

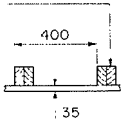
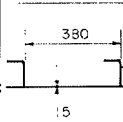
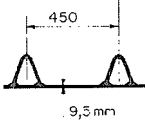
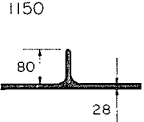
Tabla 2

Comparación del espesores y costos para resistencias iguales

Material	Costo/ unidad de peso	Igual resistencia a la tensión		Igual esfuerzo a la flexión	
		Espesor	Costo	Espesor	Costo
Acero	1	1	1	1	1
Aluminio	6,3	1,8	1,3	6,6	3,2
PRF	5,4	3	3	3	3

Tabla 3

Cálculo del peso del casco por m² para una embarcación pesquera de 12,6 m

	Madera	Acero	PRF	Ferro-cemento
				
Gravedad específica	0,75	7,8	1,5	2,6
Peso del laminado por m ²	26 kg	39 kg	14 kg	70 kg
Peso de cuadernas por m ²	19 kg	17 kg	7 kg	6 kg
Peso de panel por m ²	45 kg	56 kg	21 kg	76 kg

Nota: Basado en los escantillones del Lloyd's Register of Shipping para PRF, Rajendran y Choudhury (1969) para madera, Hanson (1960) para acero y New Zealand Ministry of Transport para Ferro-cemento.

2. PRF Y SUS COMPONENTES

La mayoría de los componentes han sido ya mencionados. Esta es una vista más detallada a esos elementos y una descripción de materiales secundarios pero integrales a la construcción en PRF. La figura 4 muestra el proceso de manufactura de los diferentes refuerzos de PRF.

2.1 Refuerzos de Vidrio

El vidrio se encuentra normalmente como hojas planas tales como ventanas o formado en recipientes tales como vasos de agua o tubos de ensayo. Si la composición química se altera cuando está en estado fundido y es procesado en filamentos de 8-14 micras, puede llegar a tener una resistencia estructural mayor que la del acero. Un material que tenga esta resistencia a la tensión,

obviamente tiene un potencial estructural. Para el constructor de embarcaciones la especificación del vidrio está dada por la designación del tipo. Tipo A, E u S son los generalmente ofrecidos por los fabricantes y para uso marino tropical solamente el tipo E debe ser usado. La figura 5 muestra algunos tipos de refuerzos de vidrio.

2.1.1 Colchoneta de hebras cortadas (CHC)

Puede verse de la figura 4 que el filamento continuo forma la base de casi todos los refuerzos. Sin un mayor procesado más que cortarlo en longitudes de 50 mm, estas piezas cortas son depositadas mediante una máquina en una banda transportadora en movimiento y se mantienen unidos con un pegamento (Aglutinante en líquido o en polvo) de manera de formar una hoja continua de colchoneta de espesor variable. Este material es especificado por peso: 300, 450, 600, y 900 g/m² son pesos comunes de la colchoneta (CHC). El constructor de embarcaciones lo compra en rollos de 30-35 kg en aproximadamente 1 m de ancho. Nótese que como el peso total y el ancho son similares, el largo de la colchoneta decrecerá al aumentar el peso por metro cuadrado. Un lado del material es ligeramente más suave que el otro, lo que refleja el lado liso de la banda transportadora en la cual se hizo la colchoneta. Es el lado áspero el que debe de ponerse hacia abajo cuando se está laminando.

2.1.2 Mecha continua

Un paso alternativo en el proceso de los filamentos es su formación en hebras que son torcidas suavemente para formar mechas. El rango normal es de 60 a 120 hilos por mecha. Estas mechas parecen una cuerda floja de vidrio que puede ser enrollada en carretes o formada en trama de mecha o petatillo (TM). Los carretes de mecha pueden ser usados para proveer longitudes cortas de refuerzo de vidrio para rigidizar áreas de acceso difícil o usados en una máquina cortadora y rociadora para ser usada como pistola de rociado de resina y fibra. Este es un proceso automático que combina una pistola cortadora de mecha que la corta en tramos pequeños y la rocía junto con resina catalizada en el molde (Figura 18). Esto consigue el mismo resultado que una capa de colchoneta, pero más rápido. Para un depósito uniforme, el operador de esta máquina, que es cara, debe poseer cualidades semejantes a las de un pintor de pistola de aire. Esto es muy útil en situaciones de producción en masa.

