto de baño del camarote principal</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cabina de ducha	24,100	-2,410	10,190	2,303	-58,081	245,579	55,502
Mueble de baño	15,100	-2,061	9,603	2,803	-31,121	145,005	42,325
Módulo lavabo	13,500	-1,304	9,642	2,103	-17,604	130,167	28,391
Módulo Inodoro	17,000	-0,667	9,629	1,803	-11,339	163,693	30,651
Módulo bidé	14,000	-0,600	10,284	1,803	-8,400	143,976	25,242
<b>Cuarto de baño del camarote de invitados</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cabina de ducha	24,100	2,410	10,190	2,303	58,081	245,579	55,502
Mueble de baño	15,100	2,061	9,603	2,803	31,121	145,005	42,325
Módulo lavabo	13,500	1,304	9,642	2,103	17,604	130,167	28,391
Módulo Inodoro	17,000	1,258	10,374	1,803	21,386	176,358	30,651
Módulo bidé	14,000	0,685	9,629	1,803	9,590	134,806	25,242
<b>Salón-comedor</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Mueble de salón	28,700	-2,315	7,807	2,503	-66,441	224,061	71,836
Mesa portátil y extensible	6,300	-1,266	7,957	2,003	-7,976	50,129	12,619
Mesa baja	4,000	-0,343	6,647	1,828	-1,372	26,588	7,312
Sofá rinconera	178,700	-1,323	5,839	2,103	-236,420	1043,429	375,806
Menaje	70,000	-2,315	7,807	2,503	-162,050	546,490	175,210
T.V. Y reproductor DVD	10,000	-2,315	7,807	2,99	-23,150	78,070	29,900
Equipo Hi-Fi	15,000	-2,315	7,807	2,09	-34,725	117,105	31,350
Sillas (6 uds.)	24,000	-2,315	7,807	1,89	-55,560	187,368	45,360
<b>Camara Maquinas</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Motor y reductora Er	699,000	0,884	4,568	1,595	617,916	3193,032	1114,905
Motor y reductora Br	699,000	-0,866	4,568	1,595	-605,334	3193,032	1114,905
Eje/Hélice/Timón/Arbotante Er	200,000	0,850	0,813	0,530	170,000	162,600	106,000
Eje/Hélice/Timón/Arbotante Br	200,000	-0,850	0,813	0,530	-170,000	162,600	106,000
<b>Puesto de gobierno</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Sillón dos plazas para pilotaje	45,030	0,941	5,136	3,667	42,373	231,274	165,158
Sofá	121,050	-1,195	3,486	3,467	-144,655	421,980	419,770
Mueble de gobierno y lectura de cartas	45,400	0,000	5,923	3,541	0,000	268,904	160,795
<b>Cubierta</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Colchonetas para solárium (19,23m <sup>2</sup> )	20,000	0,000	9,011	3,710	0,000	180,220	74,200
Revestimiento de teca en la cubierta(34m <sup>2</sup> )	272,000	0,000	5,645	2,750	0,000	1535,440	748,000



<b>Estructura y otros</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Casco zona quilla	217,701	0,000	6,880	0,319	0,000	1497,781	69,447
Casco zona fondo	659,414	0,000	5,407	0,794	0,000	3565,453	523,575
Casco zona costado	583,599	0,000	6,292	1,910	0,000	3672,005	1114,674
Superestructura y cbta. Principal	170,155	0,000	5,237	3,350	0,000	891,101	570,019
Cbta. puente de gobierno	18,036	0,103	3,477	3,010	1,858	62,710	54,287
Cbta. inferior de habilitación	47,182	0,000	8,822	1,613	0,000	416,241	76,105
Longitudinales de fondo	1017,935	0,000	5,407	0,756	0,000	5503,975	769,559
Longitudinales de costado	189,842	0,000	6,292	1,860	0,000	1194,488	353,107
Varenga de centro	141,687	0,000	5,407	0,750	0,000	766,102	106,265
Cuadernas de costado	365,702	0,000	6,292	1,910	0,000	2300,997	698,491
Bulárcamas de centro	61,893	0,000	5,407	0,750	0,000	334,655	46,420
Bulárcamas de costado	166,296	0,000	6,292	1,910	0,000	1046,336	317,626
Longitudinales de cbta.	1202,458	0,010	5,820	2,875	11,861	6998,305	3457,067
Baos	813,711	0,007	5,820	2,875	5,714	4735,795	2339,418
Tanque agua potable	149,568	0,000	8,746	1,258	0,000	1308,118	188,156
Tanque combustible	167,800	0,000	6,495	1,244	0,000	1089,776	208,728
Escalera interior	11,900	1,551	5,135	2,417	18,462	61,107	28,758
Aislamientos, revestimientos y acabados	727,208	0,025	6,342	1,300	18,123	4611,834	945,370
Mamparos	124,260	0,257	8,687	2,757	31,935	1079,447	342,585
Acristalamiento	464,290	0,000	4,869	4,100	0,000	2260,534	1903,589
Electricidad y electrónica	670,000	0,180	5,573	1,300	120,600	3733,910	871,000
Accesorios de casco <sup>1</sup>	876,903	0,000	4,523	1,379	0,000	3966,233	1209,249
Equipos, servicios, paños y pertrechos	1005,000	0,000	4,313	1,100	0,000	4334,565	1105,500
<b>Pasajeros</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Pasajeros (6)	450,000	-0,376	6,426	3,429	-169,218	2891,850	1542,905
<b>Consumos (100%)</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Agua potable	1260,000	0,000	8,746	1,258	0,000	11019,960	1585,080
Combustible	1176,000	0,000	6,495	1,244	0,000	7637,532	1462,838
Viveres 1	40,000	-2,312	8,662	2,513	-92,480	346,480	100,520
Viveres 2	90,000	-1,455	9,178	2,013	-130,950	826,020	181,170
Viveres 3	50,000	-1,453	9,304	3,300	-72,650	465,200	165,000
<b>TOTAL</b>	<b>16750,000</b>	<b>-0,036</b>	<b>6,048</b>	<b>1,783</b>	<b>-596,392</b>	<b>101309,558</b>	<b>29868,753</b>

<sup>1</sup> Considerando: baranderillado, bancada de la propulsión, plataforma baño, conducciones, fijaciones, etc.

Cálculo de PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD de la embarcación: LLEGADA A PUERTO								
<b>Camarote Proa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>		<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Armario (Br.)	51,100	-2,026	11,172	2,503		-103,529	570,889	127,903
Armario (Er.)	18,200	1,787	12,092	2,503		32,523	220,074	45,555
Mesa de trabajo	7,100	1,953	11,377	1,963		13,866	80,777	13,937
Cama doble	198,000	0,000	12,324	1,853		0,000	2440,152	366,894
Mesilla de noche (Br.)	4,100	-0,950	13,099	1,853		-3,895	53,706	7,597
Mesilla de noche (Er.)	4,100	0,950	13,099	1,853		3,895	53,706	7,597
Equipaje 1	45,000	-2,026	11,172	2,503		-91,170	502,740	112,635
Equipaje 2	15,000	1,787	12,092	2,503		26,805	181,380	37,545
<b>Camarote de invetados de popa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>		<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cama litera	118,820	1,527	5,964	2,503		181,438	708,642	297,406
Mueble zapatero	4,690	0,488	5,964	1,853		2,289	27,971	8,691
Mesa multiusos	4,960	1,873	6,723	1,963		9,290	33,346	9,736
Armario	27,780	1,111	7,257	2,503		30,864	201,599	69,533
Mueble multiusos con estantes	14,540	2,274	7,257	2,503		33,064	105,517	36,394
Equipaje	60,000	1,111	7,257	2,503		66,660	435,420	150,180
Menaje	29,000	2,274	7,257	2,503		65,946	210,453	72,587
<b>Camarote de invetados de proa</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>		<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cama litera	118,820	1,527	8,979	2,503		181,438	1066,885	297,406
Mueble zapatero	4,690	0,488	2,538	1,853		2,289	11,903	8,691
Mesa multiusos	4,960	1,873	8,210	1,963		9,290	40,722	9,736
Armario	27,780	1,111	7,682	2,503		30,864	213,406	69,533
Mueble multiusos con estantes	14,540	2,274	7,687	2,503		33,064	111,769	36,394
Equipaje	60,000	1,111	7,682	2,503		66,660	460,920	150,180
Menaje	29,000	2,274	7,687	2,503		65,946	222,923	72,587
<b>Cocina</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>		<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Nevera-congelador	99,200	-2,312	8,662	2,503		-229,350	859,270	248,298
Placa de cocina 3fuegos	5,000	-1,916	9,185	2,39		-9,580	45,925	11,950
Mueble encimera	35,800	-1,455	9,178	2,003		-52,089	328,572	71,707
Altillo del mueble encimera	13,500	-1,453	9,304	3,29		-19,616	125,604	44,415
Horno-microondas	5,000	-2,325	9,178	1,803		-11,625	45,890	9,015
Fregadero de acero inoxidable	1,300	-1,043	9,184	2,37		-1,356	11,939	3,081
Campana extractora	3,900	-1,916	9,304	3,003		-7,472	36,286	11,712

<b>Cuarto de baño del camarote principal</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cabina de ducha	24,100	-2,410	10,190	2,303	-58,081	245,579	55,502
Mueble de baño	15,100	-2,061	9,603	2,803	-31,121	145,005	42,325
Módulo lavabo	13,500	-1,304	9,642	2,103	-17,604	130,167	28,391
Módulo Inodoro	17,000	-0,667	9,629	1,803	-11,339	163,693	30,651
Módulo bidé	14,000	-0,600	10,284	1,803	-8,400	143,976	25,242
<b>Cuarto de baño del camarote de invitados</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Cabina de ducha	24,100	2,410	10,190	2,303	58,081	245,579	55,502
Mueble de baño	15,100	2,061	9,603	2,803	31,121	145,005	42,325
Módulo lavabo	13,500	1,304	9,642	2,103	17,604	130,167	28,391
Módulo Inodoro	17,000	1,258	10,374	1,803	21,386	176,358	30,651
Módulo bidé	14,000	0,685	9,629	1,803	9,590	134,806	25,242
<b>Salón-comedor</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Mueble de salón	28,700	-2,315	7,807	2,503	-66,441	224,061	71,836
Mesa portátil y extensible	6,300	-1,266	7,957	2,003	-7,976	50,129	12,619
Mesa baja	4,000	-0,343	6,647	1,828	-1,372	26,588	7,312
Sofá rinconera	178,700	-1,323	5,839	2,103	-236,420	1043,429	375,806
Menaje	70,000	-2,315	7,807	2,503	-162,050	546,490	175,210
T.V. Y reproductor DVD	10,000	-2,315	7,807	2,99	-23,150	78,070	29,900
Equipo Hi-Fi	15,000	-2,315	7,807	2,09	-34,725	117,105	31,350
Sillas (6 uds.)	24,000	-2,315	7,807	1,89	-55,560	187,368	45,360
<b>Camara Maquinas</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Motor y reductora Er	699,000	0,884	4,568	1,595	617,916	3193,032	1114,905
Motor y reductora Br	699,000	-0,866	4,568	1,595	-605,334	3193,032	1114,905
Eje/Hélice/Timón/Arbotante Er	200,000	0,850	0,813	0,530	170,000	162,600	106,000
Eje/Hélice/Timón/Arbotante Br	200,000	-0,850	0,813	0,530	-170,000	162,600	106,000
<b>Puesto de gobierno</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Sillón dos plazas para pilotaje	45,030	0,941	5,136	3,667	42,373	231,274	165,158
Sofá	121,050	-1,195	3,486	3,467	-144,655	421,980	419,770
Mueble de gobierno y lectura de cartas	45,400	0,000	5,923	3,541	0,000	268,904	160,795
<b>Cubierta</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Colchonetas para solárium (19,23m2)	20,000	0,000	9,011	3,710	0,000	180,220	74,200
Revestimiento de teca en la cubierta(34m2)	272,000	0,000	5,645	2,750	0,000	1535,440	748,000

<b>Estructura y otros</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Casco zona quilla	217,701	0,000	6,880	0,319	0,000	1497,781	69,447
Casco zona fondo	659,414	0,000	5,407	0,794	0,000	3565,453	523,575
Casco zona costado	583,599	0,000	6,292	1,910	0,000	3672,005	1114,674
Superestructura y cbta. Principal	170,155	0,000	5,237	3,350	0,000	891,101	570,019
Cbta. puente de gobierno	18,036	0,103	3,477	3,010	1,858	62,710	54,287
Cbta. inferior de habilitación	47,182	0,000	8,822	1,613	0,000	416,241	76,105
Longitudinales de fondo	1017,935	0,000	5,407	0,756	0,000	5503,975	769,559
Longitudinales de costado	189,842	0,000	6,292	1,860	0,000	1194,488	353,107
Varenga de centro	141,687	0,000	5,407	0,750	0,000	766,102	106,265
Cuadernas de costado	365,702	0,000	6,292	1,910	0,000	2300,997	698,491
Bulárcamas de centro	61,893	0,000	5,407	0,750	0,000	334,655	46,420
Bulárcamas de costado	166,296	0,000	6,292	1,910	0,000	1046,336	317,626
Longitudinales de cbta.	1202,458	0,010	5,820	2,875	11,861	6998,305	3457,067
Baos	813,711	0,007	5,820	2,875	5,714	4735,795	2339,418
Tanque agua potable	149,568	0,000	8,746	1,258	0,000	1308,118	188,156
Tanque combustible	167,800	0,000	6,495	1,244	0,000	1089,776	208,728
Escalera interior	11,900	1,551	5,135	2,417	18,462	61,107	28,758
Aislamientos, revestimientos y acabados	727,208	0,025	6,342	1,300	18,123	4611,834	945,370
Mamparos	124,260	0,257	8,687	2,757	31,935	1079,447	342,585
Acristalamiento	464,290	0,000	4,869	4,100	0,000	2260,534	1903,589
Electricidad y electrónica	670,000	0,180	5,573	1,300	120,600	3733,910	871,000
Accesorios de casco <sup>2</sup>	876,903	0,000	4,523	1,379	0,000	3966,233	1209,249
Equipos, servicios, paños y pertrechos	1005,000	0,000	4,313	1,100	0,000	4334,565	1105,500
<b>Pasajeros</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Pasajeros (6)	450,000	-0,376	6,426	3,429	-169,218	2891,850	1542,905
<b>Consumos (100%)</b>	<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>	<b>Mto a L</b>	<b>Mto a X</b>	<b>Mto a K</b>
Agua potable	126,000	0,000	8,746	1,049	0,000	1101,996	132,174
Combustible	117,600	0,000	6,495	0,992	0,000	763,753	116,671
Viveres 1	4,000	-2,312	8,662	2,513	-9,248	34,648	10,052
Viveres 2	9,000	-1,455	9,178	2,013	-13,095	82,602	18,117
Viveres 3	5,000	-1,453	9,304	3,300	-7,265	46,520	16,500
<b>TOTAL</b>	<b>14395,600</b>	<b>-0,024</b>	<b>5,768</b>	<b>1,852</b>	<b>-329,920</b>	<b>83043,885</b>	<b>26667,658</b>

<sup>2</sup> Considerando: baranderillado, bancada de la propulsión, plataforma baño, conducciones, fijaciones, etc.

Recopilando la información:

<b>Cálculo de PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD de la embarcación: SALIDA DE PUERTO</b>			
<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>
16750 Kg.	-0,036m.	6,048m.	1,783m.

<b>Cálculo de PESOS y CENTRO DE GRAVEDAD de la embarcación: LLEGADA A PUERTO</b>			
<b>Peso</b>	<b>Lg</b>	<b>Xg</b>	<b>Kg</b>
14395,6 Kg.	-0,024m.	5,768m.	1,852m.

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 8

### ESTUDIO DE ESTABILIDAD

## CAPÍTULO 8

### ESTUDIO DE ESTABILIDAD

#### 8.1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

#### 8.2 FRANCOBORDO

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

Para embarcaciones de eslora igual o mayor de 12 m. de eslora, como en nuestro proyecto, el francobordo medio no debe ser inferior de  $0,2B$  en la condición de máxima carga, y en cualquier caso debe ser el suficiente para cumplir los requisitos de estabilidad y escantillonado. El francobordo mínimo exigido será:

$$\text{Francobordo mínimo} = 0,2 \times 5,503 = 1,1006\text{m.}$$

El francobordo medio lo calcularemos mediante la fórmula:

$$\text{Francobordo medio (F)} = (f_a + f_m + f_r) / 3$$

Siendo:

$f_a$  = francobordo en el extremo de proa = 2,934m.

$f_m$  = francobordo medido en la mitad de la eslora = 1,951m.

$f_r$  = francobordo en el extremo de popa = 2,276m.

Calculando:

$$\text{Francobordo medio (F)} = (2,934 + 1,951 + 2,276) / 3 = 2,387\text{m.}$$

El valor de F es mayor que el francobordo mínimo, y por lo tanto consideraremos nuestro francobordo medio admisible.

### 8.3 APLICACIÓN

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

Según la circular, las condiciones de carga para el análisis de la estabilidad dependen del tipo de embarcación, y en buques de pasaje son:

A.- Buques de pasaje.

A.1.- Salida de puerto, con el total de carga, combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje.

A.2.- Llegada a puerto, con el total de carga y pasajeros con su equipaje y con el 10 por 100 del combustible y de las provisiones.

A.3.- Salida de puerto, con el total de combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje sin carga.

A.4.- Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje, sin carga, y con el 10 por 100 del combustible y de las provisiones.

Analizando las cuatro condiciones de carga, concluimos que, al no llevar nuestro barco carga, consideraremos las dos últimas condiciones:

1.-Salida de puerto, con el total del combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje.

2.- Llegada a puerto, con el total de pasajeros con su equipaje, y con el 10% del combustible y provisiones.



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

#### 8.4 CRITERIOS DE ESTABILIDAD

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

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

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

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

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

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

Por otra parte también debe cumplir:

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

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

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

Donde: M = momento escorante en Tm x m.

V = Velocidad de crucero en m/seg.

L = eslora en flotación en mts.

$\Delta$  = desplazamiento en Tm.

d = calado medio en mts.

KG = ordenada centro gravedad sobre quilla.

g) Debe demostrar la buena aptitud para resistir el efecto de escora provocado por los efectos de rachas de viento y balance intenso.

En los siguientes apartados calcularemos las curvas de estabilidad para cada condición de carga y comprobaremos que se cumplen los criterios de estabilidad, además calcularemos las curvas hidrostáticas, curvas de KN, curva de áreas y cálculo del límite de planeo.

La herramienta empleada será el programa informático Hydromax.

Debemos comentar que se han tenido en cuenta el efecto de las superficies libres causadas por los tanques y que en la medición del brazo longitudinal se ha tenido en cuenta la distancia al espejo de popa.

## 8.5 CÁLCULOS EN SITUACIÓN DE SALIDA DE PUERTO

### 8.5.1 CURVA DE ESTABILIDAD ESTÁTICA TRANSVERSAL

#### Stability Calculation

**Loadcase** – Salida de puerto, con el total de combustible, provisiones y pasajeros con su equipaje ( sin carga ):

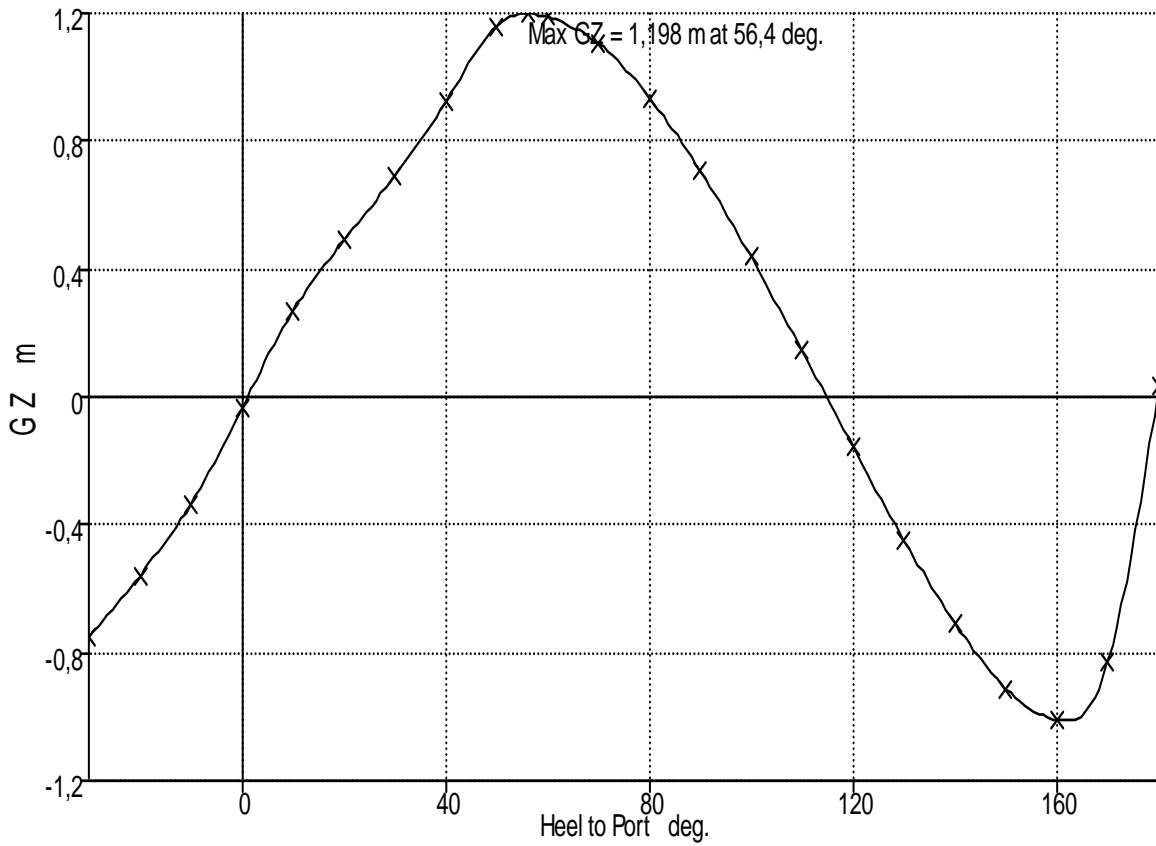
**Damage Case - Intact**

Free to Trim

Relative Density = 1,026

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FS Mom. tonne.m
1	Lightship	1	14,31	6,251	1,874	-0,042	0,000
2	Tanque de combustible	100%	1,176	6,971	1,244	0,000	0,000
3	Tanque de agua potable	100%	1,260	9,223	1,268	0,000	0,000
4		<b>Total Weight=</b>	<b>16,75</b>	<b>LCG= 6,525 m</b>	<b>VCG= 1,783 m</b>	<b>TCG= -0,036 m</b>	<b>0</b>
5					<b>FS corr.= 0 m</b>		
6					<b>VCG fluid= 1,783 m</b>		



	Heel to Port degrees	-30	-20	-10	0	10	20
1	Displacement tonne	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75
2	Draft at FP m	1,157	1,270	1,322	1,341	1,322	1,270
3	Draft at AP m	0,637	0,892	1,058	1,109	1,058	0,892
4	WL Length m	14,706	14,746	14,760	14,763	14,760	14,746
5	Immersed Depth m	0,659	0,851	1,045	1,101	1,045	0,850
6	WL Beam m	3,620	3,611	3,728	3,875	3,728	3,611
7	Wetted Area m <sup>2</sup>	55,460	55,346	57,116	58,738	57,114	55,343
8	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	41,469	40,557	42,371	44,141	42,370	40,555
9	Prismatic Coeff.	0,639	0,671	0,693	0,704	0,693	0,671
10	Block Coeff.	0,465	0,360	0,284	0,259	0,284	0,361
11	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,030	-1,040	-1,047	-1,049	-1,048	-1,039
12	VCB from DWL m	0,236	0,242	0,251	0,252	0,251	0,242
13	GZ m	-0,754	-0,557	-0,337	-0,036	0,267	0,490
14	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,081	-1,097	-1,300	-1,447	-1,301	-1,097
15	TCF to zero pt. m	1,605	1,197	0,645	0,000	-0,645	-1,197
16	Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,1	0,9	10,1	20,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	-2,1	-1,5	-1,1	-0,9	-1,1	-1,5

	30	40	50	60	70	80	90	100
1	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75
2	1,157	0,954	0,626	-0,065	-1,475	-5,685	N/A	-11,035
3	0,637	0,271	-0,331	-1,335	-3,281	-8,934	N/A	-13,081
4	14,706	14,603	14,222	12,731	13,253	13,623	13,865	14,052
5	0,659	0,752	0,820	0,853	0,890	0,955	1,089	1,211
6	3,620	3,736	4,015	3,292	3,102	2,928	2,714	2,451
7	55,458	53,873	44,690	43,250	43,151	42,851	42,692	42,682
8	41,467	42,416	38,894	34,304	31,118	28,333	26,446	25,276
9	0,639	0,607	0,605	0,698	0,704	0,721	0,746	0,777
10	0,466	0,398	0,378	0,509	0,545	0,548	0,509	0,476
11	-1,031	-1,021	-1,005	-0,994	-0,987	-0,986	-0,994	-1,009
12	0,236	0,247	0,273	0,292	0,316	0,345	0,374	0,398
13	0,692	0,922	1,159	1,188	1,104	0,936	0,706	0,436
14	-1,082	-0,930	-0,850	-1,179	-1,296	-1,269	-1,224	-1,168
15	-1,605	-1,976	-2,425	-2,628	-2,637	-2,520	-2,324	-2,059
16	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
17	-2,1	-2,8	-3,9	-5,1	-7,2	-12,9	-90,0	-8,2

