

Bote Pesquero Artesanal, “Bongo Pescador” Característica Náuticas y Proceso Constructivo

El Bongo Pescador

El Bongo Pescador, es una embarcación que se ha utilizado desde que el hombre se dedica a la pesca artesanal en Chile. En sus inicios eran pequeños bongos, hechos de madera de monte por destacados artesanos de ribera y se manejaban a remo. Hacia los años 1960, se comienza a industrializar la construcción de embarcaciones, surgen empresas como Star-Line y se funda ASMAR- Astilleros y Maestranzas de la Armada. Starline, por ejemplo, comenzó construyendo botes de madera, para rápidamente pasar a la construcción de bongos en fibra de vidrio.

Esta tradicional embarcación se utiliza en gran parte de Chile por los pescadores artesanales, es por esta razón que se realizó un estudio de sus características náuticas, específicamente su estabilidad estática y flotabilidad.

A partir de este estudio se ha confeccionado un documento donde se exponen las características náuticas principales de esta embarcación y el su proceso constructivo.

Análisis del Bongo Pescador

El bongo que se analiza en el estudio náutico mide alrededor de 8 m de eslora y 2 m de manga. Sólo su casco pesa 560 kg y es de fibra de vidrio. El Bongo analizado se encuentra operando actualmente en la Caleta Portales, ubicada en Valparaíso. Para estudiar la estabilidad de una embarcación es preciso estudiar fundamentalmente el casco de la nave, ya que su geometría es la que nos indica cómo se comportará en ciertas circunstancias.



Imagen Bongo Real

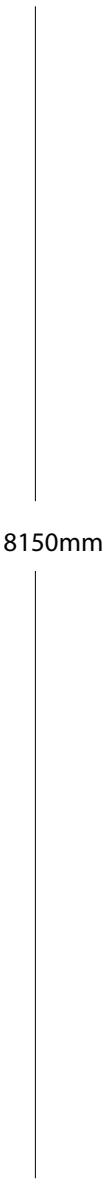
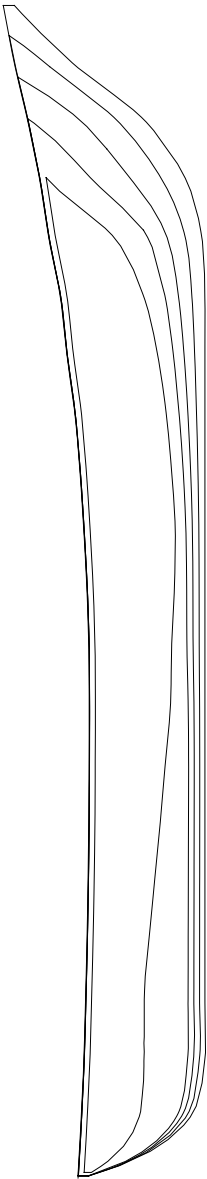
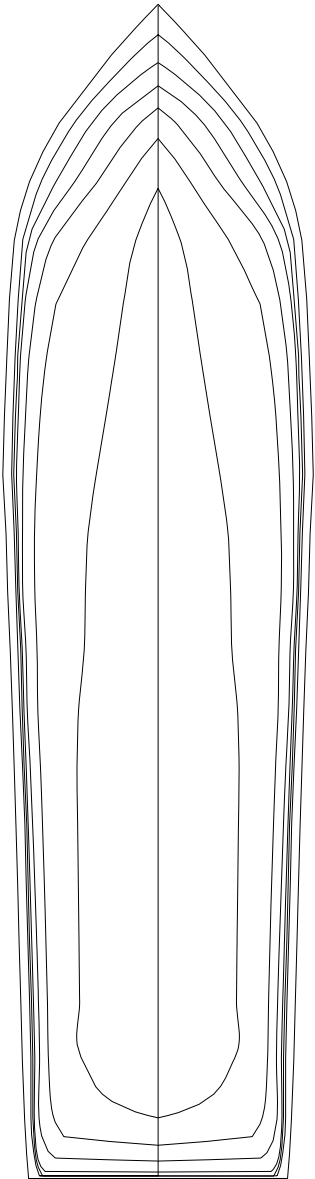
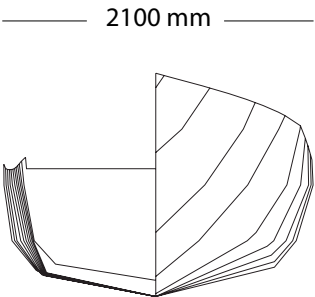
Este análisis se lleva a cabo en primer lugar midiendo el casco de un modelo de bongo. Una vez teniendo las medidas, se traspasan estos datos al software AutoCad. Realizando un modelo digital en tres dimensiones del casco.



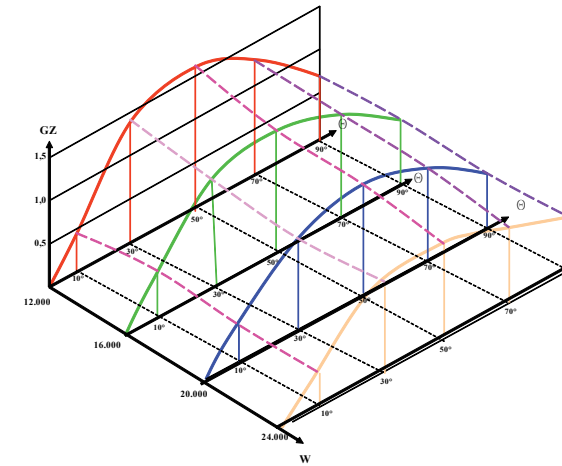
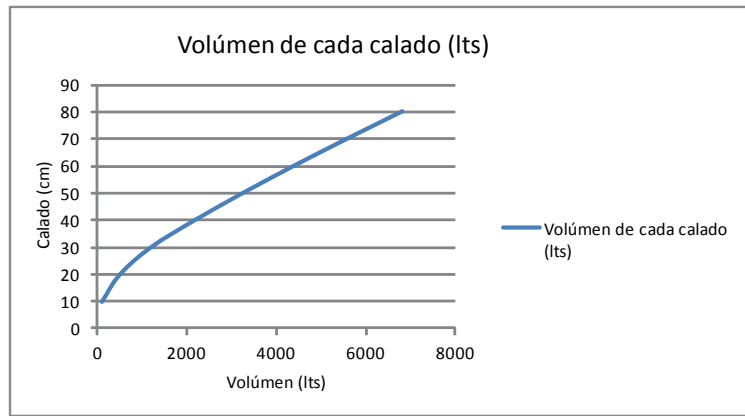
Imagen Modelo Digital 3D