2.1.3 Petatillo o trama de mecha (TM)

Este es el otro refuerzo popular. Se compra de manera similar al CHC y también se especifica por peso. Las especificaciones estándar son 18 oz por yarda cuadrada (600 g/m²) y 24 oz (800 g/m²). Igual que en el caso del CHC, otros pesos están disponibles, pero los diseñadores de embarcaciones normalmente especificarán un laminado compuesto de materiales comunes y así se genera un ahorro en el costo, al constructor.

Durante la manufactura, la mecha se teje en una tela de tal manera que las mechas longitudinales son continuas a todo lo largo del rollo, lo cual resulta en una alta resistencia a la tensión. El TM da también un mayor contenido de vidrio por unidad de volumen que la colchoneta y que reduce la cantidad de resina que se necesita. La relación aproximada de resina a vidrio para la colchoneta es de 2.5:1 en peso (30% de vidrio) y para el petatillo es 1.25:1 (45% vidrio), de modo que para una embarcación grande cuyo peso del casco se mide en toneladas, imprecisas proporciones de resina/vidrio o un laminado con mucha colchoneta y no suficiente petatillo, puede desperdiciar cantidades substanciales de materiales y dinero.

Sin embargo, es raro encontrar petatillo en embarcaciones menores de 6 m y es igualmente raro encontrar botes totalmente fabricados con petatillo. Laminados de colchoneta son normalmente adecuados para botes pequeños mientras que laminados totalmente de petatillo no dan una buena unión interlaminar (adhesión de capas sucesivas) para cualquier tamaño de bote. Por estas razones, la experiencia indica que los laminados normales de barcos están mejor hechos con capas alternas de colchoneta y petatillo con colchoneta extra cerca de la superficie exterior.

