

Construcción de embarcaciones pesqueras: 4

Construcción de una embarcación sin cubierta de plástico reforzado con fibra de vidrio



Fotografía de la portada:

Una fase en la fabricación de una embarcación sin cubierta de plástico reforzado con fibra de vidrio en las Islas Maldivas.
Por gentileza de Derrick Menezes

Construcción de embarcaciones pesqueras: 4

Construcción de una embarcación sin cubierta de plástico reforzado con fibra de vidrio

FAO
DOCUMENTO
TÉCNICO
DE PESCA
Y ACUÍCULTURA

507

por
Thomas Anmarkrud
Consultor de la FAO
Hagavik, Noruega

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la FAO.

ISBN 978-92-5-306393-2

Todos los derechos reservados. La FAO fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas. Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular la FAO y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse por correo electrónico a copyright@fao.org, o por escrito al Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicaciones Oficina de Intercambio de Conocimientos, Investigación y Extensión FAO Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma (Italia)

Preparación de este documento

Este manual ha sido elaborado a partir de la información recogida durante un proyecto de rehabilitación tras el tsunami, llevado a cabo por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), financiado por el Gobierno de Japón y realizado en las Islas Maldivas después del tsunami de 2004.

El modelo de embarcación de fibra de vidrio de 4,5 m que aquí se presenta es el MDV-1. Esta embarcación fue desarrollada conjuntamente por la FAO y el Ministerio de Pesca y Recursos Marinos de las Islas Maldivas, para reemplazar los tradicionales *bokkuras* de madera que se perdieron tras el tsunami. Øyvind Gulbrandsen, ingeniero naval y consultor de la FAO, estuvo encargado del diseño final del MDV-1.

En 2005, mientras enseñaba a la población local de las Islas Maldivas a reconstruir sus propias embarcaciones, Thomas Anmarkrud escribió un documento preliminar sobre esta actividad. Recientemente, ha revisado y ampliado esta información, incluyendo fotografías adicionales realizadas por Derrick Menezes, consultor sobre construcción de embarcaciones para el Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, quien también participó en el proyecto. También se han usado otras fotografías del propio astillero de Thomas Anmarkrud y de su trabajo de consultor en Sri Lanka, China y Polonia, las cuales han servido para ilustrar los procedimientos y técnicas que se describen.

El Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO ha financiado la preparación de este manual, el cual se ha realizado bajo la supervisión de Ari Gudmundsson, Oficial de industrias pesqueras (buques) del Servicio de Tecnología Pesquera.

Resumen

En muchas zonas del mundo es cada vez más complicado encontrar el tipo de madera necesario para construir un bote de madera de buena calidad. Por lo tanto, muchos astilleros de este tipo de barcos están empezando a utilizar el plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La información que se expone en este manual se refiere específicamente a la fabricación de una embarcación pesquera sin cubierta de 4,5 m, llamada MDV-1. Esta embarcación es simple, fácil de manejar y exhibe buenas condiciones de navegabilidad tanto para la propulsión a remo como a motor. Su diseño de uso general la capacita para las aguas costeras de todo el mundo.

En este documento se presentan nociones básicas generales sobre el uso del PRFV como material de construcción de embarcaciones y se detalla paso a paso la fabricación de una embarcación pesquera sin cubierta de 4,5 m usando dicho material. Asimismo, se describe cómo mantener una embarcación de PRFV y reconocer signos de fatiga, y se incluyen algunas directrices simples para la reparación de desperfectos en el PRFV.

Esta información está orientada a astilleros con poca experiencia que ya disponen de un molde macho o hembra. (Construir un molde macho no es fácil y requiere pericia para interpretar los planos de formas y gálibos). Se supone que las personas que planeen construir una embarcación tienen ya un conocimiento general del uso de herramientas manuales básicas. Este trabajo también podrá servir de ayuda para el mantenimiento y mejora del control de calidad en los astilleros que ya disponen de alguna experiencia en trabajos con este material.

Este manual proporciona a los operarios de los astilleros y a los pescadores un mejor conocimiento de cómo se comporta el PRFV, cómo reconocer signos de fatiga y daños más graves, y cómo llevar a cabo operaciones de mantenimiento y reparación.

Anmarkrud, T.

Construcción de embarcaciones pesqueras: 4. Construcción de una embarcación sin cubierta de plástico reforzado con fibra de vidrio.

FAO Documento técnico de pesca y acuicultura. Núm. 507. Roma, FAO. 2011. 70 págs.

Índice

Preparación de este documento	iii
Resumen	iv
PARTE I – INFORMACIÓN GENERAL	1
Introducción	1
Descripción y manejo de materiales	2
Herramientas necesarias	8
Aplicación básica del laminado	12
Aspectos de seguridad e higiene	16
PARTE II – CONSTRUCCIÓN DE LA EMBARCACIÓN MDV-1	21
Construcción del molde macho	21
Construcción del molde hembra	32
Construcción de la embarcación	35
PARTE III – MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	47
Mantenimiento	47
Reparación de defectos pequeños	49
Reparación de daños estructurales	51
REFERENCIAS	59
ANEXOS	61
1 Reproducción de embarcaciones antiguas en plástico reforzado con fibra de vidrio	61
2 Recubrimiento de embarcaciones antiguas con PRFV	63
3 Lista de materiales y laminado del casco para la MDV-1	65
4 Cartilla de trazado de la MDV-1	67
5 Información técnica sobre poliéster de uso general	69

PARTE I – Información general

INTRODUCCIÓN

En muchas zonas del mundo, es cada vez más complicado encontrar el tipo de leño necesario para construir un bote de madera de buena calidad. Por lo tanto, muchos astilleros de este tipo de barcos están empezando a utilizar el plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Sin embargo, su pericia para trabajar con este material puede que no sea tan buena como cuando trabajan con madera.

Debido a que el laminado de PRFV no es transparente, puede ser difícil determinar si la calidad estructural del laminado es buena o mala. Cuando un astillero entrega una embarcación, es posible que la superficie del laminado muestre un buen aspecto exterior, pero las capas internas pueden ser de mala calidad o estar deterioradas por la fatiga. A menudo, tales defectos sólo son detectados por los pescadores de forma súbita y cuando están bastante lejos de tierra, demasiado tarde para tomar medidas preventivas.

¿Qué es el plástico reforzado con fibra de vidrio?

El plástico reforzado con fibra de vidrio, o PRFV, es un compuesto de varios materiales (principalmente fibras de vidrio y resina) dispuestos en capas alternas, que se endurece hasta formar un laminado sólido. A efectos de comparación, las fibras de madera de un árbol se mantienen unidas debido a su adhesivo natural, la lignina. De la misma manera, las capas de material de fibra de vidrio del PRFV se adhieren entre ellas con resina de poliéster. Tanto en los árboles como en el laminado de plástico reforzado con fibra de vidrio, las fibras confieren resistencia a la estructura, a la vez que la lignina y la resina mantienen las fibras unidas creando rigidez y distribuyendo la carga entre ellas.

Si se monta correctamente, el laminado puede ser a la misma vez fuerte y rígido, así como tener buena resistencia a la fatiga y a los efectos del agua. Si el proceso de construcción es deficiente, es posible que el laminado muestre una buena apariencia en la superficie pero, debido a su mala calidad, podría degradarse y colapsar a la mitad de su vida útil, o incluso antes.

Este manual básico se concentra en el proceso de preparación del molde y en la construcción de una embarcación de PRFV, mediante la adhesión de capas de tejido encollado de fibra de vidrio, llamado mat de hilos cortados, usando una resina denominada poliéster ortoftálico de uso general (poliéster), aunque también se pueden emplear otras resinas como el viniléster o epoxi.

La resina, que es un producto químico del petróleo, es tóxica e inflamable. Por lo tanto, cuando se trabaja con este material, es importante tener en cuenta las medidas de seguridad que se exponen a continuación.



FIGURA 1

Este trabajador está saturando las fibras del mat de hilos cortados con resina de poliéster, usando un rodillo para resina.

Además, utiliza un respirador de mascarilla como protección contra la inhalación de gases tóxicos.

DESCRIPCIÓN Y MANEJO DE MATERIALES

FIGURA 2
Fibra de vidrio – Mat de hilos cortados

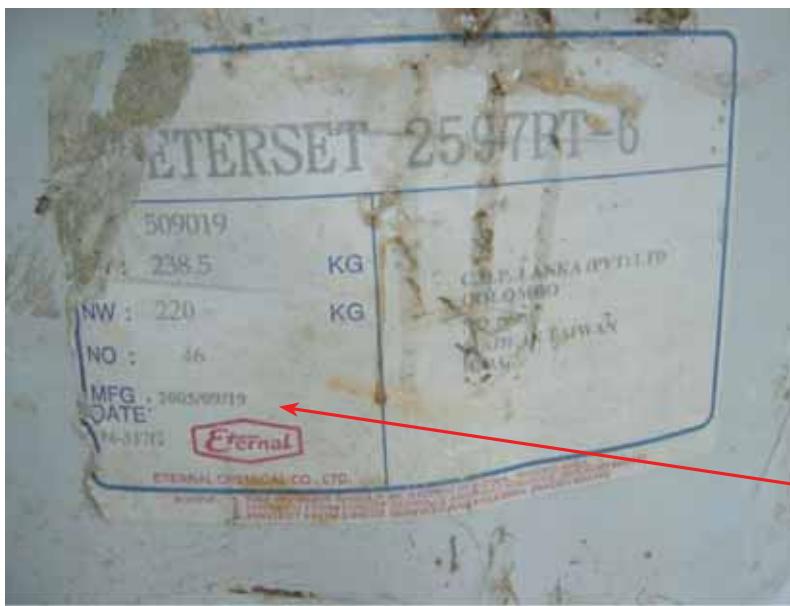


El mat de hilos cortados consiste en filamentos de 25 a 50 mm (1-2 pulgadas) de largo, orientados al azar y unidos por medio de un ligante de alcohol polivinílico (APV) soluble en estireno.

Para la construcción de la embarcación MDV-1 de 4,5 m se usará mat de 300 g/m² y 450 g/m². El primero se destinará principalmente a la capa primaria, en vez de velo de superficie, y el segundo para las capas siguientes.

Es muy importante mantener el mat seco y libre de contaminación.

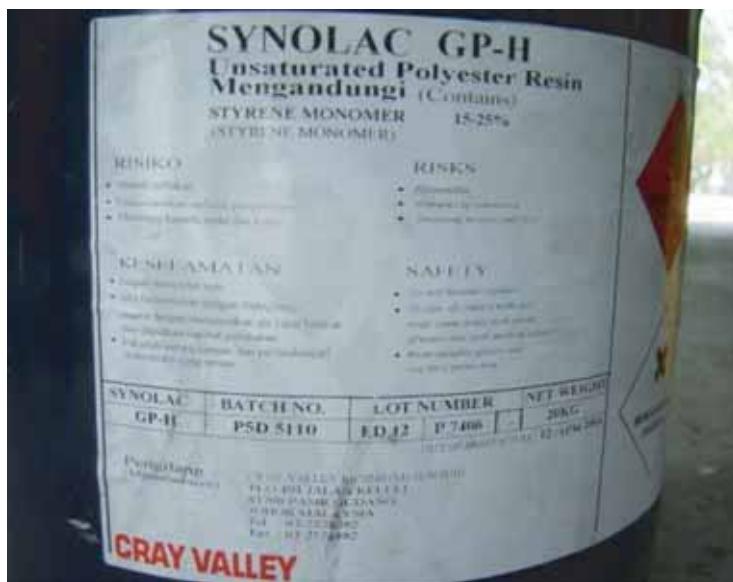
FIGURA 3
Resina de poliéster



La resina de poliéster más usada es un poliéster ortoftálico de uso general, el cual, cuando se mezcla con un 1 por ciento de catalizador de peróxido de metil-etyl-cetona (PMEC), tiene normalmente un tiempo de gel de 8 a 15 minutos a 30 °C. Cuando se almacena en la oscuridad y por debajo de 25 °C, esta resina puede mantenerse estable durante seis meses.

Si se almacena a temperaturas tropicales normales, su estabilidad se verá reducida a tres o cuatro meses desde la fecha de fabricación (como se muestra en la etiqueta pegada al recipiente).

FIGURA 4
Gelcoat y topcoat

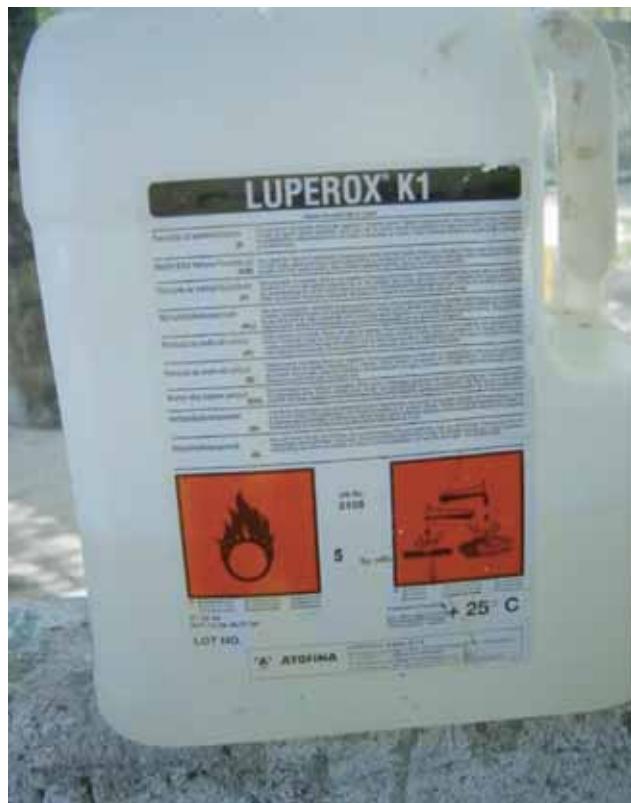


La fecha de fabricación del gelcoat viene impresa en la etiqueta del recipiente y su estabilidad de almacenamiento es la misma que para la resina de poliéster.

El gelcoat se comercializa sin pigmento, pero se le puede añadir color. Antes de su aplicación, se mezclará con cuidado y a poca velocidad con un 10 por ciento de color, como máximo, usando un taladro con un accesorio «batidor». Además, se añadirá un 2 por ciento de endurecedor como máximo.

El topcoat, que se consigue mezclando el gelcoat preparado con un 4 por ciento de cera, se seca al contacto con el aire, por lo que se usa a menudo como capa de acabado.

FIGURA 5
Endurecedor o catalizador



El endurecedor, también llamado catalizador, se usa para conseguir el curado del poliéster. Es un producto extremadamente corrosivo y se deberán tomar medidas especiales para su manejo y almacenamiento, utilizando gafas de seguridad y guantes de goma para protección personal.

Al mezclar el endurecedor con la resina, se produce una reacción química que genera calor (exotermia); cualquier derrame de este producto puede reaccionar rápidamente con otros materiales y causar un incendio. El endurecedor se almacenará en un lugar separado del poliéster.

Si se usa acelerador para obtener «masilla de reparación» de rápido curado, el acelerador deberá mezclarse completamente con la masilla antes de añadir el endurecedor, ya que se puede causar una explosión si el acelerador y el endurecedor se añaden a la misma vez. Cuando la temperatura ambiental ronda los 37 °C, se seguirán las instrucciones del fabricante y se usará como mínimo 1 por ciento de endurecedor, lo que ocasionará un tiempo de gel menor. A fin de facilitar el trabajo, es preferible preparar la mezcla en pequeñas cantidades.

FIGURA 6
Cera



Cuando se prepara un molde usado para cubrirlo de fibra de vidrio, deberá extenderse por la superficie una cantidad moderada de cera desmoldeante de alta calidad, la cual se pulirá con un trapo limpio hasta conseguir un alto grado de brillo.