Planos de Línea Bongo
Pescador de Fibra de Vidrio

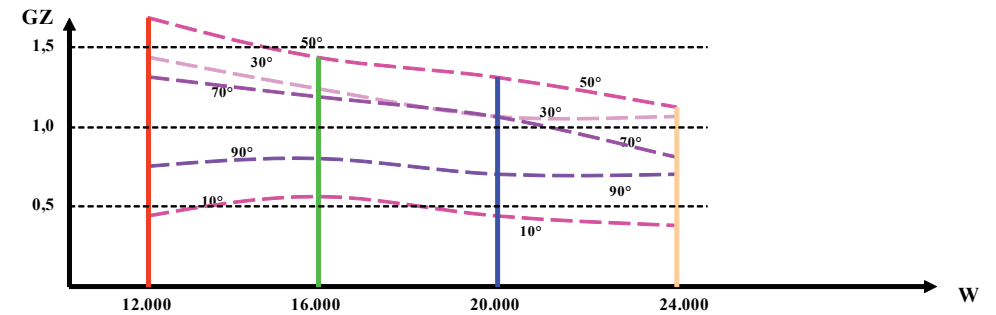
Escala
1:50



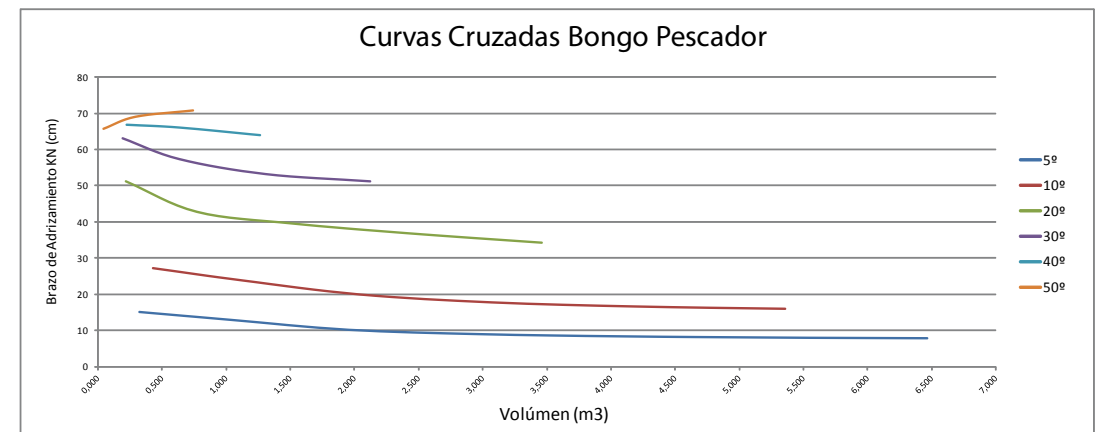
En segundo lugar se confeccionan las curvas hidrostáticas de la embarcación. Las curvas hidrostáticas son una forma gráfica que sirve para obtener de forma rápida informaciones complejas de una nave para cada calado de la embarcación, suponiendo que la nave puede estar más o menos sumergida dependiendo de sus pesos. Se calculan distintas variables como volumen, la posición longitudinal o vertical del centro de boyantez, las toneladas por centímetro de inmersión, etc., todas para distintos calados. El cálculo de éstas y otras variables se realiza cortando el casco horizontalmente, dejando sólo el volumen del casco supuestamente sumergido, como el que se muestra a continuación. Por ejemplo, en el gráfico a continuación se expone el volumen sumergido del casco en distintos calados, es decir a medida que se va hundiendo.



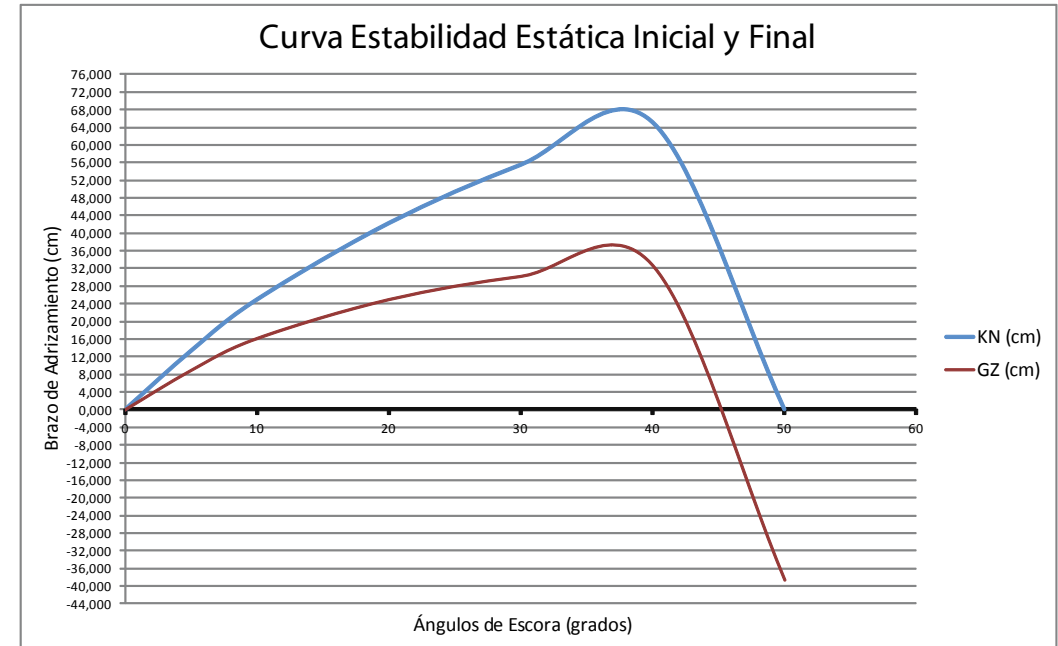
Curvas cruzadas embarcación cualquiera



A continuación se realizan las curvas cruzadas de la embarcación. Las curvas cruzadas son un gráfico plano que contienen la proyección de un gráfico tridimensional que indica el valor del Brazo de Adrizamiento KN en función del Desplazamiento “W” y del Ángulo de Escora. En el gráfico 3d que se muestra a continuación que pertenece a una embarcación cualquiera, se pueden apreciar las curvas cruzadas representadas por las líneas punteadas de color rosado.



A través de todos estos cálculos, basados en la geometría del casco se puede crear un programa en software Excell, en el cual el diseñador de la embarcación introduce datos de pesos que se le agregan a la embarcación y podemos ver cómo va cambiando la estabilidad de la nave. A grandes rasgos se evalúa la llamada curva de estabilidad estática que es como la “radiografía” de la estabilidad de una nave. Por ejemplo, con ciertos pesos normalmente dispuestos en el bongo, la curva de estabilidad queda así. Luego se puede evaluar esta curva comparándola con la que se exige en las normas OMI.



El bongo pescador cargado con ciertos pesos especificados en el procedimiento en Excell, cumple con las normas OMI, lo que lo hace una nave estable y segura en estas circunstancias de peso.

Cuadro de Carga

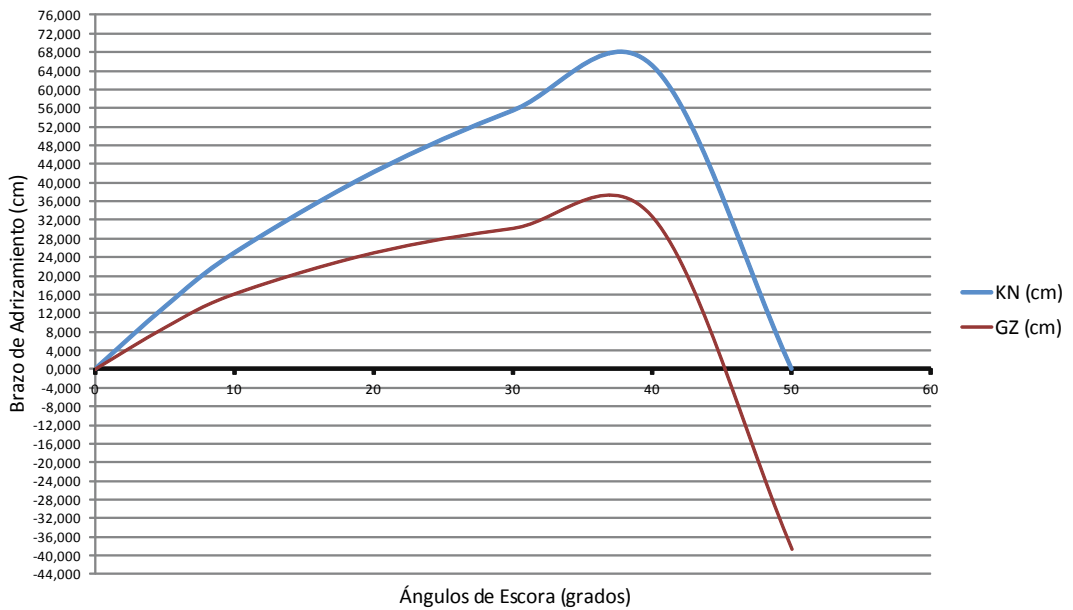
Carga	Pesos (Toneladas)	Pesos (kg)	LCG (m) según eje popa	Mto Longitudinal (m4)	KG (m)	Mto Vertical (m4)
Peso liviano						
Peso casco	0,560	560,000	3,726	2,087	0,376	0,211
motor fuera de borda 60 hp	0,101	101,300	0,000	0,000	0,700	0,071
Peso variable				0,000		0,000
tanque combustible 24 lt	0,023	22,800	0,000	0,000	0,960	0,022
2 personas	0,170	170,000	0,500	0,085	0,800	0,136
redes de pesca	0,020	20,000	2,000	0,040	0,300	0,006
jibia u otros recursos pesqueros	0,050	50,000	2,500	0,125	0,400	0,020
SUMATORIAS	0,924	924,100	2,53	2,337	0,504	0,466
g.e agua de mar	1,025					
Volumen total (m3)	0,902					
Volumen total (dm3 o lt)	901,561					

LCG: sum mto long/sum pesos (m)	
	2,529

KG (m)	
	0,504

NOTA : Distancias longitudinales son medidas desde el espejo de popa hacia proa.

Curva Estabilidad Estática Inicial y Final



Cumplimiento de las normas OMI (utilizando regla de Simpson para áreas bajo la curva)

1.- El área bajo la Curva de Estabilidad Estática final (GZ) entre 0° y 30° debe ser igual o superior a 0,055 [m rad].

Área (m rad)	0,084	CUMPLE
--------------	-------	--------

2.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GZ) entre 0° y 40° (o 0° y el ángulo de inundación θ_f , si $\theta_f < 40^\circ$) debe ser igual o superior a 0,090 [m rad].