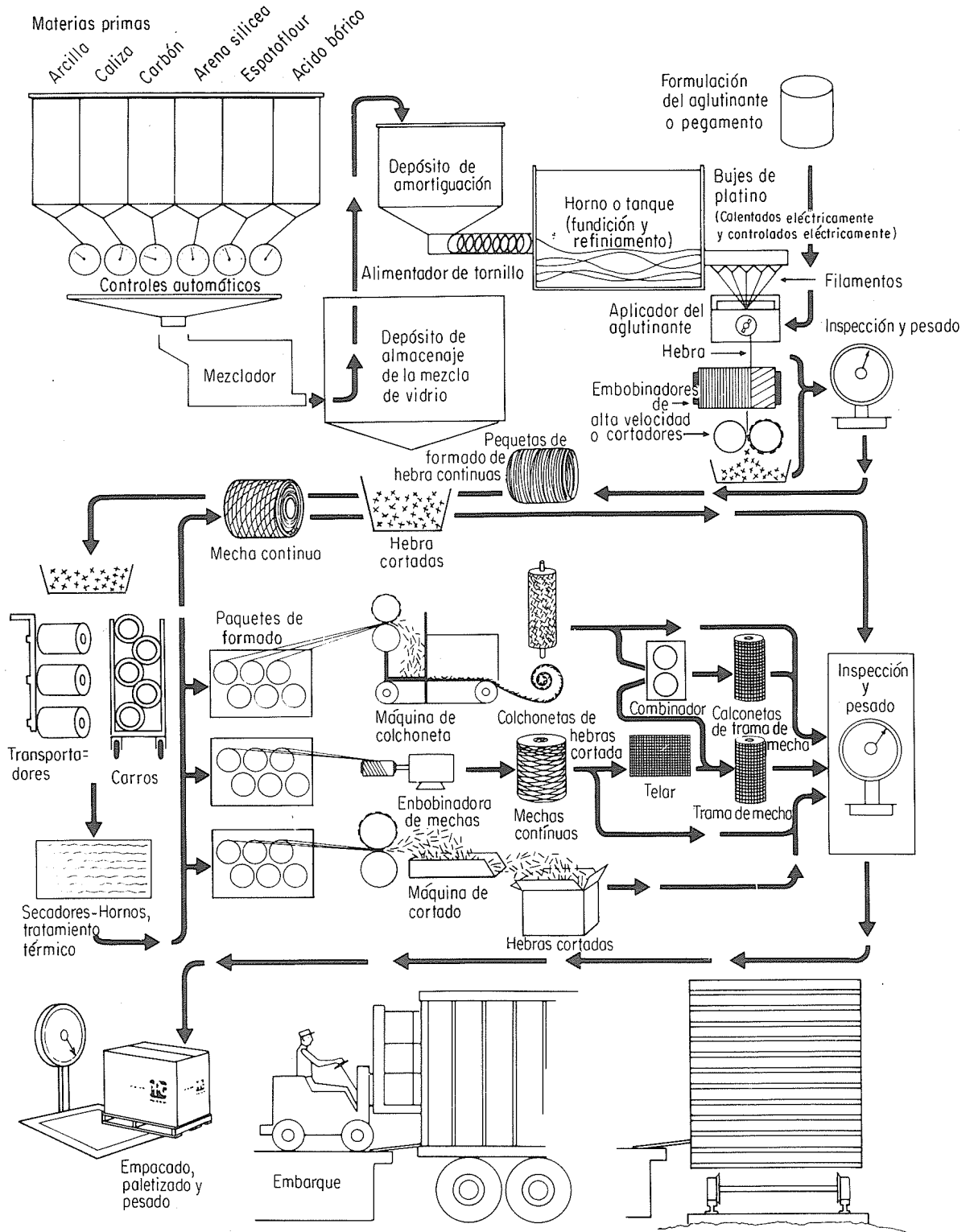


Figura 4 Proceso de manufactura de refuerzos

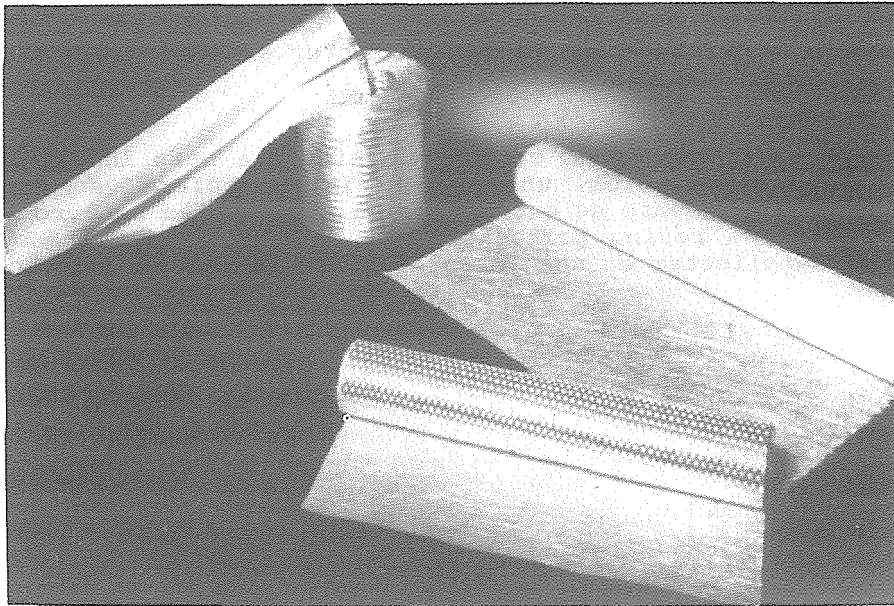


Figura 5 Refuerzos de vidrio

2.1.4 Mecha unidireccional

Esta está disponible en anchos estándar como previamente se describió. Está caracterizada por mecha continua en la dirección longitudinal sin ninguna mecha transversal excepto un pequeño hilo de vidrio cosido a intervalos muy espaciados para evitar que el tejido se desbarate con el manejo. Raramente se encuentra en barcos de trabajo, pues es difícil mantener la forma, es caro y se necesita solamente donde hay requerimientos de alta resistencia y peso ligero.