En la preparación (adaptación) de un molde nuevo, se aplicarán entre cinco y diez capas de cera. El alcohol polivinílico (APV) también podrá usarse como producto desmoldeante, antes de aplicar los cinco primeros productos. Sin embargo, un molde de buena calidad no necesitará APV, sino solamente un ligero encerado y pulimentación después de cada desmoldeado para conseguir los mejores resultados finales.

FIGURA 7
Compuesto para pulir



El compuesto o pasta para pulir se fabrica en distintos grados: grueso y fino o superfino. Este producto se usa cuando se quiere conseguir un nuevo acabado de alto brillo en un molde o se está reparando un casco de PRFV. En primer lugar, la superficie se lija con agua y papel de lija al agua de grano entre 240 y 1200 (véase la Ilustración 14). A continuación, se usa pasta de grado grueso para pulimentar la superficie. Finalmente, después de un lavado completo, la superficie se pule con pasta de grado fino y se abrillanta con cera.

Cuando se repara un molde, la parte que se va a restaurar deberá lijarse, pulirse y, a continuación, prepararse, como se ha descrito anteriormente para un nuevo molde.

Acetona

La acetona es un solvente líquido que se usa bastante para disolver y eliminar poliéster de brochas, rodillos y otras herramientas antes de que éste se endurezca o cure. Esta sustancia puede ser absorbida a través de la piel y quedar almacenada en el cuerpo, a la vez que elimina los aceites naturales que mantienen la piel flexible y saludable. El uso frecuente de acetona durante largos períodos de tiempo sin una protección adecuada puede tener graves consecuencias para la salud. Cuando se trabaja con este producto, deberá evitarse el contacto directo empleando guantes protectores y nunca se usará acetona para lavarse las manos.

Estireno

El estireno es un componente normal de la resina de poliéster, además de ser un disolvente que puede usarse para disminuir la viscosidad del poliéster y gelcoat. Aunque este producto es también necesario en el proceso de curado, nunca deberá usarse más de un 5 por ciento, ya que una cantidad mayor podría producir un desequilibrio en el proceso de curado y debilitar el laminado final. Cuando se reparan laminados antiguos, se podrá mejorar la unión entre las capas viejas y nuevas del laminado de poliéster si se limpia la superficie ligeramente con estireno antes del laminado. Además, este producto es también eficaz para la limpieza de moldes.

Espuma de poliuretano

La espuma de poliuretano (PU) vertible puede emplearse en el interior de bancos y otras cavidades huecas de flotación. Para fabricar la espuma, se usan dos líquidos, A y B, disponibles en latas separadas, que se mezclan en cantidades iguales (1:1) para conseguir la expansión y el curado adecuados. Antes de su uso, deberá confirmarse la cantidad de líquido necesaria para alcanzar el volumen deseado. Normalmente, 1,6 kg de mezcla líquida se expande hasta formar un pie cúbico de espuma (28,3 litros) aproximadamente. Este producto también se comercializa en forma de bloques y láminas de varias densidades.

La resina de poliéster puede aplicarse directamente sobre la espuma de poliuretano (PU) curada.

Poliestireno expandido (estiroespuma)

Este producto también puede utilizarse como material de flotación. La estiroespuma es generalmente la espuma más barata que existe y se comercializa en forma de bloques y láminas. Sin embargo, este material puede dañarse fácilmente con solventes y se funde al contacto con acetona, estireno y gasolina. De ahí que no sea práctico laminar directamente sobre estiroespuma sin aislarla con plástico a prueba de solventes. El poliestireno expandido también absorbe agua cuando está en contacto con ésta durante largos períodos de tiempo, por lo que deberá de hacerse impermeable tratándolo, por ejemplo, con una emulsión de betún.

CUADRO 1

ATENCIÓN: ES EXTREMADAMENTE IMPORTANTE DISPONER DE UNA BUENA VENTILACIÓN CUANDO SE TRABAJA CON RESINAS DE POLIÉSTER, ESTIRENO Y ACETONA. LOS GASES QUE EMANAN DE ESTAS SUSTANCIAS PUEDEN SER PERJUDICIALES PARA LA SALUD.

EL PROCESO DE CURACIÓN DE LA ESPUMA DE PU ORIGINA GASES DE ISOCIANATO, CUYA ASPIRACIÓN ES TAMBIÉN PERJUDICIAL.

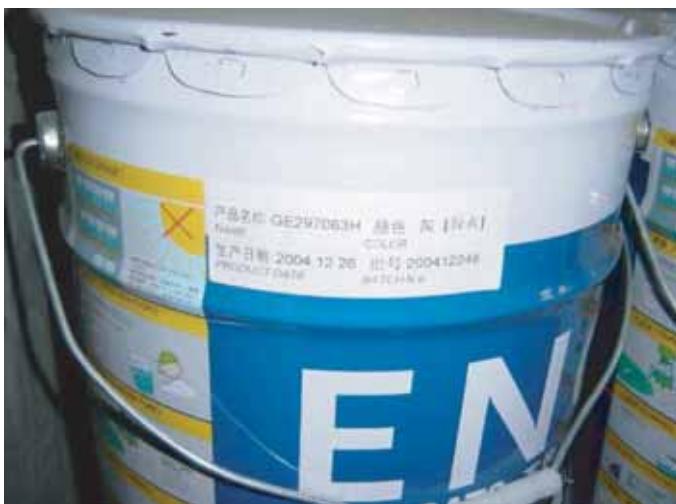
Debe tenerse en cuenta que los desechos de productos químicos, resinas endurecidas y espumas afectan negativamente al medio ambiente a corto y largo plazo.

Almacenamiento de materiales

Entre las precauciones que deben tomarse con respecto al manejo y almacenamiento de materiales de PRFV, se incluyen las siguientes:

1. Deberá comprobarse siempre que los materiales recibidos son los pedidos al proveedor y nunca deberá suponerse que los materiales recibidos son los que se ordenaron. En cuanto lleguen los contenedores, deberán verificarse los números de lote y las fechas de producción y de caducidad. Si un producto estuviera pasado

FIGURA 8
Información sobre materiales de PRFV



Cuando se reciban productos con un tiempo de almacenamiento limitado, será siempre necesario comprobar y tomar nota del número de lote y la fecha de fabricación. Esta información siempre debería venir impresa en el recipiente.

En este ejemplo se muestra un cubo de 20 kg de gelcoat con la información necesaria en la etiqueta.

de fecha, o fuese de una calidad diferente a la ordenada, deberá devolverse por cuenta del proveedor. Es importante cotejar estos datos, porque si la embarcación sufre una avería debido al uso de materias primas inapropiadas, el dueño culpará al constructor en vez de al proveedor.

2. Deberán pedirse al proveedor las fichas técnicas de cada producto, las cuales se conservarán para futuras consultas (en el Anexo 5 se incluye un ejemplo al respecto). Dichas fichas técnicas deberán recoger todas las propiedades físicas y técnicas necesarias para que el proyectista de la embarcación pueda producir un producto de calidad. Las resinas pueden variar ampliamente con respecto a características tales como viscosidad y resistencia. Las fichas técnicas también proporcionan información clave relacionada con las proporciones de mezcla adecuadas y la gama de temperaturas críticas necesarias para el laminado, entre otros factores.
3. Es muy importante que la fibra de vidrio (mat de hilos cortados) se mantenga en condiciones secas y limpias, lo cual es difícil de conseguir en un clima caluroso y húmedo. El mat de fibra de vidrio deberá almacenarse en una habitación seca y ventilada, y se cubrirá con plástico si existiera mucho polvo o contaminación en el aire, o hubiese posibilidad de lluvia.
4. De ser posible, el poliéster y el gelcoat deberán almacenarse a menos de 25 °C, ya que su vida de almacenamiento se verá significativamente reducida a temperaturas más altas.
5. Antes de su uso, el gelcoat y las resinas deberán removarse completamente en el recipiente original. Según las normas actuales, se supone que la resina debe agitarse durante 10 minutos cada día, para evitar que los aditivos se separen y precipiten hacia el fondo del bidón. Si el gelcoat no se remueve antes de usarse, los aditivos que contiene tienden a veces a separarse y subir a la superficie del recipiente.
6. A fin de obtener el mejor resultado durante la laminación, las materias primas, el molde y el entorno de trabajo deberán estar a la misma temperatura.

Si la temperatura fuera muy superior a 30 °C, como por ejemplo 37 °C, el tiempo de gel será más corto, y si ésta fuera bastante inferior a 30 °C, se correrá un alto riesgo de que el curado sea deficiente. Una temperatura baja y un alto grado de humedad también pueden causar que el gelcoat presente «piel de cocodrilo» (arrugado).

FIGURA 9
Mezclado de la resina



Si no se dispone de un taladro con accesorio para mezclar, la mejor alternativa que existe es hacer rodar el bidón sobre sí mismo.

Sin embargo, si el bidón hubiera estado en posición vertical durante algún tiempo, puede ser que la resina de poliéster cerca del fondo haya alcanzado ya una viscosidad mayor, por lo que hacer rodar el bidón durante 10 minutos no será suficiente para mezclar completamente la resina más espesa y la más ligera. Si no se consigue una mezcla homogénea, puede ser que la primera resina extraída del bidón tenga una viscosidad diferente a la que se extraiga más tarde.

FIGURA 10
Medición de temperatura y humedad



Todo local en que se use el plástico reforzado con fibra de vidrio como material de construcción, incluso si es un simple taller, deberá disponer de un indicador que muestre la temperatura y la humedad relativa del aire en su interior.

El modelo que se muestra aquí es adecuado y no es costoso.

Si la humedad ambiental aumentara por encima del 80 por ciento, el ligante en el mat absorberá el exceso de agua y el refuerzo (mat) quedará «húmedo», es decir, perderá su resistencia.

Una solución común para la mayoría de estos problemas consiste en hacer el trabajo de laminado durante la mañana, antes de que el sol caliente demasiado o aumente el grado de humedad.

Instalaciones

En un clima tropical, los materiales de PRFV deberán almacenarse en unas condiciones que sean lo más oscuras y frías posibles, a fin de asegurar la máxima vida de almacenamiento.

En climas más fríos, si los materiales se almacenaran a temperaturas cercanas a los 0 °C, o inferiores, será necesario tener presente que un bidón de poliéster necesita pasar aproximadamente una semana a temperatura ambiente (entre 18 y 23 °C) para alcanzar la temperatura de trabajo adecuada.

FIGURA 11
Almacenamiento de materiales de PRFV

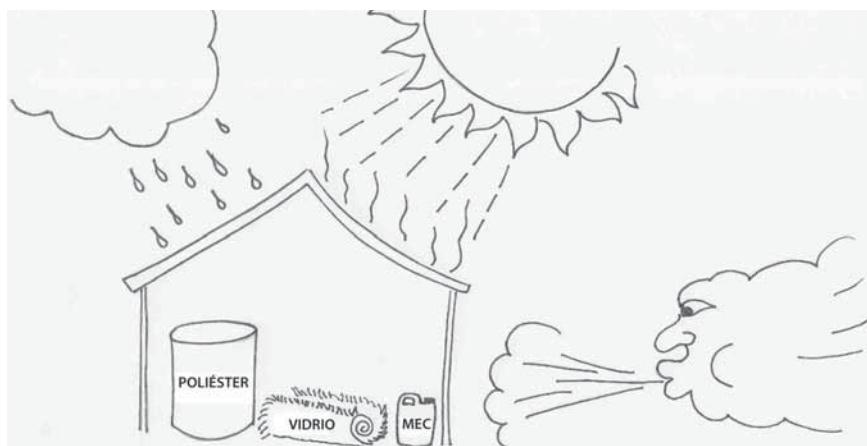


FIGURA 12
Área de trabajo



Es muy importante proteger el área de trabajo y los materiales de PRFV de los efectos del sol, el viento y la lluvia.

También es esencial tener el mismo cuidado con respecto al almacenamiento de las materias primas.

Si no fuera posible erigir un cobertizo como la que se muestra a la izquierda, deberá construirse un refugio temporal, por ejemplo, de lona.

HERRAMIENTAS NECESARIAS

A parte de los moldes, se necesitan una serie de herramientas manuales especializadas.

FIGURA 13



Esta fotografía muestra ejemplos de algunas de las herramientas que se usan en la construcción de una embarcación pesquera de 4,5 m.

Las brochas se emplean principalmente para aplicar el gelcoat, pero también se pueden utilizar para aplicar resina de poliéster en rincones de difícil acceso y secciones pequeñas.

Los rodillos para resina son de tamaños diferentes y están hechos de materiales resistentes a los solventes.

Los rodillos compactadores de varios tipos se emplean para aplicaciones diferentes y deberán utilizarse con firmeza, pero sin demasiada fuerza. Una vez que la resina empieza a gelificarse, deberá dejarse de compactar, ya que si se continúa usando los rodillos en este momento, sólo se conseguirá crear burbujas de aire en vez de eliminarlas.

FIGURA 14



El papel de lija de granulado 60, o más grueso, se destina para el primer lijado del laminado, mientras que el de granos 80 y 120 se dedica para lijados intermedios y finales.

El papel de lija al agua debe ser de granulados 240, 400, 600, 800, 1000 y 1200, y se emplea para trabajos de acabado en el molde y en el gelcoat del casco.

FIGURA 15



Cuando no se usan cubos grandes, los embudos son útiles para verter el poliéster en recipientes más pequeños de forma segura.

Es conveniente disponer de recipientes de medida transparentes de varios tamaños para calcular las cantidades de poliéster y gelcoat.

Se puede emplear una balanza como método alternativo para medir pequeñas cantidades de gelcoat y poliéster, así como para pesar la fibra de vidrio.

FIGURA 16



Se pueden utilizar distintas jeringas para calcular correctamente cantidades muy pequeñas de endurecedor.

Por lo general, el tapón normal de una botella de refresco puede contener aproximadamente 5 ml de endurecedor.

FIGURA 17



La cinta adhesiva de dos tamaños diferentes se utiliza en varias tareas como, por ejemplo, para separar dos colores distintos de gelcoat en el casco durante el proceso de construcción, o para aislar un área que necesita ser reparada. Esta cinta también es útil para asegurar una cubierta de plástico que se use como protección contra el polvo o la lluvia.

Las espátulas con mango se utilizan para extender la masilla.

Las paletas de acero blando más anchas, que se emplean normalmente en trabajos de carrocería de vehículos, también pueden ser adecuadas para estos fines.

FIGURA 18



Un cuchillo normal, o una navaja multiuso con hojas adicionales, puede usarse para cortar refuerzos de mat seco o el laminado «blando» de los bordes.

Los destornilladores se necesitan para montar tacos de acero inoxidable y tapones de drenaje.

El mat también se puede cortar con tijeras o rasgarse cuidadosamente a mano.

Un cincel es útil para eliminar abultamientos y hebras curadas de fibra de vidrio.

FIGURA 19



Los mazos de caucho son útiles para golpear con cuidado los moldes y ayudar al desmoldeado.

Un martillo normal es más conveniente para introducir cuñas de madera alrededor del borde del molde.

Las llaves de rosca combinadas se usan para montar pernos y tuercas en la defensa, así como tacos, pernos de ojo y en forma de «U».

Una llave inglesa (llave ajustable) es también conveniente para sostener los pernos y tuercas mientras se aprietan.

FIGURA 20



Una sierra para madera se puede emplear para cortar espuma.

Una sierra para metales se puede utilizar para cortar el laminado curado y pernos de acero inoxidable.

FIGURA 21



Deberá disponerse de un taladro mecánico con un juego completo de brocas helicoidales y brocas de paletas de tamaños diferentes para abocardar pernos de 6 mm en las defensas de madera.

Los accesorios de sierra perforadora de metal duro se usan con el taladro mecánico para hacer orificios grandes en el laminado de PRFV.