Área (m rad)	0,156	CUMPLE
--------------	-------	--------

3.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GZ) entre 30° y 40° (o 30° y el ángulo de inundación θ_f , si $\theta_f < 40^\circ$) debe ser igual o superior a 0,030 [m rad].

Área (m rad)	0,037	CUMPLE
--------------	-------	--------

4.- El Brazo de Adrizamiento GZ debe ser a lo menos 0,20 m a un ángulo de escora igual o mayor de 30°.

Ángulo	GZ	CUMPLE
30°	0,303	
40°	0,328	

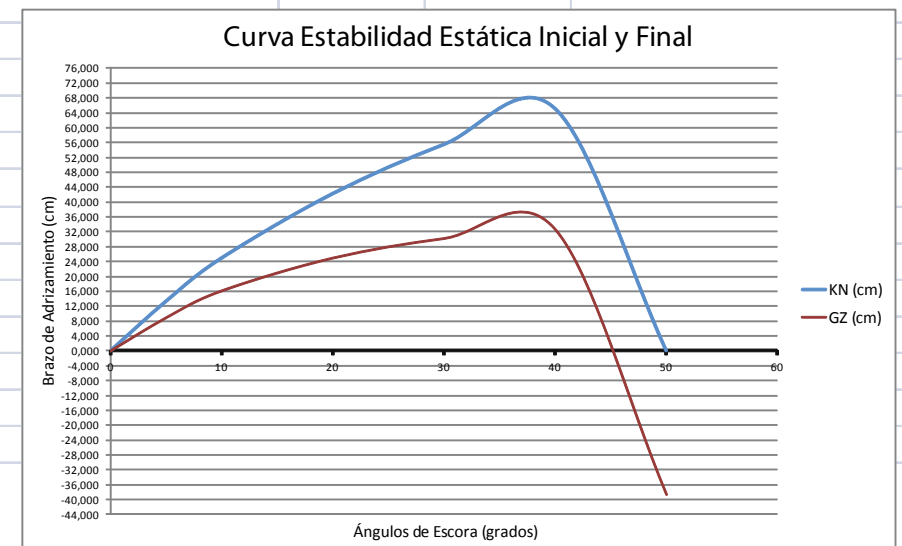
5.- El máximo Brazo de Adrizamiento debe ocurrir a un ángulo de escora que exceda 30°, pero nunca menor de 25°.

Mayor brazo de adrizamiento:

Ángulo	GZ	CUMPLE
40	0,328	

6.- La Distancia Metacéntrica GM no debe ser menor de 0,15 m.

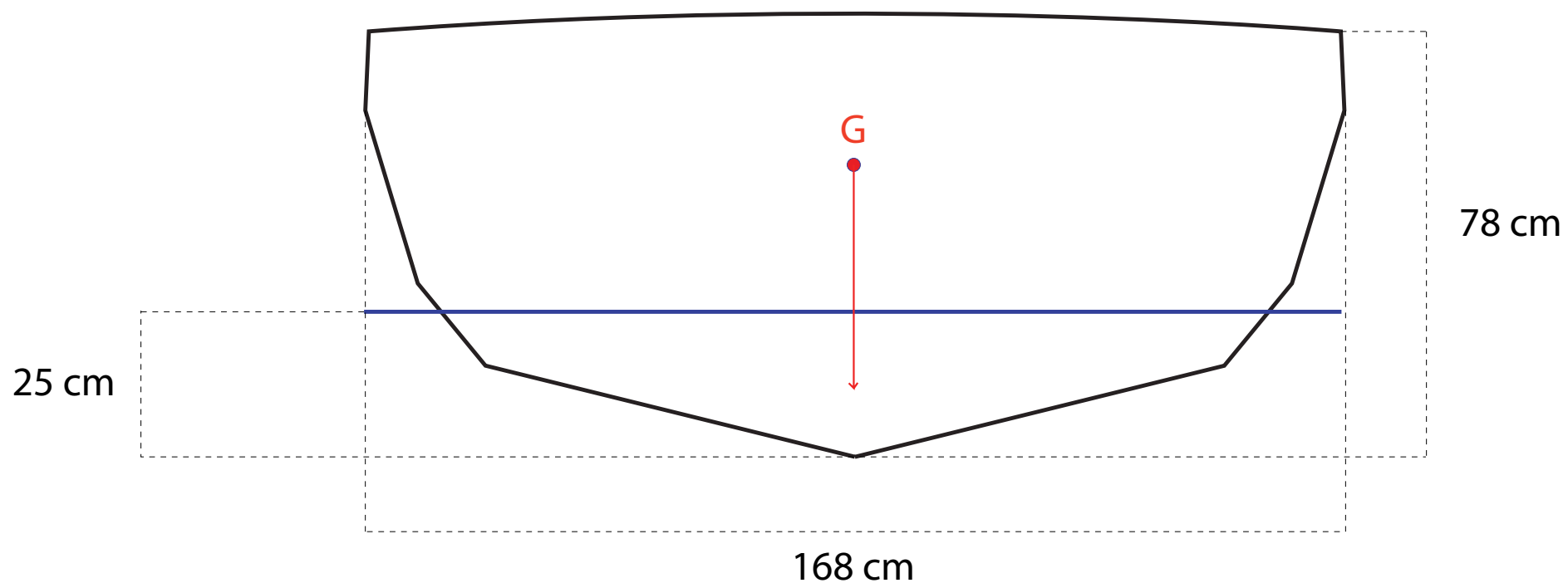
KG (m):	0,504	CUMPLE
KM (m):	1,041	
Calado	25,000	
GM (m):	0,537	



Datos extraídos de la tabla de Hidrostáticas para el Volumen que nos dio el cuadro de carga

Calado (cm)	Volumen (lt)	KB (m)	TPC (ton/cm inm)	LCF (m)	I long (m4)	I transv (m4)	BM (m)	KM (m)	LCB (m)	W (kg)
25	901,561	0,171	0,070	3,211	22,920	0,797	0,870	1,041	3,212	924,100

En las condiciones de peso que se pone a prueba el bongo, resulta que la embarcación se hunde sólo 25 cm. Esto ocurre porque la nave posee un casco muy recto, no posee una quilla muy marcada, esto para tener menos roce con el agua y poder planear cuando aumenta su velocidad.



Esquema cuaderna maestra con el calado correspondiente al cuadro de carga y la altura del centro de gravedad

Ventajas del casco casi plano del bongo

Esta embarcación posee un casco bien plano en la zona de popa y esta característica se extiende unas tres cuartas partes de la embarcación. Luego en la zona de proa se comienza a agudizar para ser más hidrodinámico.

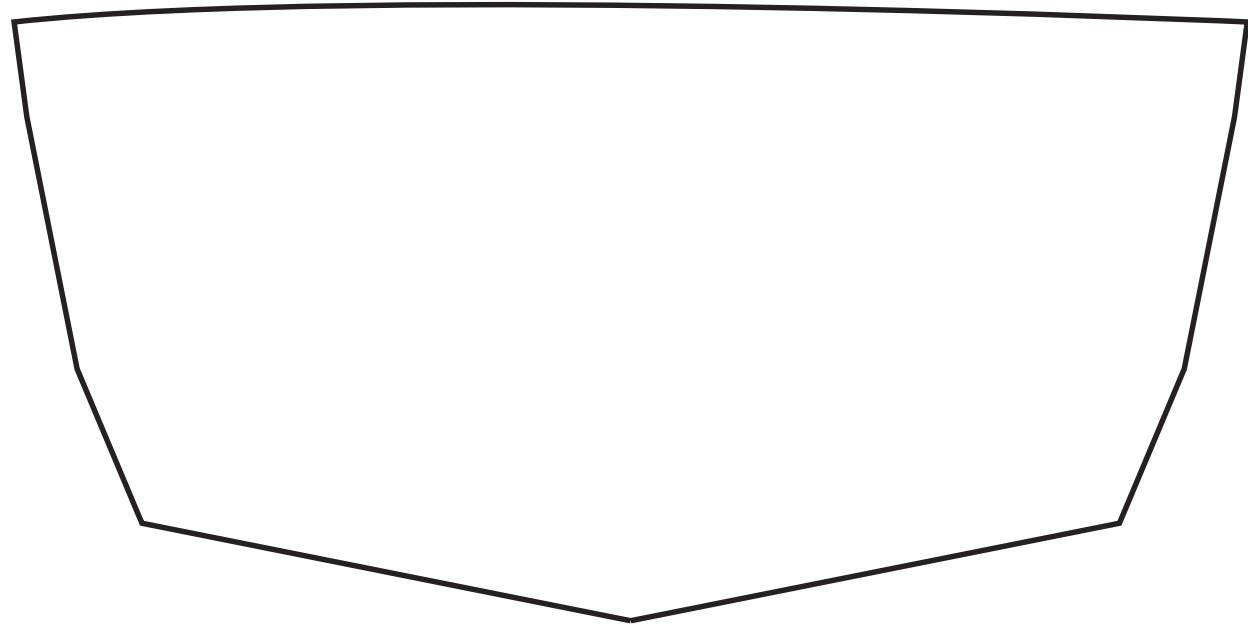
Pero en general, tiene poca resistencia hidrodinámica, lo que permite instalar a popa motores de baja potencia para obtener una marcha constante.