2.1.5 Tela de vidrio

Esta tiene un aspecto similar al petatillo pero en una escala más fina. Está disponible en varios anchos, desde rollos hasta 25 mm. Estos tamaños pequeños se conocen como cinta de vidrio y dan una indicación de sus usos, que son para los tamaños angostos, unión de ensamblajes y pequeñas reparaciones o en los tamaños grandes para dar alta resistencia con un acabado suave y donde se requieran buenas cualidades de formado en áreas de curvaturas compuestas. Es más caro que TM y las especificaciones estándar son desde 110 hasta 400 g/m².

2.1.6 Tejido de superficie o velo

Este es muy delgado y puede ser comparado a una colchoneta muy fina y suave pero está hecho de filamento de vidrio soplado. Es raramente usado excepto para soportar una capa de gelcoat más gruesa de lo normal o para producir un acabado suave y cosmético en la capa más interna de un laminado. No es estructural y es innecesario en barcos de trabajo.

2.2 Resinas

Las resinas poliéster son el tipo principal usado en el mundo para la industria de construcción de barcos. El término resina poliéster "Insaturada" es un término más adecuado para el estado líquido en el cual se recibe. Cuando se cura a un estado sólido durante el proceso de laminación, se "satura". El Terylene es otro ejemplo de una resina poliéster saturada y es claramente un plástico y un material no orgánico.

La resina es derivada de carbón y aceite. La base industrial para la fabricación de resinas es una refinería petrolera e instalaciones petroquímicas que raramente se encuentran en naciones en desarrollo. El olor característico de la resina poliéster está dado por el estireno que se le añade a la base poliéster en una de las últimas etapas de producción.

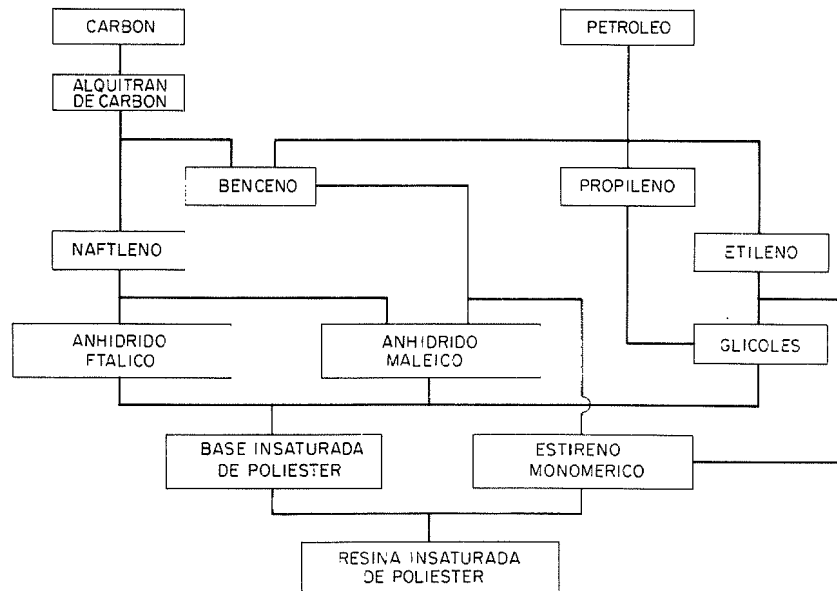


Figura 6 Manufactura de la resina poliéster

2.2.1 Disposición de las resinas de laminado

Después de que la resina poliéster básica ha sido producida, algunos cambios pueden hacerse por el fabricante de manera que la resina obtenga características requeridas para una aplicación en particular. Por ejemplo, mejor resistencia al intemperismo cuando se prevee exposición en un ambiente severo o resistencia a los ataques químicos si el producto final va a ser usado para un tanque de combustible.