FIGURA 22



Las pulidoras eléctricas de disco se usan principalmente para lijar las partes dañadas de PRFV, aunque también se emplean para pulir el laminado antes del montaje y para mejorar el enlace secundario. Además, se les pueden adaptar discos de caucho para usar con papel de lija de granulado 40.

Asimismo, también se les pueden acoplar discos de carborundo para cortar y lijar, y usarlos para seccionar y pulir el laminado curado, así como para cortar pernos de acero inoxidable.

La máquina a la derecha de la fotografía es idónea para alisar grandes áreas.

FIGURA 23



Las lijadoras de banda son excelentes para trabajos de lijado antes de una reparación y para llegar a rincones de difícil acceso.

FIGURA 24



Una sierra mecánica con hoja de metal duro laminado, como la que se muestra en esta fotografía, es útil para cortar tanto madera como laminado de PRFV.

APLICACIÓN BÁSICA DEL LAMINADO

1. El molde se preparará aplicando cera desmoldeante y pulimentando, o mediante la aplicación de agente desmoldeante, como se describe en la ilustración 6. El paso siguiente en la fabricación de una embarcación de PRFV es la preparación y aplicación del gelcoat. Una vez que éste se ha mezclado con la cantidad adecuada

FIGURA 25



FIGURA 26

La fotografía de la izquierda muestra la aplicación de gelcoat con una brocha sobre la superficie negra del molde.

En la foto de abajo se aprecia el uso de un medidor de espesor o de película húmeda del gelcoat.



de endurecedor, como se detalla en la ficha técnica, es importante aplicar el grosor apropiado usando un rodillo, brocha o pistola pulverizadora. Es conveniente que el espesor total de esta capa de gelcoat sea de entre 0,4 y 0,8 mm. Dicho grosor se puede medir usando un simple «medidor de película húmeda», que se obtendrá a través del proveedor del gelcoat, aunque un medidor de espesor también se puede fabricar con una pieza de metal. A título de referencia práctica, una generosa capa de gelcoat aplicada con brocha tiene un grosor aproximado de entre 0,25 y 0,3 mm, por lo que será suficiente con aplicar dos capas.

Esta capa inicial de gelcoat deberá estar totalmente curada antes de empezar la laminación y es preferible esperar tres o cuatro horas para que el curado se realice por completo. Si se empezara el laminado antes de una hora y media después de la aplicación del gelcoat, se corre el peligro de que el poliéster ablande el gelcoat y lo arrugue, produciendo lo que se denomina «piel de cocodrilo».

A fin de conseguir un buen enlace primario entre el gelcoat y la resina de poliéster, el proceso de laminación deberá empezar tan pronto como se pueda después de cuatro horas de la aplicación del gelcoat, y definitivamente antes de que pasen 24 horas a partir de este momento. Esta regla también se emplea en el caso del «tiempo abierto» (tiempo de trabajo) del poliéster, para asegurar un buen enlace primario entre las capas laminadas. (En la Parte III: Mantenimiento y reparaciones se facilita información más detallada sobre el enlace primario). Deberán tomarse medidas de precaución para evitar la contaminación de la superficie del gelcoat. Si un molde con una capa recién aplicada de gelcoat permanece durante la noche en una nave abierta, deberá cubrirse con un plástico ligero. Esto es especialmente importante en caso de lluvia o viento, u otras condiciones atmosféricas que puedan causar contaminación del gelcoat.

Todos los materiales necesarios deberán prepararse antes de empezar a laminar sobre el gelcoat. La resina para la fibra de vidrio deberá removarse completamente a temperatura ambiente antes de incorporar el endurecedor y proceder a la mezcla. Una vez que la resina se haya mezclado con el endurecedor, todos los pasos necesarios para construir una capa de laminado deberán completarse rápidamente, ya que sólo se puede trabajar con esta mezcla durante un periodo de 10 a 15 minutos. Los proveedores de resinas deberán suministrar fichas técnicas detallando el periodo en el que se puede trabajar con el poliéster a una cierta temperatura y con una cantidad específica de endurecedor. En el Anexo 5 se presenta un ejemplo de una ficha técnica de poliéster ortoftálico de uso general.

2. Sólo se mezclará la cantidad de poliéster y endurecedor que se vaya a aplicar al mat de fibra de vidrio en el tiempo disponible. Es probable que una pequeña cantidad de poliéster mezclado en un recipiente grande, como se muestra en la ilustración 27, tarde más en gelificarse que si se realiza la misma mezcla en un

FIGURA 27



Se puede fabricar un práctico instrumento para medir el endurecedor enganchando un tapón de botella a un alambre y utilizando una jeringa para calcular la cantidad exacta que cabe en dicho tapón.

Un tapón normal de una botella de refresco puede contener 5 ml de endurecedor. Si se quiere conseguir una mezcla del 1 por ciento de endurecedor por unidad de volumen, será suficiente mezclar la cantidad que cabe en un tapón con 500 ml (1/2 litro) de poliéster.

recipiente pequeño. La diferencia en el tiempo de gel se debe al incremento de calor exotérmico, un problema que también ocurre si el laminado es demasiado grueso.

3. Será necesario seguir los pasos iniciales establecidos en la sección Descripción y manejo de materiales y asegurarse de que se usa la cantidad correcta de endurecedor para conseguir un buen curado.

Antes de colocar el mat de fibra de vidrio, siempre deberá aplicarse una capa de resina de poliéster. Es conveniente usar un rodillo metálico para eliminar las burbujas de aire y comprimir las capas de resina y fibra de vidrio entre sí.

Si se utiliza una medida de un litro en vez de una de un kilo para calcular la cantidad de resina de poliéster, la diferencia fraccional entre volumen y peso es tan pequeña que se puede decir que un kilogramo equivale a un litro. Ninguno de estos dos métodos de medida supondrá una perdida de calidad significativa cuando se trabaje con estos materiales en una estructura robusta como la de la embarcación MDV-1.

4. La primera capa, o «capa primaria», se compone de resina y un mat de 300 g. No deberá existir ningún abultamiento o contaminación en el gelcoat curado antes de empezar el proceso de laminado. Es esencial eliminar con cuidado las burbujas de aire y que la primera capa se cure durante un periodo de 4 a 6 horas, o incluso durante la noche, antes de añadir la siguiente capa. Cuando se trata de la capa primaria, es especialmente importante que el mat de fibra de vidrio haya sido rasgado (como se muestra en la ilustración 28), en vez de cortado, y los trozos de mat deberán colocarse lado con lado, sin solaparse unos con otros. Esta técnica proporciona una transición suave entre la capa primaria y las capas siguientes, y

FIGURA 28



Esta ilustración muestra cómo se aplica la primera capa (capa primaria) de fibra de vidrio.

El gelcoat se cubre totalmente con una capa generosa de poliéster para asegurar que no queda aire atrapado.

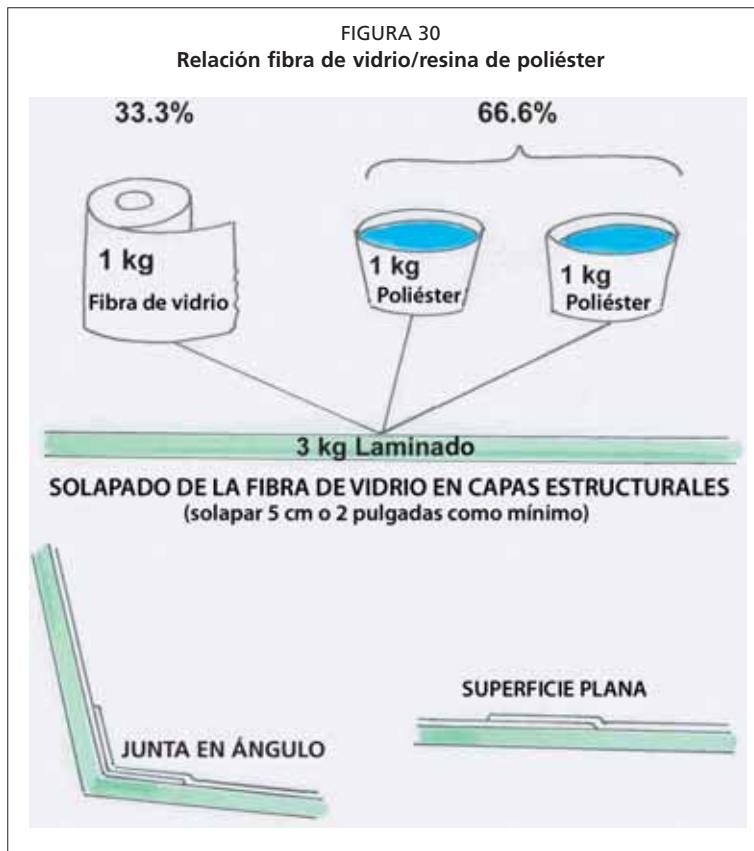
A continuación, los trozos rasgados de mat de fibra de vidrio se colocan cuidadosamente sobre la capa de poliéster y se alisan completamente con un rodillo.

FIGURA 29



Es muy importante usar los rodillos compactadores de forma apropiada. Estos utensilios se emplean para facilitar la unión del mat de fibra de vidrio con la capa subyacente de poliéster y eliminar todo el aire atrapado entre los dos materiales. Este proceso deberá completarse antes de que el poliéster empiece a endurecerse y curarse.

Este operario está utilizando un rodillo compactador pequeño para comprimir la fibra de vidrio en una ranura de difícil acceso y asegurar que se elimina el aire atrapado.



no afecta a la estructura de la embarcación. Debido a que la capa primaria no es estructural, el hecho de unir los trozos de fibra de vidrio de esta forma no tiene ningún efecto sobre la resistencia total del producto final.

La ilustración 30 muestra la cantidad correcta de fibra de vidrio (mat de hilos cortados) y poliéster que se utiliza para un laminado de mat, y cómo distribuir o solapar los trozos de mat de fibra de vidrio en una capa estructural.

5. Desde el punto de vista del control de calidad, es muy importante mantener una inspección visual continua y rigurosa para detectar cualquier signo de contaminación de la superficie o aire atrapado. Si la fibra de vidrio queda demasiado empapada, el laminado tomará un color blanco; si el calor exotérmico aumenta con demasiada rapidez, el laminado cambiará de color y parecerá que tiene aire o que está espumoso; y si se usa gran cantidad de poliéster, aparecerán parches mojados. El constructor de la embarcación es normalmente la única persona que puede detectar y corregir fallos de esta clase, los cuales serán invisibles cuando se haya colocado la siguiente capa de laminado. Si dichos fallos no se corrigen inmediatamente, la nueva embarcación acabada ya tendrá puntos débiles de menor o mayor importancia.
6. En la construcción de una embarcación de pesca de 4,5 m MDV-1 sólo se usará mat de hilos cortados por su facilidad de empleo, en vez de tela tejida. Una cuestión importante a la hora de laminar es montar cada capa en el intervalo de tiempo apropiado. Se permitirá que el laminado se enfrie después del proceso de curación (exotermita) antes de empezar con las dos capas siguientes, pero el trabajo deberá terminarse en un plazo de 24 horas. En el apartado «Reparación de daños estructurales» de la Parte III, se explica con más detalle el tema de los enlaces primario y secundario, así como la preparación de una superficie para el laminado.

FIGURA 31



Esta fotografía muestra los resultados de un control de calidad deficiente.

Se han dejado grandes burbujas de aire en la primera capa de fibra de vidrio colocada encima del gelcoat.

ASPECTOS DE SEGURIDAD E HIGIENE

Seguridad personal y protección del medio ambiente cuando se trabaja con plástico reforzado con fibra de vidrio

Seguridad personal

1. Seguridad ocular

En todos los entornos industriales, se necesita protección para prevenir que cualquier objeto o producto químico entre en contacto con los ojos de los trabajadores. Cuando se trabaja con plástico reforzado con fibra de vidrio, se tomarán precauciones para evitar peligros de carácter químico, que pueden abarcar desde la irritación ocular a la corrosión aguda, y también de carácter físico, tales como la irritación provocada por partículas en suspensión en el aire.

Por ejemplo, el catalizador o endurecedor (peróxido de MEC) es un líquido altamente corrosivo y las máquinas pulidoras producen muchas partículas aerotransportadas peligrosas. En ambos casos, será necesario usar protección ocular, principalmente en forma de gafas protectoras, cuando se trabaja con materiales de PRFV.

FIGURA 32



En la foto de la izquierda se muestran ejemplos de gafas que ofrecen una protección ocular eficaz; protectores de oídos para la seguridad auditiva; y una máscara contra el polvo para proteger los pulmones durante las operaciones de pulimentación.

2. Seguridad respiratoria

Es evidente que los pulmones constituyen uno de los órganos más importantes que hay que proteger en un astillero. La mayoría de los astilleros disponen de ventilación mecánica para mantener los niveles de sustancias volátiles, o gases peligrosos, y polvo por debajo de un nivel aceptable. Siempre que exista contacto

directo con sustancias peligrosas, tales como gases de estireno y polvo de fibra de vidrio, deberá llevarse un respirador adecuado, incluso cuando haya ventiladores o extractores funcionando. Es posible que no se detecte inmediatamente que el contacto con estas sustancias esté teniendo algún efecto nocivo, pero a largo plazo, el polvo de fibra de vidrio se acumulará en los pulmones, causando problemas respiratorios y resultando, finalmente, en neumotórax. Los gases de estireno que emanan del poliéster pueden provocar problemas en el sistema nervioso y posibles lesiones cerebrales, mientras que los isocianuros producidos en la curación del poliuretano son tóxicos y las aminas originadas durante el curado del epoxi están relacionadas con el cáncer.

FIGURA 33



En esta ilustración se muestra el respirador más usado como protección contra inhalación de gases. El filtro en la parte delantera es desechable y deberá reemplazarse con regularidad.

Existen diferentes tipos de filtros para gases específicos y también para el polvo.

El filtro deberá estar limpio y ser del tipo adecuado.

FIGURA 34



En esta fotografía se presenta una máscara que funciona con una batería que se lleva en el cinturón. El mecanismo de la máscara fuerza el aire a través de los filtros y lo empuja hacia dentro, proporcionando protección para los ojos y pulmones.

Este aparato es cómodo de llevar y facilita la comunicación, ya que sólo cubre los ojos y la nariz.

Cuando se trabaja con sustancias volátiles en una zona cerrada con poca o ninguna ventilación, tal como en el interior de una embarcación, deberá utilizarse la protección de respiradores con entrada externa de aire fresco. Si no se usa esta clase de protección, se corre el riesgo de inflamación pulmonar de carácter químico.

3. Seguridad auditiva

La exposición a sonidos fuertes de forma constante, o incluso periódica, puede conducir finalmente a una pérdida de oído permanente. Deberá llevarse protección en los oídos siempre que una herramienta mecánica, tal como una pulidora u otra máquina ruidosa, esté en funcionamiento. Cuando se lleva esta clase de protección, el operario deberá prestar atención especial a la comunicación con los compañeros de trabajo, así como a la posición de estos, por razones de seguridad,

ya que, de lo contrario, es posible que no siempre oiga si los demás están tratando de comunicarse con él.

4. Seguridad al caminar y subir a andamios

La fibra de vidrio sin curar y la resina son muy resbaladizas. Cualquier derrame en el suelo, escalones y andamiaje puede ocasionar caídas graves y otros accidentes.

En el caso especial de embarcaciones grandes, es importante disponer de un fácil acceso al laminado mojado sin ocasionar daños. Es necesario tomar medidas de precaución durante la construcción y al usar escalones y escaleras de mano. Los cables eléctricos pueden ocasionar tropiezos.

FIGURA 35

ATENCIÓN: Mira por donde pisas



Deberá tenerse mucho cuidado cuando se camina sobre tablones estrechos o se pisa sobre fibra de vidrio mojada y resbaladiza.