Además posee buena maniobrabilidad.

Tienen una buena estabilidad transversal, porque poseen mayor manga y mayor brazo de adrizamiento en caso de escorarse. Por ejemplo poseen buena resistencia a desequilibrios de pesos laterales, muy importante para el trabajo a bordo, porque permite por ejemplo a los pescadores desplazarse.

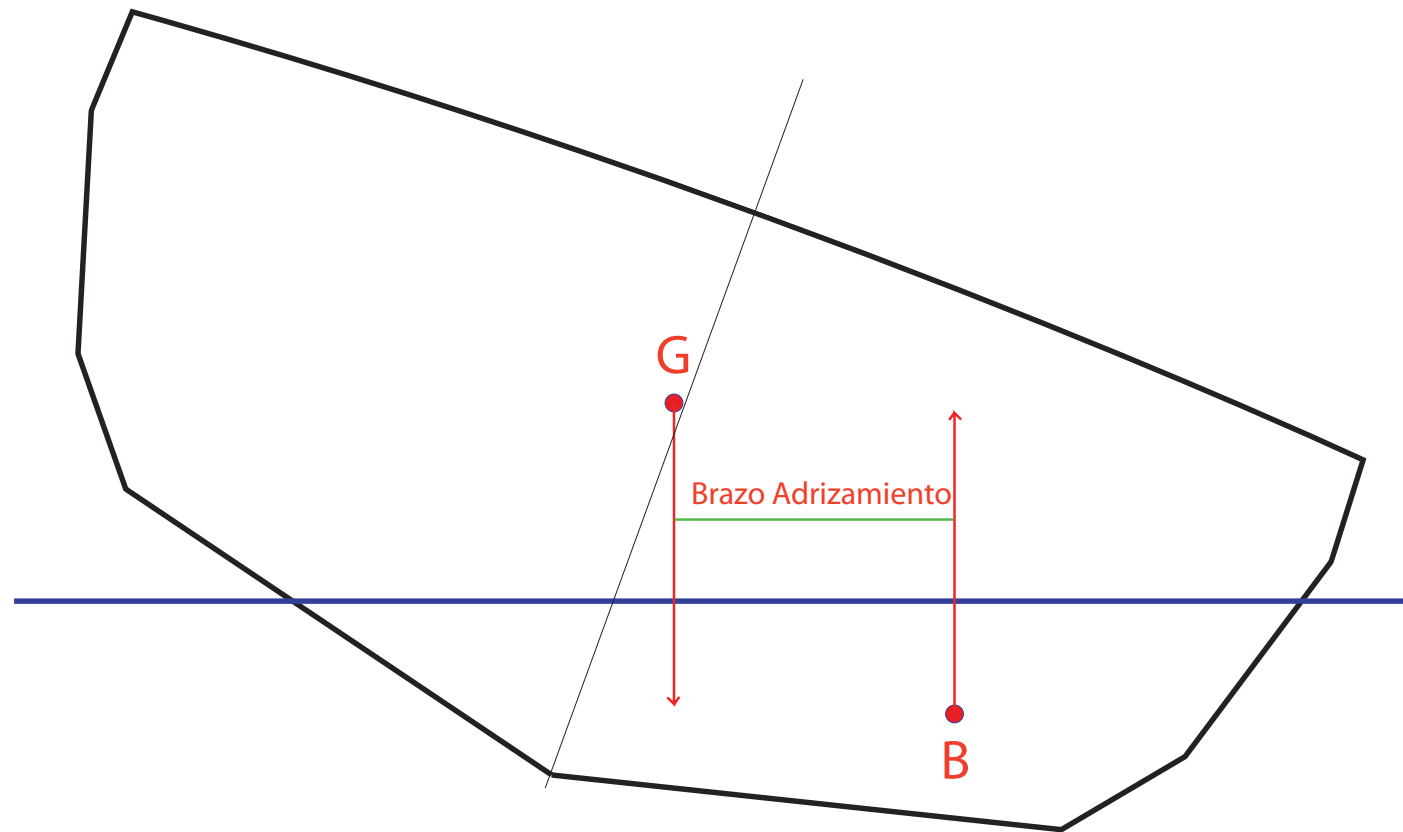
Despega rápidamente la embarcación del agua, lo que disminuye la superficie mojada, por lo que le permite planear en pocos segundos, reduciendo el consumo de combustible.

Esquema cuaderna de popa, se puede ver lo plano que es el casco



Gran Estabilidad Transversal

Este es un esquema de la cuaderna maestra, suponiendo que la embarcación está escorada. Posee un gran brazo de adrizamiento en proporción a sus medidas de manga y puntal. El centro de gravedad se encuentra a la altura que el programa excell arrojó una vez hecho el cuadro de carga. En el caso de que bajara el centro de gravedad. La estabilidad sería mejor.



Embarcaciones de Fibra de Vidrio

PRF: Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio:

Este plástico es bien singular porque puede fabricarse por el usuario in situ. Se compone de una serie de refuerzos y productos químicos líquidos que cuando se juntan en proporciones específicas, puede ser formado en figuras fuertes, sólidas, pero flexibles. Variando la cantidad de los principales componentes, el producto terminado puede alcanzar distintas propiedades adecuadas a la aplicación deseada.

La principal razón en las naciones desarrolladas para el cambio de madera a PRF, fueron los menores costos de producción para las embarcaciones pequeñas fabricadas en serie.

Equipo y Materiales:

La herramienta fundamental para la fabricación de barcos de PRF es el molde. El tipo más común es el hembra, que corresponde al reverso del casco terminado y que permite a los materiales de PRF ser aplicados en el interior. Está también fabricado de PRF y está tomado de un modelo que es una reproducción del casco o la cubierta, exacto en tamaño, forma y cualquier otro detalle.

Normalmente se hace un modelo a mano, puede ser en madera y se usa sólo para hacer el molde y luego se desecha.

Los principales componentes son el refuerzo y la resina. El refuerzo más popular utilizado es un refuerzo de vidrio. Este es procesado en filamentos y después se teje o se corta en pedazos y es ploveído en rollos. Los dos tipos principales son “colchoneta” y “petatillo”. A nivel de trabajo hay dos tipos de resina para “laminación” y “acabado”.

La primera es un líquido traslúcido de varios colores pálidos. El segundo es un líquido más viscoso. La diferencia es que el acabado se aplica directamente al molde sin refuerzo y es principalmente para dar un suave y coloreado acabado al exterior del casco, mientras que la resina para laminado provee la matriz en la cual el refuerzo queda embebido.

MODELO DE MADERA → MOLDE DE PRF → CASCO DE PRF

Ventajas y Desventajas de las embarcaciones construidas en PRF

Ventajas

1. Reducción de Mantenimiento

No calafateado, no vías de agua. Los cascos son de una sola pieza continua sin uniones ni ranuras que dejen pasar el agua dentro del casco.

No hay encogimiento de la tablazón el vararlo. Los de madera se encogen cuando se sacan del agua y se dejan al sol. El PRF no se encoge ni engruesa.

Es a prueba de putrefacción y resistentes a los barrenadores. El PRF no es orgánico y no se pudre. No puede ser comido por los barrenadores marinos.

La corrosión y la electrólisis se reducen. El PRF es inerte .