	110	120	130	140	150	160	170	180
1	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75	16,75
2	-6,802	-5,364	-4,626	-4,169	-3,860	-3,637	-3,477	-3,402
3	-7,446	-5,512	-4,507	-3,878	-3,440	-3,128	-2,939	-2,884
4	14,218	14,384	14,585	14,980	14,984	14,988	14,991	14,990
5	1,288	1,318	1,299	1,301	1,289	1,194	0,978	0,724
6	2,237	2,037	2,060	2,295	2,711	3,517	5,029	5,501
7	42,844	43,261	44,044	45,462	47,970	52,452	62,599	84,417
8	24,736	24,832	25,656	27,479	30,746	36,513	48,584	71,400
9	0,814	0,857	0,832	0,709	0,612	0,513	0,403	0,363
10	0,456	0,442	0,418	0,365	0,312	0,259	0,221	0,274
11	-1,028	-1,051	-1,075	-1,096	-1,113	-1,121	-1,122	-1,119
12	0,415	0,421	0,414	0,392	0,355	0,302	0,232	0,187
13	0,143	-0,157	-0,447	-0,709	-0,913	-1,011	-0,831	0,036
14	-1,106	-1,038	-0,961	-0,863	-0,768	-0,744	-0,851	-0,703
15	-1,737	-1,372	-0,982	-0,590	-0,223	0,071	0,119	0,000
16	110,0	120,0	130,0	140,0	150,0	159,9	169,8	177,9
17	-2,6	-0,6	0,5	1,2	1,7	2,0	2,2	2,1

## 8.5.2 COMPROBACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD

El programa informático Hidromax posee la opción de comprobar el cumplimiento de los criterios de estabilidad, en los siguientes apartados mostraremos esta comprobación. Cuando el criterio se ha cumplido de forma satisfactoria devuelve la palabra **PASS** como resultado:

### 8.5.2.1 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0,055 MxRAD HASTA EL ÁNGULO DE ESCORA DE 30°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
6		angle of vanishing stability	114,8	deg		
7		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,055</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,191</b>	<b>Pass</b>
8						

### 8.5.2.2 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0,09 MxRAD HASTA EL ÁNGULO DE ESCORA DE 40° O HASTA EL ÁNGULO DE INÚNDACIÓN SI ESTE ES MENOR DE 40°

En esta comprobación consideraremos el ángulo de 40°, puesto que las aberturas se encuentran por encima del nivel del agua a 40° y además son estancas:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
6		first downflooding angle	n/a	deg		
7		angle of vanishing stability	114,8	deg		
8		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,090</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,331</b>	<b>Pass</b>
9						

### 8.5.2.3 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0,03 MxRAD ENTRE LOS ÁNGULOS DE 30° Y 40° O ENTRE 30° Y EL ÁNGULO DE INÚNDACIÓN, SI ESTE ES MENOR DE 40°

En esta comprobación consideraremos el ángulo de 40°, puesto que las aberturas se encuentran por encima del nivel del agua a 40° y además son estancas:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
6		first downflooding angle	n/a	deg		
7		angle of vanishing stability	114,8	deg		
8		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,030</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,140</b>	<b>Pass</b>
9						

### 8.5.2.4 EL BRAZO ADRIZANTE SERÁ DE 200MM., COMO MÍNIMO, PARA UN ÁNGULO DE ESCORA IGUAL O SUPERIOR A 30°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				<b>Pass</b>
2		<i>in the range from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	180,0	deg	180,0	
6		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,200</b>	<b>m</b>	<b>1,198</b>	<b>Pass</b>
7		<i>Intermediate values</i>				
8		angle at which this GZ occurs		deg	56,4	
9						

### 8.5.2.5 EL BRAZO ADRIZANTE MÁXIMO CORRESPONDERÁ A UN ÁNGULO DE ESCORA NO INFERIOR A 25°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
2		shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	56,4	Pass
3						

### 8.5.2.6 LA ALTURA METACÉNTRICA INICIAL CORREGIDA NO SERÁ INFERIOR A 150MM.

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
2		spec. heel angle	0,0	deg		
3		shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,855	Pass
4						

### 8.5.2.7 EL ÁNGULO DE ESCORA PRODUCIDO POR LA POSICIÓN MÁS DESFAVORABLE DE LOS PASAJEROS NO DEBE EXCEDER DE 10°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass
2		<i>Pass. crowding arm =</i> $n_{Pass} M / disp. D \cos^n(\phi)$				
3		number of passengers: $n_{Pass} =$	6			
4		passenger mass: $M =$	0,075	tonne		
5		distance from centre line: $D =$	2,752	m		
6		cosine power: $n =$	1			
7		shall not be greater than ( $\leq$ )	10,0	deg	3,4	Pass
8		<i>Intermediate values</i>				
9		Heel arm amplitude		m	0,074	
10						

### 8.5.2.8 EL ÁNGULO DE ESCORA PRODUCIDO POR EFECTO DE UNA VIRADA NO DEBE SER SUPERIOR A 10°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass
2		<i>Turn arm:</i> $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$				
3		constant: a =	0,9996			
4		vessel speed: v =	18,000	kts		
5		turn radius, R, as percentage of Lwl	510,00	%		
6		h = KG - mean draught / 2	1,171	m		
7		cosine power: n =	1			
8		<b>shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>10,0</b>	<b>deg</b>	<b>5,4</b>	<b>Pass</b>
9		<i>Intermediate values</i>				
10		Heel arm amplitude		m	0,136	
11						

### 8.5.2.9 EFECTO DEL VIENTO Y BALANCE INTENSOS

Habrá que demostrar la aptitud del buque para resistir los efectos combinados del viento de través y del balance respecto de cada condición normal de carga, con referencia a la figura, del modo siguiente:

1.- Se someterá el buque a la presión de un viento constante que actúe perpendicularmente al plano de crujía, lo que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_1$ );

2.- Se supondrá que a partir del ángulo de equilibrio resultante ( $\theta_0$ ) el buque se balancea por la acción de las olas hasta alcanzar un ángulo de balance ( $\theta_1$ ) a barlovento. Se prestará atención al efecto de un viento constante de forma que se eviten ángulos de escora excesivos:

El ángulo de escora provocado por un viento constante ( $\theta_0$ ) debe limitarse a un ángulo determinado que sea satisfactorio a juicio de la Administración. Como orientación se sugieren 16° o el 80% del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, si este valor es menor.



3.- A continuación se someterá al buque a la presión de una ráfaga de viento que dará como resultado el correspondiente brazo escorante ( $lw_2$ );

4.- En estas circunstancias, el área "b" debe ser igual o superior al área "a";

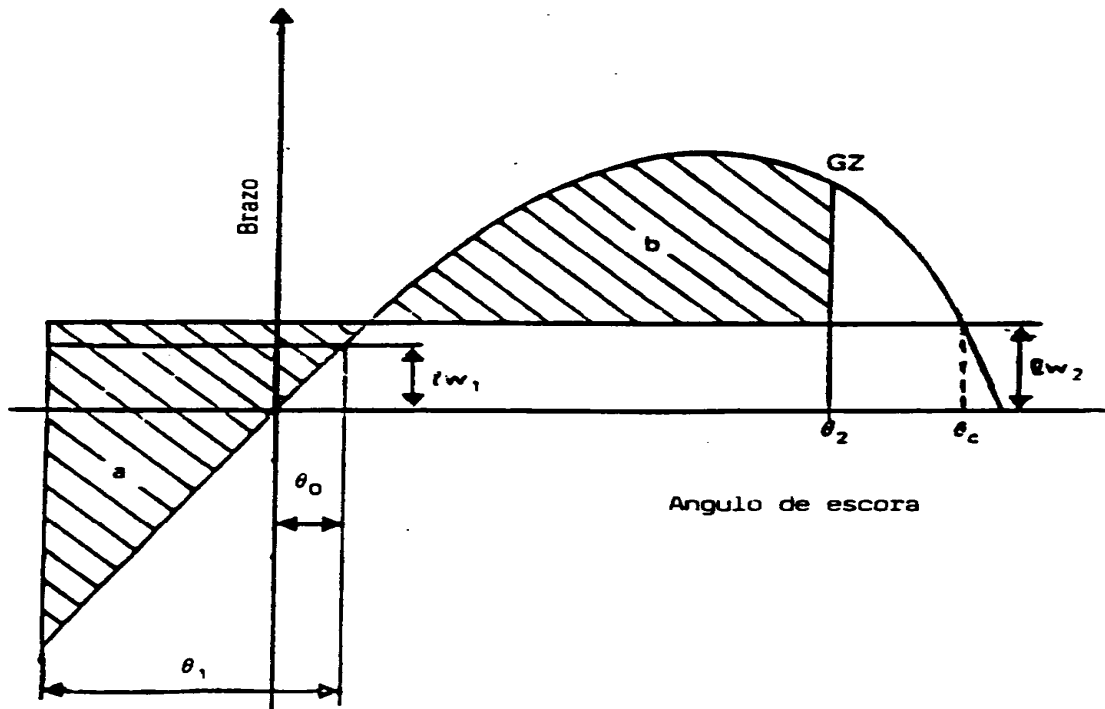


Figura - Viento y balance intensos

Los ángulos de esta figura se definen del modo siguiente:

$\theta_0$  = ángulo de escora provocado por un viento constante.

$\theta_1$  = ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas

$\theta_2$  = ángulo al que se produce inundación descendente ( $\theta_f$ ), o  $50^\circ$ , o  $\theta_C$ , tomando de estos valores el menor.

Los pares escorantes tendrán una ecuación de:

$$lw_1 = \frac{P \cdot A \cdot Z}{1000g\Delta} \quad (\text{m}) \quad \text{y}$$

$$lw_2 = 1,5 lw_1 \quad (\text{m})$$

donde:

P = 504 N/m<sup>2</sup>. El valor de P utilizado para los buques en servicio restringido podrá reducirse a reserva de que lo apruebe la Administración;

A = área lateral proyectada de la parte del buque y de la cubertada que quede por encima de la flotación (m<sup>2</sup>);

Z = distancia vertical desde el centro del área A hasta el centro del área lateral de la obra viva, o aproximadamente hasta el punto medio del calado (m);

$\Delta$  = desplazamiento (t);

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

Ángulo de balance ( $\theta_1$ ) a barlovento debido a la acción de las olas lo calcularemos:

$$\theta_1 = 109k \cdot X_1 \cdot X_2 \sqrt{r \cdot s} \quad (\text{grados})$$

donde:

X<sub>1</sub> = factor indicado en el cuadro 1

X<sub>2</sub> = factor indicado en el cuadro 2

k = factor que corresponde a lo siguiente:

- k = 1,0 respecto de un buque de pantoque redondo que no tenga quillas de balance ni quilla de barra
- k = 0,7 respecto de un buque de pantoque quebrado
- k = el valor que se indica en el cuadro 3 respecto de un buque con quillas de balance, quilla de barra o ambas

r = 0,73 ± 0,6 OG/d

donde: OG = distancia entre el centro de gravedad y la flotación (m) (positiva si el centro de gravedad queda por encima de la flotación, negativa si queda por debajo)

d = calado medio de trazado del buque (m)

s = factor indicado en el cuadro 4.

Cuadro 1 Valores del factor X <sub>1</sub>		Cuadro 2 Valores del factor X <sub>2</sub>		Cuadro 3 Valores del factor k		Cuadro 4 Valores del factor s	
B/d	X <sub>1</sub>	C <sub>B</sub>	X <sub>2</sub>	$\frac{A_k \cdot 100}{L \cdot B}$	k	T	s
≤ 2.4	1.0	≤ 0.45	0.75	0	1.0	≤ 6	0.100
2.5	0.98	0.50	0.82	1.0	0.98	7	0.098
2.6	0.96	0.55	0.89	1.5	0.95	8	0.093
2.7	0.95	0.60	0.95	2.0	0.88	12	0.065
2.8	0.93	0.65	0.97	2.5	0.79	14	0.053
2.9	0.91	≥ 0.70	1.0	3.0	0.74	16	0.044
3.0	0.90			3.5	0.72	18	0.038
3.1	0.88			≥ 4.0	0.70	≥ 20	0.035
3.2	0.86						
3.3	0.84						
3.4	0.82						
≥ 3.5	0.80						

(Los valores intermedios en los cuadros 1-4 se obtendrán por interpolación lineal.)

Periodo de balance T =  $\frac{2C \cdot B}{\sqrt{GM}}$  (segundos)

donde: C = 0,373 + 0,023 (B/d) - 0,043 (L/100).

Los símbolos que aparecen en los cuadros anteriores y en la fórmula del periodo de balance tienen los siguientes significados:

- L = eslora en la flotación del buque (m)
- B = manga de trazado del buque (m)
- d = calado medio de trazado del buque (m)
- C<sub>B</sub> = coeficiente de bloque
- A<sub>k</sub> = área total de las quillas de balance o área de la proyección lateral de la quilla de barra, o suma de estas áreas (m<sup>2</sup>)
- GM = altura metacéntrica corregida por el efecto de superficie libre (m)

Atendiendo a lo anterior podemos decir que el programa de cálculo hidromax calcula los valores de los pares escorantes de forma automática, pero  $\theta_1$  =el ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas ( $\theta_1$ ) se debe calcular:

$$\theta_1 = 109 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,75 \sqrt{(1,0215 \times 0,1)} = 14,63^\circ$$

Introduciendo este valor en el programa informático hidromax:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18)Ch3– Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				<b>Pass</b>
2		<i>Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i>				
3		constant: a =	0,99966			
4		wind pressure: P =	504,0	Pa		
5		area centroid height: h =	2,696	m		
6		total area: A =	42,290	m^2		
7		height of lateral resistance: H =	0,713	m		
8		cosine power: n =	0			
9		gust ratio	1,5			
10		<i>Area2 integrated to the lesser of</i>				
11		roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	14,6 (- 5,0)	deg	-5,0	
12		<i>Area 1 upper integration range, to the lesser of:</i>				
13		spec. heel angle	50,0	deg	50,0	
14		first downflooding angle	n/a	deg		
15		angle of vanishing stability (with gust heel arm)	101,8	deg		
16		<i>Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:</i>				
17		angle of max. GZ	56,4	deg	56,4	
18		Select required angle for angle of steady heel ratio:	Marginli ne Immersi on Angle			
19		Criteria:				<b>Pass</b>
20		<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16,0</b>	<b>deg</b>	<b>9,6</b>	<b>Pass</b>
21		<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100,000</b>	<b>%</b>	<b>241,167</b>	<b>Pass</b>
22		<i>Intermediate values</i>				
23		Heel arm amplitude		m	0,257	
24		Equilibrium angle with steady heel arm		deg	9,6	
25		Equilibrium angle with gust heel arm		deg	15,0	
26		Area1 (under GZ), from 15,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,465	
27		Area1 (under HA), from 15,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,236	
28		Area1, from 15,0 to 50,0 deg.		m.rad	0,229	
29		Area2 (under GZ), from -5,0 to 15,0 deg.		m.rad	0,040	
30		Area2 (under HA), from -5,0 to 15,0 deg.		m.rad	0,134	
31		Area2, from -5,0 to 15,0 deg.		m.rad	0,095	
32						

## 8.6 CÁLCULOS EN SITUACIÓN DE LLEGADA A PUERTO

### 8.6.1 CURVA DE ESTABILIDAD ESTÁTICA TRANSVERSAL

#### Stability Calculation

**Loadcase** – Llegada a puerto, pasajeros con su equipaje ( sin carga ), con 10% de combustible y provisiones:

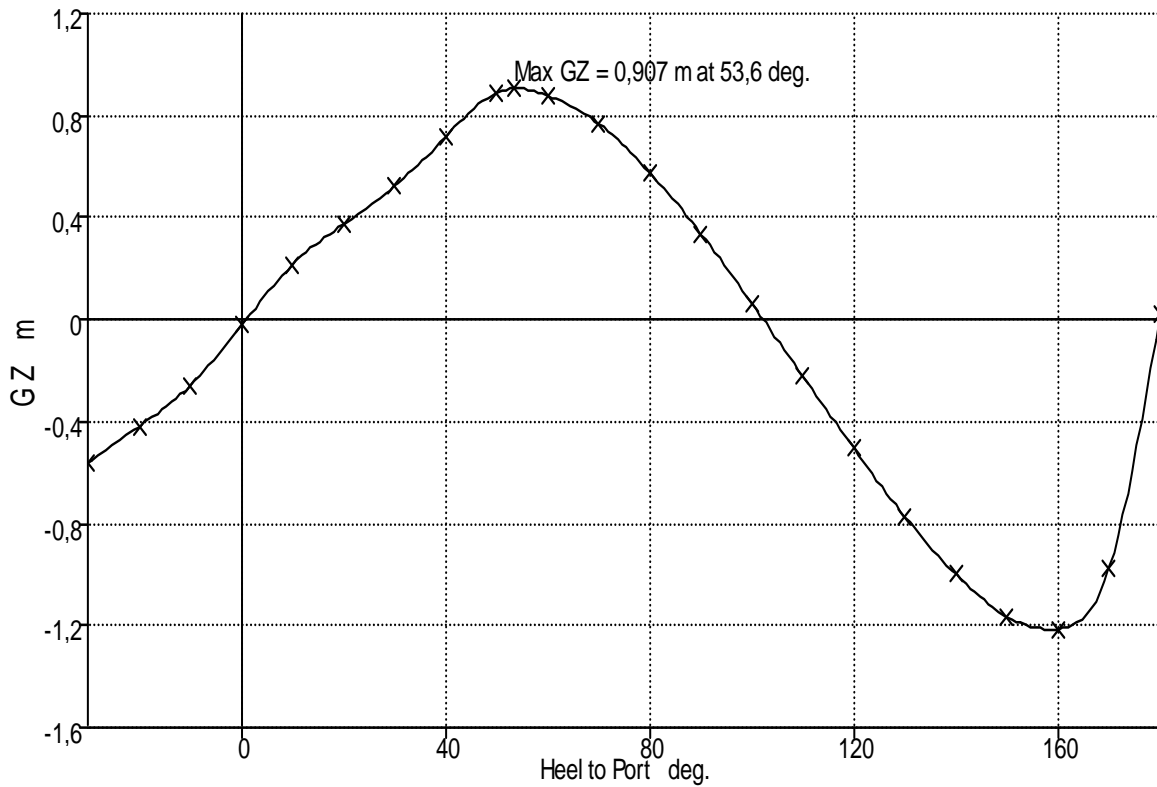
**Damage Case - Intact**

Free to Trim

Relative Density = 1,026

Fluid analysis method: Use corrected VCG

	Item Name	Quantity	Weight tonne	Long.Arm m	Vert.Arm m	Trans.Arm m	FSMom. tonne.m
1	Lightship	1	14,15	6,213	1,867	-0,024	0,000
2	Tanque de combustible	10%	0,1175	6,971	0,992	0,000	2,544
3	Tanque de Agua potable	10%	0,1254	9,223	1,049	0,000	1,945
4		<b>Total Weight=</b>	<b>14,39</b>	<b>LCG= 6,245 m</b>	<b>VCG= 1,852 m</b>	<b>TCG= -0,024 m</b>	<b>4,488</b>
5					<b>FScorr.= 0,312 m</b>		
6					<b>VCGfluid= 2,164 m</b>		



	Heel to Port degrees	-30	-20	-10	0	10	20
1	Displacement tonne	14,39	14,40	14,40	14,40	14,39	14,39
2	Draft at FP m	1,017	1,136	1,190	1,211	1,190	1,136
3	Draft at AP m	0,626	0,883	1,052	1,106	1,052	0,882
4	WL Length m	14,630	14,685	14,702	14,705	14,702	14,685
5	Immersed Depth m	0,603	0,845	1,044	1,102	1,044	0,845
6	WL Beam m	3,497	3,461	3,556	3,728	3,555	3,461
7	Wetted Area m <sup>2</sup>	52,596	52,427	53,997	55,695	53,994	52,424
8	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	39,545	38,495	40,036	41,853	40,034	38,493
9	Prismatic Coeff.	0,636	0,671	0,698	0,713	0,698	0,671
10	Block Coeff.	0,455	0,327	0,257	0,232	0,257	0,327
11	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,310	-1,320	-1,331	-1,333	-1,331	-1,320
12	VCB from DWL m	0,214	0,219	0,231	0,233	0,231	0,219
13	GZ m	-0,564	-0,418	-0,262	-0,024	0,215	0,373
14	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,236	-1,232	-1,424	-1,581	-1,424	-1,232
15	TCF to zero pt. m	1,598	1,200	0,657	0,000	-0,658	-1,200
16	Max deck inclination deg	30,0	20,0	10,0	0,4	10,0	20,0
17	Trim angle (+ve by stern) deg	-1,6	-1,0	-0,6	-0,4	-0,6	-1,0

	30	40	50	60	70	80	90	100
1	14,39	14,39	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40	14,40
2	1,016	0,803	0,419	-0,385	-1,999	-6,811	N/A	-12,248
3	0,626	0,258	-0,343	-1,343	-3,296	-8,967	N/A	-13,144
4	14,630	14,470	12,379	12,370	12,921	13,370	13,659	13,872
5	0,603	0,697	0,759	0,776	0,799	0,849	0,960	1,074
6	3,497	3,664	3,475	3,316	3,114	2,915	2,668	2,416
7	52,595	50,328	40,243	39,842	39,870	39,581	39,406	39,357
8	39,545	40,332	35,773	32,531	29,671	26,961	25,078	23,860
9	0,636	0,601	0,683	0,706	0,711	0,726	0,753	0,785
10	0,455	0,380	0,430	0,514	0,535	0,544	0,510	0,476
11	-1,310	-1,298	-1,287	-1,281	-1,281	-1,288	-1,302	-1,319
12	0,214	0,229	0,253	0,265	0,283	0,309	0,337	0,362
13	0,524	0,715	0,891	0,878	0,768	0,579	0,337	0,064
14	-1,236	-1,079	-1,175	-1,406	-1,509	-1,473	-1,420	-1,357
15	-1,598	-1,962	-2,508	-2,676	-2,678	-2,549	-2,341	-2,063
16	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
17	-1,6	-2,2	-3,1	-3,9	-5,2	-8,6	-90,0	-3,6

	110	120	130	140	150	160	170	180
1	14,40	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,39	14,40
2	-7,410	-5,761	-4,908	-4,375	-4,010	-3,748	-3,557	-3,460
3	-7,491	-5,554	-4,550	-3,920	-3,482	-3,165	-2,966	-2,901
4	14,054	14,227	14,416	14,680	14,986	14,990	14,992	14,992
5	1,145	1,173	1,226	1,273	1,256	1,162	0,954	0,665
6	2,114	1,918	2,029	2,249	2,645	3,426	5,003	5,486
7	39,485	39,834	40,534	41,799	44,151	48,393	57,910	67,002
8	23,243	23,215	23,874	25,451	28,485	33,864	45,189	58,350
9	0,824	0,859	0,749	0,649	0,554	0,466	0,362	0,320
10	0,456	0,438	0,391	0,334	0,282	0,235	0,196	0,256
11	-1,337	-1,357	-1,374	-1,389	-1,395	-1,398	-1,393	-1,388
12	0,379	0,387	0,383	0,365	0,332	0,283	0,218	0,181
13	-0,223	-0,507	-0,772	-1,001	-1,164	-1,213	-0,972	0,024
14	-1,288	-1,215	-1,134	-1,038	-0,909	-0,847	-0,924	-0,861
15	-1,728	-1,349	-0,942	-0,531	-0,153	0,155	0,214	0,000
16	110,0	120,0	130,0	140,0	149,9	159,9	169,7	177,8
17	-0,3	0,8	1,4	1,8	2,1	2,3	2,4	2,2

### 8.6.2 COMPROBACIÓN DE CRITERIOS DE ESTABILIDAD

El programa informático Hidromax posee la opción de comprobar el cumplimiento de los criterios de estabilidad, en los siguientes apartados mostraremos esta comprobación. Cuando el criterio se ha cumplido de forma satisfactoria devuelve la palabra PASS como resultado:

#### 8.6.2.1 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0.055 MxRAD HASTA EL ÁNGULO DE ESCORA DE 30°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
6		angle of vanishing stability	102,3	deg		
7		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,055</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,148</b>	<b>Pass</b>
8						

#### 8.6.2.2 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0.09 MxRAD HASTA EL ÁNGULO DE ESCORA DE 40° O HASTA EL ÁNGULO DE INÚNDACIÓN SI ESTE ES MENOR DE 40°

En esta comprobación consideraremos el ángulo de 40°, puesto que las aberturas se encuentran por encima del nivel del agua a 40° y además son estancas:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
6		first downflooding angle	n/a	deg		
7		angle of vanishing stability	102,3	deg		
8		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,090</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,255</b>	<b>Pass</b>
9						



### 8.6.2.3 ÁREA BAJO CURVA GZ MAYOR DE 0.03 MxRAD ENTRE LOS ÁNGULOS DE 30° Y 40° O ENTRE 30° Y EL ÁNGULO DE INÚNDACIÓN, SI ESTE ES MENOR DE 40°

En esta comprobación consideraremos el ángulo de 40°, puesto que las aberturas se encuentran por encima del nivel del agua a 40° y además son estancas:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				<b>Pass</b>
2		<i>from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	40,0	deg	40,0	
6		first downflooding angle	n/a	deg		
7		angle of vanishing stability	102,3	deg		
8		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,030</b>	<b>m.rad</b>	<b>0,108</b>	<b>Pass</b>
9						

### 8.6.2.4 EL BRAZO ADRIZANTE SERÁ DE 200MM., COMO MÍNIMO, PARA UN ÁNGULO DE ESCORA IGUAL O SUPERIOR A 30°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				<b>Pass</b>
2		<i>in the range from the greater of</i>				
3		spec. heel angle	30,0	deg	30,0	
4		<i>to the lesser of</i>				
5		spec. heel angle	180,0	deg	180,0	
6		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,200</b>	<b>m</b>	<b>0,907</b>	<b>Pass</b>
7		<i>Intermediate values</i>				
8		angle at which this GZ occurs		deg	53,6	
9						

### 8.6.2.5 EL BRAZO ADRIZANTE MÁXIMO CORRESPONDERÁ A UN ÁNGULO DE ESCORA NO INFERIOR A 25°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass
2		shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	53,6	Pass
3						

### 8.6.2.6 LA ALTURA METACÉNTRICA INICIAL CORREGIDA NO SERÁ INFERIOR A 150MM.

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass
2		spec. heel angle	0,0	deg		
3		shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	1,504	Pass
4						

### 8.6.2.7 EL ÁNGULO DE ESCORA PRODUCIDO POR LA POSICIÓN MÁS DESFAVORABLE DE LOS PASAJEROS NO DEBE EXCEDER DE 10°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass
2		<i>Pass. crowding arm = <math>nPass M / disp. D \cos^n(\phi)</math></i>				
3		number of passengers: nPass =	6			
4		passenger mass: M =	0,075	tonne		
5		distance from centre line: D =	2,752	m		
6		cosine power: n =	1			
7		shall not be greater than ( $\leq$ )	10,0	deg	4,3	Pass
8		<i>Intermediate values</i>				
9		Heel arm amplitude		m	0,086	
10						

### 8.6.2.8 EL ÁNGULO DE ESCORA PRODUCIDO POR EFECTO DE UNA VIRADA NO DEBE SER SUPERIOR A 10°

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	A.749(18) Ch3 – Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass
2		<i>Turn arm:</i> $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$				
3		constant: a =	0,9996			
4		vessel speed: v =	18,000	kts		
5		turn radius, R, as percentage of Lwl	510,00	%		
6		h = KG - mean draught / 2	1,273	m		
7		cosine power: n =	1			
8		shall not be greater than (<=)	10,0	deg	6,9	Pass
9		<i>Intermediate values</i>				
10		Heel arm amplitude		m	0,148	
11						

### 8.6.2.9 EFECTO DEL VIENTO Y BALANCE INTENSOS

El procedimiento para comprobar esta condición es el mismo que en el punto 8.5.2.9 (variando solamente la condición de carga).