5. Seguridad de manos y dedos

La construcción de embarcaciones de fibra de vidrio requiere que las manos y los dedos estén en plena forma. Los trabajadores de astilleros pueden perder su trabajo cuando sufren alguna lesión en manos o dedos, o cuando pierden alguno de estos miembros.

Las pulidoras de disco y las sierras mecánicas deberán estar siempre equipadas de protección adecuada. Aunque llevar guantes es muy importante para protegerse contra los productos químicos y las abrasiones, es posible que estos dificulten a veces la capacidad de trabajar de forma segura con herramientas mecánicas. Será necesario encontrar un equilibrio en las condiciones de trabajo, a fin de conseguir la máxima protección contra productos químicos y herramientas eléctricas.

FIGURA 36



Esta fotografía muestra el uso apropiado de guantes de manga larga en la aplicación de resina.

Además, estos operarios también llevan mascarillas para protegerse contra las sustancias volátiles, tales como el estireno.

Los operarios de astilleros deberán tener siempre a su disposición gran cantidad de guantes de tipo industrial, que resistan los efectos de los solventes.

6. Seguridad cutánea

Las amenazas invisibles pueden ser tan peligrosas como las visibles.

Deberá evitarse el contacto directo con solventes como, por ejemplo, el estireno y la acetona, ya que estas sustancias pueden ser absorbidas por la piel e incorporarse, finalmente, al flujo sanguíneo. Esta absorción puede resultar de tocar estos líquidos directamente o cuando el aire está altamente contaminado con solventes por el uso de rociadores. El contacto directo y repetido con solventes tiene efectos acumulativos y a largo plazo.

7. Seguridad contra incendios

No deberá permitirse fumar ni hacer hogueras en una planta de construcción de embarcaciones o astillero.

La mayoría de los materiales que se usan en la construcción de PRFV son altamente volátiles y pueden causar incendios rápidamente. Todas las personas en el lugar de trabajo deberán comprometerse a eliminar el peligro de incendio. El efecto combinado de fumar cigarrillos e inhalar gases de sustancias volátiles incrementa enormemente los riesgos para la salud.

Los aparatos eléctricos y las herramientas mecánicas se usarán con cuidado. Los cables eléctricos representan riesgos importantes, incluyendo cables en malas condiciones y contactos sueltos que pueden provocar explosiones o dar lugar a incendios. Es más seguro usar herramientas neumáticas.

Cualquier derrame de catalizador puede significar un peligro de incendio importante, tanto si se lamina con pistolas rociadoras o a mano.

Si se utiliza mucho catalizador o se emplea demasiado tiempo en ciertos detalles del laminado, es posible que la resina empiece a endurecerse en el cubo («inicio de curado» prematuro). En estas circunstancias, el calor exotérmico puede aumentar rápidamente y causar un incendio, a menos que el cubo se lleve a un lugar seguro y se vierte agua sobre la resina.

Un aumento anormal de calor exotérmico también puede ocurrir cuando la fibra de vidrio saturada y húmeda se echa a un contenedor de basura; los trapos empapados de solvente no deben echarse en el mismo contenedor.

La mezcla de acelerador y catalizador (impulsor e iniciador) causa explosiones.

Seguridad en el taller

1. Control de polvo y gases

Cuando se está lijando, la manera más eficaz de controlar el polvo es en la fuente.

Para ello, será necesario disponer de un extractor o recogedor de polvo con un gran diámetro de manguera, o conectar a la pulidora una aspiradora (preferiblemente del tipo «HEPA VAC») por medio de un accesorio de manguera.

FIGURA 37



El hombre de la izquierda está aplicando gelcoat con pistola rociadora y lleva un respirador con entrada externa de aire; esto es una buena práctica. El hombre a la derecha está preparando el mat y no lleva respirador, aunque el aire está completamente cargado de estireno; esto no es una buena práctica.

Además, al estar las dos actividades tan cercanas una a otra, las salpicaduras del gelcoat contaminarán la fibra de vidrio en el tablero de cortar, lo que podría reducir la calidad y resistencia del laminado resultante.

Debido a que es muy difícil eliminar todo el polvo en la fuente, puede ser útil combinar distintos métodos para mantener un entorno de trabajo saludable en un taller donde se realicen varias operaciones a la vez.

En una planta de construcción de embarcaciones, el método más eficaz consiste en realizar las operaciones de lijado y pulido en una habitación separada., siempre que sea prácticamente posible.

A fin de controlar los gases, siempre deberá existir algún sistema de extracción de aire y ventilación en el área donde se realizan trabajos de pintura, gelcoat y laminación. De esta forma, se reduce la parte de la planta de construcción donde se necesitan respiradores.

2. Control del riesgo de incendios

FIGURA 38



Esta fotografía muestra un ejemplo de condiciones de trabajo muy peligrosas en un taller.

La pulidora eléctrica está colocada encima de un barril lleno de poliéster, ¡que es altamente inflamable!

¡El encargado del taller tiene responsabilidad total en lo que respecta al mantenimiento de un entorno de trabajo seguro y a la reducción del riesgo de incendio!

3. Reducción de la cantidad de desechos y eliminación de materiales

A fin de minimizar el peligro de incendios y la contaminación, es necesario planificar de antemano y ejercer buenas prácticas de la eliminación de desechos. Las autoridades locales disponen de normativas para el tratamiento de desechos peligrosos y, a menudo, es rentable separar los desechos peligrosos de los no peligrosos.

¡También se ahorra dinero utilizando las materias primas de forma cuidadosa y evitando derroches!

4. Almacenamiento de materias primas

Es preferible que todas las materias primas se almacenen en habitaciones separadas para mantener su calidad antes de usarlas y por razones de seguridad. A fin de reducir el riesgo de incendios, es particularmente importante mantener el catalizador en una habitación separada de la del poliéster y gelcoat.

5. Documentación

Las fichas técnicas del material adquirido, solicitadas al proveedor y suministradas por éste, deberán incluir toda la información necesaria para el tratamiento de los productos químicos de manera segura. Se recomienda que dichas fichas técnicas se archiven en una carpeta, que se mantendrá en un lugar seguro y estará disponible para todo el personal que pueda estar potencialmente expuesto a estos productos químicos.

PARTE II – Construcción de la embarcación MDV-1

La embarcación MDV-1 es simple, fácil de manejar y exhibe buenas condiciones de navegabilidad tanto para la navegación con remo como a motor. Su diseño de uso general la capacita para las aguas costeras de todo el mundo.

Debido a que es una embarcación de tamaño medio y de poco peso, se puede varar en la playa con facilidad y uno o dos pescadores pueden manejarla sin esfuerzo. En condiciones normales, un motor de 5 CV le proporciona la potencia necesaria, aunque para aguas de corrientes mayores puede que sea necesario un motor de 10 CV. Sin embargo, al no estar diseñada para la velocidad, esta embarcación no se beneficia en particular al usar un motor más potente.

Es necesario disponer de un molde hembra para construir la MDV-1, el cual deberá fabricarse si no hubiera uno ya disponible para esta embarcación. Dicho molde se construye usando un molde macho que, a primera vista, parece una embarcación acabada. No es necesario que este molde macho sea tan rígido como una embarcación, ya que su única utilidad es proporcionar una base para la laminación del molde hembra.

El molde macho de la embarcación está compuesto por la plantilla principal del molde, o molde del casco, moldes separados del banco central y el de popa, y el molde de cubierta.

CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE MACHO

Un molde macho está formado por varias partes separadas, que pueden ser de madera, yeso, metal o cualquier otro material que sea resistente al monómero de estireno.

Es muy importante recordar que la superficie del molde hembra (y de la embarcación) es un fiel reflejo de la superficie del molde macho. Cuanto más lisa sea la superficie de éste, mejor será el acabado de la embarcación y su aspecto externo. A fin de conseguir un buen acabado, es necesario eliminar cualquier imperfección mediante el uso de masilla, así como lijando y pulimentando la superficie final. Cuando se utiliza un material poroso como madera o yeso, es importante terminar el molde macho con una buena pintura de dos componentes que sea resistente al monómero de estireno.

También es posible utilizar una antigua embarcación de madera como molde macho para un diseño de PRFV. El Anexo 1 proporciona más información con respecto a este método.

El plano de formas de la ilustración 39 muestra la estructura y secciones de la MDV-1 de 4,5 m, a una escala de 1:20, y la cartilla de trazado está disponible en el Anexo 4.

Los principios básicos del trabajo con madera y diseño de estructuras se exponen en FAO Documento técnico de pesca y acuicultura, núm. 134, rev. 2: *Diseños de embarcaciones pesqueras: 2. Lanchas de fondo en «V» endueladas y de madera contrachapada*.

Es posible conseguir fácilmente una estructura estable usando madera contrachapada, o planchas de fibra, en la construcción de las cuadernas, como se muestra en el dibujo técnico «Plantilla del molde macho» (ilustración 40). Asimismo, véase también el dibujo siguiente (ilustración 41).

FIGURA 39
Dibujo técnico

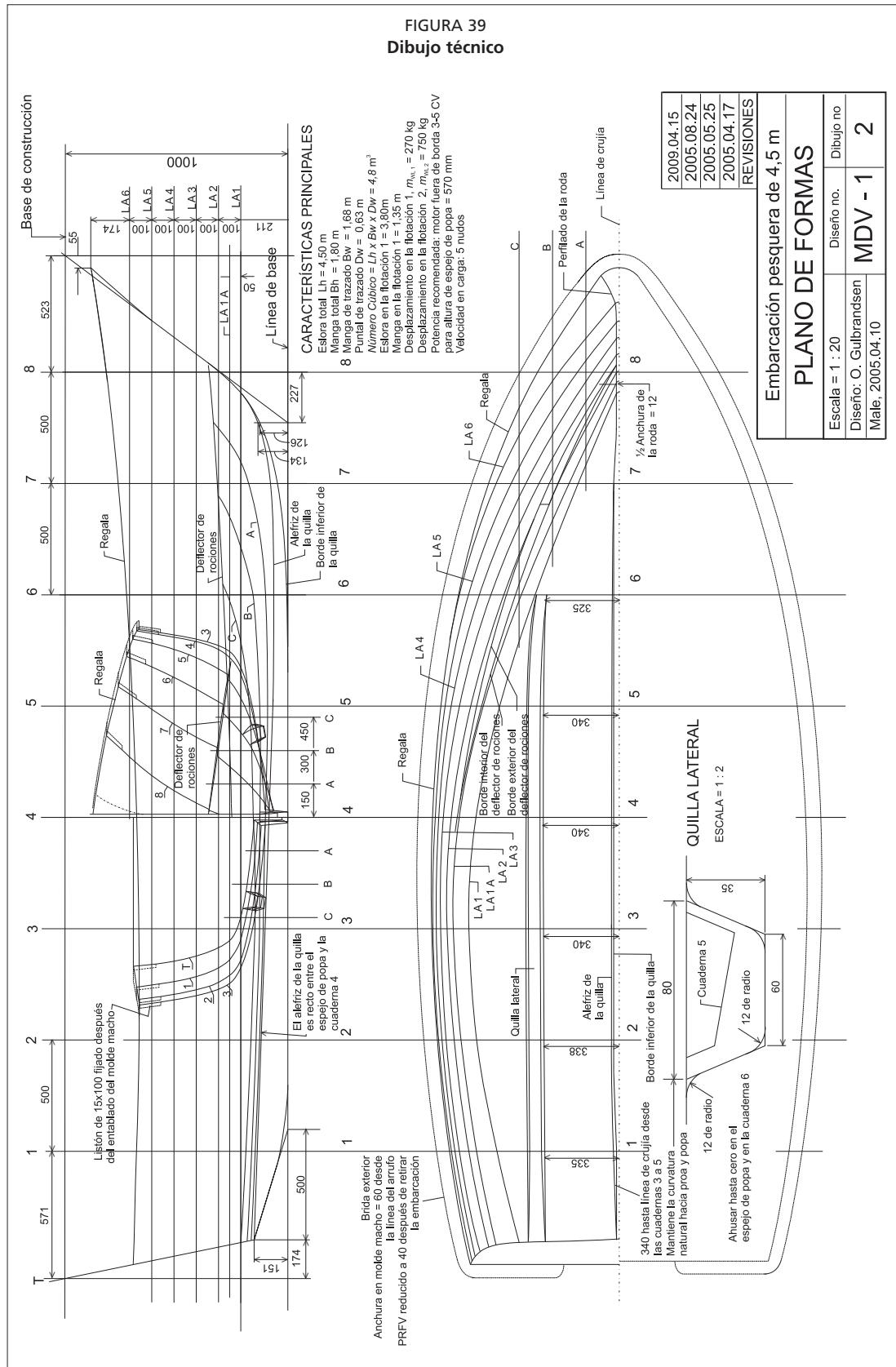
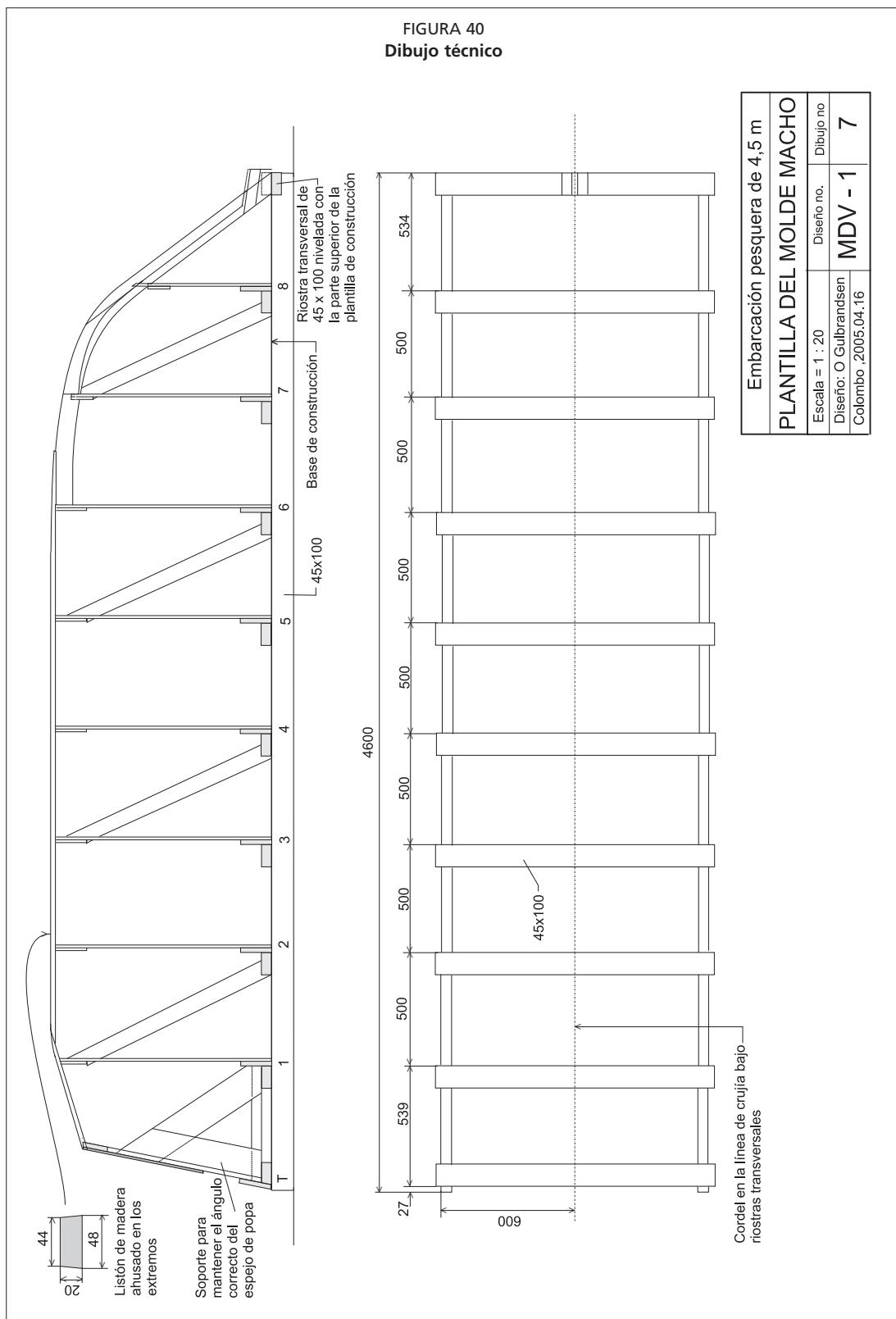