2. Construcción más simple. Una vez hecho el molde se puede reproducir cuantas veces se quiera y en menor tiempo.

3. Reducción en los niveles de destreza requeridos una vez que se ha recibido el entrenamiento básico.

Desventajas

1. Total dependencia de materiales importados, así como disponibilidad de moneda extranjera.

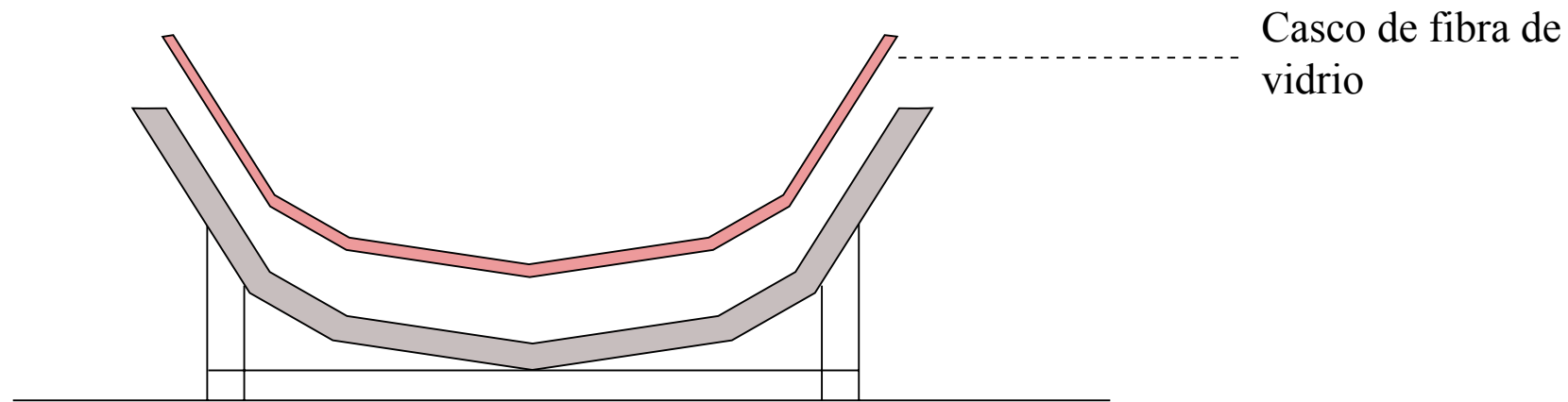
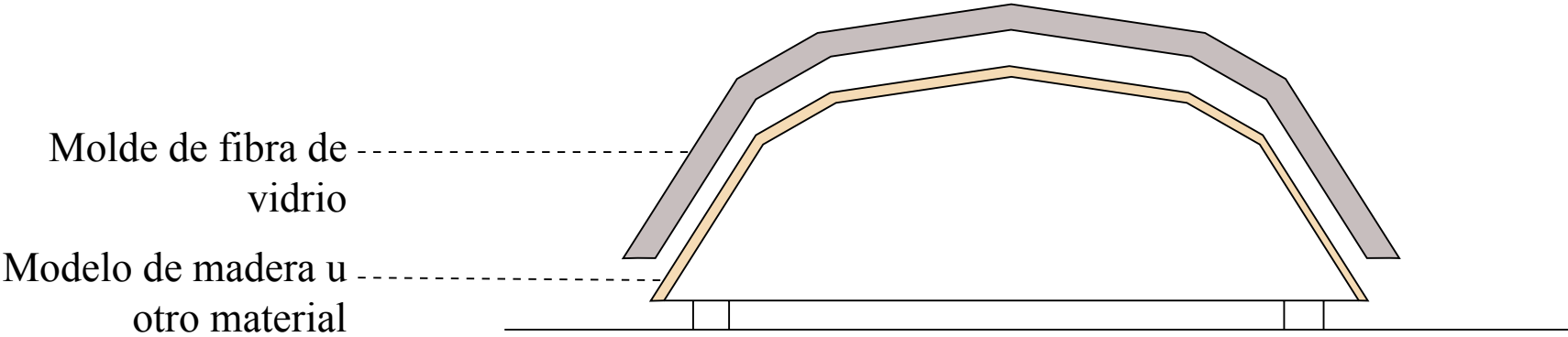
2. La selección del barco es fija una vez que el diseño es escogido y los moldes son fabricados.

3. Debe de mantenerse un grupo de técnicos calificados.

4. Riesgos de incendio y para la salud por causa de los materiales químicos.

5. Una inversión alta al empezar.

Esquema General del Proceso



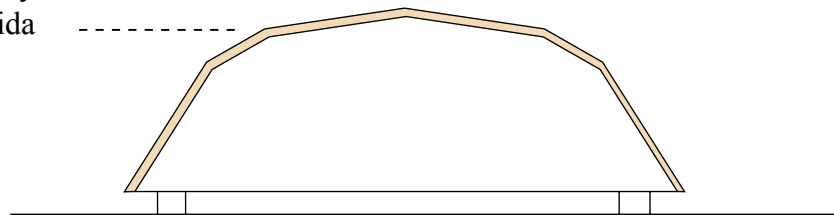
Proceso Constructivo

1. Construcción del modelo:

Fabricación del modelo boca abajo para desmoldar después. Debe tener un muy buen acabado. Puede ser construyendo las cuadernas y luego forrado con tiras de madera o acabado con cualquier otro material. Es importante estar en un suelo de concreto totalmente nivelado.



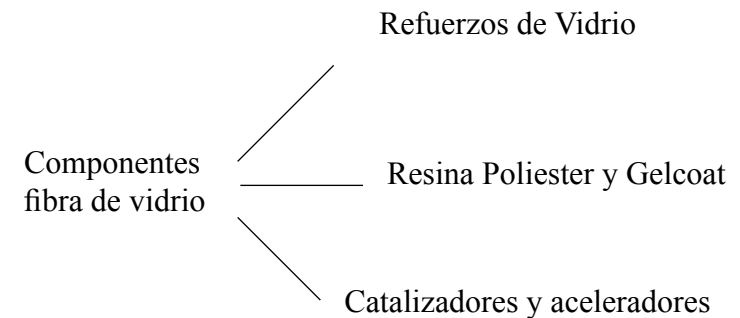
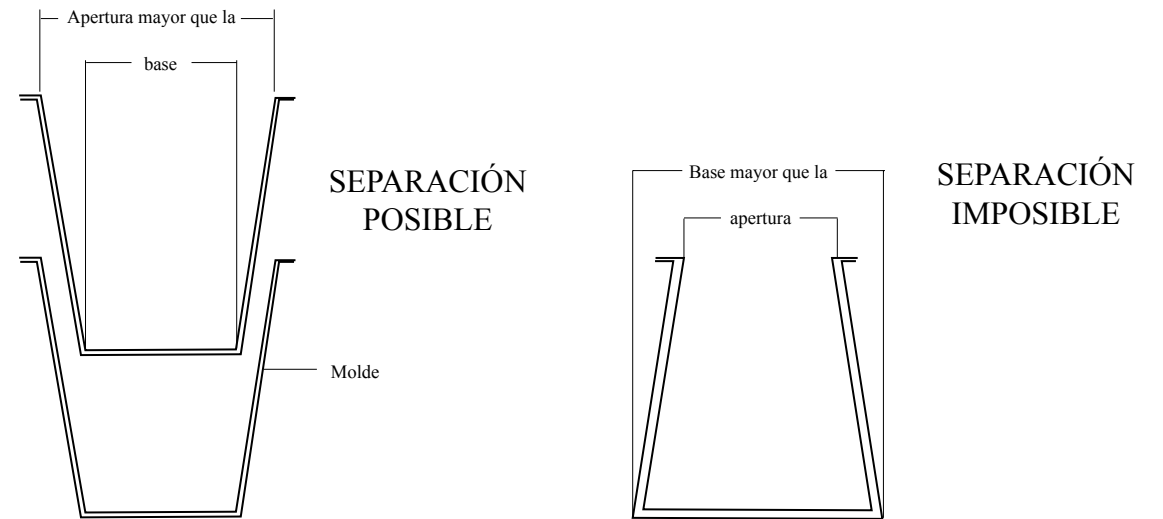
Superficie debe estar muy pulida



2. Hacer el molde

El molde se realiza en fibra de vidrio, el espesor del molde debe ser el doble del casco terminado. Una vez curado el molde, se le pueden poner refuerzos rígidos por el exterior para que mantenga su forma y para sostenerlo en el momento de desmoldar.