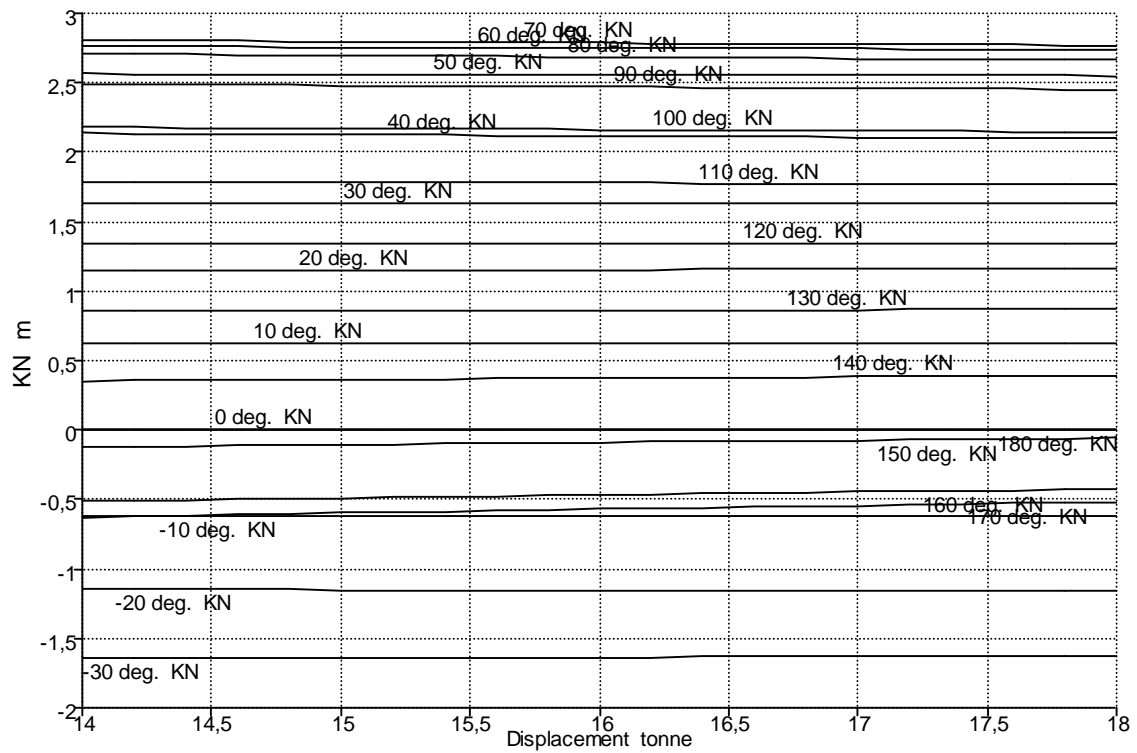
En este caso programa de cálculo hidromax también calcula los valores de los pares escorantes de forma automática, pero  $\theta_1$  =el ángulo de balance a barlovento debido a la acción de las olas ( $\theta_1$ ) se debe calcular:

$$\theta_1 = 109 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,75 \sqrt{(1,056 \times 0,1)} = 14.87^\circ$$

Introduciendo este valor en el programa informático hidromax:

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
1	<b>A.749(18) Ch3</b> - <b>Design criteria applicable to all ships</b>	<b>3.2.2: Severe wind and rolling</b>				<b>Pass</b>
2		<i>Wind arm: <math>a P A (h - H) / (g disp.) \cos^n(phi)</math></i>				
3		constant: a =	0,99966			
4		wind pressure: P =	504,0	Pa		
5		area centroid height: h =	2,662	m		
6		total area: A =	43,247	m <sup>2</sup>		
7		height of lateral resistance: H =	0,679	m		
8		cosine power: n =	0			
9		gust ratio	1,5			
10		<i>Area2 integrated to the lesser of</i>				
11		roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	14,9 (0,4)	deg	0,4	
12		<i>Area 1 upper integration range, to the lesser of:</i>				
13		spec. heel angle	50,0	deg	50,0	
14		first downflooding angle	n/a	deg		
15		angle of vanishing stability (with gust heel arm)	85,2	deg		
16		<i>Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:</i>				
17		angle of max. GZ	53,6	deg	53,6	
18		Select required angle for angle of steady heel ratio:	Marginline Immersion Angle			
19		Criteria:				<b>Pass</b>
20		<b>Angle of steady heel shall not be greater than (&lt;=)</b>	<b>16,0</b>	<b>deg</b>	<b>15,3</b>	<b>Pass</b>
21		<b>Area1 / Area2 shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>100,000</b>	<b>%</b>	<b>100,093</b>	<b>Pass</b>
22		<i>Intermediate values</i>				
23		Heel arm amplitude		m	0,306	
24		Equilibrium angle with steady heel arm		deg	15,3	
25		Equilibrium angle with gust heel arm		deg	25,9	
26		Area1 (under GZ), from 25,9 to 50,0 deg.		m.rad	0,284	
27		Area1 (under HA), from 25,9 to 50,0 deg.		m.rad	0,193	
28		Area1, from 25,9 to 50,0 deg.		m.rad	0,091	
29		Area2 (under GZ), from 0,4 to 25,9 deg.		m.rad	0,113	
30		Area2 (under HA), from 0,4 to 25,9 deg.		m.rad	0,204	
31		Area2, from 0,4 to 25,9 deg.		m.rad	0,091	
32						

8.7 CURVAS KN



	Displacement tonne	KN 30 deg. Starb.	KN 20 deg. Starb.	KN 10 deg. Starb.	KN 0 deg.
1	14	-1,636	-1,147	-0,620	0,000
2	14,2	-1,636	-1,148	-0,621	0,000
3	14,4	-1,636	-1,148	-0,621	0,000
4	14,6	-1,635	-1,149	-0,622	0,000
5	14,8	-1,635	-1,150	-0,622	0,000
6	15	-1,635	-1,151	-0,622	0,000
7	15,2	-1,635	-1,152	-0,623	0,000
8	15,4	-1,635	-1,153	-0,623	0,000
9	15,6	-1,634	-1,154	-0,623	0,000
10	15,8	-1,634	-1,154	-0,623	0,000
11	16	-1,634	-1,155	-0,623	0,000
12	16,2	-1,634	-1,156	-0,624	0,000
13	16,4	-1,634	-1,156	-0,624	0,000
14	16,6	-1,634	-1,157	-0,624	0,000
15	16,8	-1,634	-1,158	-0,624	0,000
16	17	-1,634	-1,158	-0,624	0,000
17	17,2	-1,634	-1,159	-0,624	0,000
18	17,4	-1,634	-1,159	-0,624	0,000
19	17,6	-1,634	-1,160	-0,624	0,000
20	17,8	-1,634	-1,160	-0,624	0,000
21	18	-1,634	-1,161	-0,624	0,000

	KN 10 deg. Port.	KN 20 deg. Port.	KN 30 deg. Port.	KN 40 deg. Port.	KN 50 deg. Port.	KN 60 deg. Port.
1	0,620	1,147	1,636	2,139	2,565	2,762
2	0,621	1,148	1,636	2,136	2,565	2,761
3	0,621	1,148	1,636	2,134	2,564	2,760
4	0,622	1,149	1,635	2,132	2,564	2,759
5	0,622	1,150	1,635	2,129	2,563	2,758
6	0,622	1,151	1,635	2,127	2,562	2,757
7	0,623	1,152	1,635	2,125	2,562	2,756
8	0,623	1,153	1,635	2,123	2,561	2,755
9	0,623	1,154	1,634	2,121	2,560	2,754
10	0,623	1,154	1,634	2,119	2,560	2,753
11	0,623	1,155	1,634	2,118	2,559	2,752
12	0,624	1,156	1,634	2,116	2,558	2,750
13	0,624	1,156	1,634	2,114	2,558	2,749
14	0,624	1,157	1,634	2,112	2,557	2,748
15	0,624	1,158	1,634	2,111	2,556	2,747
16	0,624	1,158	1,634	2,109	2,555	2,746
17	0,624	1,159	1,634	2,108	2,554	2,744
18	0,624	1,159	1,634	2,106	2,554	2,743
19	0,624	1,160	1,634	2,104	2,553	2,742
20	0,624	1,160	1,634	2,103	2,552	2,741
21	0,624	1,161	1,634	2,102	2,551	2,739

	KN 70 deg. Port.	KN 80 deg. Port.	KN 90 deg. Port.	KN 100 deg. Port.	KN 110 deg. Port.	KN 120 deg. Port.
1	2,806	2,708	2,493	2,181	1,790	1,341
2	2,804	2,706	2,491	2,179	1,789	1,341
3	2,802	2,704	2,488	2,177	1,788	1,340
4	2,800	2,701	2,486	2,175	1,786	1,340
5	2,798	2,699	2,484	2,173	1,785	1,340
6	2,797	2,697	2,482	2,171	1,784	1,339
7	2,795	2,695	2,480	2,170	1,783	1,339
8	2,793	2,692	2,477	2,168	1,782	1,339
9	2,791	2,690	2,475	2,166	1,781	1,339
10	2,789	2,688	2,473	2,164	1,780	1,338
11	2,787	2,686	2,471	2,163	1,779	1,338
12	2,786	2,684	2,469	2,161	1,778	1,338
13	2,784	2,682	2,467	2,159	1,777	1,338
14	2,782	2,679	2,465	2,158	1,776	1,338
15	2,780	2,677	2,463	2,156	1,775	1,338
16	2,778	2,675	2,461	2,155	1,774	1,338
17	2,777	2,673	2,459	2,153	1,773	1,337
18	2,775	2,671	2,457	2,152	1,772	1,337
19	2,773	2,669	2,455	2,150	1,771	1,337
20	2,771	2,667	2,453	2,149	1,771	1,337
21	2,769	2,665	2,452	2,147	1,770	1,337

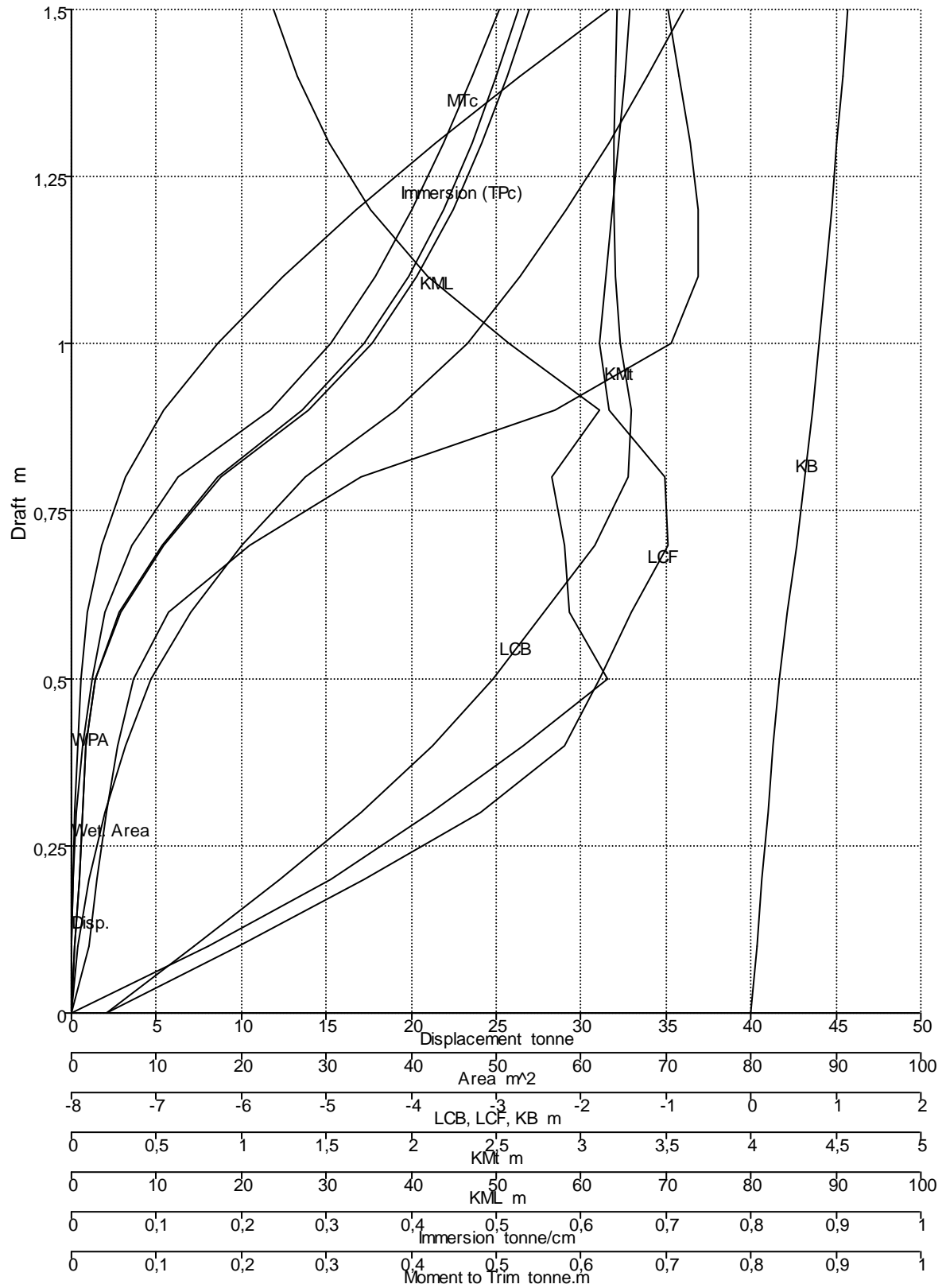
	KN 130 deg. Port.	KN 140 deg. Port.	KN 150 deg. Port.	KN 160 deg. Port.	KN 170 deg. Port.	KN 180 deg. Port.
1	0,854	0,355	-0,122	-0,513	-0,627	0,000
2	0,855	0,357	-0,119	-0,508	-0,621	0,000
3	0,856	0,359	-0,116	-0,503	-0,615	0,000
4	0,856	0,361	-0,112	-0,499	-0,609	0,000
5	0,857	0,363	-0,109	-0,494	-0,604	0,000
6	0,858	0,364	-0,106	-0,490	-0,598	0,000
7	0,859	0,366	-0,103	-0,485	-0,592	0,000
8	0,859	0,368	-0,100	-0,481	-0,587	0,000
9	0,860	0,370	-0,096	-0,476	-0,581	0,000
10	0,861	0,372	-0,093	-0,472	-0,576	0,000
11	0,862	0,374	-0,090	-0,467	-0,570	0,000
12	0,863	0,376	-0,087	-0,463	-0,565	0,000
13	0,863	0,378	-0,084	-0,458	-0,559	0,000
14	0,864	0,380	-0,081	-0,454	-0,554	0,000
15	0,865	0,382	-0,078	-0,450	-0,549	0,000
16	0,866	0,384	-0,075	-0,445	-0,544	0,000
17	0,867	0,385	-0,071	-0,441	-0,538	0,000
18	0,867	0,387	-0,068	-0,437	-0,533	0,000
19	0,868	0,389	-0,065	-0,432	-0,528	0,000
20	0,869	0,391	-0,062	-0,428	-0,523	0,000
21	0,870	0,393	-0,059	-0,424	-0,518	0,000

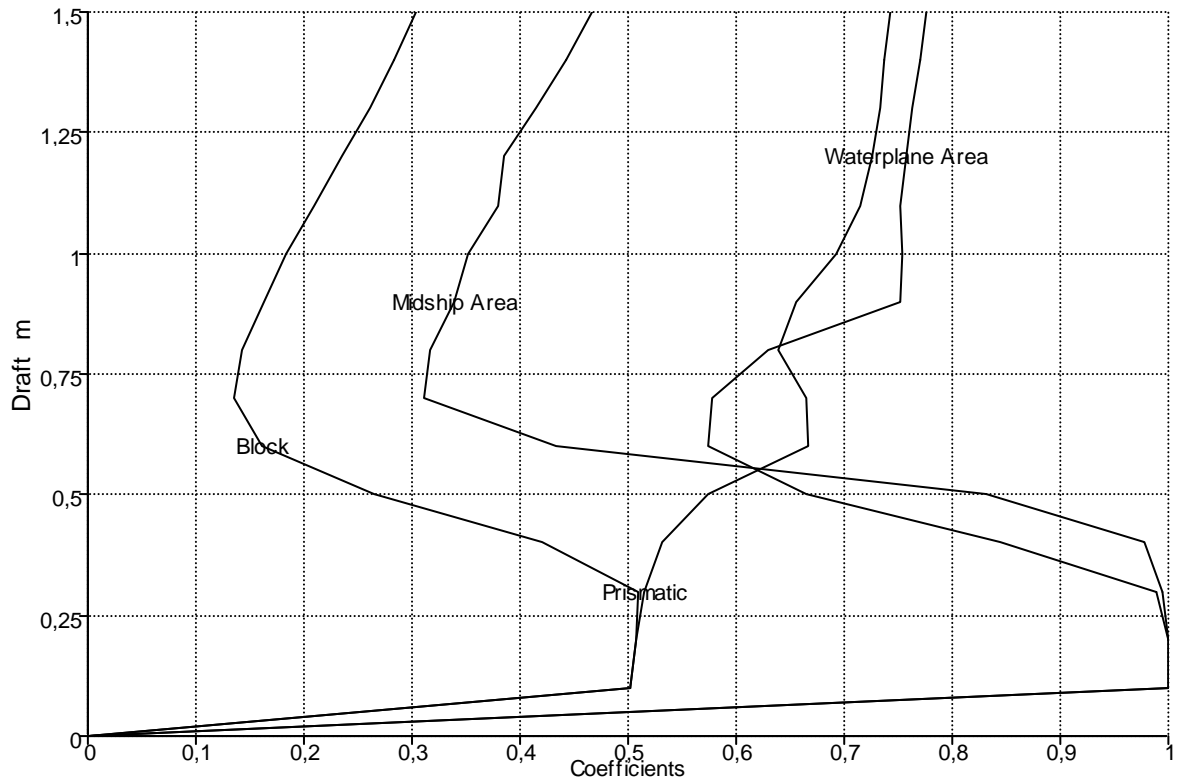
## 8.8 HIDROSTÁTICAS

	Draft Amidsh. m	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1
1	Displacement tonne	31,67	26,4	21,41	16,75	12,46	8,64
2	Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0
3	Draft at FP m	1,500	1,400	1,300	1,200	1,100	1,000
4	Draft at AP m	1,500	1,400	1,300	1,200	1,100	1,000
5	Draft at LCF m	1,500	1,400	1,300	1,200	1,100	1,000
6	Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	WL Length m	14,805	14,779	14,743	14,700	14,657	14,588
8	WL Beam m	4,572	4,394	4,185	3,928	3,598	3,142
9	Wetted Area m <sup>2</sup>	72,106	67,775	63,207	58,302	52,871	46,571
10	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	52,563	50,033	47,131	43,737	39,658	34,525
11	Prismatic Coeff.	0,742	0,738	0,733	0,727	0,715	0,693
12	Block Coeff.	0,304	0,283	0,260	0,236	0,209	0,184
13	Midship Area Coeff.	0,467	0,442	0,415	0,386	0,379	0,352
14	Waterpl. Area Coeff.	0,777	0,770	0,764	0,757	0,752	0,753
15	LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,573	-1,597	-1,614	-1,619	-1,599	-1,533
16	LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	-1,424	-1,488	-1,559	-1,636	-1,715	-1,777
17	KB m	1,141	1,079	1,016	0,951	0,882	0,807
18	KG m	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
19	BMt m	2,373	2,497	2,623	2,738	2,805	2,721
20	BML m	22,673	25,564	29,294	34,243	41,074	50,651
21	GMt m	2,314	2,377	2,439	2,489	2,487	2,329
22	GML m	22,614	25,444	29,111	33,994	40,756	50,258
23	KMt m	3,514	3,577	3,639	3,689	3,687	3,529
24	KML m	23,814	26,644	30,311	35,194	41,956	51,458
25	Immersion (TPc) tonne/cm	0,539	0,513	0,484	0,449	0,407	0,354
26	MTc tonne.m	0,504	0,472	0,438	0,400	0,357	0,305
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1,279	1,095	0,912	0,727	0,541	0,351
28	Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

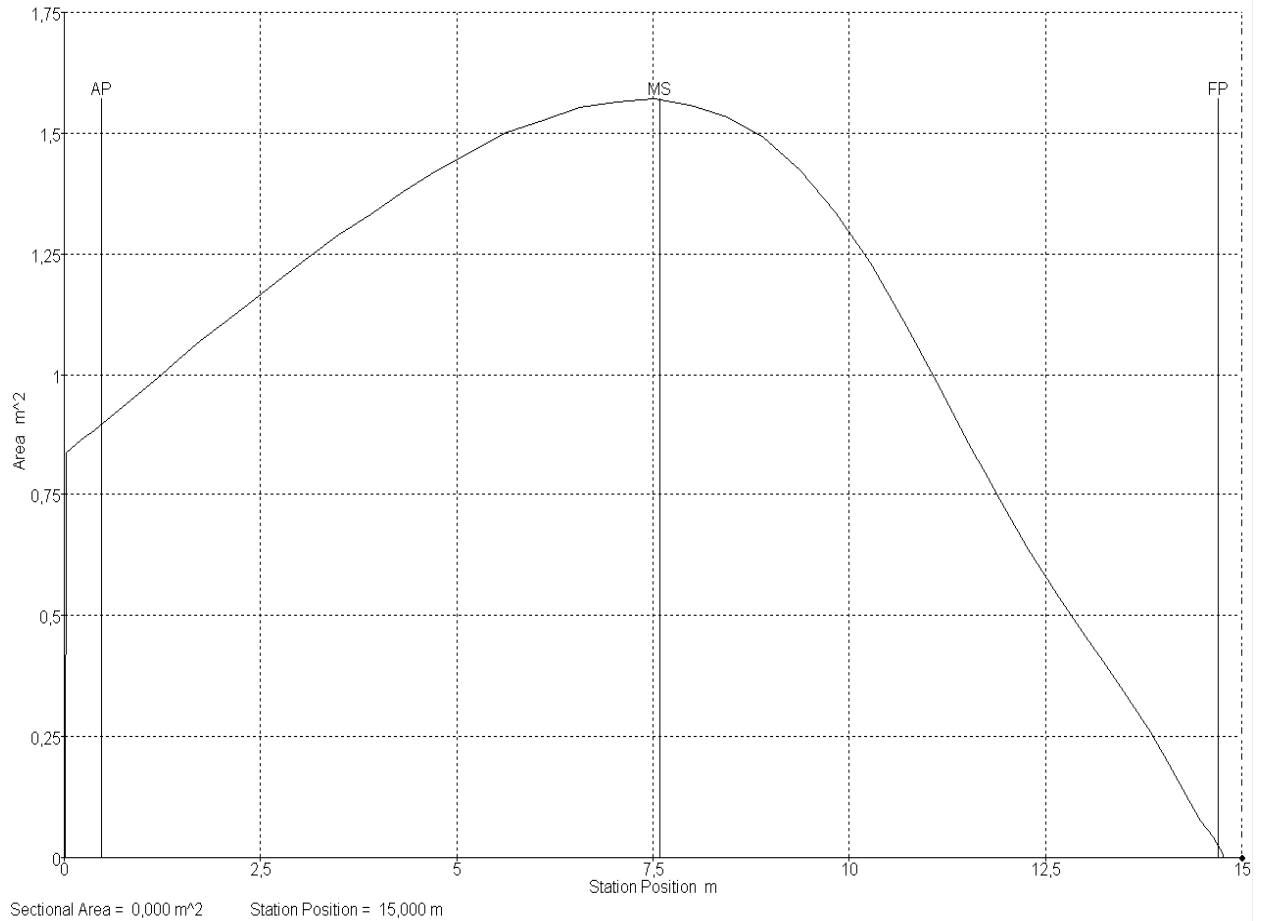


	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
1	5,45	3,206	1,792	0,971	0,562	0,3438	0,1958	0,0885	0,0224	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000
4	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000
5	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	14,515	14,405	14,250	14,000	13,296	11,217	8,823	6,078	3,100	0,000
8	2,492	1,896	1,291	0,700	0,312	0,178	0,142	0,140	0,140	0,000
9	38,269	27,532	20,130	13,965	9,448	6,381	4,004	2,111	0,759	0,000
10	27,212	17,219	10,640	5,623	2,760	1,682	1,236	0,851	0,434	0,000
11	0,656	0,639	0,665	0,667	0,573	0,531	0,515	0,507	0,503	0,000
12	0,163	0,143	0,136	0,161	0,264	0,420	0,509	0,507	0,503	0,000
13	0,339	0,317	0,310	0,432	0,831	0,977	0,994	1,000	1,000	0,000
14	0,752	0,630	0,578	0,574	0,665	0,844	0,988	1,000	1,000	0,000
15	-1,399	-1,453	-1,845	-2,442	-3,045	-3,744	-4,595	-5,547	-6,552	-7,588
16	-1,677	-1,010	-0,982	-1,401	-1,785	-2,204	-3,181	-4,550	-6,038	-7,588
17	0,722	0,631	0,533	0,430	0,338	0,265	0,199	0,133	0,066	0,000
18	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
19	2,125	1,072	0,512	0,143	0,024	0,010	0,011	0,016	0,033	0,000
20	61,466	55,875	57,492	58,202	62,743	53,010	42,080	30,378	15,953	0,000
21	1,647	0,503	-0,155	-0,627	-0,837	-0,925	-0,991	-1,051	-1,101	-1,200
22	60,988	55,306	56,825	57,432	61,882	52,075	41,078	29,311	14,820	-1,200
23	2,847	1,703	1,045	0,573	0,363	0,275	0,209	0,149	0,099	0,000
24	62,188	56,506	58,025	58,632	63,082	53,275	42,278	30,511	16,020	0,000
25	0,279	0,177	0,109	0,058	0,028	0,017	0,013	0,009	0,004	0,000
26	0,234	0,125	0,072	0,039	0,024	0,013	0,006	0,002	0,000	0,000
27	0,157	0,028	-0,005	-0,011	-0,008	-0,006	-0,003	-0,002	0	0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0





### 8.9 CURVA DE ÁREAS



## 8.10 CÁLCULO DEL LÍMITE DE PLANEEO

Una vez conocidos los parámetros principales del casco, es conveniente hacer una aproximación del comportamiento de la embarcación durante el planeo. Lo que haremos que a partir de los datos del proyecto calcularemos el ángulo de trimado en planeo. Una vez calculado este, comprobaremos que nuestra embarcación puede navegar en condiciones de seguridad con este ángulo.