Propiedades que deben ser consideradas para una resina para construcción de barcos:

- Resistencia a la absorción de agua;
- Resistencia mecánica;
- Cualidades adhesivas;
- Resistencia a la radiación ultravioleta y al intemperismo;
- Reacción de o hacia otros líquidos y sólidos, v.g. agua de beber y combustible o pescado húmedo.

Cuando el contacto directo con el proveedor no es posible, debe ordenarse una resina "Marina de Uso General", que haya sido previamente aprobada por una Sociedad de Clasificación tales como Bureau Veritas, Lloyds Register of Shipping, Nippon Kaiji Kyokai, Det Norske Veritas o American Bureau of Shipping. Debe solicitarse una resina ISO (Isoftálica) en lugar de Orto (Ortoftálica), y mejor aún es una Iso-NPG (Neopentyl Glicol). Estas características deben asegurar un material adecuado. La resina para aplicación a mano para los astilleros de naciones en desarrollo es surtida en tambores de 200 litros y para poder curarla (endurecimiento) requiere de un catalizador y un acelerador y puede ser solicitada con o sin el catalizador premezclado.

La adición del catalizador es definitivamente el último paso antes de aplicar la resina en el molde y debe ser solicitado en contenedores separados. Es recomendable solicitar la resina preacelerada por dos razones:

- Una más precisa mezcla y homogénea es hecha por el proveedor;
- Es un paso menos que el usuario tiene que hacer. Personal no experimentado puede cometer equivocaciones en el cálculo de las cantidades a ser usadas lo que puede resultar en desperdicio de resina o laminados débiles.

2.2.2 Resina para la película de acabado (Gelcoat)

Este es el otro tipo de resina al cual comúnmente se hace referencia en la industria de construcción de embarcaciones. Cuando se cura, produce una superficie exterior del casco suave y brillante y sobre ella se aplicará la primera capa durante la secuencia del laminado. El nombre hace referencia al uso más que a una diferencia química fundamental. Es usualmente una resina poliéster pero más viscosa y no debe escurrirse de las superficies verticales cuando se aplica a la pulida superficie interior del molde. Cuando se cura es usualmente más dura que la resina de laminado y tiene mayor resistencia química y ambiental al formar una barrera protectora entre el ambiente y el laminado reforzado del propio casco.

2.3 Masilla de Resina

Este material es comúnmente usado en las reparaciones de carrocerías de autos y en las embarcaciones se usa para propósitos similares. Tiene poca resistencia y se compone mayormente de una carga en forma de polvo tal como polvo de tiza que absorbe agua y no debe ser usado en aplicaciones bajo el agua al menos que está basado en una resina epoxy. En construcciones nuevas puede ser usado para asentar herrajes de cubierta o redondear esquinas internas en uniones que requieran unirse.

2.4 Catalizadores y Aceleradores

Los tres items descritos arriba pueden ser surtidos preacelerados pero para curarlos se necesita un catalizador. Es este catalizador el que cambia la resina poliéster monomérica e insaturada a una resina polimérica saturada que es el estado duro, por la producción de una reacción exotérmica (expiración de calor).

Esto empieza INMEDIATAMENTE después de agregar el catalizador y una vez más, debe ser enfatizado que la adición de catalizador a la resina DEBE SER LA ULTIMA ACCIÓN antes de ser aplicada al molde.

El acelerador controla la velocidad de la reacción y sin el catalizador el acelerador no tiene efecto en la resina. Es por esto que puede premezclarse meses antes de su uso. Sin embargo el catalizador no puede mezclarse antes, pues curaría la resina en unas cuantas horas en un clima