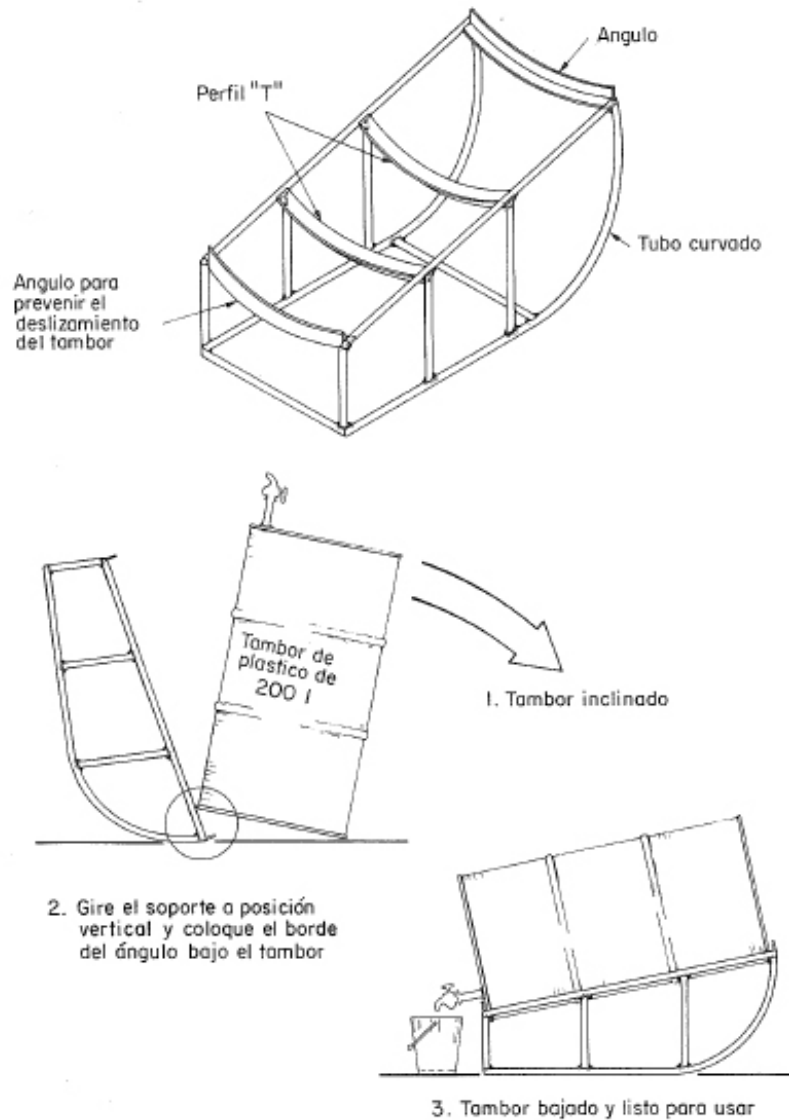
Algunas Consideraciones:



Proceso de manejo y uso del PRF para hacer el molde

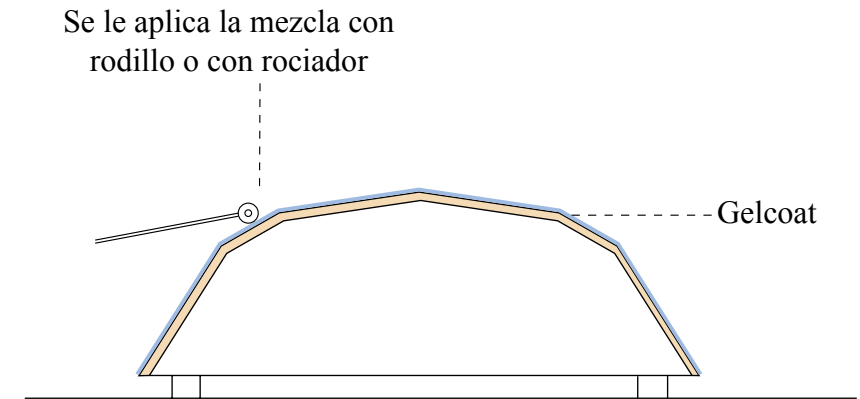
2.1. Mezclado de la resina y el Gelcoat (resina para película de acabado)

Es necesario tener los componentes en tambores puestos horizontalmente. Ideal para esto es utilizar un soporte para el tambor, como el que se muestra a continuación. La mezcla se hacen a partir de las indicaciones del fabricante de las resinas



2.2. Aplicación del Gelcoat al modelo previamente limpiado, pulido y encerado

Se debe aplicar por dos personas del equipo con rodillos de pelo de cabra o por rociador. Una capa gruesa de 0,6 mm o dos medianas de 0,5 mm c/u. Esto se hace en toda el área del modelo.



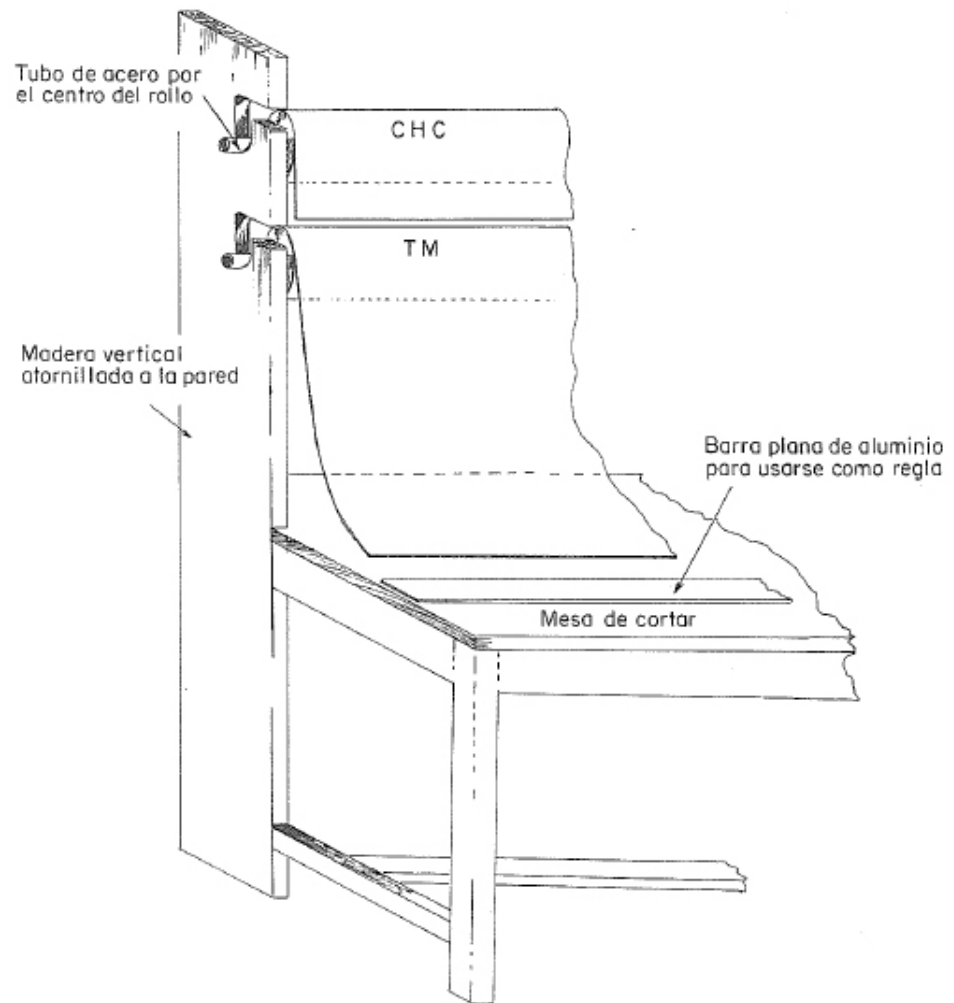
Se espera alrededor de 12 hrs para que se seque.

Rociador de Gelcoat



2.3. Se cortan los refuerzos de vidrio

Alimentador del refuerzo. Se cortan tiras de las medidas que se necesiten, llegando a cortar 10 m si es que se quisiera.



Roving de fibra de vidrio



Tira de fibra de vidrio

2.4. Laminación: También llamado moldeado o tendido.

Una vez teniendo listo el molde, los refuerzos y el gelcoat curado, se le agrega el catalizador a la resina y empieza el laminado.

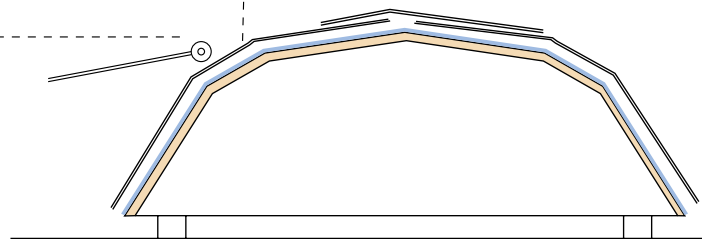
Este puede ser aplicado transversalmente a la embarcación y longitudinalmente. Debe desarrollarse una secuencia de manera que mientras el aglutinante de la colchoneta de una sección se va disolviendo, otra sección previamente colocada se puede ir consolidando. Mientras que una capa se está curando en un lado del molde, se puede ir trabajando en el otro lado. Esto permite la aplicación de la resina, refuerzo, el consolidado y el curado, en forma de rotación. Siempre se debe aplicar la resina antes del refuerzo.