El método usado para dicho cálculo se basa en el uso y comparación de tres coeficientes:

- El Coeficiente de sustentación para una superficie plana  $C_{L0}$  ( $\beta=0$ ), que resume el comportamiento de una superficie plana al desplazarse sobre la superficie del agua a cierta velocidad.
- El Coeficiente de sustentación en función de  $\beta$  (astilla muerta), que recoge los efectos producidos por la fuerza de empuje sobre el casco.
- El Coeficiente de Velocidad, que es directamente proporcional a la velocidad de la embarcación y resume los efectos de esta.

Para el desarrollo de este método trabajaremos con unidades anglosajonas. Comenzaremos calculando el coeficiente de velocidad ( $C_v$ ) y el coeficiente de sustentación en función de  $\beta$  ( $C_{L\beta}$ ):

$$C_v = V / (g \times b)^{1/2} = 30,38 / (32,2 \times 11,03)^{1/2} = 1,61$$

$$C_{L\beta} = m \times g / (0,5 \times \varphi \times V^2 \times b^2) = 0,3388$$

Siendo:

- $V$ , velocidad máxima, 18 nudos, (se ha tomado esta solamente por ser la situación más desfavorable), equivaliendo a 30,38 pies/seg.
- Aceleración de la gravedad 32,2 pies/seg<sup>2</sup>.
- $b$ , manga de planeo, 3,363m., equivaliendo a 11,033pies.
- $m \times g$ , desplazamiento de la embarcación, 16750Kg., equivaliendo a 36927,42 libras.
- $\varphi$ , densidad del agua de mar, 1,94libras/pies<sup>3</sup>.

Entrando con los dos coeficientes anteriores en la siguiente tabla y considerando la astilla muerta de 19 grados, calcularemos el coeficiente de sustentación:

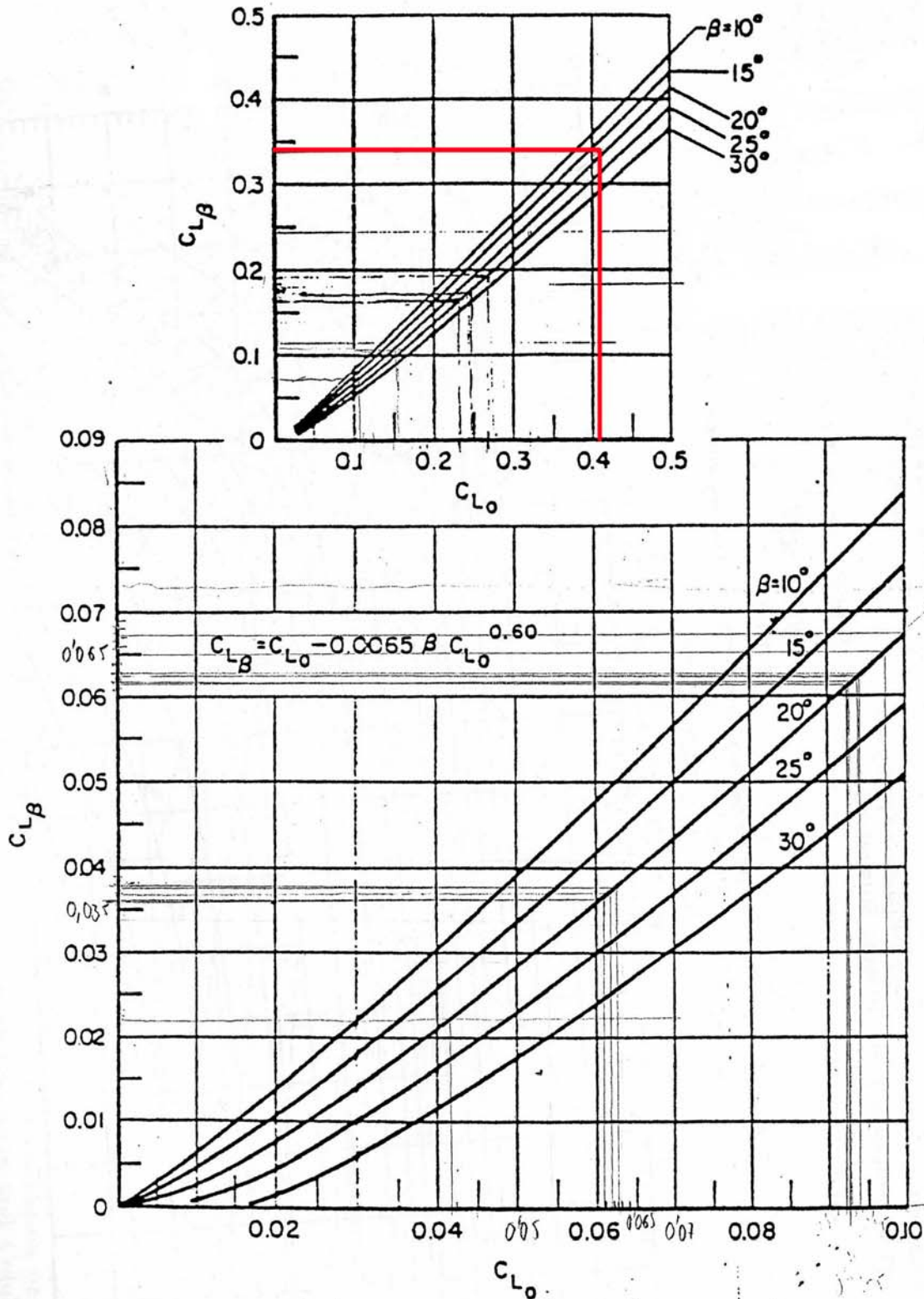


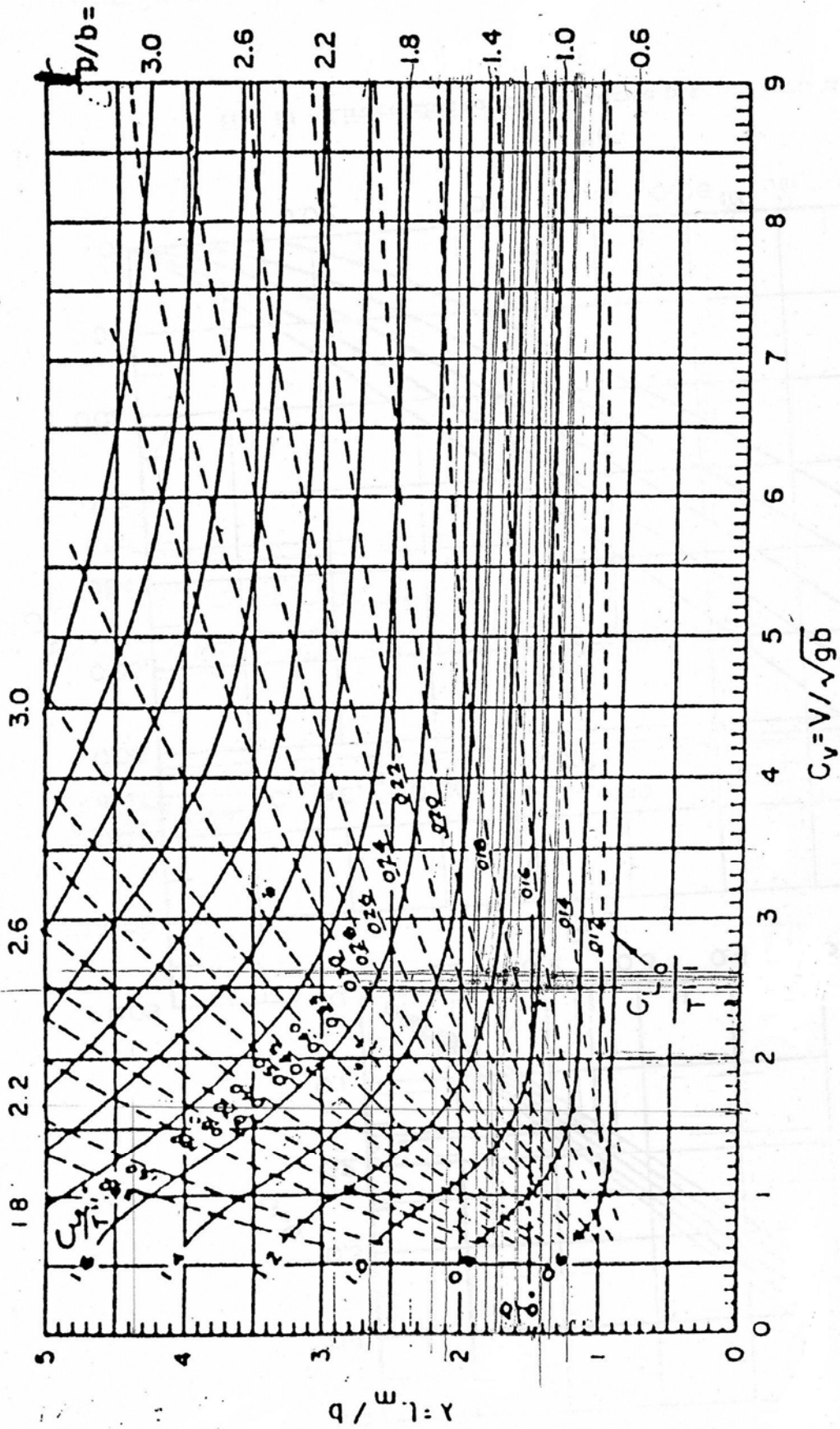
Fig. 11 Lift coefficient of a deadrise planing surface

El Coeficiente de sustentación para una superficie plana,  $C_{L0}$  con  $\beta=0$ , será 0,407.

Una vez conocido  $C_{L0}$  pasamos a calcular el ángulo de asiento máximo. Para calcularlo utilizaremos un monograma que entrando con  $C_v$  y con la relación eslora mojada-manga:  $\lambda = L_m/b = 48,23/11,033 = 4,37$ , obtendremos el valor de  $C_{L0}/T^{1,1}$ , siendo T el valor del asiento máximo.

Debemos tener en cuenta que el monograma está obtenido de manera experimental y supone que la actuación de las fuerzas hidrodinámicas se hace a través del centro de gravedad, por esto debemos comprobar que nuestra embarcación tenga un valor de su c.d.g. dentro de unos valores normales. Según la experiencia de diversos proyectistas navales, el centro de gravedad se sitúa entre  $0,463 \times L_{flot}$  y  $0,32 \times L_{flot}$  medidos desde la perpendicular de popa, en nuestra embarcación ( $L_{flot} = 14,7m$ .) deberá estar entre 6,8061m. y 4,704m. siendo el valor del c.d.g. de nuestra embarcación respecto Ppopa de 6,048m. consideramos este valor válido y aplicable el método.

Seguidamente exponemos el monograma:



De la gráfica obtenemos un ángulo de trimado de 1,61 grados. Con este valor y con  $\sqrt{C_{L\beta}}/2$  (0,41) entraremos en la siguiente gráfica en la que comprobaremos que la embarcación es estable (consideraremos el ángulo de astilla muerta de 19 grados):

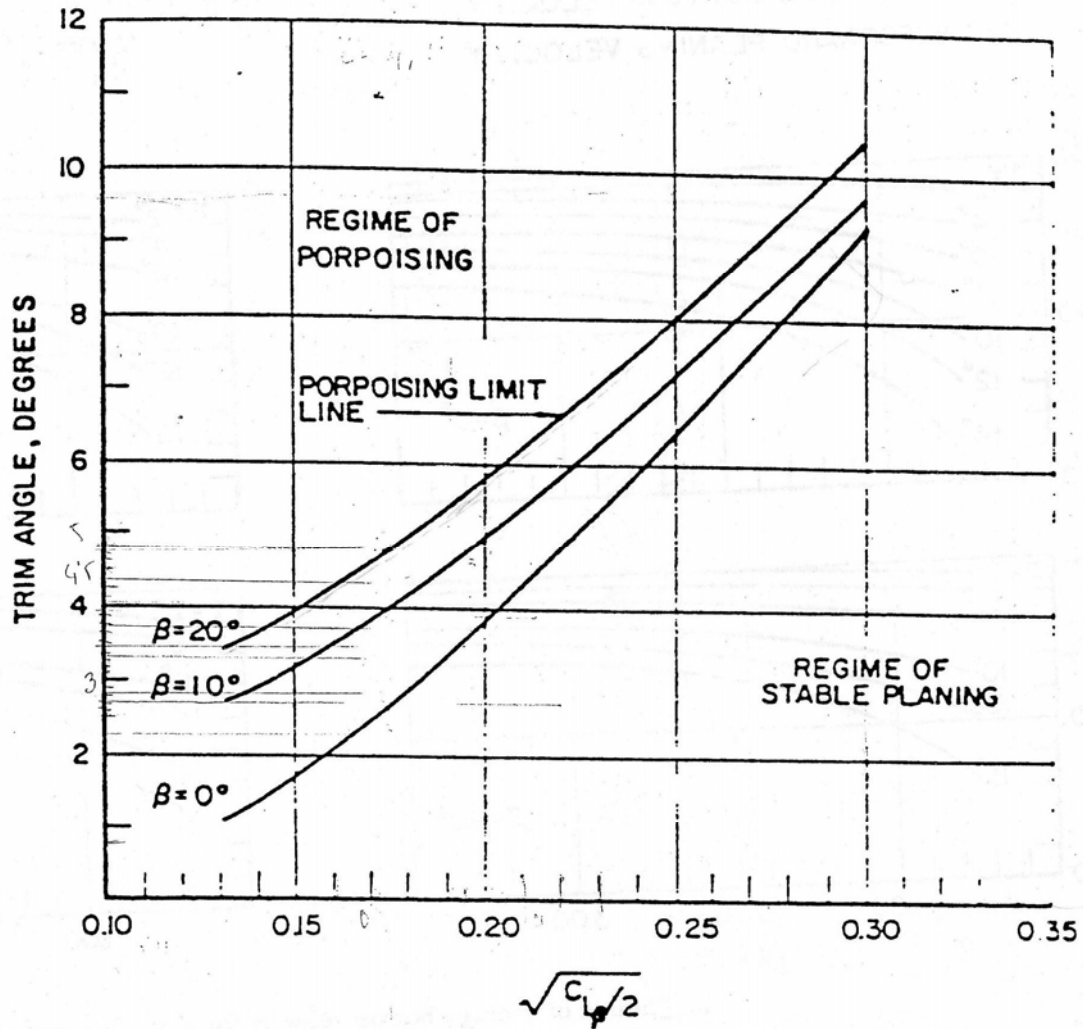


Fig. 18 Porpoising limits for prismatic planing hulls



EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 9

### RESISTENCIA Y POTENCIA PROPULSORA

## CAPÍTULO 9

### RESISTENCIA Y POTENCIA PROPULSORA

#### 9.1 INTRODUCCIÓN

Para el cálculo de la potencia propulsora utilizaremos el programa informático HULLSPEED, este programa trabaja mediante un modelo tridimensional de la embarcación, con lo que podemos pensar que los resultados serán muy fiables. Después emplearemos la información resultante para seleccionar la maquinaria propulsora.

#### 9.2 CÁLCULO DE RESISTENCIA Y POTENCIA PROPULSORA

Hullspeed puede calcular la resistencia empleando siete métodos diferentes, los cuales pasamos a enumerar y a describir:

1.- Savitsky (Pre-planing): es utilizado para embarcaciones con casco de planeo, para calcular la resistencia antes de llegar a planear.

2.- Savitsky (Planing): se utiliza en cascos con capacidad de planear, cuando navegan a velocidades de generen planeo.

3.- Lahtiharju: es utilizada en embarcaciones con formas con capacidad de planear, navegando a este régimen.

4.- Holtrop: se utiliza para predecir la resistencia de buques tanque, carga general, pesqueros, remolcadores, portacontenedores y frigoríficos.

5.- Van Oortmerssen: es apropiado para calcular la resistencia de barcos pequeños como trawlers y remolcadores.

6.- Series 60: se utiliza para estimar la resistencia de buques general.

7.- Delft Series: es utilizado para estimar la resistencia de barcos de vela.

Hullspeed comprueba la aplicabilidad, en función de diversos parámetros de forma, de cada método en el modelo desarrollado y muestra los resultados en la siguiente tabla:

	Value	Units	Savitsky Pre-planing	Savitsky Planing	Lahtiharju Planning	Holtrop
LWL	14,7	m	14,7	14,7	14,7	14,7 (low)
Beam	3,933	m	3,933	3,933	3,933 (low)	3,933 (high)
Draft	1,2	m	--	--	1,2 (high)	1,2
Displaced volume	16,284	m <sup>3</sup>	16,284	16,284	16,284	16,284
Wetted area	58,256	m <sup>2</sup>	58,256	--	58,256	58,256
Prismatic coeff.	0,726		--	--	--	0,726
Waterplane area coeff.	0,756		--	--	--	0,756
1/2 angle of entrance	15,13	deg.	15,13	--	--	15,13
LCG from midships(+ve for'd)	-0,964	m	--	-0,964	--	-0,964
Transom area	1,169	m <sup>2</sup>	1,169	--	1,169	1,169
Max sectional area	1,525	m <sup>2</sup>	1,525	--	1,525	--
Bulb transverse area	0,005	m <sup>2</sup>	--	--	--	0,005
Bulb height from keel	0	m	--	--	--	0
Draft at FP	1,341	m	--	--	--	1,341
Deadrise at 50% LWL	18,39	deg.	--	18,39	--	--
Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--	Hard chine	--

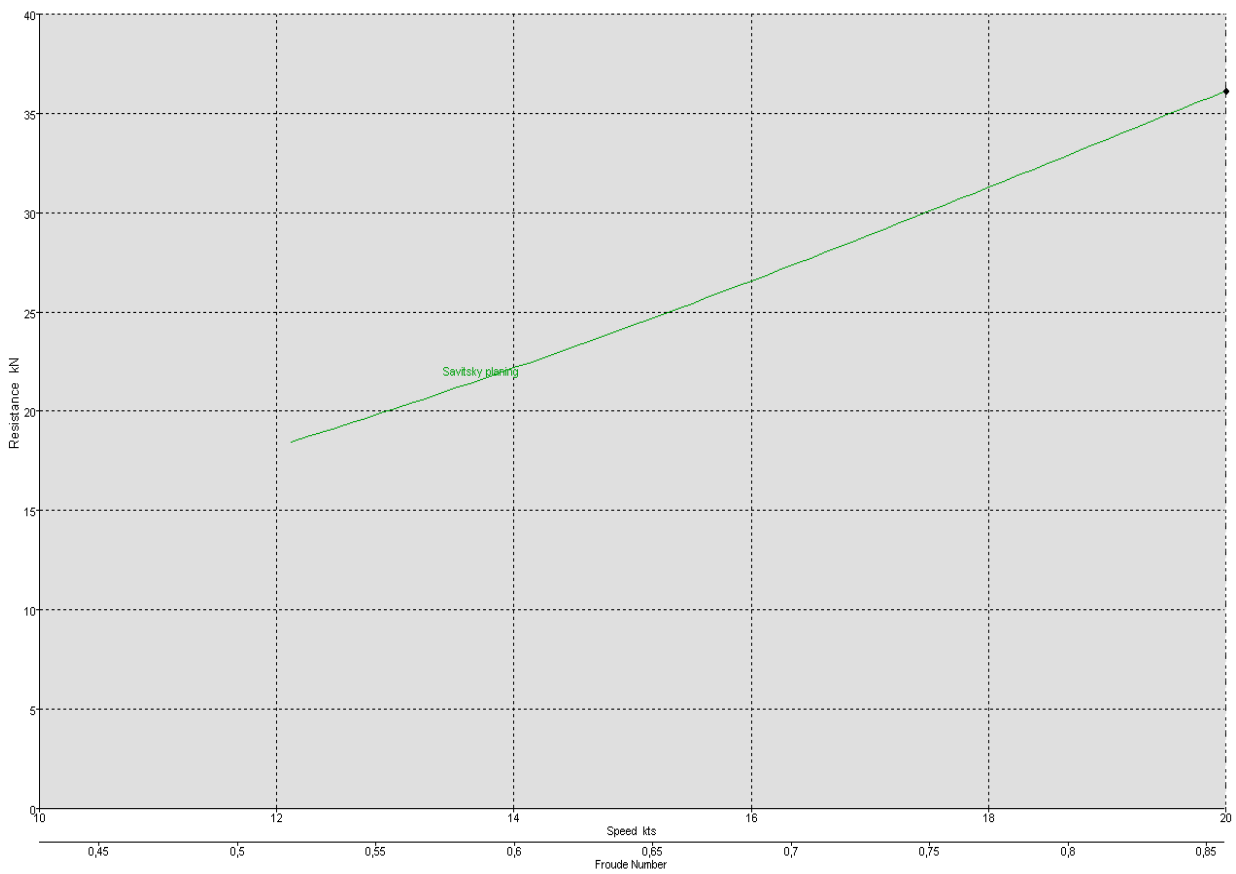
	Value	Units	Van Oort	Series60	Delft I,II Sail	Delft III Sail
LWL	14,7	m	14,7	14,7 (high)	14,7 (low)	14,7 (low)
Beam	3,933	m	3,933 (high)	3,933 (high)	3,933	3,933
Draft	1,2	m	1,2 (high)	1,2 (high)	1,2	1,2
Displaced volume	16,284	m <sup>3</sup>	16,284	16,284 (low)	16,284	16,284
Wetted area	58,256	m <sup>2</sup>	58,256	58,256	58,256	58,256
Prismatic coeff.	0,726		0,726 (high)	--	0,726 (high)	0,726 (high)
Waterplane area coeff.	0,756		--	--	0,756	0,756
1/2 angle of entrance	15,13	deg.	15,13	--	--	--
LCG from midships(+ve for'd)	-0,964	m	-0,964	--	-0,964 (low)	-0,964 (low)
Transom area	1,169	m <sup>2</sup>	--	--	--	--
Max sectional area	1,525	m <sup>2</sup>	1,525 (low)	--	--	--
Bulb transverse area	0,005	m <sup>2</sup>	--	--	--	--
Bulb height from keel	0	m	--	--	--	--
Draft at FP	1,341	m	--	--	--	--
Deadrise at 50% LWL	18,39	deg.	--	--	--	--
Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--	--	--

Después de analizar la información vemos que en el caso en que los valores son altos muestra (high) y en el caso de ser inferiores a la aplicabilidad muestra (low). Los métodos más apropiados son Savitsky pre-plannig y Savitsky planning, considerando el nº de Froude (0,771) de nuestra embarcación (recordemos el estudio de la condición de navegación), concluimos que nuestra embarcación planearía levemente. Considerando lo anterior emplearemos para la resistencia el método de Savitsky planning.