FIGURA 40
Dibujo técnico



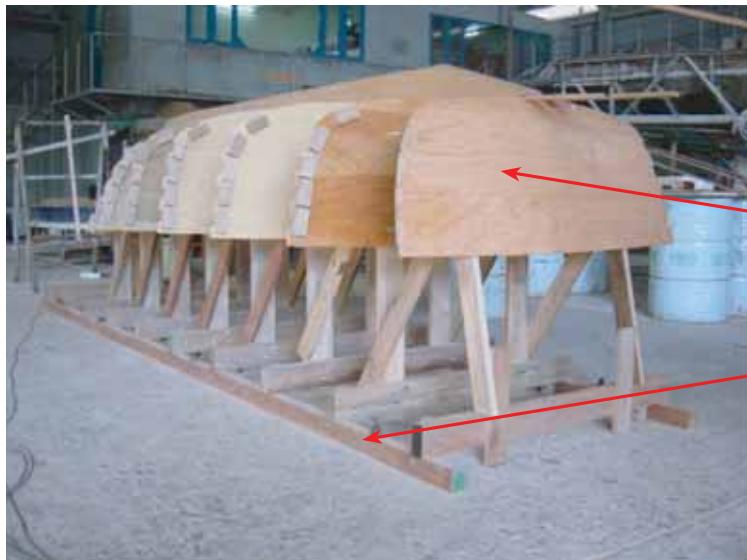
Los listones de madera colocados horizontalmente a lo largo de la superficie del molde macho pueden ser de distinta clase y dimensiones. En este ejemplo, se han usado planchas de madera de 12 mm de ancho por 45 mm de alto para la superficie relativamente plana de los lados de la embarcación, y de 12 mm de ancho por 30 mm de alto para la superficie más curvada, donde los lados se convierten en los bajos de la embarcación. Estas planchas se fijan con pequeños clavos, horizontalmente y a intervalos de 5 a 10 cm, a todo lo largo de la eslora de la embarcación, justo donde los bloques de madera se han añadido sobre las cuadernas.

La diferencia de altura entre los listones de 45 mm y de 30 mm deberá nivelarse aproximadamente antes de empezar a colocar el contrachapado.

Las planchas de contrachapado (del tipo Fancyply, por ejemplo) de 3mm se sujetarán a los listones diagonalmente (véase la figura 45), a fin de conseguir una superficie más estable y, también, porque se adaptan mejor a la forma del pantoque.

Además de clavos, se usará un poco de cola para sujetar las planchas.

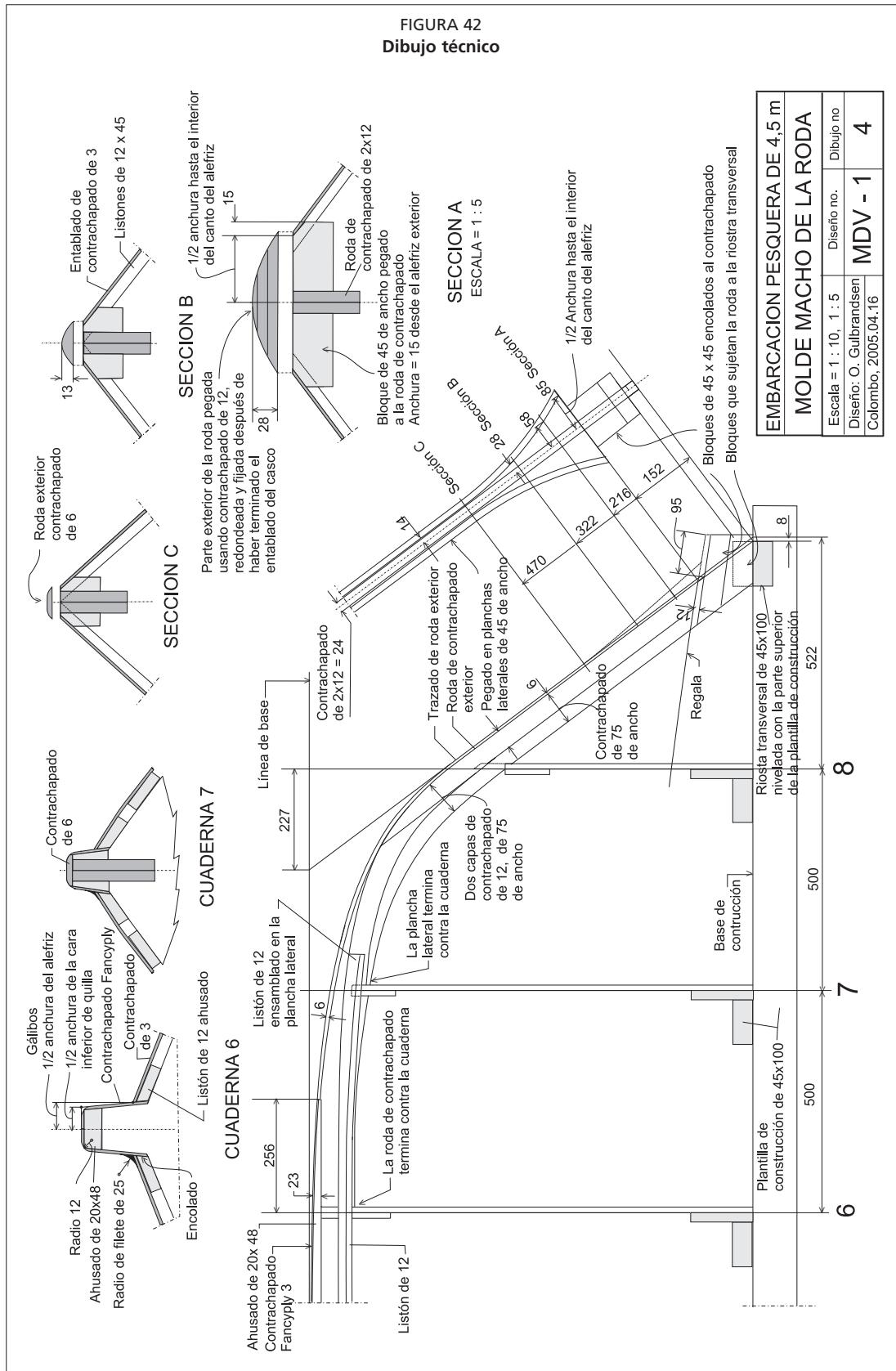
FIGURA 41



Esta fotografía muestra la plantilla del molde macho terminada y lista para añadirle las planchas de madera horizontales o «listones».

Se sujetan pequeños bloques de madera al perímetro de cada cuaderna, los cuales proporcionan una base mejor para los tornillos que sostienen a los listones en su lugar.

En este astillero, la estructura se ha atornillado al suelo, lo que mejora su estabilidad tridimensional y facilita el trabajo a la hora de hacer fuerza para aplicar masilla o lijar.



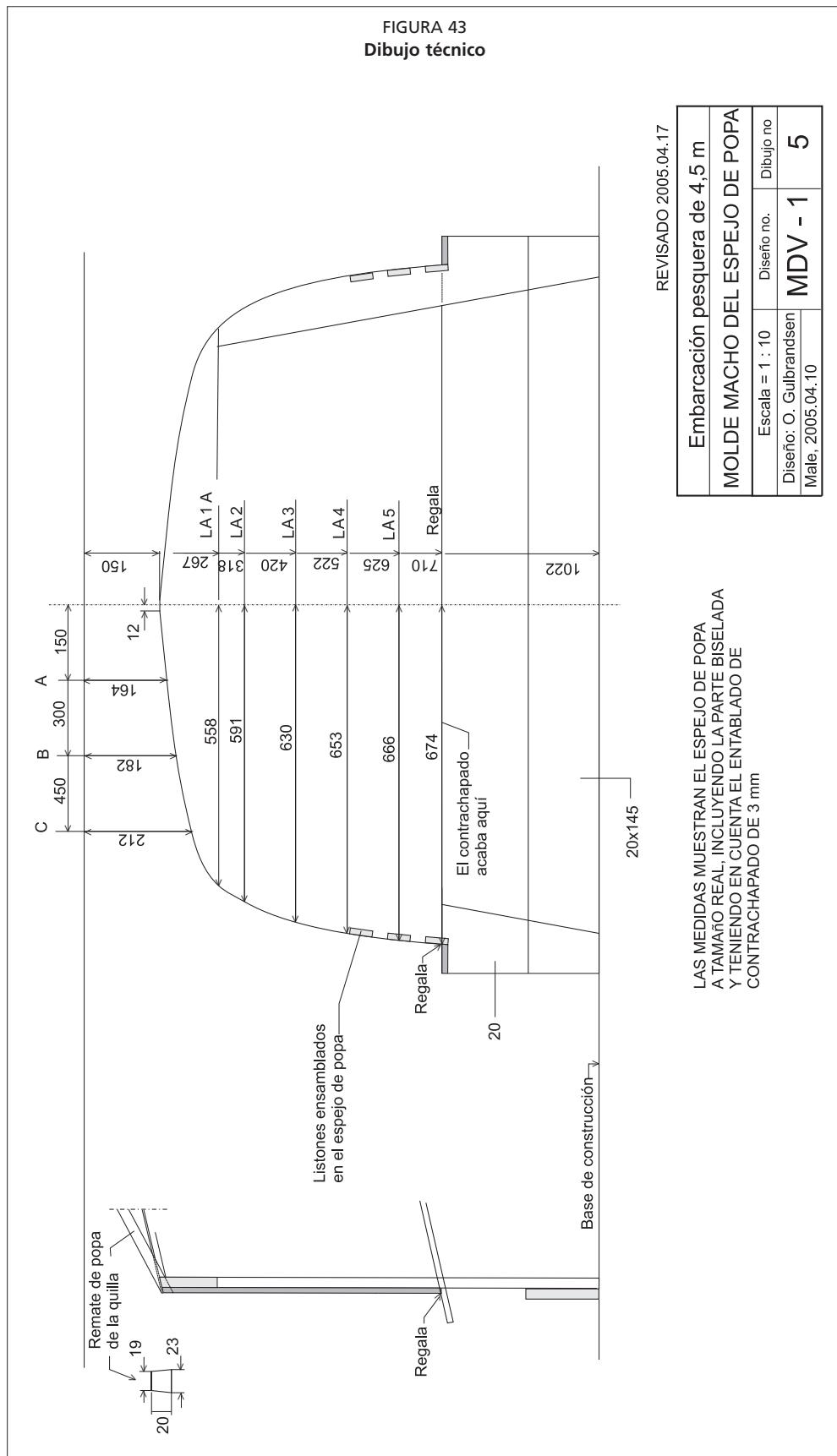
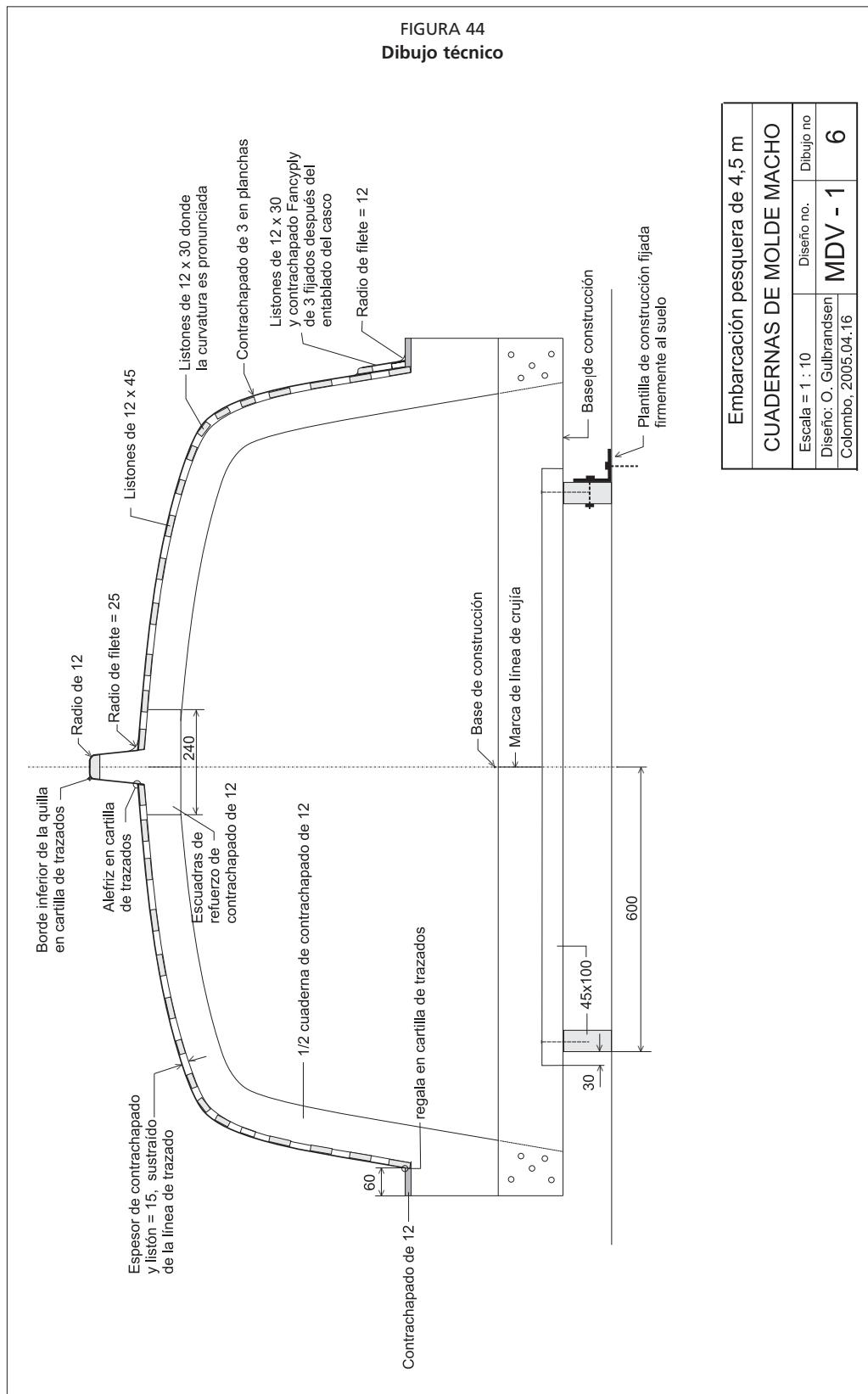


FIGURA 44
Dibujo técnico



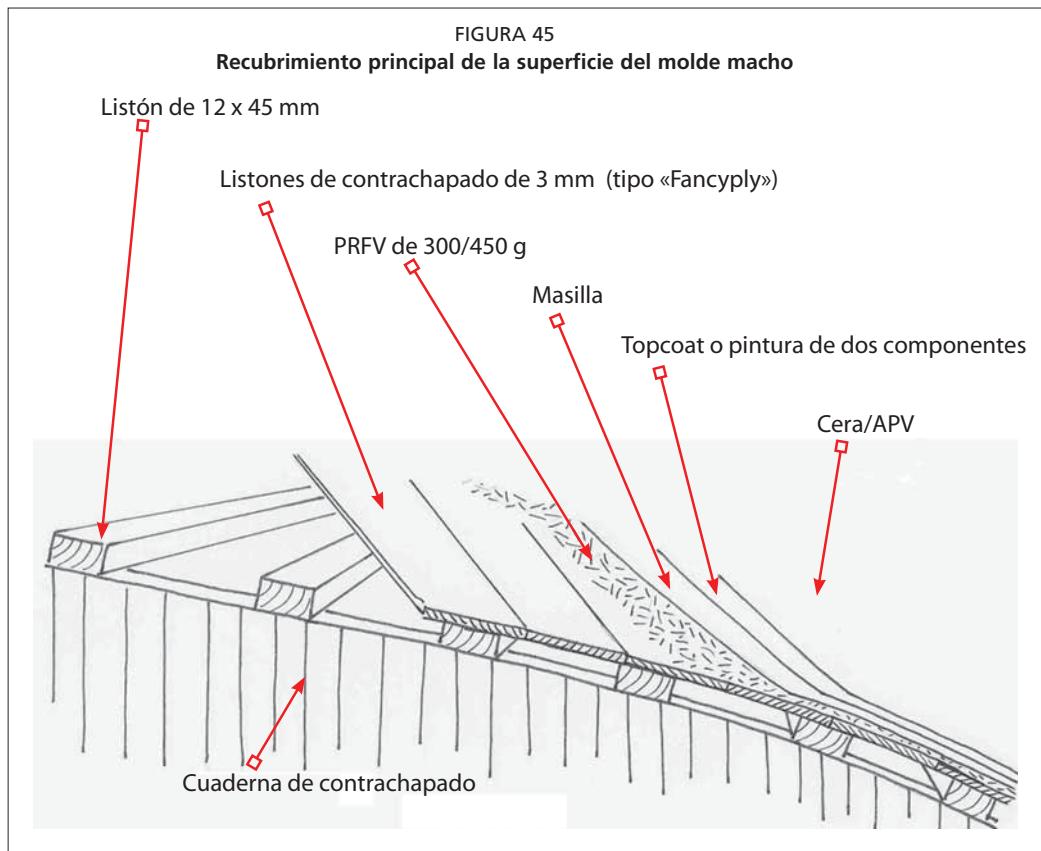


FIGURA 48



En algunas ocasiones, los listones (tiras de madera) se colocan más separados y se utiliza un «revestimiento» más grueso de contrachapado.