Se le aplica la resina con catalizador y los refuerzos

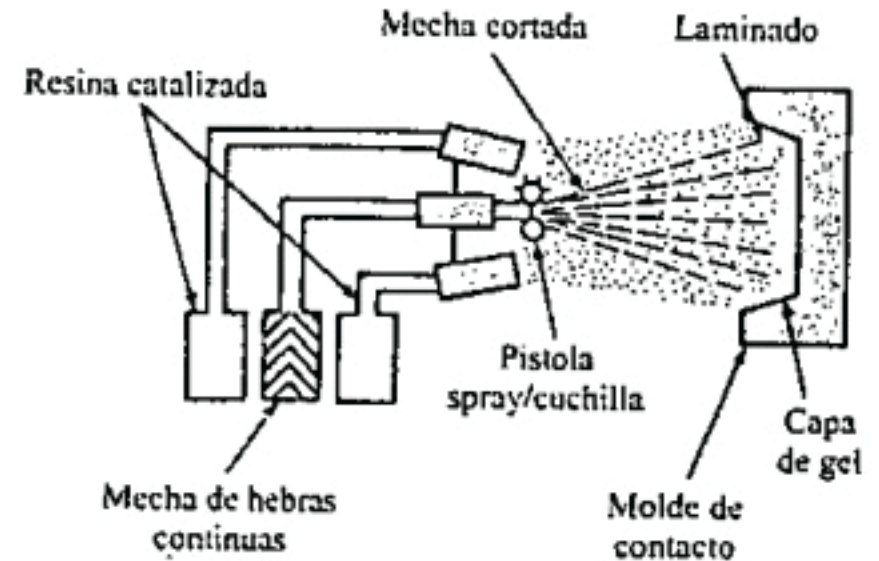
Se aplica con rodillo o brochas o rociador



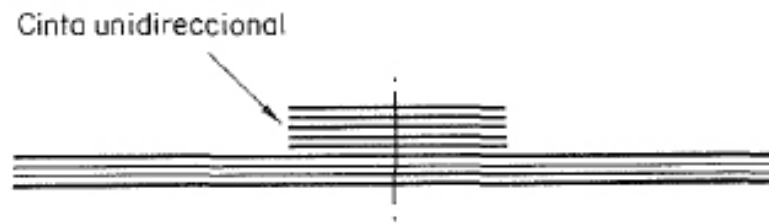
Compactación con un pequeño rodillo



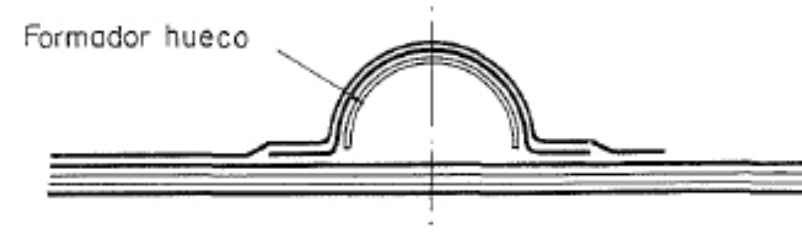
Rociador de resina y fibra cortada



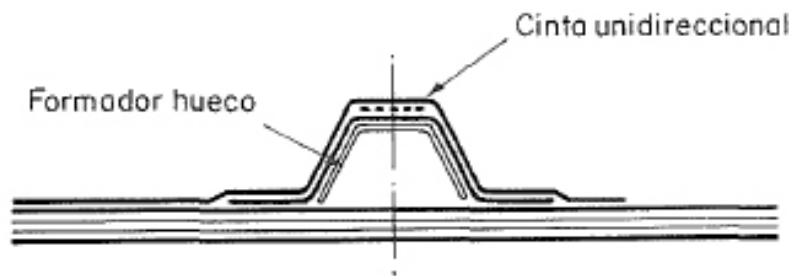
*Cuando se estima conveniente, madera, espuma, o núcleos de nido de abeja se encuentran insertos en el laminado para crear una estructura de tipo sándwich



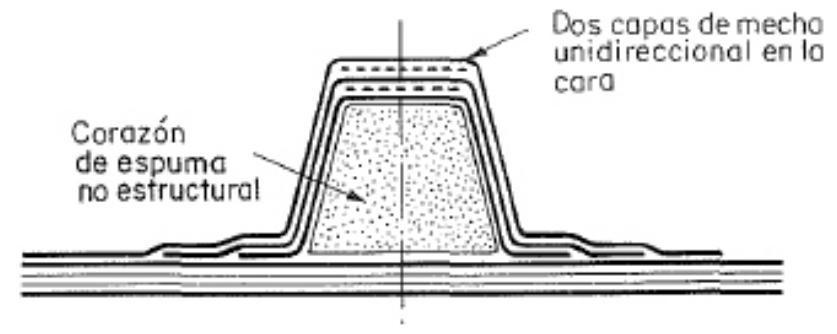
(a) Refuerzo sólido rectangular



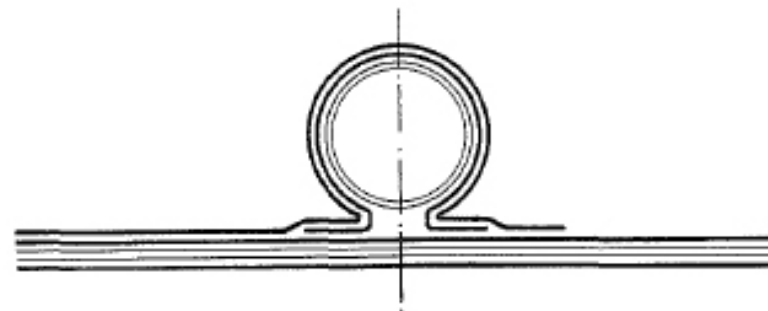
(b) Refuerzo semiredondo con formador hueco



(c) Refuerzo tipo "sombrero" con formador hueco

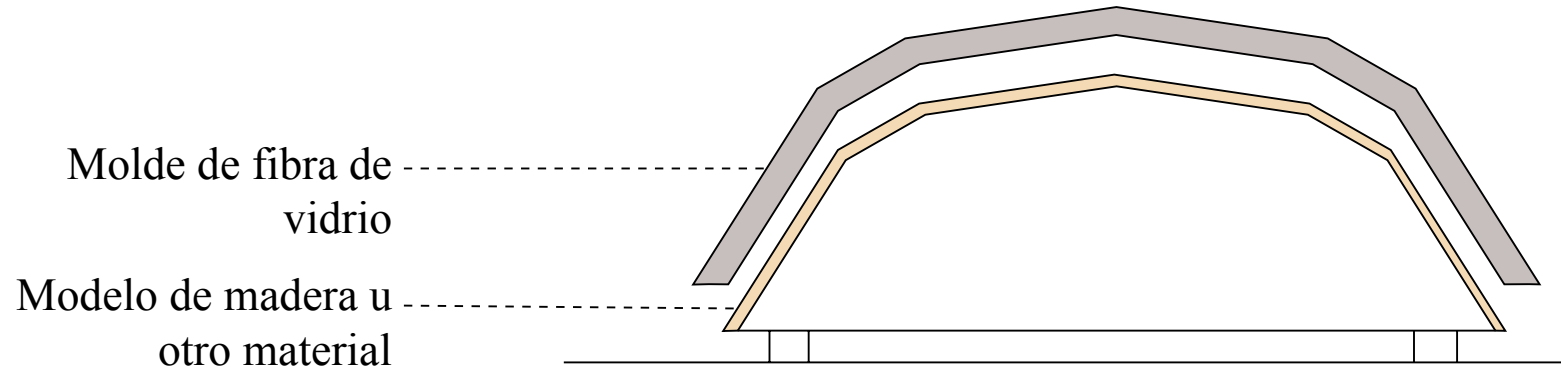


(d) Refuerzo tipo "sombrero" con corazón de espuma no estructural



(e) Refuerzo redondo con formador de tubo hueco

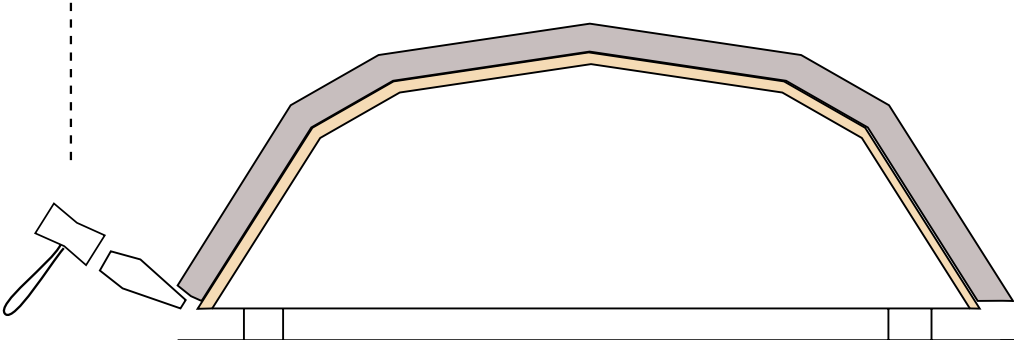
2.5 Se cortan los sobrantes de material, y se corrigen posibles irregularidades. También se puede perforar o aserrar en caso necesario. Y por último de lima, se lija y se sellan los bordes. Resulta entonces el molde de fibra de vidrio que servirá para crear el casco final del mismo material