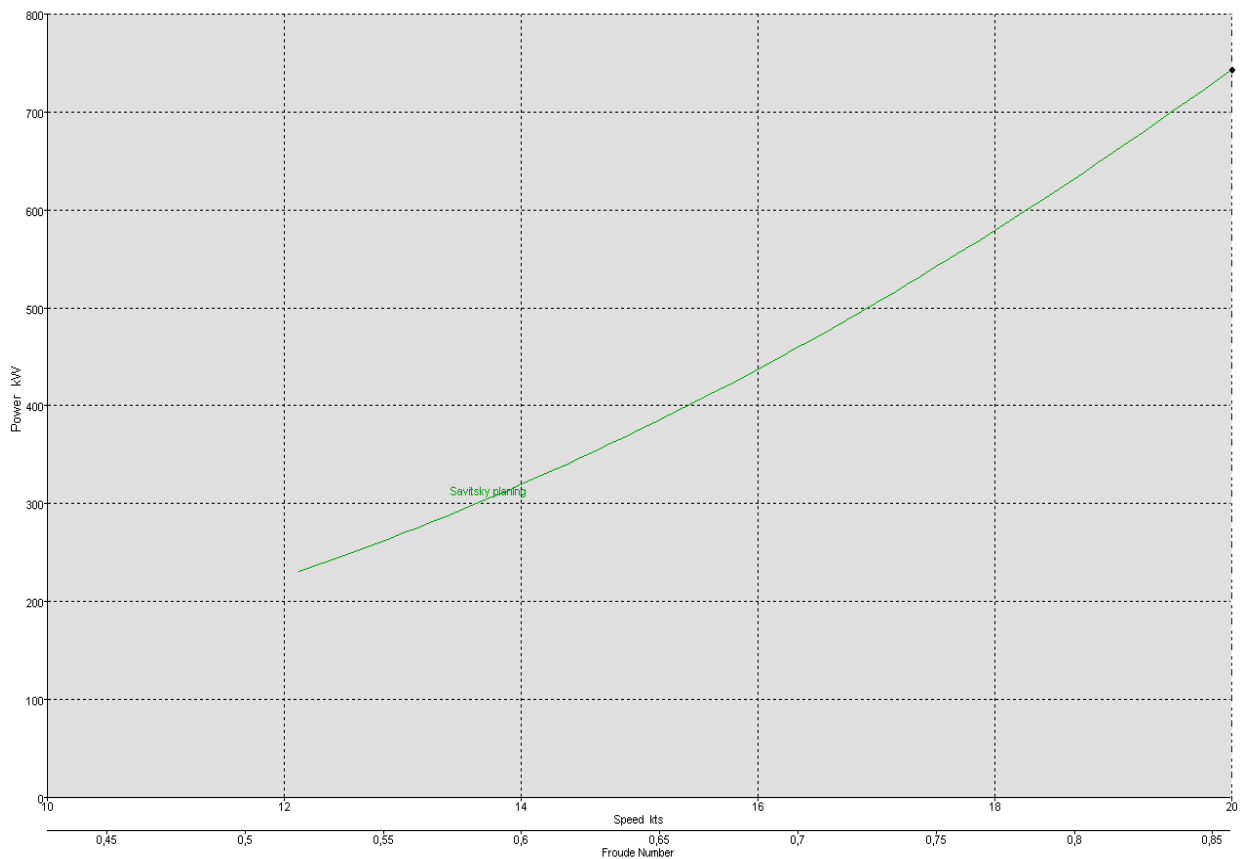
En el cálculo se han considerado la resistencia por viento, por apéndices y un rendimiento propulsivo de un 0,5. Seguidamente mostramos los resultados de resistencia y potencia entre un rango de velocidades de 10 y 20nudos:

Speed (kts)	Savitsky Resist. (Kn.)	Savitsky Power. (Kw.)	Speed (kts)	Savitsky Resist. (Kn.)	Savitsky Power. (Kw.)
10	--	--	15	24,01	370,62
10,25	--	--	15,25	24,59	385,87
10,5	--	--	15,5	25,18	401,54
10,75	--	--	15,75	25,77	417,62
11	--	--	16	26,37	434,12
11,25	--	--	16,25	26,98	451,03
11,5	--	--	16,5	27,59	468,36
11,75	--	--	16,75	28,21	486,12
12	--	--	17	28,83	504,3
12,25	18,16	228,83	17,25	29,46	522,91
12,5	18,65	239,83	17,5	30,1	541,93
12,75	19,15	251,19	17,75	30,74	561,39
13	19,66	262,92	18	<b><u>31,39</u></b>	<b><u>581,26</u></b>
13,25	20,17	275,03	18,25	32,04	601,56
13,5	20,7	287,51	18,5	32,69	622,29
13,75	21,23	300,38	18,75	33,35	643,43
14	<b><u>21,77</u></b>	<b><u>313,63</u></b>	19	34,02	665
14,25	22,32	327,28	19,25	34,69	686,99
14,5	22,88	341,32	19,5	35,36	709,39
14,75	23,44	355,77	19,75	36,03	732,22
			20	36,71	755,45

CURVA RESISTENCIA-VELOCIDAD



CURVA POTENCIA-VELOCIDAD



Considerando la potencia a la velocidad máxima, 581,26Kw., entraremos en la siguiente tabla donde aparece la gama de motorizaciones de la marca comercial VOLVO ( marca comercial elegida para el motor propulsor):

Diesel intraborda	Pot. al eje de la hélice	Pot. al eje del cigüeñal	Régimen Nominal	Num. de	Cilindrada
	Kw./H.P.	Kw./H.P.	r.p.m.	Cilindros	litros/cui
D1-13	8.6/11.8	9.0/12.2	3200	2	0.51 (31)
D1-20	13.3/18.0	13.8/18.8	3200	3	0.76 (46.5)
D1-30	20.1/27.3	20.9/28.4	3200	3	1.13/69
D2-40	27.9/38.0	29.1/39.6	3200	4	1.51/92.1
D2-55	39/53	41/55	3000	4	2.2/134.2
D2-75	53/72	55/75	3000	4	2.2/134.2
D3-110	78/106	81/110	3000	5	2.4/146
D3-130	92/125	96/130	4000	5	2.4/146
D3-160	115/156	120/163	4000	5	2.4/146
D3-190	134/182	140/190	4000	5	2.4/146
D4-180	128/174	132/180	2800	4	3.7/226
D4-225	160/218	165/225	3500	4	3.7/226
D4-260	186/253	191/260	3500	4	3.7/226
D6-280	201/274	206/280	3500	6	5.5/336
D6-310	223/303	228/310	3500	6	5.5/336
D6-370	267/363	272/370	3500	6	5.5/336
<b><u>D6-435</u></b>	<b><u>310/422</u></b>	<b><u>320/435</u></b>	<b><u>3500</u></b>	<b><u>6</u></b>	<b><u>5.5/336</u></b>
D9-500	357/485	368/500	2600	6	9.4/571
D9-575	410/558	423/575	2500	6	9.4/571
D12-675	481/654	496/675	2300	6	12.1/740
D12-715	510/694	526/715	2300	6	12.1/740
D12-800	553/752	570/775	2300	6	12.1/740

Viendo la tabla podemos sacar la conclusión de que la elección más racional es montar dos unidades propulsoras, como se planteó en un principio. Teniendo esto en cuenta cada motor deberá tener la potencia de  $581,26/2 = 290,63\text{Kw}$ , en la tabla el motor que cumple con lo exigido es el modelo D6-435 con 320Kw de potencia. Podemos concluir que montaremos dos unidades de este motor, aportando un 9,18% de potencia extra a la embarcación, que consideramos aceptable.

La resistencia obtenida la resumiremos en la siguiente tabla:

<b>VELOCIDAD (nudos)</b>	<b>RESISTENCIA (Kn.)</b>
14	21,77
18	31,39

Debemos destacar que los resultados obtenidos en el estudio estadístico y en este capítulo son muy parecidos, lo que evidencia la utilidad de este estudio en el diseño de esta embarcación.

En el ANEXO I, información comercial: motor propulsor, podemos ver los detalles de la maquinaria propulsiva instalada.

Para finalizar comentaremos que los motores estarán girados respecto a su centro de gravedad  $6^\circ$ , cayendo hacia popa, la razón es conseguir que el conjunto: casco, timón, hélice y eje se encuentren en su posición adecuada. Esta práctica es habitual, y no es perjudicial para el motor, algunos motores están girados de hasta  $14^\circ$ .





EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 10

### NORMATIVA APLICADA

## CAPÍTULO 10

### NORMATIVA APLICADA

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

Circular Nº 7/95, Dirección General de la Marina Mercante. Asunto: Construcción, equipo y reconocimiento de embarcaciones de recreo. La circular nº 7/95 emitida por la Dirección General de la Marina Mercante, recoge gran parte de normativa existente en cuanto a la construcción, equipos abordó y reconocimiento de embarcaciones de recreo con una eslora entre 2,5 y 24 metros. La circular tiene en cuenta la Directiva 94 / 25 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de junio de 1994 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a embarcaciones de recreo, por el cual se armonizan las normativas de los diferentes estados miembros, con el fin de suprimir obstáculos en el libre intercambio.

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

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

#### 10.1 CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN

Como ya se comentó en capítulos anteriores la zona de navegación de nuestra embarcación será la 2, que permite una navegación comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas.

Recordemos que la nomenclatura de la categoría de navegación fue modificada por la orden ministerial: ORDEN FOM/1144/2003 de 28 de abril (B.O.E. 12 de MAYO de 2003). La antigua nomenclatura era categoría de navegación B. Este cambio afecta únicamente a la nomenclatura y no a su concepto.

Esta orden entró en vigor a los tres meses (12.08.2003) de su publicación en el B.O.E.

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

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

## 10.2 ELEMENTOS DE SALVAMENTO

### 10.2.1 BALSAS SALVAVIDAS

Dotaremos una ***balsa salvavidas con capacidad para el 100% de las personas*** que indique el Certificado de Navegabilidad (6 personas). La balsa estará homologada según la Resolución A 689 (17) o según la norma ISO 9650, debiendo pasar una inspección anual en una estación de servicio autorizada.

### 10.2.2 CHALECOS SALVAVIDAS

Incluiremos, como mínimo, un chaleco salvavidas por persona, según el Certificado de Navegabilidad, en total ***seis unidades***. A cada uno de los niños a bordo se les proveerá de un chaleco salvavidas. Los chalecos serán del tipo inflable y deberán pasar una revisión anual en una estación de servicio autorizada. Tendrán una flotabilidad de 275 Newtons. Los chalecos llevarán la marca CE conforme al Real Decreto 1407 de 20 de noviembre de 1992.

### 10.2.3 AROS SALVAVIDAS

Por estar homologado en la zona de navegación 2, el barco llevará ***un aro salvavidas con luz y baliza***. Los aros llevarán la marca CE conforme al Real Decreto 1407 de 20 de noviembre de 1992.

## 10.3 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y MEDIOS DE ACHIQUE

La existencia de instalaciones de extintores se basa en dos criterios independientes entre si:

- 1.- La propia de la embarcación y sus instalaciones.
- 2.- La existencia de motores a bordo.

Los extintores serán colocados en puntos de fácil acceso y lejos de cualquier fuente probable de incendio. Por tener una instalación eléctrica de categoría B (por

ser la tensión de alimentación superior a 50V.), los extintores serán adecuados para la extinción de los fuegos de origen eléctrico. Debemos comentar que los extintores deberán pasar las revisiones correspondientes.

### 10.3.1 EXTINTORES A EFECTOS DE LA EMBARCACIÓN Y SUS INSTALACIONES

Al encontrarse nuestra eslora entre los 10 y los 15 metros, proveeremos a la embarcación de **un extintor tipo 21 B**.

### 10.3.2 EXTINTORES A EFECTOS DE LA INSTALACIÓN PROPULSORA

Nuestra potencia instalada será de un total de 640 KW, compartida en dos motores, en este caso equiparemos al barco con **dos extintores tipo 55 B**.

### 10.3.3 BALDES CONTRAINCENDIOS

En embarcaciones con zona de navegación 2 se exigen **dos baldes contraincendios con rabiza, con una capacidad mínima de 7 litros**. Serán ligeros, de fácil manejo y de construcción sólida.

### 10.3.4 DETECCIÓN DE INCENDIOS Y DE GASES

Por tener una instalación de gases para producir agua caliente y fuego para cocinar instalaremos un detector de incendios, que cumplirá los siguientes requisitos:

- Su indicación será automática.
- Los indicadores estarán centralizados en el puesto de mando.
- Su alimentación eléctrica será directa.
- Accionará tanto señales luminosas como sonoras.

### 10.3.5 MEDIOS DE ACHIQUE

Por tratarse de la zona de navegación 2, proveeremos **una bomba eléctrica de un caudal como mínimo de 4500 litros/hora y además dos baldes**. La bomba estará conectada a un colector de achique que permita la aspiración de todos los compartimentos estancos. Las tuberías y los órganos de seccionamiento será tal que impida la intercomunicación de las diversos compartimentos y de estos con el mar.

El colector de achique estará provisto de chupones de material resistente a la corrosión, y tendrá un fácil desmontaje y limpieza.

## 10.4 NORMAS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CASCO

Tendremos especial cuidado en asegurar una adecuada resistencia estructural en todo el desarrollo de la embarcación, tanto en el capítulo de diseño como en el de construcción. Seguiremos las normas aceptadas en construcción naval y las que la Inspección General de Buques considere oportunas.

### 10.4.1 ABERTURAS EN EL CASCO Y EN LAS SUPERESTRUCTURAS

Todas ***las aberturas practicadas en el casco tendrán una estanqueidad total.***

***Las aberturas, escotillas y portillos de la superestructura tendrán un cierre estanco de grado 2*** (protegidas contra rocciones a cualquier ángulo de escora hasta 15°. En la superestructura las aberturas, escotillas y portillos se podrán cerrar completamente, quedando perfectamente estancas en caso de necesidad de la navegación, con la excepción de los conductos de ventilación del compartimento del motor, que estarán provisto de sistemas que impidan la entrada de agua.

En aberturas realizadas en el casco que comuniquen con el interior de la embarcación (con excepción de los escapes del motor, los suspiros de los tanques de combustibles y las descargas de las bombas de achique, siempre situadas en el punto más alto posible), colocaremos piezas pasantes de materiales resistentes a la corrosión y compatibles con el material del casco. Las piezas pasantes serán diseñadas de manera que puedan sujetarse al casco fuertemente y de forma estanca. En estas piezas pasantes colocaremos válvulas o llaves, lo más cerca posible del forro, serán de construcción robusta y de materiales resistentes al agua de mar o a los productos que pasan por ellas. En el diseño de las válvulas o llaves tendremos en cuenta que el crecimiento en su interior de flora y fauna marinos no impida su cierre. Las válvulas estarán colocadas en lugares de fácil acceso y tendrán volantes o palancas de cierre que muestren de forma inequívoca que están abiertas o cerradas.

Además de estas medidas de seguridad, las aberturas serán colocadas a más de 300mm. por encima de la flotación en el calado máximo.

En nuestra embarcación el escape de los motores descargan por aberturas en el costado, por lo tanto dispondremos piezas pasantes sujetas a la estructura de forma integral, de diseño robusto y que proporcionen estanqueidad. El material será resistente a la corrosión y no tendrá incompatibilidades con el material del casco. También será resistente a los componentes y a las temperaturas de los gases de escape.

Las tomas de mar para el motor u otros servicios irán provistas de filtros para evitar la entrada de elementos dañinos al sistema.

Las descargas de las bañeras no llevarán válvulas o llaves. Las tuberías serán de construcción fuerte y se integrarán en el casco y en la bañera, procurando que queden protegidas contra los golpes, además colocaremos en la zona más alta de la flotación un elemento flexible que absorba las deformaciones, con el fin de evitar posibles daños. Los elementos flexibles que forman parte de la descarga de la bañera deben ser de un material resistente a los hidrocarburos. Para evitar el riesgo de sifonamiento colocaremos atmosféricos en las descargas.

#### 10.4.2 CONSTRUCCIÓN Y ACHIQUE DE BAÑERAS

Al homologar nuestra embarcación en una zona de navegación 2, diseñaremos la bañera estanca y autoachicante, siguiendo las indicaciones del Apéndice III de este reglamento:

##### 1.- Requisitos para bañeras autoachicantes.

##### 1.1.- Requisitos generales:

a.- Para que la bañera de nuestra embarcación sea considerada autoachicante debe de achicarse en tres minutos bajo las siguientes condiciones:

- La embarcación se encuentre en reposo, a flote y en su condición de máxima carga.
- La bañera se encuentre completamente llena de agua.
- La bañera se considerará vaciada cuando la cantidad de agua que queda en el interior es menor del 1% del volumen de la bañera.

b.- La sección transversal mínima efectiva de los drenajes viene dado por la siguiente fórmula:

$$A = 2,5 \times 10^3 \times (V_c / h^{0.5})$$

Siendo:

A = área mínima en mm.<sup>2</sup> de los drenajes colocados en las proximidades del fondo de la bañera.

$V_c$  = volumen teórico máximo en  $m.^3$  de agua que puede contener la bañera con la embarcación en reposo y sin asiento.

$h$  = altura de agua en m. medida desde el fondo de la bañera hasta el nivel máximo de agua que pueda contener la bañera.

En nuestra embarcación:

$$V_c = 8,768 m.^3$$

$$h = 0,728m.$$

Calculando:

$$A = 2,5 \times 10^3 \times (V_c / h^{0.5}) = 2,5 \times 10^3 \times (8,768 / 0,728^{0.5}) = 25690,636mm.^2$$

c.- El área efectiva de los drenajes será como mínimo de  $500mm.^2$ , siendo en nuestro caso el valor de  $25690,636 mm.^2$ , calculado anteriormente.

d.- El punto más bajo del fondo de la bañera estará situado por encima de la flotación, a una distancia mínima del 2% de la eslora de la flotación y tendrá un valor mínimo de  $100mm$ . La flotación considerada será en la condición de máxima carga y con el máximo de personas autorizadas distribuidas uniformemente por la bañera. En nuestra embarcación la altura del fondo de la bañera a la flotación es de  $1208mm$ . y el valor  $2\%Lwl$  es de  $294mm$ . con lo cual cumpliremos con este exigencia.

e.- En este punto la reglamentación establece criterios para determinar la necesidad de colocar válvulas en las descargas. En nuestro proyecto evitaremos la colocación de válvulas para reducir el mantenimiento y posibles averías de estas. Para estar exentos de colocar válvulas debemos cumplir las indicaciones de la D.G.M.M.: La salida del drenaje será por el costado y formará parte integral del casco, estando colocada como mínimo  $100mm$ . sobre la flotación. La flotación será en la misma condición que la descrita en el anterior punto "d".

#### 1.2.- Requisitos particulares:

Ningún punto de la bañera estará por debajo de la flotación cuando el número máximo de personas se encuentre uniformemente distribuidas en el costado de la bañera. Hemos comprobado que se

cumple esta exigencia, quedando la parte más baja de la bañera a 1208mm. sobre la flotación.

### 1.3.- Requisitos constructivos:

a.- Componentes de los drenajes se instalarán de forma que:

- Serán proyectados para que no provean soporte estructural.
- Las tuberías estarán protegidas contra golpes, ya sean causados por objetos estibados, pisadas o actos de los tripulantes.

b.- Tuberías de los drenajes:

- Las proyectaremos para que evacuen el agua embarcada y deberán evitar sifonamientos. Las tuberías de drenaje servirán sólo para este fin y no serán compartidas con otro sistema.

### 2.- Requisitos para bañeras estancas.

2.1.- Una bañera se considerará estanca si cumple los siguientes requisitos generales:

a.- Los umbrales estarán dentro de los valores indicados en la Tabla A.1:

TABLA A.1 UMBRALES DE BRAZOLAS	
CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN	B (ZONA DE NAVEGACIÓN 2)
TIPO DE EMBARCACIÓN	MOTOR
Altura mínima desde la parte alta de la brazola fija hasta la cubierta.	150
Altura mínima desde la parte alta de la brazola semi-fija hasta la cubierta en su posición cerrada.	300

Nuestra embarcación cumple con este requisito con un umbral de brazola de 894mm..

b.- Las aberturas deben tener medios de cierre al menos hasta el volumen inundable de la bañera, en nuestro caso la bañera de



popa será cerrada. Esta condición se cumple puesto que la bañera está completamente cerrada.

c.- Las aberturas, los medios de cierre de la bañera y las superficies de la bañera deben de cumplir el nivel de estanqueidad al ingreso de agua indicado en la Tabla A.2:

TABLA A.2 GRADOS DE ESTANQUEIDAD DE LA BAÑERA	
CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN	B (ZONA DE NAVEGACIÓN 2)
TIPO DE EMBARCACIÓN	MOTOR
<i><u>Superficies que constituyen los costados y las brazolas fijas de la bañera.</u></i>	<u>8</u>
<i><u>Aberturas en el fondo de la bañera y aberturas en los costados situadas por encima del nivel de las brazolas fijas.</u></i>	<u>7</u>

En nuestra embarcación las superficies que constituyen los costados y las brazolas son fijas, además en el fondo de la bañera tenemos un acceso a la cámara de máquinas. De la tabla anterior extraemos que los grados de estanqueidad que debe cumplir la bañera son de 7 y 8.

El grado de estanqueidad tiene el siguiente significado:

- Grado número “7”: Protegido contra inmersiones temporales en el agua.
- Grado número “8”: Protegidos contra los efectos de inmersiones continuas en el agua.

Analizando lo anterior vemos que nuestra bañera cumple con los requisitos de este punto para considerarse estanca.

## 2.2.- Requisitos particulares:

En nuestro caso, embarcación a motor que navega en la zona de navegación 2, en vez de utilizar la Tabla A.1, la bañera tendrá brazolas fijas de al menos 50mm., si:

a.- El fondo de la bañera se encuentra por lo menos 500mm. por encima de la flotación.

b.- El área de drenado es al menos cuatro veces la calculada en el punto.1.1.b.

Analizando los requisitos particulares concluimos que no son aplicables porque el área de drenado de nuestra embarcación es la que se calculó por la formula  $A = 2,5 \times 10^3 \times (V_c / h^{0.5})$ .

### 3.- Pruebas, condiciones de las pruebas y aceptación de la estanqueidad.

Nuestra bañera requiere un grado de estanqueidad 7 y 8. Para comprobar la estanqueidad de la bañera se realiza una prueba de estanqueidad que consiste en inundar la bañera hasta el borde superior de la brazola y ver la posibilidad de fugas. En el grado 8 no se permite la entrada de agua. En el grado 7 sólo se permite que penetre una cantidad de agua que no reduzca el grado de seguridad de la embarcación.

## 10.5 PROTECCIONES CONTRA LA CAÍDA A LA MAR

1.1.- La zona de navegación 2 requiere de protecciones continuas que sirvan eficazmente contra la caída del mar de los ocupantes.

1.2.- Las protecciones anteriores podrán ser púlpitos, candeleros con pasamanos o arneses de seguridad. En nuestro caso colocaremos candeleros con pasamanos de acero inoxidable resistentes a la corrosión, serán colocados sobre la tapa de regala en los costados de la embarcación, donde la seguridad es menor.

1.3.- Los cables de los pasamanos y la fijación de los candeleros, soportarán sin romper una tracción longitudinal de 1100 daN..

2.1.- La embarcación proyectada tiene una eslora superior a 8m. por lo tanto siguiendo la instrucciones de la reglamentación la altura de los pasamanos no será inferior a 60cm., en nuestro caso la altura de los pasamanos será de 60cm..

2.2.- Al ser la altura libre del pasamanos superior a 45cm. deberemos colocar un pasamanos intermedio a una distancia de la tapa de regala no superior a 30cm., en nuestro caso seguiremos las recomendaciones y colocaremos este pasamanos intermedio a 30cm. de la tapa de regala.

2.3.- Dispondremos de medios que permitan tensar los pasamanos adecuadamente.

3.1.- Los anteriores puntos o dispositivos podrán resistir una tracción transversal de 1100 daN. y los distribuiremos de forma que se pueda efectuar cualquier maniobra en cubierta con un arnés asegurado.

4.- La reglamentación recomienda la colocación de púlpitos fijos o sistemas equivalentes en proa y popa siempre que sea posible. En nuestro proyecto por la estética que hemos querido conseguir no se han colocado púlpitos ni otros sistemas equivalentes.

5.- Para una embarcación con zona de navegación 2 es necesario disponer en cubierta medios antideslizantes. En nuestro proyecto dispondremos una cubierta de madera de teca con buenas propiedades antideslizantes.

## 10.6 APARATO PROPULSOR

### 10.6.1 DISPOSICIONES GENERALES

1.- Los motores que monte nuestra embarcación serán adecuados para servicio marino y contarán con la autorización de la Inspección General de Buques.

2.- Para cumplir la reglamentación la maquinaria propulsora será instalada aislada de la habitación y protegida del mal tiempo, para cumplir esto dispondremos un local a popa para uso exclusivo de la propulsión y otros sistemas. La instalación de los elementos y servicios accesorios de combustible, refrigeración y escape se hará con seguridad y estarán protegidos contra golpes y accidentes.

3.- Protegeremos las piezas móviles expuestas de forma adecuada.

4.- Dispondremos en cámara de máquinas una bandeja o pocete de sentina para recoger los derrames de combustible o lubricante.

5.- En las instalaciones eléctricas se dispondrá antiparasitaje adecuado.

6.- El prensa de popa será de tipo rígido.

7.- La tuerca de la hélice llevará dispositivo antigiro.

### 10.6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES

El combustible usado por la planta propulsora tiene un punto de inflamación igual o superior a 55° C.. Estando dentro de los combustibles del grupo 2º.

### 10.6.3 VENTILACIÓN DEL COMPARTIMENTO DEL MOTOR

1.- El compartimento del motor lo consideraremos un espacio cerrado, por no tener ningún área expuesta a la atmósfera. Para conseguir una adecuada ventilación dispondremos ventilación forzada en el espacio de máquinas.

2.- Colocaremos los conductos de extracción de aire en la parte baja del compartimento y la descarga la realizarán directamente al exterior. Para conseguir una correcta circulación de aire colocaremos los conductos de admisión y extracción en posiciones opuestas. Dispondremos mecanismos contra la entrada de agua en los orificios de admisión y extracción.

3.- Diseñaremos las secciones de los conductos de admisión y extracción en función de nuestro volumen de cámara de máquinas y de la potencia de los motores y auxiliares.

4.- Tendremos la precaución de que el contacto ocasional entre partes fijas y móviles no produzcan chispas ni calentamiento que puedan ocasionar peligro de ignición.

5.- Las baterías se instalarán en la zona media de la cámara de máquinas y se dispondrá ventilación adecuada para dispersar el gas explosivo que se produce durante su carga.

6.- Los tanques de combustibles están colocados en el doble fondo, por lo tanto en un espacio cerrado, a este efecto dispondremos ventilación adecuada mediante conductos al exterior que procuren una ventilación adecuada.

#### 10.6.4 SISTEMAS FIJOS DE COMBUSTIBLE

Diseñaremos y fabricaremos el sistema fijo de combustible cumpliendo con la norma ISO 10088.

#### 10.6.5 CONDUCTOS DE ESCAPE DEL MOTOR

1.- Los conductos de escape de nuestra embarcación serán del tipo seco y por esto estarán provistos de silenciador y de dispositivos contra la entrada de agua al motor.

2.- Los conductos de escape irán adecuadamente refrigerados y podrán ser fácilmente inspeccionables en toda su longitud.

3.- Los conductos de escape serán de acero inoxidable para asegurar la compatibilidad con los gases de escape, estarán perfectamente aislados y fuera del alcance de las áreas donde una temperatura elevada pueda ser peligrosa.

4.- Las uniones entre conductos las haremos mediante bridas y se realizarán las mínimas uniones posibles.

5.- La salida de escape será a través del casco, por lo tanto dispondremos sistemas que aislen a la estructura del casco de las temperatura de los gases y no la dañen.

## 10.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 10.7.1 DISPOSICIONES GENERALES

1.- Existen dos categorías de instalación eléctrica , A y B, en función de la tensión de alimentación. La categoría A corresponde a tensiones menor o igual de 50 voltios y la categoría B a tensiones superiores a 50 voltios. Las tensiones empleadas en nuestra embarcación serán de 12 y 220 voltios.