Cuando se usa un revestimiento de este tipo, será necesario reducir el grosor de la estructura en la misma proporción, para compensar por el grosor adicional.

Una vez que el contrachapado está colocado firmemente, se nivelará y alisará la superficie usando papel de lija.

FIGURA 49



Una vez que se haya terminado de lijar, se sellará o imprimirá la superficie de madera, preparándola para la capa de laminado.

Si sólo se va a construir un molde hembra a partir de este molde macho, o si se va a aplicar sobre éste una pintura de dos componentes, no será necesario aplicar la capa de laminado de fibra de vidrio.

FIGURA 50



A fin de garantizar la resistencia y estabilidad del molde macho, se aplicará sobre él una capa de mat de fibra de vidrio de 300 o 450 g.

A continuación, se aplicarán varias capas de masilla sobre su superficie y se procederá a lijar para alisar cualquier defecto en las formas.

FIGURA 51



En esta fotografía se muestra el molde macho casi listo para cubrirlo con gelcoat, a falta de colocar e integrar las quillas laterales. Se usará masilla de diferentes colores para facilitar la identificación y localización de cualquier imperfección.

A fin de conseguir la superficie más uniforme posible durante esta etapa de acabado, será preferible lijar a mano utilizando trozos grandes de lija, en vez de emplear herramientas mecánicas.

FIGURA 52



A fin de obtener un acabado apropiado de alto brillo, se aplicará sobre la masilla una capa de topcoat, o pintura de dos componentes.

Si se empleara topcoat, éste deberá lijarse al agua, empezando con granulados no más gruesos de 240 y terminando con granulados de 1000 a 1200, o incluso tan altos como 2000.

El molde macho del casco se terminará abrillantando y pulimentando con cera.

NB: Deberá construirse una brida en el molde macho del casco para conectar el casco a la cubierta, como se muestra en el Dibujo técnico 44.

FIGURA 53
Dibujo técnico

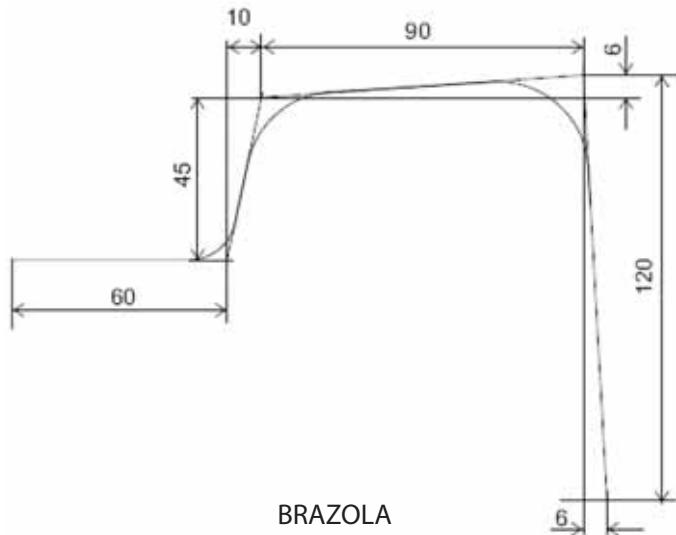


FIGURA 54



Antes de hacer el molde macho de la cubierta, los moldes macho y hembra del casco deberán estar terminados y deberá laminarse un casco (que se usará para hacer el molde macho de la cubierta).

A continuación, se laminarán abrazaderas de acero en el casco para mantener los laterales en posición.

Las medidas de la brazola se proporcionan en la Ilustración 53.

Además, se pegarán láminas de vinilo antideslizante granulado para hacer una perfecta impresión «en negativo» en el molde hembra.

FIGURA 55



Todas las partes del molde macho se perfilan y colocan con cuidado, a fin de garantizar que cada una de las partes laminadas de la embarcación resultante encajan unas con otras.

En esta fotografía, se muestra la colocación del banco de popa, que contiene un pañol.

Además, se aplicará sobre el molde macho de la Cubierta la primera capa negra de gelcoat para moldes, en preparación para la construcción del molde hembra de la cubierta.

FIGURA 56



Antes de empezar a construir el molde hembra, deberán fabricarse moldes macho de los bancos. A la izquierda, se muestra el molde macho del banco central.

Antes de comenzar la construcción de cualquier molde hembra, deberá comprobarse que los moldes macho de las distintas partes encajen en el molde macho del casco.

CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE HEMBRA

La mayoría de los moldes que se usan normalmente son moldes «hembra», lo que garantiza que la superficie externa de la embarcación resultante presente un acabado realmente terso cuando el producto curado se separa del molde.

A fin de conseguir dicho acabado, deberá trabajarse en el molde macho hasta conseguir un acabado liso y un brillo perfecto antes de construir el molde hembra. Debido a que éste es un fiel reflejo del macho, cualquier imperfección se transferirá al molde hembra y quedará patente en el producto final.

La vida útil y el valor de un molde hembra vienen determinados principalmente por la calidad de la superficie del molde macho. Si fuera necesario realizar mejoras o reparaciones en la superficie del molde hembra una vez que se separa del macho, se perderá un tiempo valioso. Mientras que la superficie del molde hembra se mantenga en buen estado, sólo será necesario abrillantar o pulir después de cada uso, y así poder fabricar más productos a partir de dicho molde en períodos de tiempo más cortos.

La superficie del molde macho se preparará aplicando de 5 a 10 capas de cera para obtener un acabado perfecto. Si se tuviera alguna duda con respecto a la calidad del acabado, o si no se hubiera dejado pasar el tiempo suficiente (2 a 3 semanas) para un precurado adecuado del gelcoat, deberá aplicarse un agente antidesmoldeante de APV a la superficie del molde macho.

FIGURA 57



Deberá emplearse gelcoat genuino para moldes sobre el molde macho, con preferencia a un gelcoat normal de color negro, ya que aquél es generalmente más duro que el normal y puede alcanzar un grado superior de brillo, aparte de contraerse menos.

Deberá conseguirse una capa adecuadamente gruesa mediante la aplicación de, como mínimo, 3 manos de gelcoat para moldes, con un periodo de curado de 3 a 6 horas entre cada una de ellas.

Cuando se hayan aplicado todas las capas, se dejará que el gelcoat cure durante un periodo de 3 a 6 horas y, a continuación, se aplicará una capa de superficie.

FIGURA 58



La primera capa de mat fino de fibra de vidrio, o velo de superficie, tendrá que colocarse con cuidado, trabajando sobre ella para eliminar todo el aire atrapado, y dejar que se cure por separado. Si no se dispusiera de mat fino, también se podrá emplear un mat de 300 g, o usar ambos mojados.

Es importante aplicar una buena capa de resina a la superficie del molde hembra antes de colocar el mat de superficie, a fin de garantizar que éste se impregna desde abajo, «expulsando» el aire hacia fuera.

Es preferible que los bordes rasgados del mat se unan cuidadosamente, como se muestra en este ejemplo, en vez de superponer los bordes cortados.

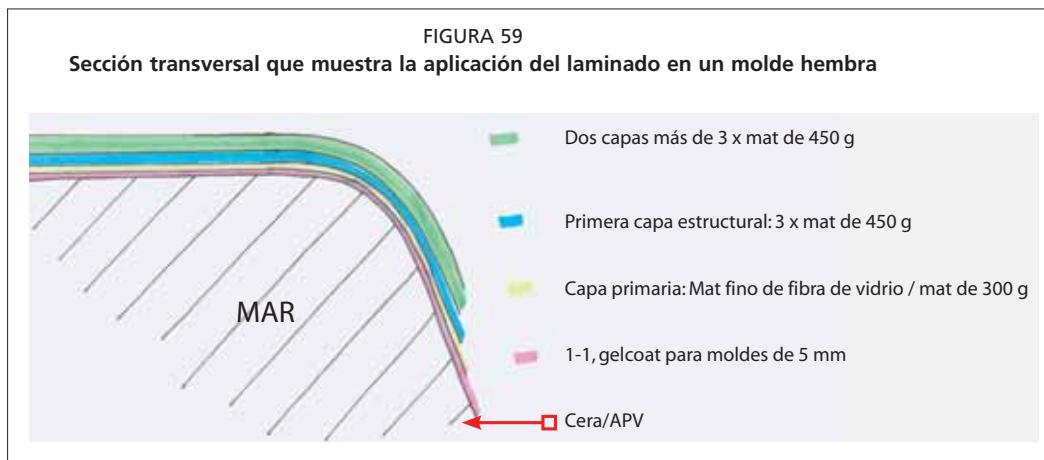
La última capa de cera deberá dejarse secar durante 12 horas como mínimo. Después de este periodo de secado, se aplicará una capa de cera para moldes y se dejará secar durante al menos 4 horas. A continuación, se extenderá una fina película de agente desmoldeante de APV, usando una gamuza, una bayeta tipo Wettex o un material similar. Dicha gamuza o trapo se empapará de una solución de APV, se escurrirá con cuidado y se aplicará ligeramente para conseguir una película fina y uniforme.

ATENCIÓN: Si la superficie del molde macho se hubiera tratado con pintura de dos componentes completamente curada y se hubiera aplicado cera con cuidado, no será necesario utilizar el agente desmoldeante.

El procedimiento de aplicación del laminado para fabricar un molde hembra es más o menos el mismo que el usado para construir una embarcación (véase Aplicación básica del laminado). Es **muy importante** asegurarse de que no existe aire atrapado bajo la capa de superficie.

También existen resinas especiales para moldes, las cuales se han formulado para soportar mejor el continuo calor exotérmico durante el curado de sucesivas capas de laminado y las tensiones provocadas durante el desmoldeado.

Cuando se usa un poliéster de uso general, no deberán laminarse más de 3 capas al día, para permitir la evaporación del estireno, así como evitar la acumulación de calor y una contracción excesiva. Para una embarcación de este tamaño, será suficiente que el laminado del molde hembra tenga un espesor de 10 mm.



Deberán laminarse refuerzos hechos de PRFV, contrachapado o acero sobre el molde hembra, para garantizar que éste mantiene la forma prevista una vez que se separa del molde macho. Estos refuerzos y soportes no deberán colocarse hasta que las capas de superficie del molde hembra se hayan dejado curar durante dos semanas como mínimo, para evitar que causen alguna impresión sobre el mismo.

FIGURA 60

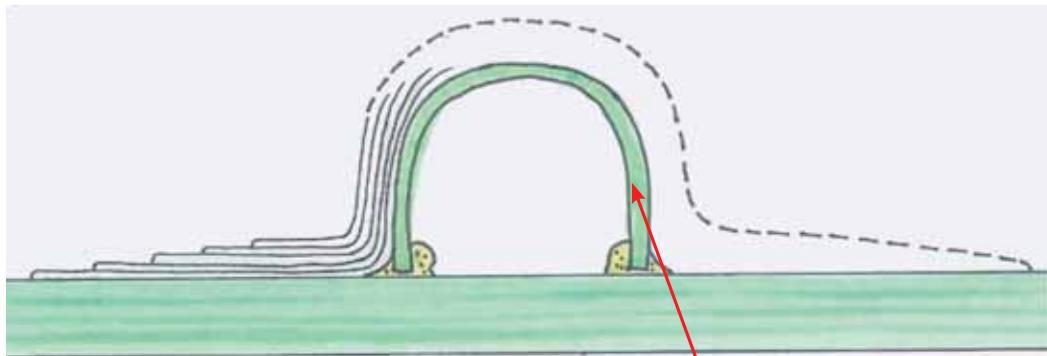


FIGURA 61



Estas ilustraciones muestran cómo se colocan refuerzos hechos con tubos de PRFV preformados usando masilla, para laminarlos después con 5 capas de mat de 450 g, como mínimo.

Estos complementos mejoran enormemente la rigidez del molde hembra sin añadir demasiado peso.

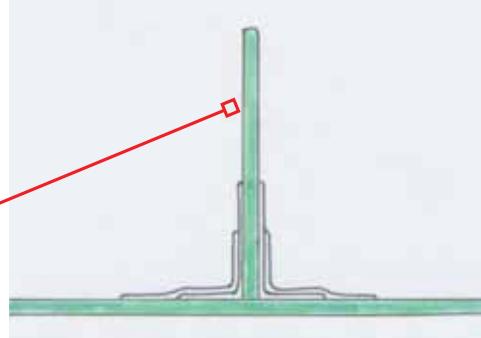
FIGURA 62



Aquí se muestra el molde hembra terminado, con los refuerzos colocados y una «cuna» debajo de él.

Dicha cuna está hecha de soportes de contrachapado, que se han colocado en posición empleando el mismo proceso de laminado que el usado para fijar los tubos de PRFV al molde hembra (véase ilustración 63).

FIGURA 63



Ya se ha aplicado una capa de gelcoat y de fibra de vidrio en la parte interior del molde hembra – el comienzo de la primera embarcación que se va a construir.

FIGURA 64



El molde hembra de la cubierta está listo para su uso.

FIGURA 65



Aquí se muestra un molde hembra del banco central terminado. Cada una de las partes de la embarcación, ya sean estructurales o de otra clase, necesitan su propio molde hembra separado.

Preferiblemente, el nuevo molde hembra deberá colocarse bajo una carpita, a unos 40 °C aproximadamente, y dejarlo precurar durante dos días; esta temperatura alta es fácil de mantener en un clima tropical. El precurado debería disipar la mayoría del estireno activo de la superficie del molde hembra y ayudar a prevenir que el molde nuevo se adhiera al gelcoat en la fabricación de la primera embarcación. Una vez que se haya terminado de construir este primer bote y se haya separado del molde hembra, la superficie de éste se preparará con cera, como se ha descrito con anterioridad en este capítulo, antes de empezar a trabajar en una segunda embarcación.