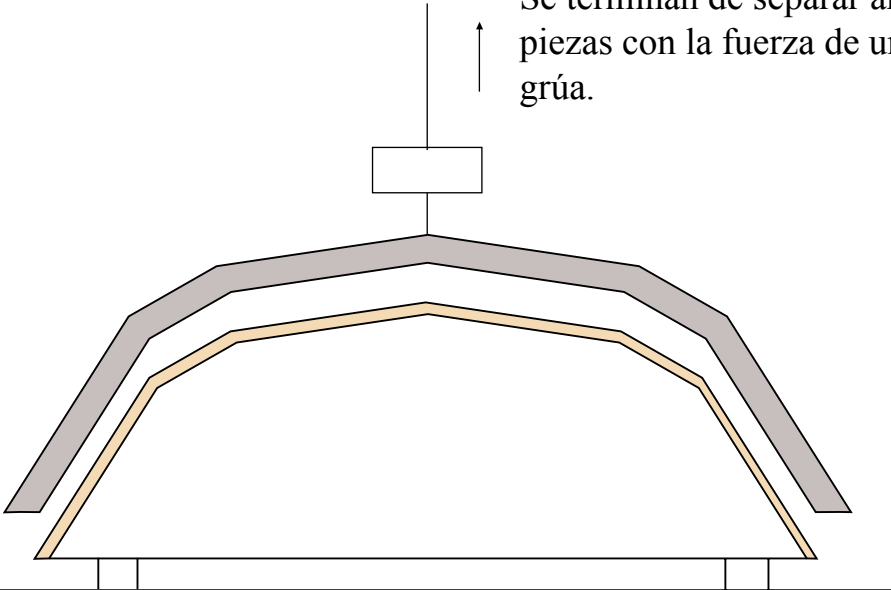
Molde de fibra de vidrio terminado

2.6 Se desmolda el molde de fibra de vidrio

Se introduce una cuña con una especie de combo para separar preliminarmente ambas piezas.

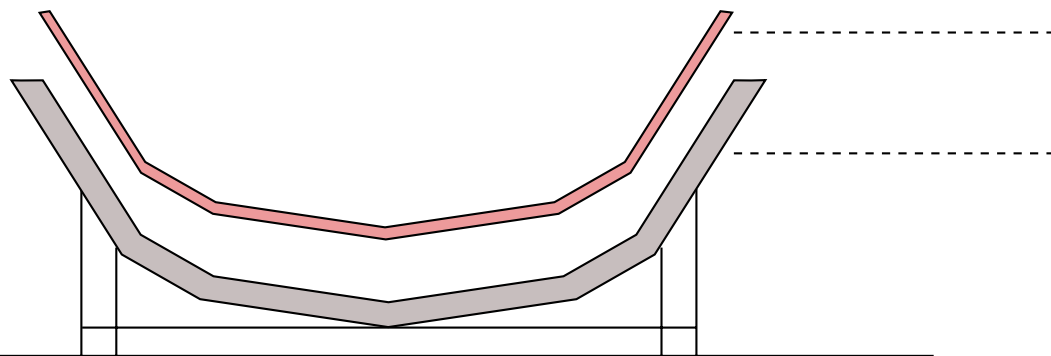


Se terminan de separar ambas piezas con la fuerza de una grúa.



3. Hacer el casco final:

Una vez teniendo el molde de fibra de vidrio listo, se procede al mismo proceso de laminación que se hizo para obtener el molde. Sólo que este casco final tiene la mitad del grosor que el molde.



Casco de fibra de vidrio

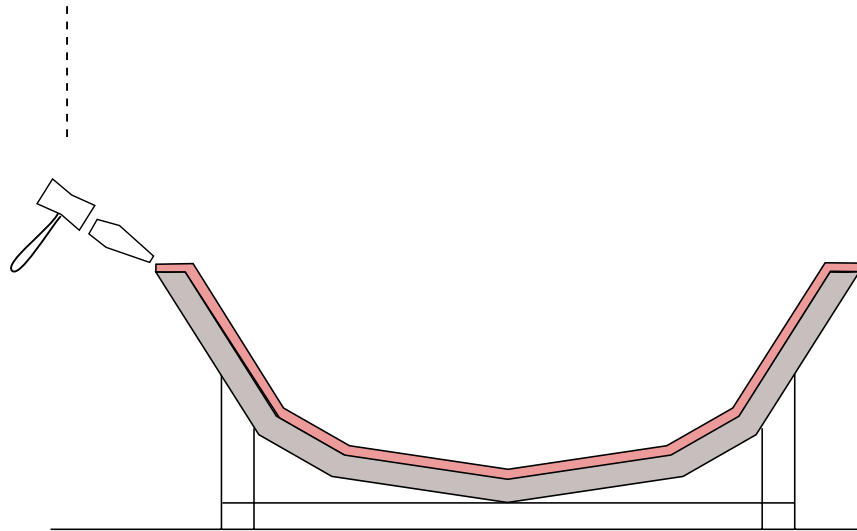
Molde de fibra de vidrio



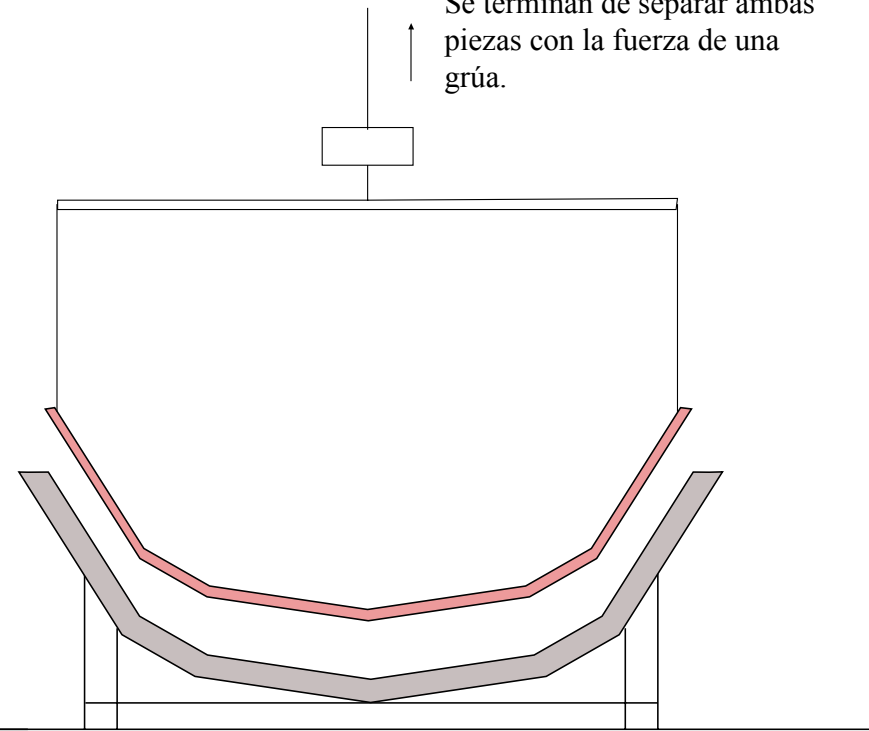
Imagen de un molde de fibra y con el laminado ya hecho.

Para desmontar el casco final se realiza lo mismo que en el molde de fibra.

Se introduce una cuña con una especie de combo para separar preliminarmente ambas piezas.



Se terminan de separar ambas piezas con la fuerza de una grúa.



Desmoldaje del casco final con la fuerza de una grúa



Se pueden hacer también otras piezas de la cubierta en fibra de vidrio, siguiendo el mismo proceso. Por ejemplo, en la sgte. imagen se puede apreciar una pieza apartada del casco, lista para ser ensamblada a éste.



Luego estas piezas se ensamblan al casco final. Como las que se ven en la sgte. imagen, que están siendo prensadas para su pegado.



Algunas embarcaciones en fibra de vidrio, que poseen piezas en la cubierta, como asientos o compartimientos para implementos de buceo, etc



Embarcación para 10 pasajeros



Embarcación para 14 pasajeros



Embarcación de buceo, es adaptada para recibir implementos e buceo como los tubos de oxígeno.



Embarcación para paseos. Capacidad para 34 pasajeros. Posee dos motores fuera de borda. Esta fue entregada en Papudo.