2.- Empleando tensiones de 12 y 220 voltios cumpliremos la requisición de esta reglamentación, puesto que las tensiones en bornes de los usuarios eléctricos instalados a bordo, no podrán ser superiores a:

- 250 V. para calefacción, alumbrado, fuerza motriz y aparatos fijos.
- 50 V. para aparatos portátiles.

3.- La instalación eléctrica será de dos polos aislados y sin retorno de masa, menos el aparallaje eléctrico del motor.

4.- Para nuestra instalación de categoría A, con c.c., consistirá en un conductor aislado en el positivo y con el retorno por cable de cobre estañado y puesto a masa. Hemos optado por esta solución por emplear en la propulsión un combustible del grupo 2º y no ser nuestro casco metálico.

5.- En la instalación de corriente alterna trifásica utilizaremos cuatro conductores aislados con neutro a masa sin retorno por el casco.

### 10.7.2 CABLEADO

1.- La sección y el aislamiento será adecuada al servicio que van a prestar.

2.- El aislamiento de los cables será resistente al agua de mar, a los aceites, a los hidrocarburos y no propagará las llamas, además las cables expuestos a la acción solar tendrán una envoltura resistente a la radiación ultravioleta.

3.- Para las conexiones de cables emplearemos cajas de derivación y en ningún caso realizaremos empalmes encintados que creen puntos débiles en la

instalación. La fijación del cableado se hará con abrazaderas. La disposición será tal que no haya en la misma abrazadera cables que alimenten instalaciones de categoría diferente.

4.- Dispondremos el cableado para que evite al máximo la formación de campos magnéticos en zonas donde existan compases u otros instrumentos de navegación sensibles a campos magnéticos.

5.- Instalaremos los enchufes que correspondan a diferentes categorías de navegación con diseños diferentes para que no haya errores a la hora de conectar un aparato, además marcaremos en cada enchufe la tensión que suministre.

6.- Los enchufes, las cajas de empalmes y las lámparas situadas a la intemperie serán de tipo estanco (min. IP 44/IEC529).

### 10.7.3 FUSIBLES Y DISYUNTORES

1.- Todos los circuitos eléctricos serán protegidos con fusibles o disyuntores, agrupándolos de forma conveniente, en cada polo o fase no puesta a masa, a excepción del circuito de arranque del motor.

2.- Centralizaremos las protecciones de los diversos circuitos en cuadros generales o auxiliares, colocaremos rótulos indicativos para diferenciar unos de otros.

3.- Colocaremos protecciones normalizadas y de tipo cerrado con los contactos de material resistente a la oxidación.

4.- Las cargas de los diversos circuitos las repartiremos en varios grupos de forma homogénea para que haya un número mínimo de tipos de protección a bordo.

5.- Los fusibles serán de tipo adecuado y no reutilizable.

6.- Las protecciones tendrán un valor 1,5 veces la intensidad normal de trabajo del circuito o grupos de circuitos a proteger.

7.- Cuando una protección sirva a un grupo de circuitos, la suma total de intensidades no será superior al triple de la intensidad nominal más pequeña.

8.- En nuestra instalación de categoría B, el circuito de cada luz de navegación tendrá su propio fusible.

### 10.7.4 INTERRUPTORES

- 1.- Dotaremos a cada grupo de los circuitos a bordo de interruptores.
- 2.- Los interruptores serán de tipo adecuado, de construcción robusta, resistentes a las vibraciones y al ambiente marino. Serán capaces de resistir un intensidad mínima de 10 A. en trabajo continuo y de 30 A. en puntas de arranque.
- 3.- Cuando los interruptores trabajen en la intemperie serán estancos y de tipo (mín. IP 44/IEC 529).

### 10.7.5 BATERÍAS DE ACUMULADORES

- 1.- Las baterías se colocarán en un lugar donde permita su ventilación y además irán firmemente sujetas para que no se muevan durante la navegación.
- 2.- Tendremos la precaución de no colocar las baterías cerca de los tanques de combustible ni de accesorios de servicios de alimentación del motor. El lugar elegido es en la parte central de la cámara de máquinas.
- 3.- Colocaremos alojamientos para montar las baterías, serán de plástico reforzado resistente al ácido y tendrán como misión recoger los posibles derrames del electrolito.
- 4.- Las baterías destinadas al arranque de los motores tendrán una capacidad tal que permita realizar de manera continua seis arrancadas seguidas del motor.
- 5.- Colocaremos un seccionador cerca de las baterías que permitan dejar sin tensión a toda la instalación de forma inmediata.
- 6.- En previsión de que al funcionar uno o varios servicios el consumo sea superior a 4 Kw. y la alimentación la realicen un mismo grupo de baterías, estas las instalaremos en un local cerrado con ventilación natural y con descarga de aire al aire libre.
- 7.- Las alarmas de gas, antirrobo, equipo de calentamiento y bombas automáticas de sentinas las conectaremos entre la batería y el interruptor general, pero tendremos la precaución de colocar los fusibles separados.

### 10.7.6 TOMAS DE MASA

- 1.- Dispondremos de una toma de masa en contacto permanente con la mar para nuestra instalación de categoría B. Las partes metálicas de los aparatos de estas

instalaciones los conectaremos permanentemente conectados a la masa de forma eficaz. Los dispositivos de toma de masa serán de tipo adecuado.

2.- Los cables utilizados para la puesta a masa serán de sección amplia y serán protegidos contra agentes que propicien el deterioro.

### 10.7.7 TOMAS DE CORRIENTE DEL EXTERIOR

1.- Dispondremos enchufes para la alimentación de la red de abordo con la corriente del exterior, estos enchufes los pondremos a masa y por estar colocados en el exterior serán estancos (mín. IP 44/IEC 529).

2.- Colocaremos un interruptor con protección automática en los enchufes colocados en el exterior.

### 10.7.8 APARATOS ELÉCTRICOS

1.- Todos los aparatos eléctricos que dispondremos en esta embarcación serán diseñados y contruidos para resistir el ambiente marino, y por lo tanto, no supongan peligro para los usuarios. Los aparatos eléctricos llevarán clavijas con dispositivo de toma de tierra.

2.- En la instalación de categoría B, instalaremos las aparatos habituales en el mercado electrodoméstico, aunque deberán recibir una protección especial de sus circuitos y dispondrán de una toma de masa eficaz.

## 10.8 FRANCOBORDO, FLOTABILIDAD, ESTABILIDAD, MÁXIMA CARGA, MÁXIMO NÚMERO DE PASAJEROS Y MÁXIMA POTENCIA PROPULSORA.

### 10.8.1 FRANCOBORDO

El cálculo del francobordo se realizó en el capítulo 8, estudio de estabilidad.

### 10.8.2 ESTABILIDAD

Como corresponde a nuestra embarcación consideraremos la estabilidad en estado intacto de embarcaciones de eslora mayor o igual a 12 metros:

1.- Deberemos de cumplir los criterios en estado intacto de los buques de pasaje en las cuatro situaciones de carga que se consideran para estos buques.



2.- Realizaremos una prueba de estabilidad en el prototipo de nuestra embarcación para determinar la posición del centro de gravedad, y completaremos el Acta de Estabilidad.

### 10.8.3 MÁXIMA CARGA

1.- En la determinación de la carga máxima consideraremos las siguientes limitaciones:

- Mínima altura de francobordo requerida.
  
- Peso del máximo número de personas admisible a bordo ( en el capítulo siguiente se hará este cálculo), a razón de 75kg. por persona, más un máximo de 30kg. de equipaje si existe espacio para su estiba, más el peso de combustible, agua, equipo, etc.

### 10.8.4 MÁXIMO NÚMERO DE PERSONAS

1.- Según la reglamentación el número máximo de personas de 75kg. permitidas a bordo lo determinaremos de acuerdo con las siguientes limitaciones:

- Mínima altura del francobordo requerida.
  
- Mínima estabilidad requerida en estado de intacto.
  
- Mínima flotabilidad requerida en la condición de inundación.
  
- Número de asientos y acomodación disponibles, considerando un ancho aproximado de asientos de 0,5m. y de 0,75m. de separación entre bancadas.

Atendiendo a lo anterior y a las necesidades del armador de una habilitación para seis personas, fijaremos el número máximo de personas en seis.

### 10.8.5 MÁXIMA POTENCIA PROPULSORA

1.- Para el cálculo de la máxima potencia propulsora a instalar seguiremos las directrices de la reglamentación y lo haremos de acuerdo con las siguientes directrices:

- La máxima potencia estará en función de la capacidad de maniobra de la embarcación.

- Máxima velocidad para la cual se ha calculado el escantillonado de la embarcación y resistencia de la popa.
- Máximo peso del motor para cumplir con los requerimientos del francobordo a popa, estabilidad y flotabilidad.
- Podremos disponer de las instalaciones requeridas para la potencia máxima instalada.

## 10.9 UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES A BASE DE GASES LICUADOS

Para proveer de agua caliente y de fuego para cocinar dispondremos una instalación de gas butano que deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

### 10.9.1 GENERALIDADES

1.- Instalaremos las botellas del sistema permanente de gas licuado fuera de los locales de habitación, en el lugar que reúna las siguientes características:

- Será estanco al gas hacia el interior de la embarcación.
- Será accesible desde el exterior.
- Quedará por encima de la flotación cuando el buque esté escorado 30° a ambos costados.
- Estará convenientemente ventilado y colocaremos una abertura en la parte baja que permita la salida del gas en caso de fuga.

Alejaremos las botellas de gas de fuentes de calor que puedan producir la ignición de los gases contenidos en el interior. Se utilizarán dos botellas de gas las cuales se almacenarán en el puente de gobierno, a popa, una a cada costado, con acceso desde el exterior y completamente aislado de la habitación.

2.- Las botellas de gas se colocarán en posición vertical e irán fijadas de forma conveniente para que no se muevan durante la navegación.

### 10.9.2 TUBERÍAS

1.- Las tuberías fijas (hasta llegar al aparato consumidor del gas), serán de acero inoxidable. Las protegeremos en los puntos que haya riesgos de golpes.

Trataremos de realizar el mínimo de uniones y en el caso que sean imprescindibles serán soldadas.

2.- Colocaremos tubería flexible en la entrada de los aparatos que forman parte de los servicios y en la salida de los depósitos de gases. En ningún caso colocaremos tramos de tubería flexible de más de un metro de longitud. La tubería flexible será asegurada con dobles abrazaderas, visible y accesible en toda su longitud. Alejaremos la tubería flexible de las llamas, partes calientes de los aparatos o derrames de productos calientes. Colocaremos una llave individual de cierre cerca del aparato, antes del tubo flexible para aislar el aparato. Instalaremos una llave automática sobre la botella para controlar la salida del gas.

### 10.9.3 OTRAS DISPOSICIONES

1.- Para poder usar aparatos de llama desnuda en el interior de embarcaciones nos aseguraremos de que el aparato tenga un dispositivo que corte el paso del gas al apagarse el mechero de ignición. Los materiales y los recubrimientos utilizados en las proximidades de los quemadores serán de materiales resistentes al fuego. En los lugares donde existan quemadores prevendremos ventilación con aire fresco, en nuestro caso es la sala de estar/cocina.

2.- Siguiendo la normativa, el calentador de agua dispondrá de conductos de evacuación de los gases quemados.

3.- En el local donde se encuentre la botella de servicio no habrá más de una botella de recambio.

4.- Colocaremos un detector de gases en el interior de nuestra embarcación de acuerdo con el punto 10.3.4 DETECCIÓN DE INCENDIOS Y DE GASES.

## 10.10 EQUIPO DE NAVEGACIÓN

### 10.10.1 LUCES DE NAVEGACIÓN

Las luces de navegación se ajustarán a las normas del COL REG 1972 y enmiendas, o del CEVNI según corresponda.

### 10.10.2 LÍNEAS DE FONDEO

Según esta circular la línea de fondeo de nuestra embarcación tendrá una longitud mínima de cinco veces su eslora, tomando como referencia la eslora máxima, 14,978 m., lo redondearemos a 15 m. y la longitud de la línea de fondeo será

de 75 m.. El tramo de cadena que colocaremos tendrá una longitud de 15 m.. Los empalmes entre cadenas, estachas o entre ambas siempre se harán mediante grilletes.

Las cadenas serán de acero galvanizado, su diámetro está en función de la eslora y viene dado en la siguiente tabla en la que entraremos interpolando el valor de la eslora:

ESLORA (m.)	DIÁMETRO DE CADENA (mm.)
L = 12	8
<b><i>L = 14,978</i></b>	<b><i>9,98</i></b>
L = 15	10

Consideraremos un valor de 9.98 mm. e instalaremos la cadena con el diámetro comercial más cercano a este, pero que en ningún caso sea menor y será medido con la norma EN 24565.

Dispondremos estachas de nylon y su carga de rotura nunca será siempre superior a la de la cadena, el diámetro de esta está en función de la eslora y que calcularemos por interpolación entrando en la siguiente tabla:

ESLORA (m.)	DIÁMETRO DE ESTACHA (mm.)
L = 12	12
<b><i>L = 14,978</i></b>	<b><i>13,98</i></b>
L = 15	14

Consideraremos un valor de 13,98 mm. e instalaremos la estacha con el diámetro comercial más cercano a este, pero que en ningún caso sea menor y será medido con la norma EN 24565.

Equiparemos a la embarcación con un ancla de alto poder de agarre y el peso irá en función de la eslora, para su cálculo entraremos con la eslora en la siguiente tabla e interpolando obtendremos el valor:

ESLORA (m.)	PESO DEL ANCLA (kg.)
L = 12	18
<b><i>L = 14,978</i></b>	<b><i>22,96</i></b>
L = 15	23

Consideraremos un valor de 22,96 kg. e instalaremos el ancla con el peso comercial más cercano a este, pero que en ningún caso sea menor.

### 10.10.3 SEÑALES DE SOCORRO

Para cumplir con lo dispuesto en la Circular N° 7/95 equiparemos a nuestra embarcación de señales pirotécnicas de socorro. Las señales pirotécnicas exigidas están en función de la zona de navegación de la embarcación y vienen expuestas en la siguiente tabla:

CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN B (ZONA DE NAVEGACIÓN 2)	
CLASE DE SEÑAL	UNIDADES
Cohetes con luz roja y paracaídas	6
Bengalas de mano	6
Señales fumígenas flotantes	2

Además todas las señales estarán homologadas por la Dirección General de la Marina Mercante.

### 10.10.4 MATERIAL NÁUTICO

Para cumplir con lo dispuesto en la Circular N° 7/95 equiparemos a nuestra embarcación con el material náutico mínimo exigido. El material náutico está en función de la categoría de navegación, y por ser nuestra embarcación de categoría de navegación B dispondremos en nuestra embarcación el siguiente material nautico:

- Compás:

Dispondremos un compás de gobierno con iluminación y un compás de marcaciones. También será parte del equipamiento una tablilla de desvíos que se deberá de comprobar cada cinco años. El compás será instalado de tal manera que se eviten interferencias perturbadoras, tales como instalaciones radioeléctricas o circuitos eléctricos.

- Corredera:

Colocaremos una de hélice, eléctrica y con totalizador.

- Compás de puntas:

Equiparemos a la embarcación con un compás de puntas.

- Transportador:

Incluiremos un transportador a la lista de los útiles que llevará la embarcación.

- Regla de 40 cm.:

Incluiremos una regla de 40 cm. entre los accesorios de la embarcación.

- Prismáticos:

Añadiremos al equipo unos prismáticos.

- Cartas y libros náuticos:

Equiparemos la nave con las cartas náuticas y portulanos de los mares y puertos que frecuentará nuestro cliente, también con carácter obligatorio incluiremos: el Cuaderno de Faros, Derrotero de la zona de navegación, Anuario de Mareas (excepto en el Mar Mediterráneo, por carecer de mareas), Manual de Primeros Auxilios y el Reglamento de Radiocomunicaciones.

- Bocina de niebla:

Incluiremos como equipo una bocina accionada por gas en recipiente a presión con una membrana y un recipiente de gas de repuesto.

- Barómetro:

Incluiremos en el equipo un barómetro.

- Campana:

Aunque no sea obligatoria para nuestra eslora incluiremos una campana de 5 kg..

- Pabellón nacional:

Incluiremos el pabellón nacional, del país del comprador de la nave.

- Código de banderas:

Equiparemos a nuestra embarcación con las banderas C y N, y las dimensiones serán de 50 x 60 cm..

- Linterna estanca:

En el equipamiento incluiremos dos unidades además de un juego de bombillas y pilas de repuesto.

- Espejo de señales:

Habrà en la embarcación un espejo de señales.

- Deflector de radar:

A no ser nuestro casco metálico colocaremos un reflector de radar.

- Código de señales:

En el puesto de mando colocaremos un ejemplar de la Tabla de Señales de Salvamento.

Como comentario, podemos decir, que el material náutico que indica la reglamentación no es limitativo, y se podrá usar el equipamiento correspondiente a una categoría de navegación superior al de nuestra nave.

### 10.10.5 BOTIQUÍN

El botiquín que corresponde a nuestra embarcación por zona de navegación es el número 2 y el contenido lo recogemos en la siguiente tabla:

ELEMENTO	CANTIDAD
Tiras protectoras adhesivas grandes para heridas	1 caja
Tiras protectoras adhesivas pequeñas para heridas	1 caja
Antiséptico local	1 tubo
Alcohol de 90°	125 cm <sup>3</sup>
Sulfamida o antibiótico de contacto	1 frasco
Crema contra quemaduras	1 tubo
Venda de 5 cm. de ancho	1 unidad
Venda de 25 cm. de ancho	1 unidad
Algodón	1 paquete
Compresas en caja	1 caja
Esparadrapo	1 unidad
Analgésico y antitérmico	20 comprimidos
Comprimidos contra el mareo	20 comprimidos
Colirio antiinflamatorio	1 frasco
Dedil	1 unidad
Antiinflamatorio vía tópica	1 tubo
Antibiótico de amplio espectro	30 comprimidos

### 10.10.6 RADIOCOMUNICACIONES

Los dispositivos de radiocomunicaciones a instalar en la embarcación están en función de la categoría de navegación y en nuestro caso son los siguientes:

- Un transmisor/receptor de VHF.
- Un transmisor/receptor de ondas hectométricas.
- Una radiobaliza de localización de siniestros.

Todos los equipos anteriores estarán aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante, según las especificaciones técnicas en vigor para cada equipo, debiendo cumplir para su instalación los trámites y condiciones exigidas.

### 10.11 PREVENCIÓN DE VERTIDOS DE AGUAS SUCIAS.

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



## 10.12 CÁLCULO DEL ARQUEO POR LA REGLA 2ª

Arqueo es sinónimo de “tonelaje de registro” y expresa el volumen interior del casco y superestructuras, medido conforme al Reglamento de Arqueo en vigor y expresado en toneladas Moorson. Esta circular expone el método de cálculo a emplear en su apéndice I. A continuación calcularemos el arqueo por este método:

1.- Las embarcaciones de recreo de eslora menor de 15m. pueden arquearse por la Regla 2ª, nuestra eslora es de 14,978m. y por lo tanto podemos emplear este método de cálculo.

2.- El arqueo comprenderá los espacios situados por debajo de la cubierta superior y aquellos situados encima de la cubierta superior no considerados exentos en el punto 3º. Se considerará cubierta superior equivalente, cerrada, abierta o parcialmente cerrada, extendida de proa a popa.

3.- Se considerarán espacios exentos, las cocinas, aseos y puente de gobierno situados encima de la cubierta superior, o la parte de los mismos situada por encima de la citada cubierta. En nuestra embarcación consideraremos como exentos el puente de gobierno de gobierno.

4.- El Arqueo bajo cubierta se determinará por la fórmula:

$$A = \frac{k \times L_A \times \left( \frac{B_A + C_A}{2} \right)^2}{2,83}$$

Siendo:

a) k El valor de k depende del material del casco:

MATERIAL DEL CASCO	VALOR DE K
Casco de madera	0,17
Casco de acero o aluminio	0,18
Construcción mixta	0,17
<b><i>Poliéster reforzado con fibra de vidrio</i></b>	<b><i>0,18</i></b>

En nuestro caso el valor de k será de 0,18.

b) L<sub>A</sub> Es la eslora de arqueo medida sobre la cubierta superior desde la parte más saliente de la popa o espejo. En nuestra embarcación su valor es de 14,978m..

- c) B<sub>A</sub> La manga de arqueo se medirá de fuera a fuera del forro en la sección transversal de mayor manga. En nuestra embarcación su valor es de 5,503m..
- d) C<sub>A</sub> Es el contorno de arqueo y se medirá en la sección de mayor manga según las indicaciones de la circular. En nuestra embarcación su valor es de 14,432m..

Calculando:

$$A = \frac{0,18 \times 14,978 \times \left( \frac{5,503 + 14,432}{2} \right)^2}{2,83} = 94,648 \text{ Ton de Arqueo}$$

### 10.13 NORMAS ARMONIZADAS

A continuación mostramos un listado de las normas armonizadas que dan presunción de conformidad con los requisitos esenciales de seguridad de la directiva de embarcaciones de recreo con marcado “CE” (Directiva 94/25/CE – Real Decreto 297/98):

Cláusulas relevantes del Anexo I de la Directiva 94/25/CE ó del R.D. 297/98	NORMA EN/ISO (Numero y Título)	Armonizada (Publicación en el DOCE) ó situación actual	Norma española: UNE EN ISO
2. Requisitos generales	EN ISO 8666:2002 Datos principales	Armonizada (2003/C 118/09)	8666:2002
2.1 Identificación del casco	EN ISO 10087:1996/A1:2000. Embarcaciones de recreo. Identificación de cascos. Sistemas de codificación. (ISO 10087:1996).	Armonizada (2001/C138/05)	10087/1M:2001
2.2 Chapa del fabricante	prEN ISO 14945 Chapa del fabricante	PROYECTO	
	prEN ISO 11192 Símbolos gráficos	PROYECTO	
2.3 Prevención de caída por la borda y medios para subir a bordo	EN ISO 15085:2003 Prevención de caída de hombres por la borda y subida a bordo	Armonizada (2003/C265/12)	15085:2003
2.4 Visibilidad desde el puesto principal de gobierno	EN ISO 11591:2000 Visibilidad desde el puesto principal de gobierno	Armonizada (C59 06/03/02)	11591:2001
2.5 Manual del propietario	EN ISO 10240:1996 Manual del propietario (ISO 10240:1995).	Armonizada (C384 18/12/97)	10240:1996
3.1 Estructura	EN ISO 12215-1:2000 Construcción de cascos y escantillones. Parte 1: Materiales: resinas termoestables, refuerzos de fibra de vidrio, laminado de referencia. (ISO 12215-1:2000).	Armonizada (2001/C138/05)	12215-1:2001
	EN ISO 12215-2:2002 Construcción de cascos y escantillones. Parte 2: Materiales: Materiales de relleno para construcciones tipo sándwich, materiales embebidos.	Armonizada (2002/C235/03)	12215-2:2003

		<b>EN ISO 12215-3:2002</b> Construcción de cascos y escantillones. Parte 3: Materiales: Acero, aleaciones de aluminio, madera y otros materiales.	Armonizada (2002/C235/03)	12215-3:2003
		<b>EN ISO 12215-4:2002</b> Construcción de cascos y escantillones. Parte 4: Talleres de construcción y fabricación.	Armonizada (2002/C235/03)	12215-4:2003
		<b>prEN ISO 12215-5</b> Construcción de cascos y escantillones. Parte 5: Presiones de diseño, esfuerzos admisibles y determinación de escantillones.	PROYECTO	
		<b>prEN ISO 12215-6</b> Construcción de cascos y escantillones. Parte 6: Detalles de diseño y construcción.	PROYECTO	
3.2	Estabilidad y francobordo	<b>EN ISO 12217-1:2002</b> Evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad. Parte 1. Embarcaciones no propulsadas a vela de eslora igual o inferior a 6 m.	Armonizada (2002/C235/03)	12217-1:2002
3.3	Flotabilidad	<b>EN ISO 12217-2:2002</b> Evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad. Parte 2. Embarcaciones propulsadas a vela de eslora igual o inferior a 6 m.	Armonizada (2002/C235/03)	12217-2:2002
		<b>EN ISO 12217-3:2002</b> Evaluación y clasificación de la estabilidad y flotabilidad. Parte 3. Embarcaciones de eslora inferior a 6 m.	Armonizada (2002/C235/03)	12217-3:2002
3.4	Aberturas en el casco, la cubierta y la superestructura	<b>EN ISO 12216:2002</b> Ventanas, ojos de buey, escotillas, lumbreras de cubierta y puertas. Requisitos de resistencia y estanqueidad.	Armonizada (2002/C318/05)	12216:2003
		<b>EN ISO 9093-1:1997.</b> Grifos de fondo y pasacascos. Parte 1: Metálicos. (ISO 9093-1:1994).	Armonizada (2001/C138/05)	9093-1:1998
		<b>EN ISO 9093-2:2002.</b> Válvulas de toma de agua del mar y accesorios que atraviesan el casco - Parte 2: no metálicos.	Armonizada (2003/C 80/11)	9093-2:2002
3.5	Inundación.	<b>EN ISO 11812:2001</b> Bañeras estancas y bañeras rápidamente autovaciables	Armonizada (2002/C 91/03)	11812:2002
		<b>EN ISO 15083:2003</b> Sistemas de bombeo de sentinas.	Armonizada (2003/C 261/12)	15083:2003
3.6	Carga máxima recomendada por el fabricante	<b>prEN ISO 14946:2000</b> Carga máxima permitida	Armonizada (C59 06/03/02)	14946:2002
3.9	Fondeo, amarre y remolque	<b>EN ISO 15084:2003</b> Fondeo, amarre y remolque. Puntos de amarre.	Armonizada (2003/C 163/02)	15084:2003
4.	Características de manejo	<b>prEN ISO 11592:2001</b> Determinación de la máxima potencia propulsora.	Armonizada (C59 06/03/02)	11592:2002
		<b>EN ISO 8665:1995/A1:2000.</b> Motores y sistemas de propulsión marinos. Medición y declaración de potencia. (ISO 8665:1994).	Armonizada (2001/C138/05)	8665/1M:2001
5.1.1	Motores intraborda	<b>EN ISO 15584:2001</b> Motores intraborda de gasolina – Componentes de combustible y eléctricos del motor.	Armonizada (C59 06/03/02)	15584:2001
		<b>EN ISO 16147:2002</b> Motores diesel intraborda – Componentes de combustible y eléctricos montados en el motor.	Armonizada (2003/C 80/11)	16147:2002
5.1.2	Ventilación	<b>EN ISO 11105:1997</b> Ventilación de las salas de motores de gasolina y/o de los compartimentos para los depósitos de gasolina. (ISO 11105:1997).	Armonizada (C384 18/12/97)	11105:1997