Una manera barata de «recuperar» el molde consiste en construir dos productos «desechables», fabricados con una cantidad adicional de endurecedor, para crear un gelcoat «caliente», y dos capas de laminado. Este sistema ayudará a prevenir que la primera embarcación real que se construya quede adherida al molde hembra.

El uso de desmoldeante de APV es una medida de precaución sencilla, aunque produce un acabado deficiente de la superficie. En estos casos, será necesario pulir y abrillantar durante más tiempo para conseguir un acabado adecuado.

ATENCIÓN: El gelcoat para moldes no lleva estabilizador de rayos ultravioletas, por lo que el molde hembra deberá protegerse contra la luz directa del sol durante su almacenamiento.

CONSTRUCCIÓN DE LA EMBARCACIÓN

El molde hembra se preparará como se describe en la sección anterior, «Fabricación del molde hembra». La construcción de la propia embarcación empezará aplicando gelcoat de grosor apropiado al molde hembra preparado, para lo que será suficiente con dos capas aplicadas con una brocha (0,4 a 0,8 mm).

Los siguientes pasos consisten en la aplicación del laminado de la capa primaria y las capas principales (estructurales). Los procedimientos a seguir se describen en una sección anterior titulada «Aplicación básica del laminado» y según el programa de laminado establecido en la ilustración 69. Asimismo, también se puede utilizar la información recogida en el Anexo 3.

FIGURA 66



El molde se prepara con cera.

Se aplican dos capas de gelcoat.

Se añade una capa primaria de laminado.

Se aplica el laminado de las capas principales (estructurales).

FIGURA 67



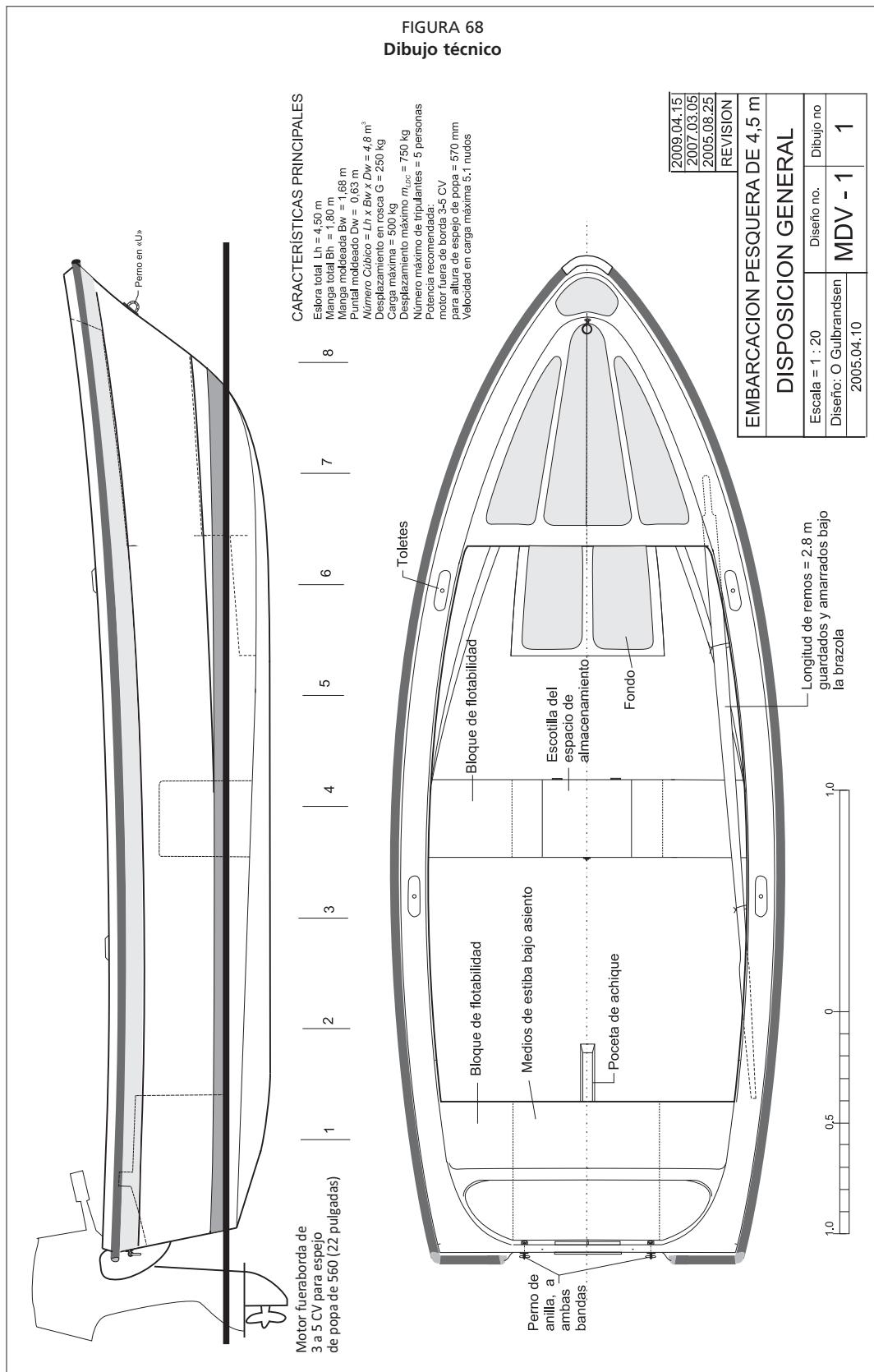


FIGURA 69
Dibujo técnico

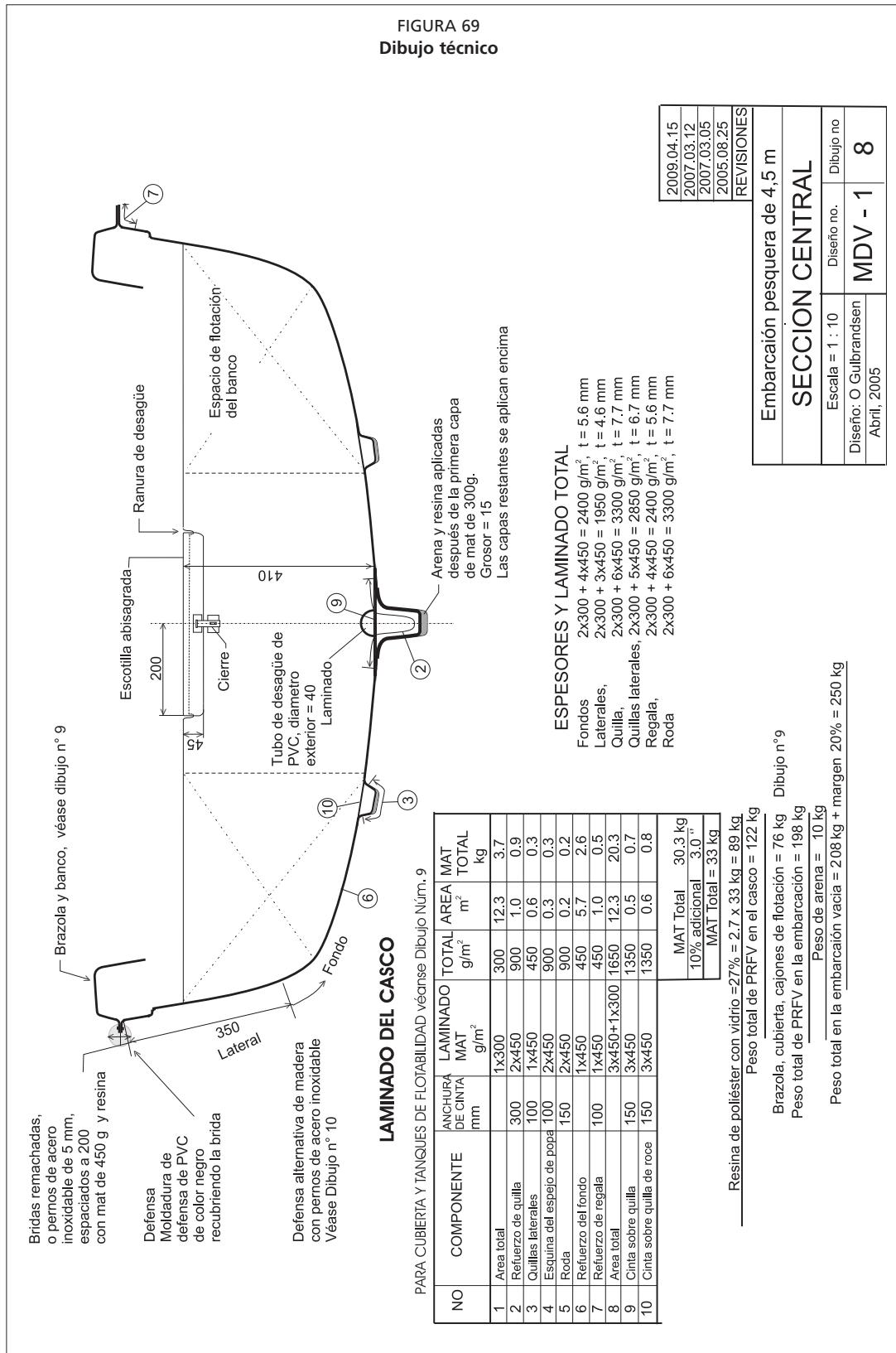


FIGURA 70



El espejo de popa se refuerza añadiendo dos placas de contrachapado de 18 mm cada una, formando juntas un espesor de 36 mm.

Los laterales deberán ahusarse a 45° como mínimo, antes de proceder a su laminación con 3 capas de mat de 450 g.

Cualquier orificio de desagüe del pocete del motor deberá quedar bien sellado para evitar que el agua entre en contacto con el contrachapado.

FIGURA 71



La cubierta se fortalece laminando refuerzos sobre ella, como se muestra en la fotografía de la izquierda.

En este ejemplo, los refuerzos son de madera seca. Será necesario asegurarse de que los extremos de la madera estén cortados y recubiertos adecuadamente con PRFV.

También se puede usar madera contrachapada, espuma de poliuretano y tubos de PRFV preformados como moldes para refuerzos de PRFV. Otra opción consiste en fabricar un sándwich con espuma estructural.

FIGURA 72



En estas dos fotografías, pueden distinguirse inserciones de contrachapado laminadas en la cubierta.

Dichas inserciones servirán de soporte para la fijación de los accesorios de cubierta y, además, aumentarán la rigidez de la estructura.

FIGURA 73
Dibujo técnico

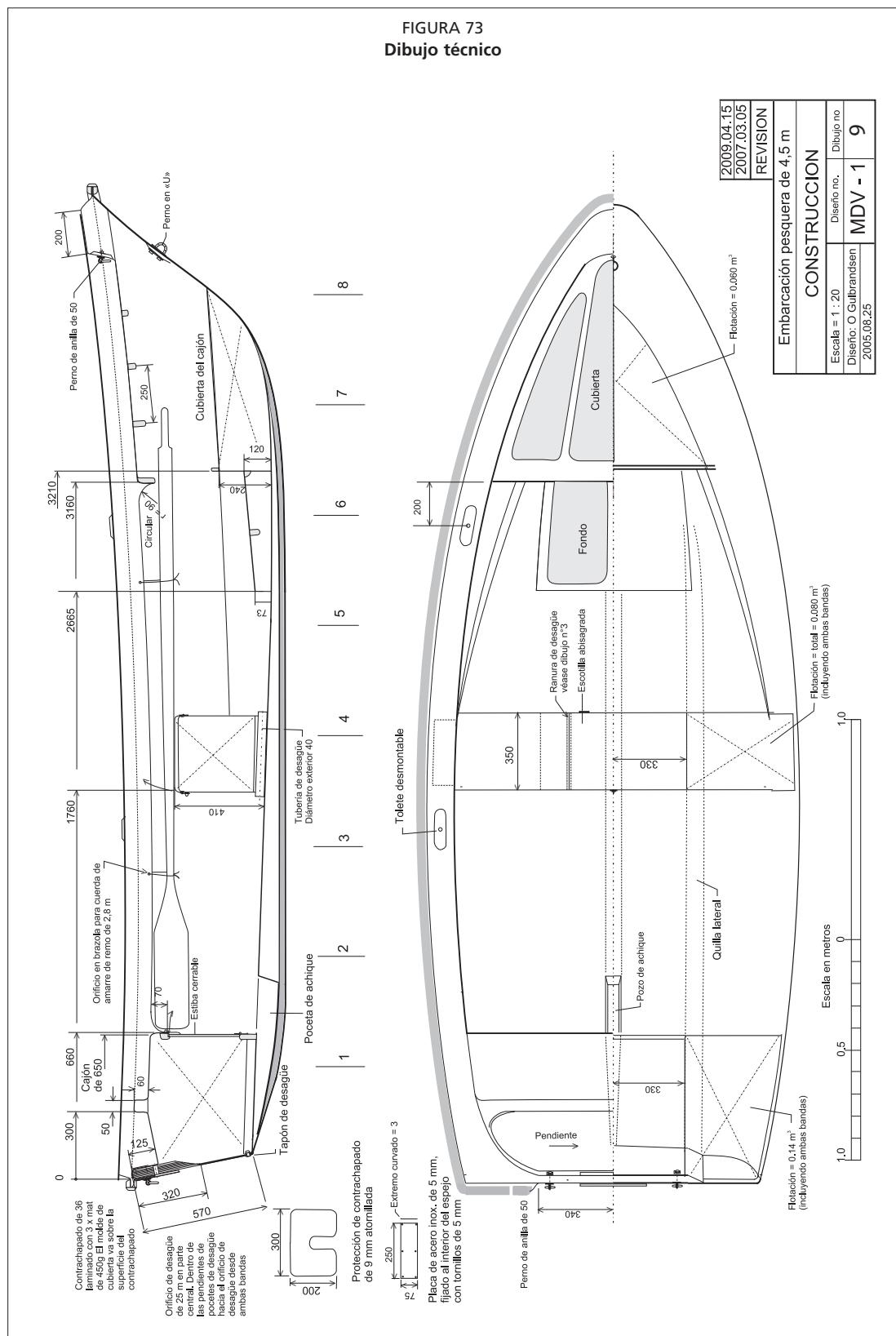
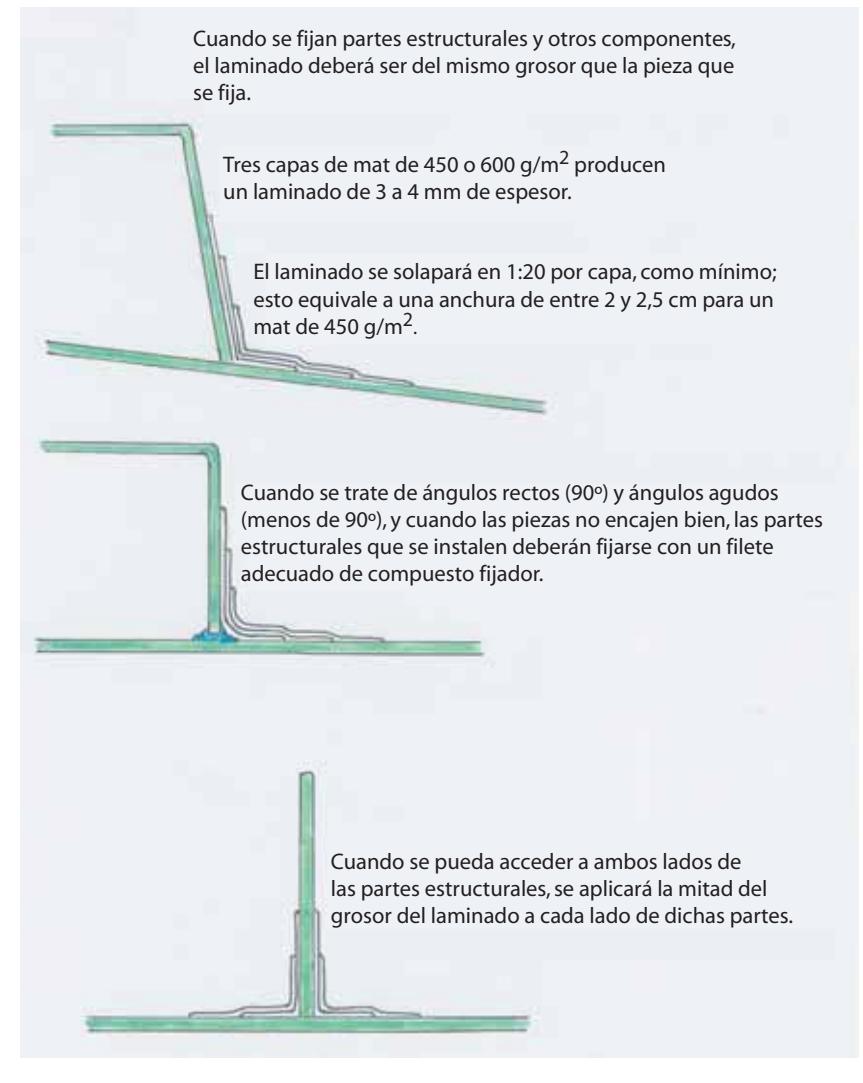