5.1.4	Arranque de motores fueraborda	EN ISO 11547:1995/A1:2000 Dispositivos de protección contra el arranque con marcha engranada. (ISO 11547:1994).	Armonizada (2001/C138/05)	11547/A1:2001
5.2	Combustible	EN ISO 10088:2001 Sistemas de combustible instalados de forma permanente y tanque fijos de combustible.	Armonizada (2002/C 91/03)	10088:2002
		prEN ISO 21487 Tanques de combustible de gasolina y diesel permanentemente instalados.	PROYECTO	
		EN ISO 7840:1995/A1:2000 Mangueras resistentes al fuego para carburantes	Armonizada (2001/C138/05)	7840/1M:2000
		EN ISO 8469:1995/A1:2000 Embarcaciones menores. Mangueras no resistentes al fuego para carburantes. (ISO 8469:1994).	Armonizada (2001/C138/05)	8469/1M:2001
5.3	Sistema eléctrico	EN 28846:1993/A1:2000 Equipos eléctricos. Protección contra la inflamación de los ambientes gaseosos inflamables (ISO 8846:1990).	Armonizada (2001/C138/05)	28846/1M:2001
		EN 28849:1993/A1:2000 Bombas de sentina con motor eléctrico. (ISO 8849:1990).	Armonizada (2001/C138/05)	28849/1M:2001
		EN ISO 9097:1994/A1:2000 Ventiladores eléctricos. (ISO 9097:1991).	Armonizada (2001/C138/05)	9097/1M:2001
		EN ISO 10133:2000 Sistema eléctricos - Instalaciones de corriente continua de muy baja tensión	Armonizada (C59 06/03/02)	10133:2001
		EN ISO 13297:2000 Sistema eléctricos - Instalaciones de corriente alterna (Revisión de ISO 13297:1995)	Armonizada (C59 06/03/02)	13297:2001
		EN 60092-507:2000 Instalaciones eléctricas de los barcos – Parte 507: Embarcaciones de recreo (IEC 60092-507:2000)	Armonizada (2003C 137/03)	EN 60092-507:2000
		5.4	Sistema de gobierno	EN 28847:1989 (ISO 8847) Mecanismos de gobierno. Sistemas de cable metálico y polea. (28847:1989).
EN 28848:1993/A1:2000 Mecanismos de gobierno a distancia. (ISO 8848:1990).	Armonizada (2001/C138/05)			28848/1M:2001
EN 29775:1993/A1:2000 Mecanismos de gobierno a distancia para motores únicos fueraborda de potencia comprendida entre 15 Kw y 40 kW. (ISO 9775:1990).	Armonizada (2001/C138/05)			29775/1M:2001
EN ISO 10592:1995/A1:2000 Sistemas hidráulicos de gobierno. (ISO 10592:1994).	Armonizada (2001/C138/05)			10592/1M:2001
EN ISO 13929:2001 Mecanismo de gobierno. Transmisión directa por engranajes.	Armonizada (C59 06/03/02)			13929:2001
prEN ISO 15652 Sistemas de gobierno por control remoto para botes propulsados por chorro de agua.	PROYECTO			
5.5	Aparatos de gas			EN ISO 10239:2000 Sistemas alimentados por gas licuado de petróleo (GLP).
5.6	Protección contra incendios	EN ISO 9094-1:2003 Protección contra incendios - Parte 1: Embarcaciones de eslora inferior o igual a 15 m.	Armonizada (2003/C 163/02)	9094-1:2003
		EN ISO 9094-2:2002 Protección contra incendios - Parte 2: Embarcaciones de eslora superior a 15 m.	Armonizada (2003/C 118/09)	9094-2:2002
		EN ISO 14895:2003 Hornillos de cocina alimentados por combustible líquido.	Armonizada (2003/C 261/12)	14895:2003
5.7	Luces de navegación	prEN ISO 16180 Luces eléctricas de navegación.	PROYECTO (Norma de soporte)	
5.8	Prevención de	EN ISO 8099:2000 Sistemas de retención de	Armonizada	8099:2001



	vertidos	desechos de instalaciones sanitarias.	(2001/C138/05)	
Botes inflables y semirígidos (Todas las cláusulas cuando sean de aplicación).		<b>EN ISO 6185-1:2001</b> Botes neumáticos - Parte 1: Botes equipados de motor con una potencia máxima de 4,5 kW.	Armonizada (2002/C 91/03)	6185-1:2002
		<b>EN ISO 6185-2:2001</b> Botes neumáticos - Parte 2: Botes equipados de motor con una potencia máxima comprendida entre 4,5 kW y 15 kW inclusive.	Armonizada (2002/C 91/03)	6185-2:2002
		<b>EN ISO 6185-3:2001</b> Botes neumáticos - Parte 3: Botes equipados de motor con una potencia máxima mayor o igual a 15 kW.	Armonizada (2002/C 91/03)	6185-3:2002
Propuesta de enmienda de la Directiva para emisiones de ruidos		<b>EN ISO 14509: 2001</b> y Enmienda 1. Medida del nivel de presión de sonido emitido por una embarcación de recreo motorizada.	Se armonizará después de aprobado el proyecto de enmienda de la Directiva	
		<b>prEN ISO 14509-2</b> Medida del nivel de presión de sonido emitido por una embarcación de recreo motorizada. Parte 2: Evaluación del sonido usando una embarcación de referencia.	PROYECTO	
Propuesta de enmienda de la Directiva para incluir motos acuáticas		<b>prEN ISO 13590</b> – Motos acuáticas – Requisitos de construcción y sistemas de instalación.	PROYECTO	



EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

## CAPÍTULO 11

### PRESUPUESTO

## CAPÍTULO 11

## PRESUPUESTO

En este capítulo haremos una estimación del coste de nuestra embarcación, hemos considerado dos grupos principales: costes directos y costes indirectos. Después dentro de cada grupo hemos agrupado los elementos considerados en diferentes partidas. El precio de la hora-hombre será de 15€:

<b>COSTES DIRECTOS</b>				
<b>GRUPO</b>	<b>ITEM</b>	<b>COSTE MATERIAL €</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTE HORAS €</b>
ESTRUCTURA	FABRICACIÓN DE MOLDE	1900	220	3300
	CASCO Y REFUERZOS P.R.F.V.	26826	2044	30660
	TRABAJOS ADICIONALES ESTRUCTURALES	3500	300	4500
<b>SUBTOTAL</b>		<b>32226</b>	<b>2564</b>	<b>38460</b>
AISLAMIENTOS Y CERRAMIENTOS	MAMPAROS Y CERRAMIENTOS	1330	57	855
	AISLAMIENTOS Y ACABADOS	7856	58	867
	ELEMENTOS DE CUBIERTA	2400	20	300
	CUBIERTA DE TECA	5100	60	900
	ACRISTALAMIENTO	1080	20	300
<b>SUBTOTAL</b>		<b>17766</b>	<b>215</b>	<b>3222</b>
HABILITACION	MOBILIARIO	10300	80	1200
	SERVICIOS DE HABILITACIÓN	3500	70	825
	ELECTRODOMÉSTICOS	2500	8	120
<b>SUBTOTAL</b>		<b>16300</b>	<b>158</b>	<b>2145</b>
EQUIPOS	EQUIPO FONDEO	1300	30	450
	EQUIPO SALVAMENTO	3000	30	450
	EQUIPO DE NAVEGACION	1100	70	1050
	EQUIPO CONTRAINCENDIO	1550	40	600
	EQUIPO DE NAVEGACIÓN	1400	50	750
	EQUIPO DE GOBIERNO	1200	40	600
<b>SUBTOTAL</b>		<b>9550</b>	<b>260</b>	<b>3900</b>
PROPULSION	MOTOR PROPULSOR + REDUCTORA, EJE Y HELICE	59200	100	1500
	ACCESORIOS CÁMARA MÁQUINAS	1500	40	600
<b>SUBTOTAL</b>		<b>60700</b>	<b>140</b>	<b>2100</b>



ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA	INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	9500	250	3750
OTROS	TUBERÍAS Y CONDUCCIONES	1200	110	1650
INGENIERÍA	PLANOS Y CÁLCULOS		350	5250
<b>TOTAL COSTES DIRECTOS</b>		<b>144642</b>	<b>59127</b>	<b>203769</b>

<b>COSTES INDIRECTOS (€)</b>	
GASTOS GENERALES (12%)	24926,28
IMPREVISTOS (3%)	6231,57
BENEFICIO INDUSTRIAL (15%)	31157,85
<b>TOTAL COSTES INDIRECTOS</b>	<b>62315,7</b>

<b>COSTE TOTAL = COSTES DIRECTOS + COSTES INDIRECTOS (€)</b>
<b>270034,7</b>

<b>PRECIO DE VENTA (16% I.V.A.)</b>
<b>313240,25 €</b>

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

ANEXO I  
INFORMACIÓN COMERCIAL  
DEL  
MOTOR PROPULSOR

# VOLVO PENTA DIESEL INTRABORDAS

# D6-435

320 kW (435 CV) potencia al cigüeñal según ISO 8665

## Altas prestaciones para uso marino

El Volvo Penta D6-435 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.

### 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 rígido, 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/EC - Conectar y navegar

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

El EVC facilita la vida a bordo haciéndola también más segura; ofrece la sincronización de dos motores y nuevas funciones de software como



el Volvo Penta Low Speed (opcional), lo que reduce considerablemente la velocidad de la embarcación en vacío para facilitar las maniobras en zonas estrechas.

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

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

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

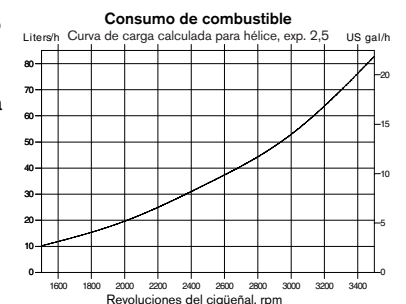
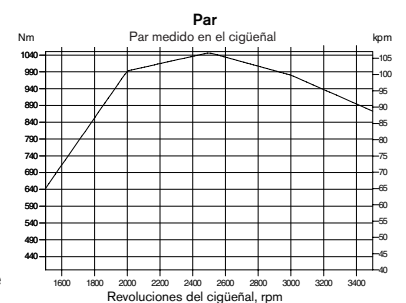
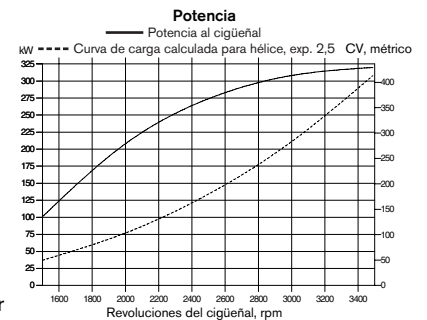
Asociado con las características del motor D6, el mecanismo de cambios hidráulico y la tecnología de biselado en todo el tren de engranajes, hemos desarrollado un grupo propulsor completo cuando se desea elevado par, fiabilidad operativa y reducción de ruidos y vibraciones.

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.

### Satisfaciendo nuevos estándares de emisiones de escape

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



**VOLVO  
PENTA**

# D6-435

## 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 cuatro válvulas con ajustadores hidráulicos
- Doble árbol de levas en cabeza
- Pistones refrigerados por aceite, con dos aros de compresión y uno de aceite
- Camisas integradas
- Asientos de válvula cambiables
- Cigüeñal de siete apoyos
- Distribución posterior

### Suspensión del motor

- Suspensión elástica

### Sistema de lubricación

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

### Sistema de combustible

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

### Sistema de admisión y escape

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

### Sistema de refrigeración

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

### Sistema eléctrico

- Bipolar, de 12V o 24V
- Alternador de 14V/115A o 28V/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/mandos

- Cuadro completo con interruptor de llave, instrumentos y cuadro alarma bloqueado

- Cuadros de supervisión EVC para instalaciones simples y dobles
- Mando electrónico para acelerador y cambio de marcha
- Conexiones eléctricas del tipo enchufe

### Inversor

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

### Accesorios

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

Contacte a su concesionario Volvo Penta para más información.

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

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

## Datos técnicos

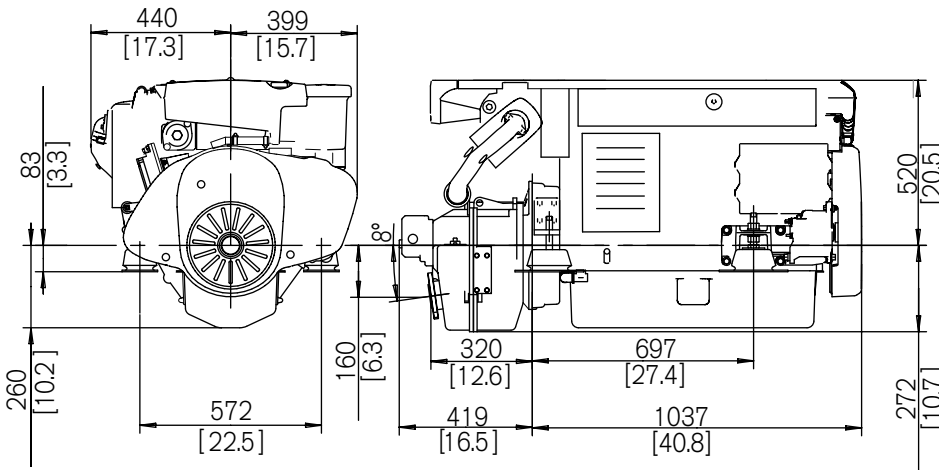
Modelo.....	<b>D6-435 I</b>
Potencia al cigüeñal, kW (CV).....	320 (435)
Potencia al eje de la hélice, kW (CV).....	310 (422)
Revoluciones, rpm.....	3500
Cilindrada, l.....	5,5
Número de cilindros.....	6
Diámetro cilindros/carrera, mm.....	103/110
Relación de compresión.....	17,5:1
Peso en seco con HS85AE, kg.....	699
Ratio HS80AE.....	1,96:1, 1,57:1
Ratio HS80IVE.....	2,01:1, 1,64:1
Ratio HS85AE.....	2,5:1
Ratio HS85IVE.....	2,49:1

Potencia: R5

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

## Dimensiones D6-435/HS80AE/HS85AE

No para instalación



**VOLVO  
PENTA**

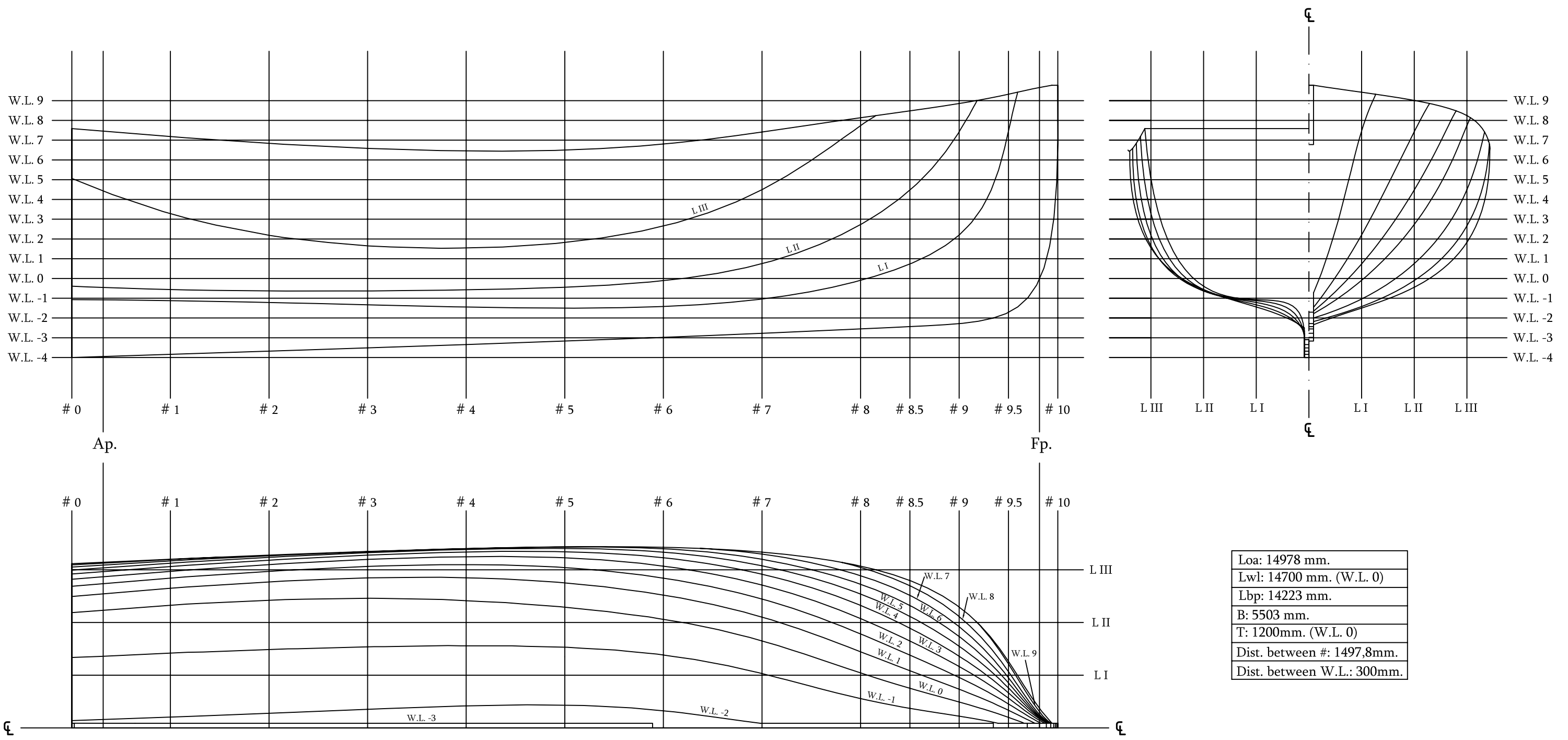
**AB Volvo Penta**

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

EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70 M. DE ESLORA.  
CONSTRUIDA EN P.R.F.V., HABILITACIÓN PARA 6 PERSONAS,  
14 NUDOS VELOCIDAD DE CRUCERO, 400 MILLAS DE AUTONOMÍA

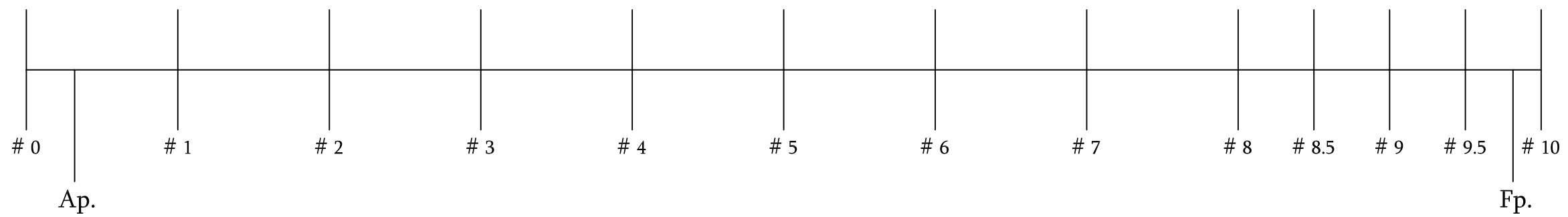
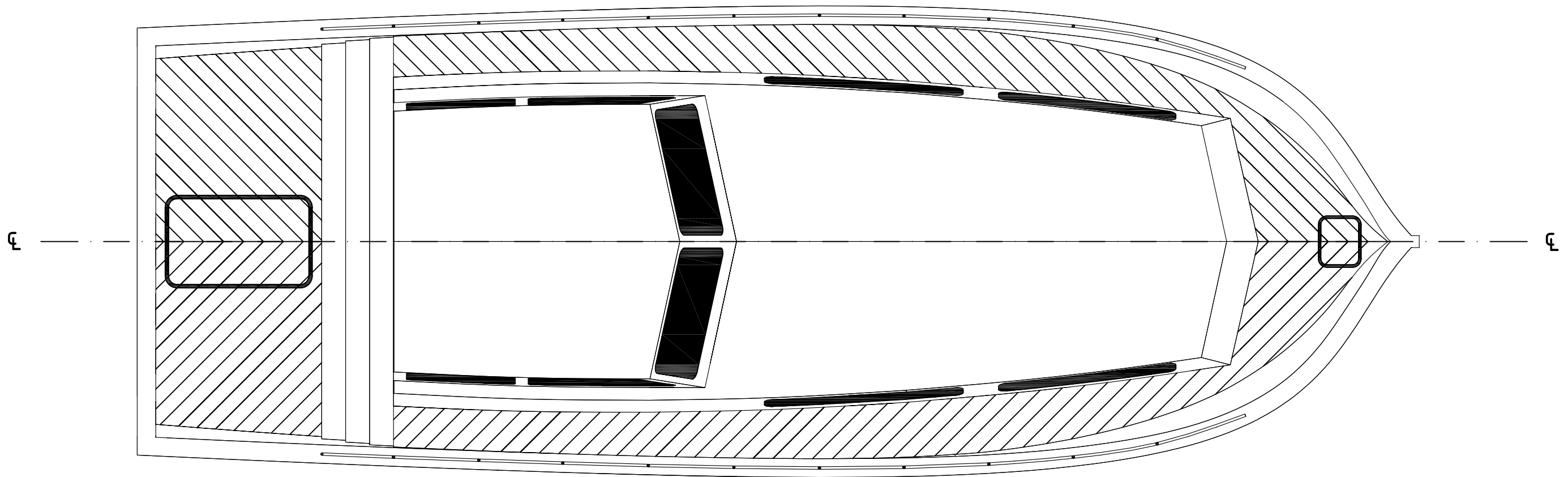
## ANEXO II

### PLANOS



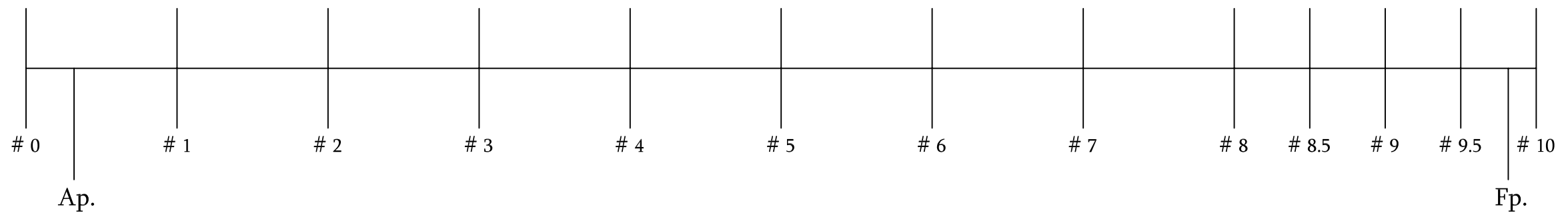
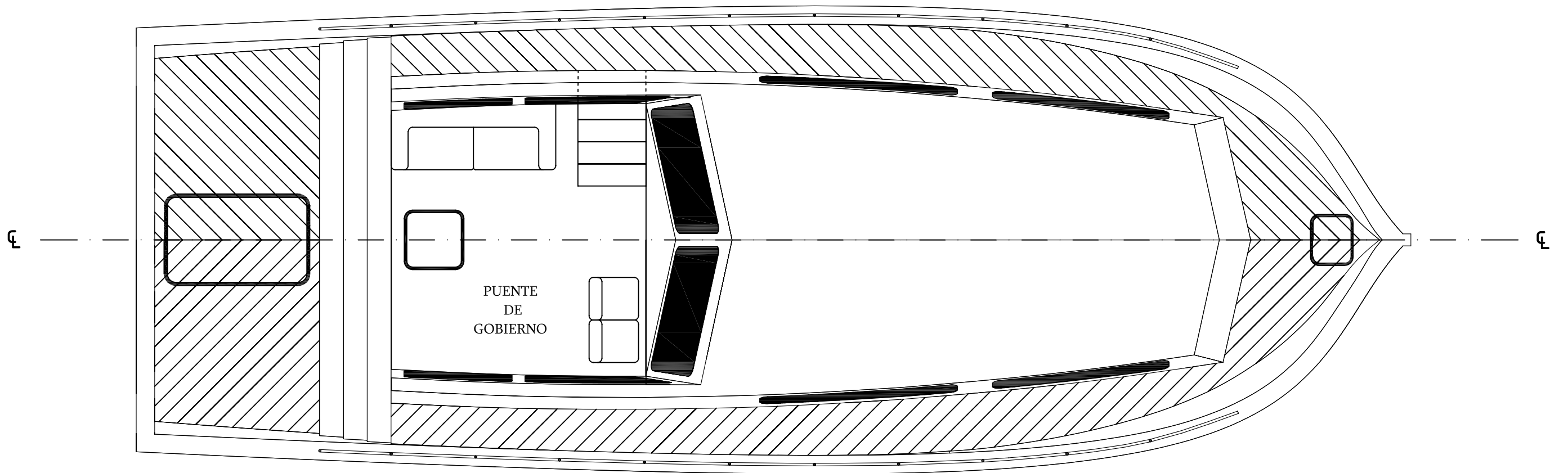
Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:60
E.U.I.T. NAVAL			PLANO DE FORMAS		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 1/9



Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

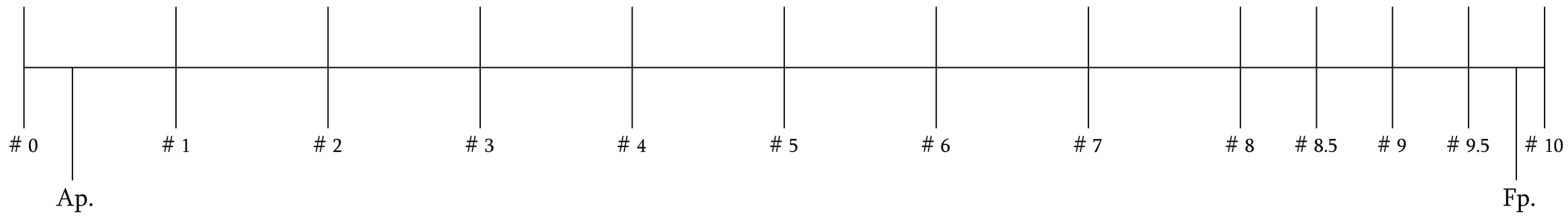
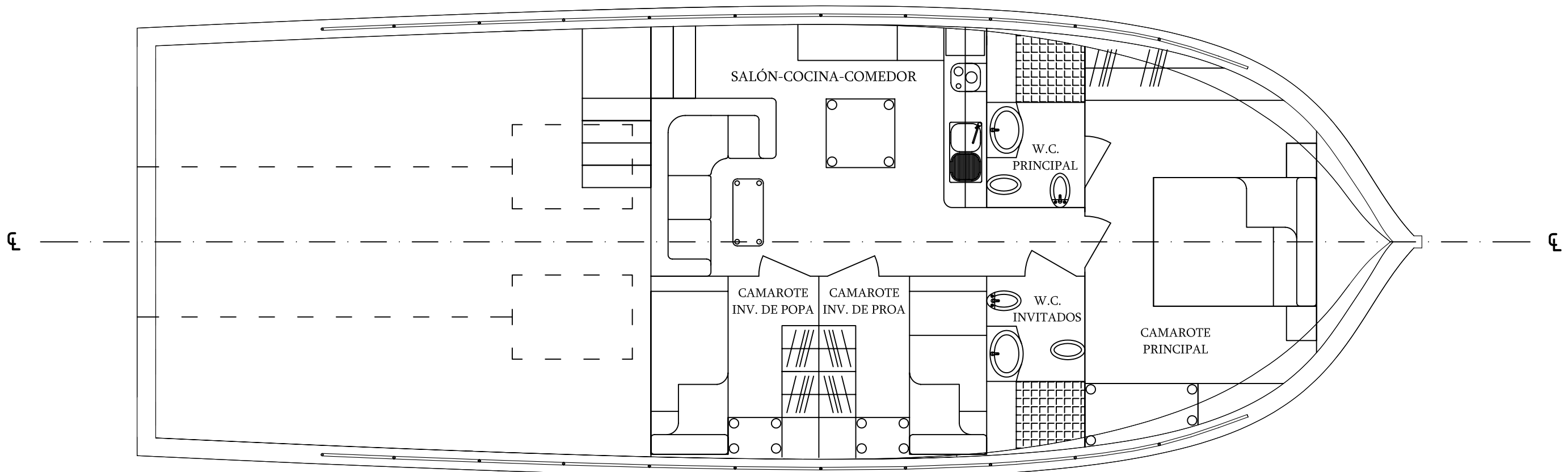
Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. CUBIERTA SUPERIOR		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 2/9



Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

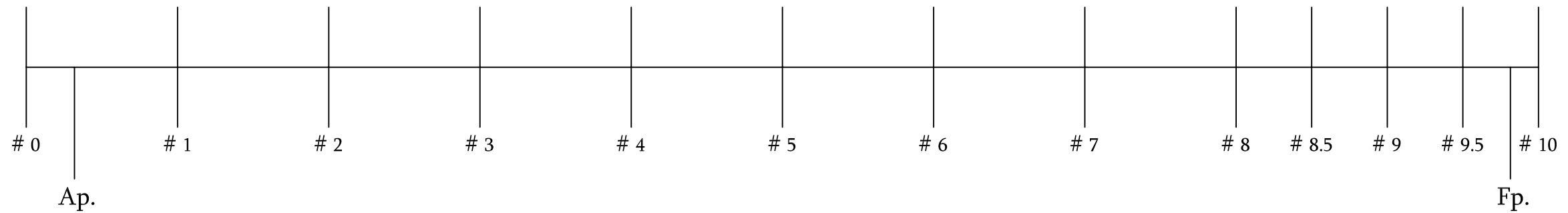
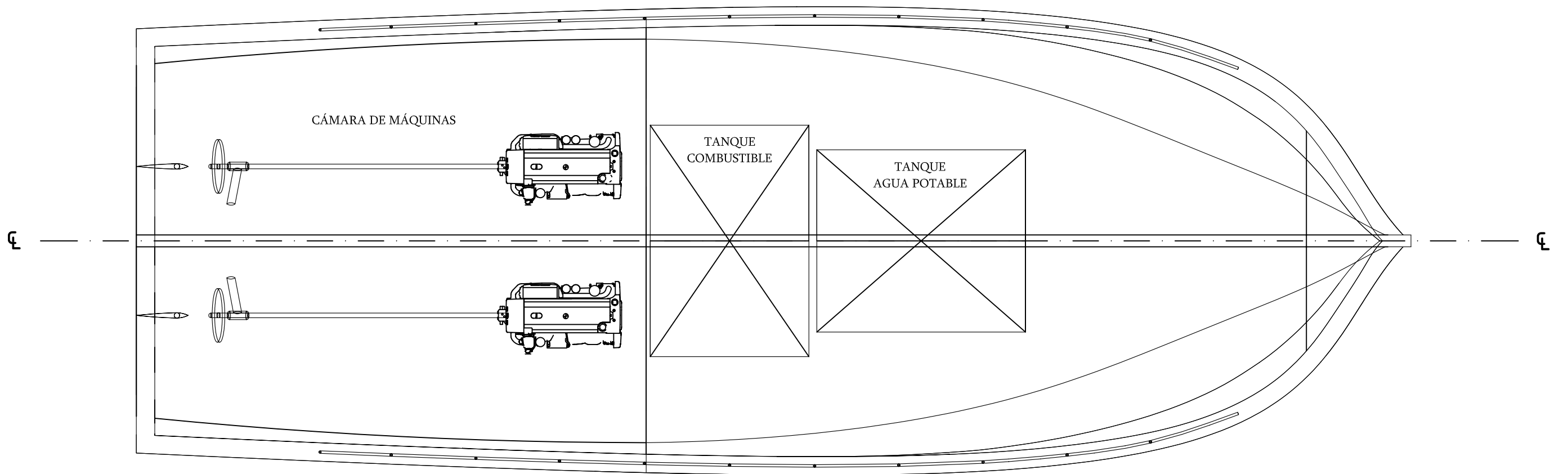
Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. PUENTE DE GOBIERNO		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA		Edición 0





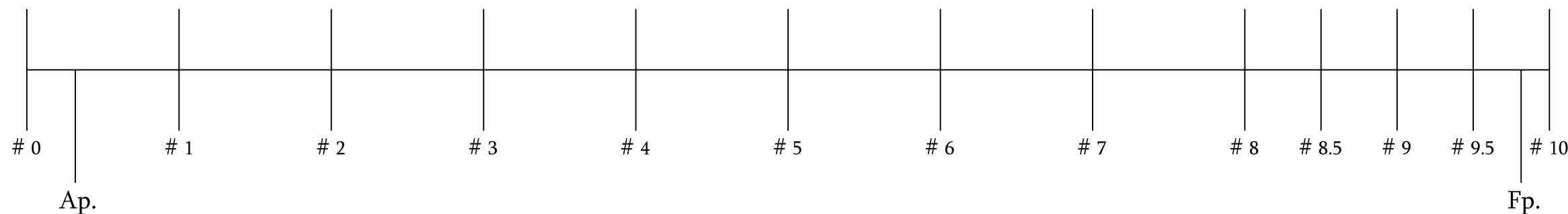
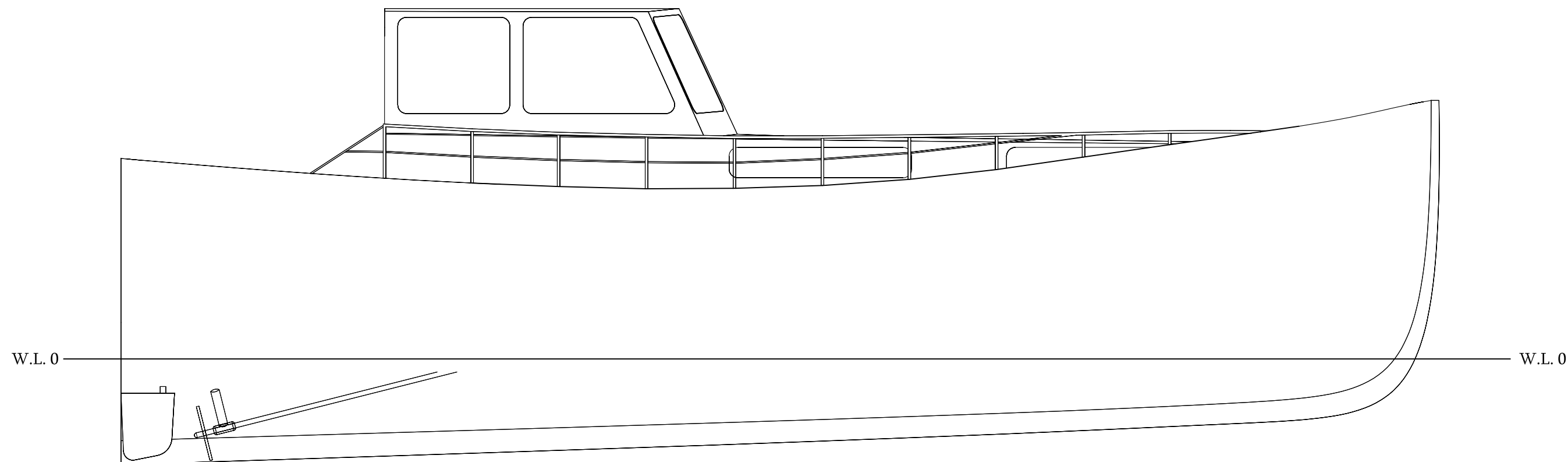
Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. CUBIERTA DE HABILITACIÓN		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA		Edición 0



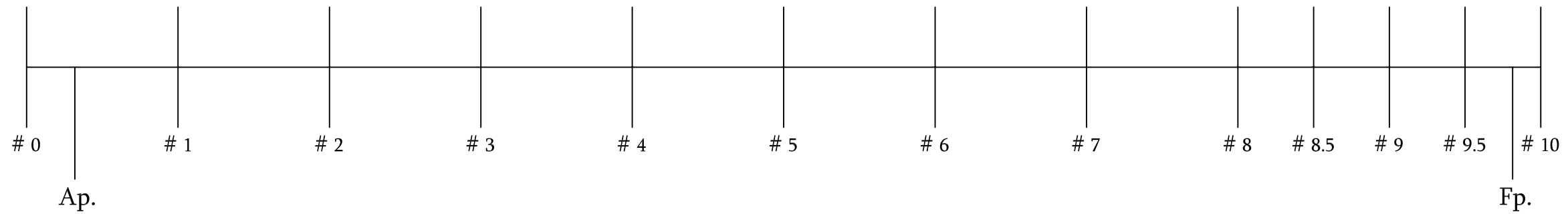
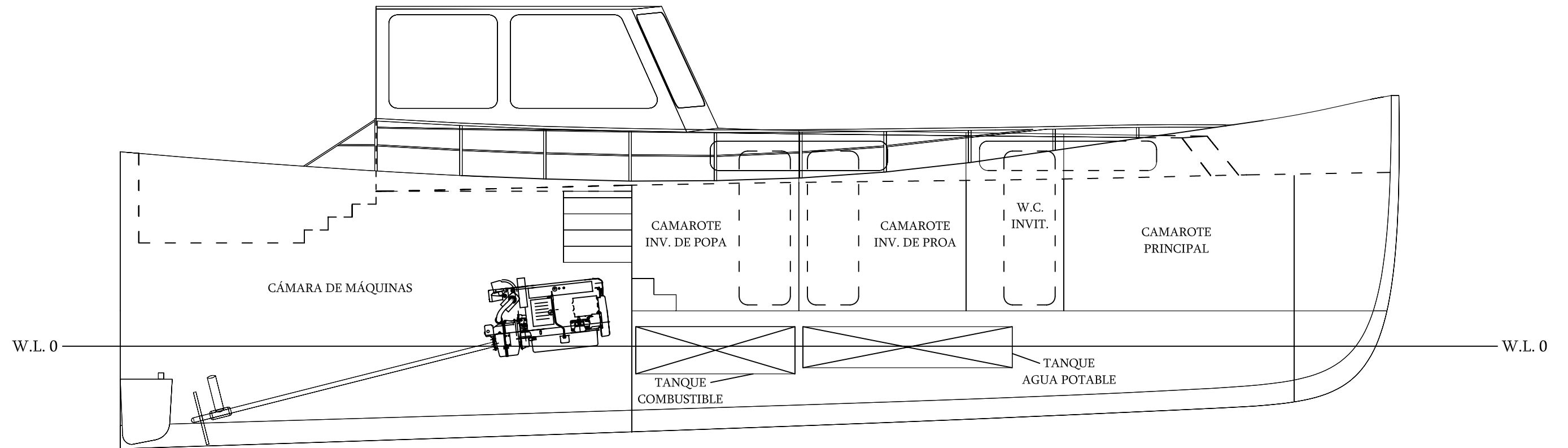
Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. TANQUES Y C.M.		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 5/9



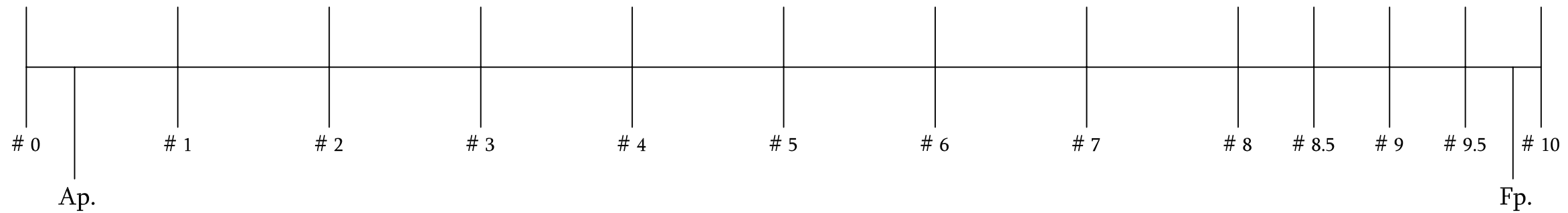
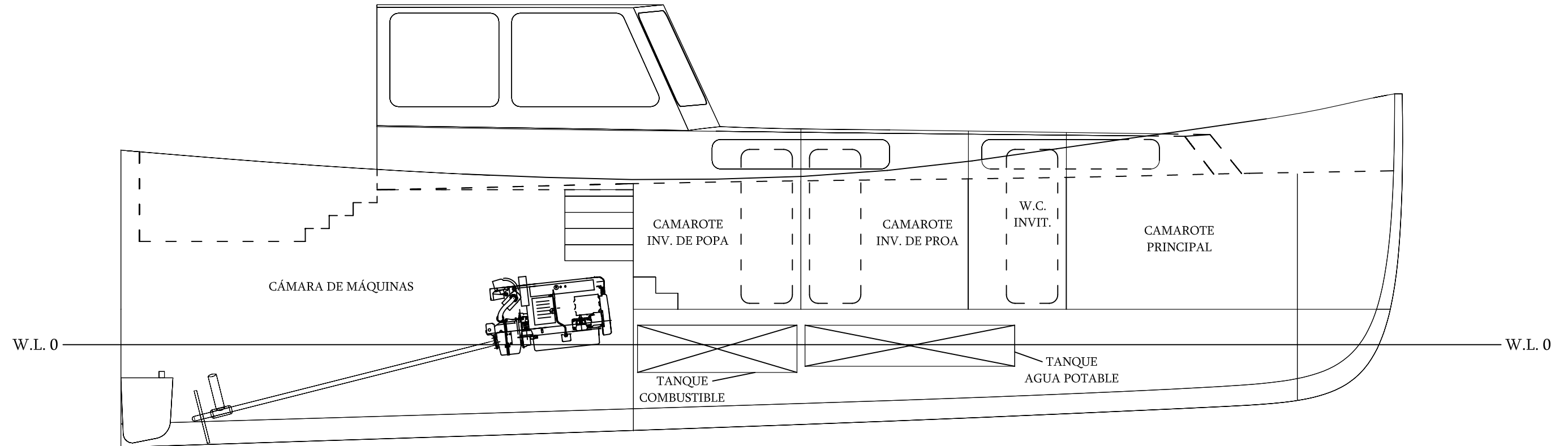
Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			VISTA LONGITUDINAL		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 6/9



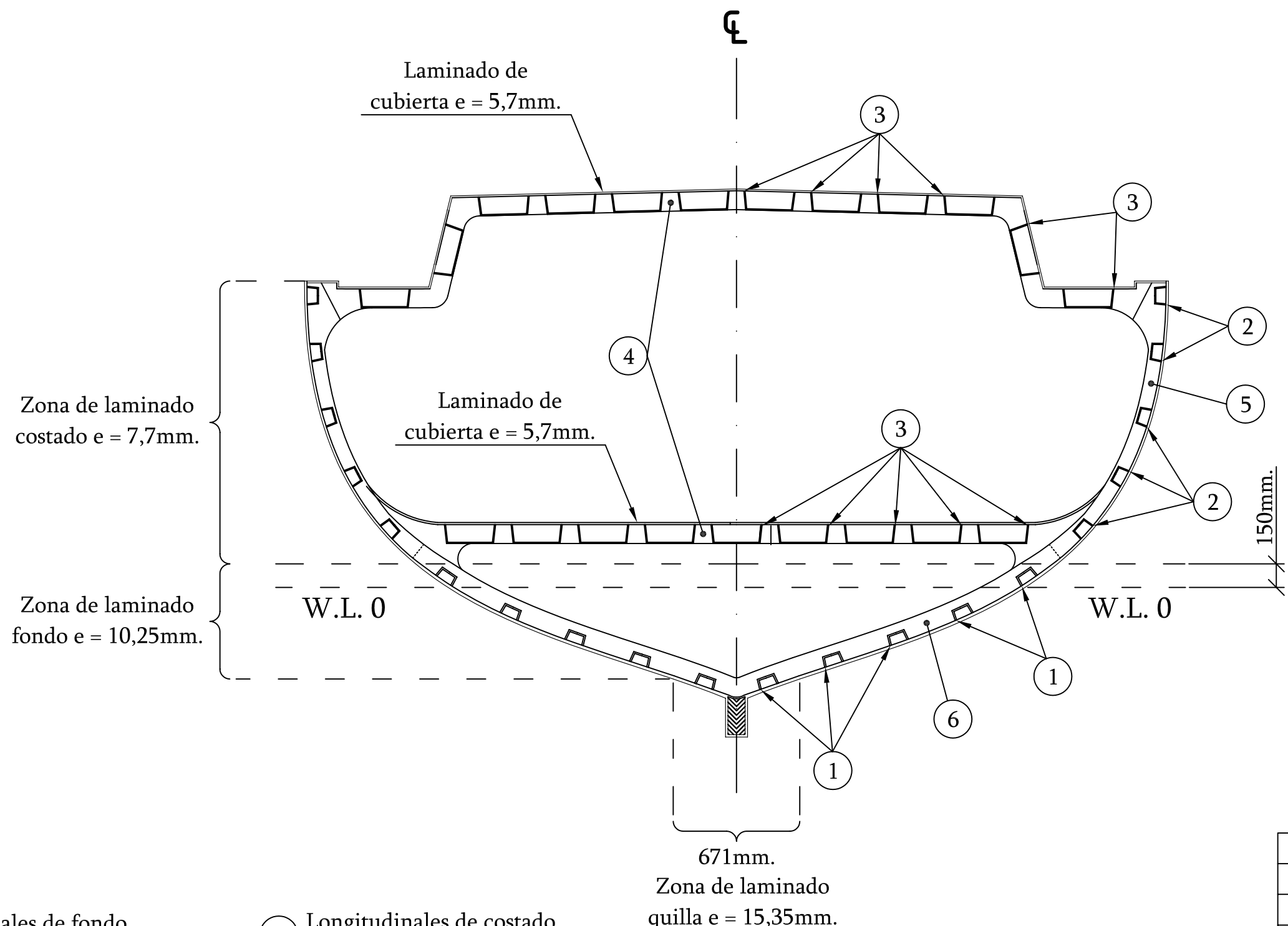
Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. LONGITUDINAL		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 7/9



Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha 09/07/08	Escala 1:50
E.U.I.T. NAVAL			D.G. LONGITUDINAL SIN BARANDILLADO		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 8/9



① Longitudinales de fondo  
Br./Er. simétricos.

③ Longitudinales de cubierta  
Br./Er. simétricos.

⑤ Cuadernas/Bulárcamas de costado  
Br./Er. simétricos.

② Longitudinales de costado  
Br./Er. simétricos.

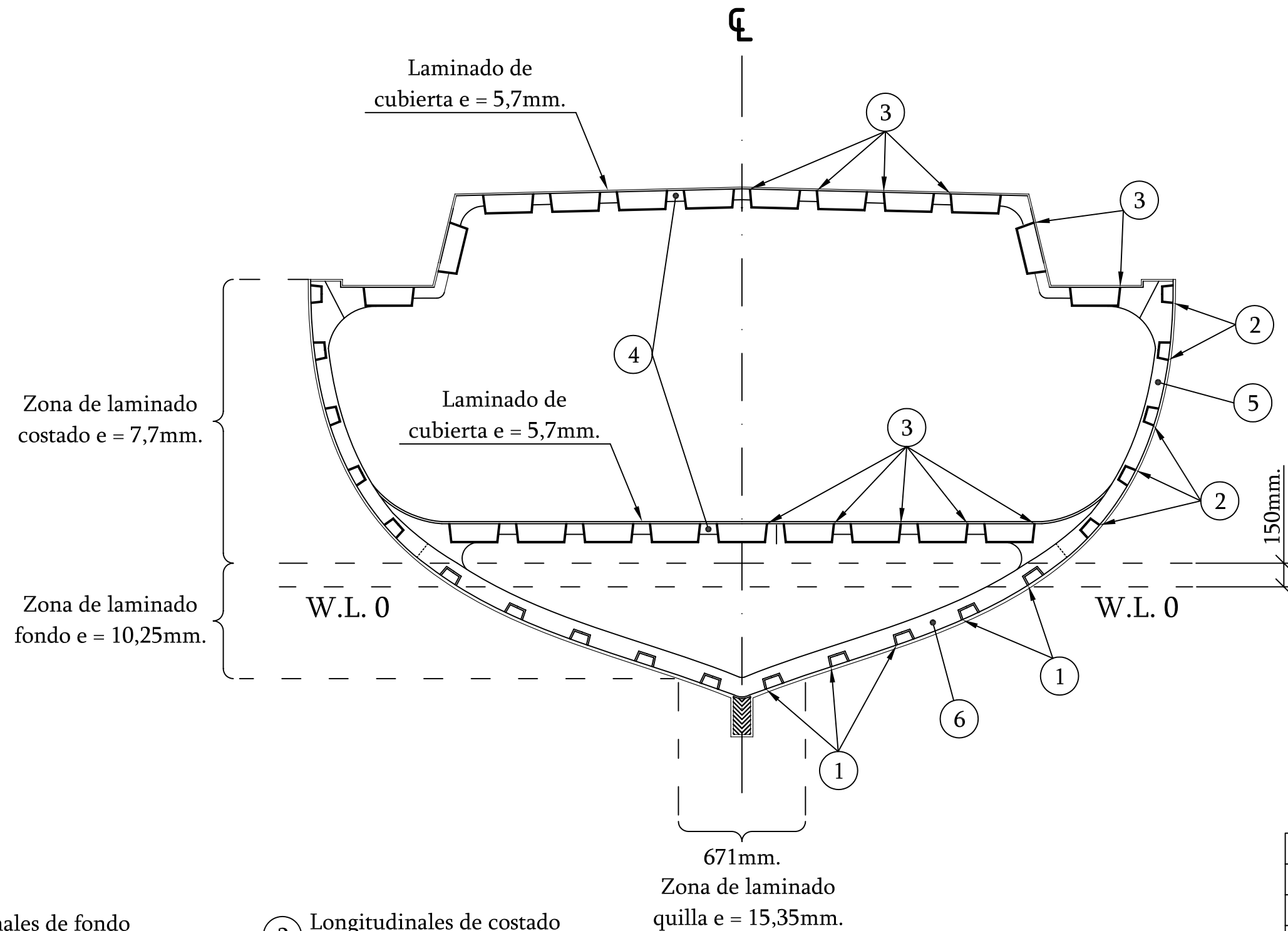
④ Baos de cubierta  
Br./Er. simétricos.

⑥ Varengas/Bulárcamas de centro  
Br./Er. simétricos.

671mm.  
Zona de laminado  
quilla e = 15,35mm.

Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha -	Escala 1:30
E.U.I.T.NAVAL			SECCIÓN MEDIA - REFUERZOS		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 9/9



- ① Longitudinales de fondo  
Br./Er. simétricos.
- ③ Longitudinales de cubierta  
Br./Er. simétricos.
- ⑤ Cuadernas/Bulárcamas de costado  
Br./Er. simétricos.

- ② Longitudinales de costado  
Br./Er. simétricos.
- ④ Baos de cubierta  
Br./Er. simétricos.
- ⑥ Varengas/Bulárcamas de centro  
Br./Er. simétricos.

Loa: 14978 mm.
Lwl: 14700 mm. (W.L. 0)
Lbp: 14223 mm.
B: 5503 mm.
T: 1200mm. (W.L. 0)
Dist. between #: 1497,8mm.
Dist. between W.L.: 300mm.

Diseñado por J.M.D.A.	Revisado por -	Aprobado por - fecha -	Nombre archivo -	Fecha -	Escala 1:30
E.U.I.T.NAVAL			SECCIÓN MEDIA - REFUERZOS		
			EMBARCACIÓN DE RECREO A MOTOR DE 14,70M. DE ESLORA	Edición 0	Lámina 9/9