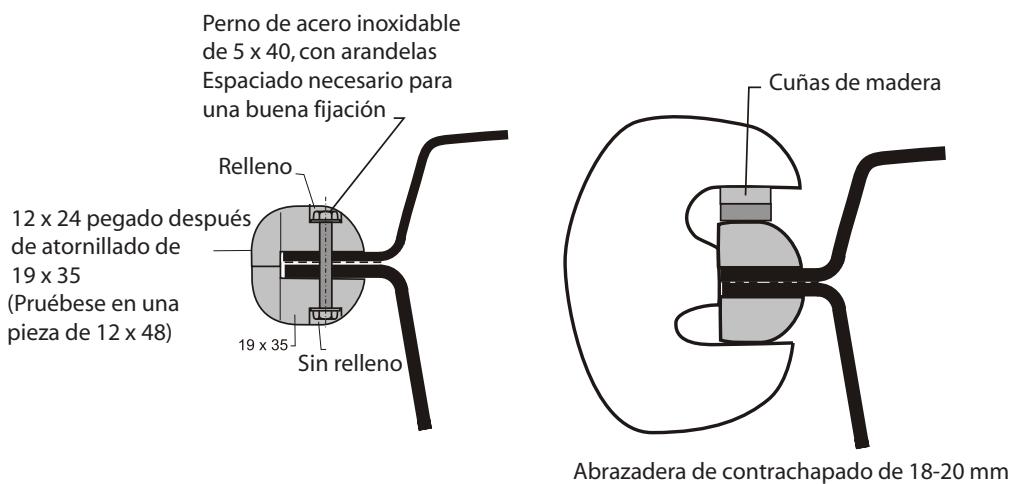
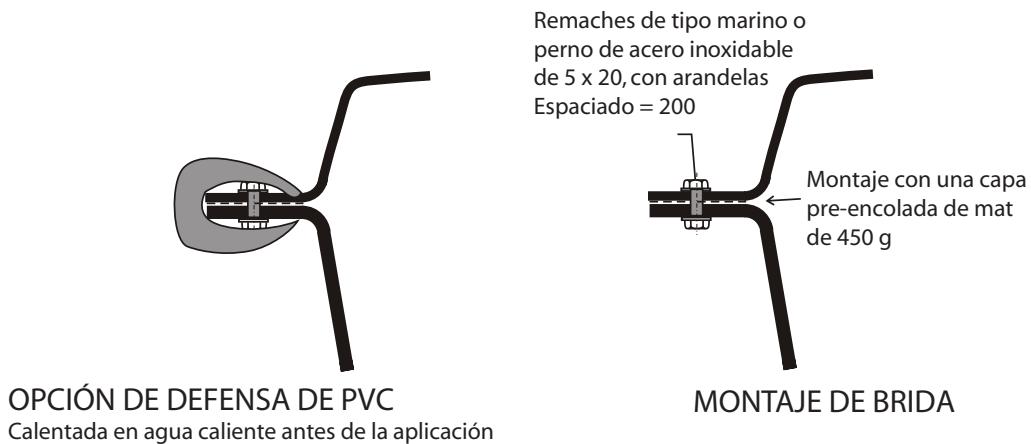
FIGURA 74
Laminación de partes estructurales y otros componentes



Durante los preparativos para fijar la cubierta al casco, se usará una pulidora de disco para pulir las dos bridas, dejándolas muy planas, y producir un acabado rugoso. Se aplicarán dos capas de laminado de mat de 450 g sobre la brida y las dos partes se sujetarán con abrazaderas para dejarlas curar.

Un método mejor, aunque un poco más caro, para fijar las dos mitades consiste en usar poliuretano, o sellador de construcción de polímero MS, como compuesto fijador. Este sellador también debería usarse para adherir los accesorios, pernos y tornillos durante el ensamblaje. Si no se emplean grapas mecánicas, podrá fabricarse una abrazadera simple y usarla para mantener las dos mitades unidas mientras que se endurece el PRFV o el compuesto fijador.

FIGURA 75
Dibujo técnico



Se usará madera dura con alta resistencia a la podredumbre

Embarcación pesquera de 4,5 m		
UNIÓN DE CASCO Y CUBIERTA		
Escala = 2 : 1	Diseño n.º	Dibujo n.º
Diseño : O Gulbrandsen		
Fecha : 2005.08.25	MDV - 1	10

FIGURA 76



En esta fotografía se muestran partes del área de almacenaje en la zona de proa de la embarcación.

El espacio de flotación debajo de la zona de almacenaje podrá llenarse de espuma de poliuretano.

Los bordes se han amolado en preparación para el laminado.

FIGURA 77



Esta fotografía muestra cómo se vierte poliuretano en el espacio de flotación. El volumen correcto de espuma que se necesita para llenar el espacio deberá calcularse con cuidado. Las instrucciones del fabricante con respecto a la temperatura, proporción de la mezcla e índice de expansión de la espuma deberán comprenderse y seguirse atentamente.

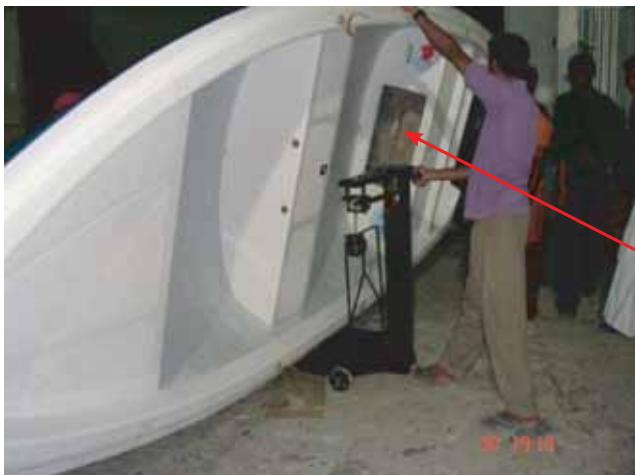
A partir de 1,6 kg de poliuretano líquido aproximadamente se obtienen $0,028 \text{ m}^3$ (1 pie³) de espuma.

FIGURA 78



El banco está emplazado en su lugar, con los remos colocados para que no estorben.

FIGURA 79



Si se pesa la embarcación, podrá calcularse la cantidad de poliéster y fibra de vidrio usada durante su construcción.

Esta fotografía muestra los espacios de flotación y el pañol de popa.

FIGURA 80



En la embarcación terminada, el pañol de popa se cierra con una escotilla estanca a la intemperie.

FIGURA 81



Se añadirá una placa de refuerzo hecha de acero o aluminio para proporcionar soporte adicional para el motor.

Ubicación final de pernos en «U», como el que se muestra en la ilustración 82.

FIGURA 82



Como se muestra en el Dibujo técnico 73, se fijarán pernos en «U» de acero inoxidable de ocho (8) mm en la proa y en el espejo de popa.

FIGURA 83



Los toletes se pueden fabricar de maneras distintas.

En esta ilustración se muestra un ejemplo de un tolete producido localmente en las Islas Maldivas.

FIGURA 84



El tapón de desagüe se fija en el espejo de popa con dos tornillos de cabeza cónica de $\frac{1}{2}$ pulgada del número 8.

Durante el montaje, dicho tapón deberá sellarse completamente con compuesto fijador.

FIGURA 85



En aguas tranquilas, será suficiente usar un motor fueraborda de 5 CV. En lugares en que prevalezcan corrientes más fuertes es preferible utilizar un motor de 10 CV.

La placa de cavitación deberá estar en línea con el fondo del espejo de popa, como se muestra a la izquierda.

FIGURA 86



En primer plano de la fotografía de la izquierda se muestra una embarcación terminada sin defensas.

PART III – Mantenimiento y reparaciones

MANTENIMIENTO

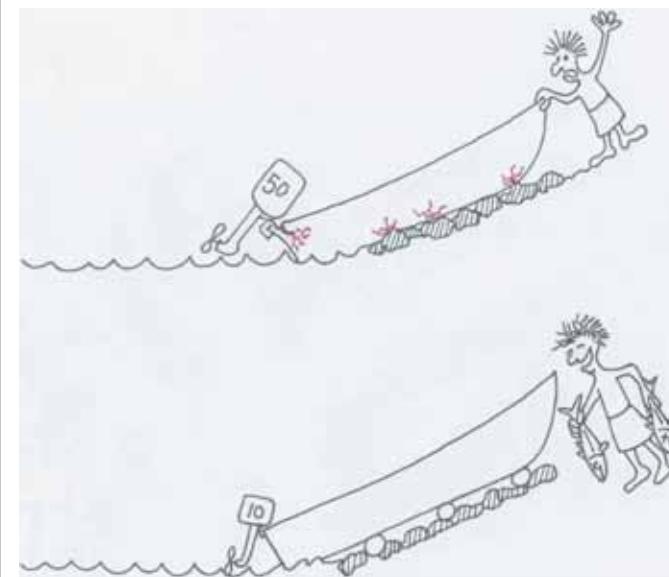
Cuidados y mantenimiento de una embarcación de PRFV

El poliéster reforzado con fibra de vidrio no necesita generalmente mucho mantenimiento en su uso diario, pero esto no significa que la embarcación vaya a durar para siempre. El desgaste natural y la absorción de agua afectan a la vida útil de una embarcación de PRFV. Por lo tanto, el reto consiste en determinar si un desperfecto que pueda apreciarse en el exterior de ella es sólo superficial o se trata de un problema estructural más grave.

Una embarcación de PRFV de buena calidad tiene la ventaja de no necesitar tanto mantenimiento como una de madera, aunque no se le preste la atención necesaria durante mucho tiempo.

Se puede proteger el brillo y la suavidad de las superficies de una embarcación con un buen pulimentado de cera, la cual repele el agua y ayuda a mantener limpia la superficie. Sin embargo, este pulido no puede realizarse en las superficies rugosas del interior de la embarcación y el desgaste natural es a menudo mayor en estas áreas, donde la única protección es una capa de topcoat.

FIGURA 87



¡El PRFV es un material quebradizo comparado con la madera y se daña con bastante facilidad si se arrastra sobre peñascos o choca contra rocas!

¡Después de haber golpeado algún objeto duro, la embarcación deberá revisarse para detectar posibles grietas y repararlas lo antes posible!

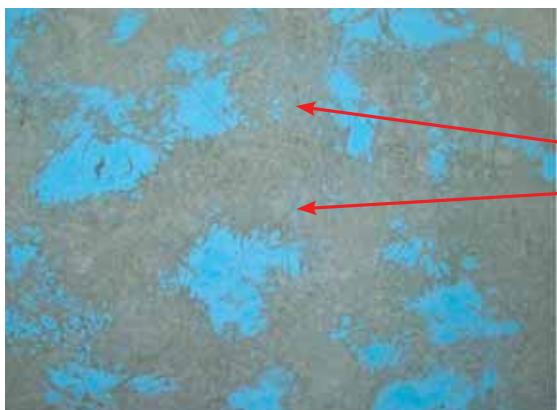
¡No debe usarse un motor más potente que el concebido para esta embarcación!

Es importante mantenerse vigilante para detectar nuevas hendiduras y golpes en la superficie, los cuales deberán examinarse y sellarse de forma temporal, especialmente si las grietas son profundas. Los desperfectos deberán repararse adecuadamente lo antes posible para evitar que se conviertan en daños estructurales más graves, como resultado de la fatiga de los materiales durante el continuo uso de la embarcación.

Cuando la superficie se haya desgastado demasiado, deberá desengrasarse, limpiarse y pulirse de forma apropiada, para facilitar la buena adhesión de una nueva capa de topcoat o pintura. Por encima de la línea de flotación, la solución más rápida a corto plazo es aplicar una pintura marina de buena calidad, en vez de aplicar una nueva capa de topcoat. La pintura tiene un acabado más brillante y repele la suciedad con más facilidad, mientras que el gelcoat forma una capa más gruesa y, por lo general, resiste mejor el desgaste mecánico.

Si una embarcación se deja en el agua constantemente, el laminado de poliéster absorberá agua, ya que el gelcoat, o topcoat, no impide que esto ocurra. Aunque esta absorción no es evidente, el laminado puede asimilar entre 1,5 y 2 por ciento de agua y hacerse más blando. Además, después de algunos años (entre 5 y 15), el laminado puede reaccionar químicamente con el agua y producir hidrólisis, que es comparable al óxido en el acero. La velocidad y alcance de este fenómeno depende de una combinación entre las condiciones del agua, la temperatura, el uso de la embarcación y el nivel de control de calidad durante su construcción.

FIGURA 88



En esta fotografía, puede observarse un laminado antiguo que muestra signos típicos de hidrólisis. El poliéster se ha degradado y se separa del laminado.

Los resultados se manifiestan como manchas oscuras en la superficie y bolsas blancas en las capas más profundas del laminado.

Si el gelcoat no muestra ningún deterioro, podrían producirse ampollas de ósmosis.

El laminado antiguo es más débil y más blando que el nuevo laminado, incluso cuando los desperfectos no sean evidentes.

Si el laminado del casco por debajo de la línea de flotación se trata con varias capas de barrera de epoxi cuando la embarcación está recién construida, la absorción de agua será más lenta y el bote tendrá una vida útil más larga. El material antiincrustante que se aplica al casco para reducir la formación de incrustaciones marinas incrementa el ahorro de combustible, pero no tiene ningún efecto sobre la absorción de agua.

FIGURA 89



Esta fotografía muestra el desgaste típico del interior de una embarcación pesquera. El topcoat se ha desgastado e incluso el laminado de PRFV que cubría los refuerzos longitudinales ha desaparecido.

El laminado dañado debería haberse reparado ya para recuperar la resistencia original y debería haberse aplicado otra capa de topcoat o pintura en la superficie.

FIGURA 90



Esta fotografía muestra lo que ocurre cuando el laminado no se mantiene o repara durante demasiado tiempo.

El laminado ha perdido su resistencia y rigidez, y la cuaderna se ha partido debido a la fatiga.

En este punto, el laminado de PRFV ya no sujetá al refuerzo longitudinal y, como consecuencia, el laminado del fondo puede combarse.

En el caso de embarcaciones pesqueras y lanchas de trabajo, no siempre es práctico conseguir y mantener una superficie de acabado brillante, aunque estas superficies repelen el agua con más facilidad y tardan más en deteriorarse.

El objetivo de un mantenimiento regular consiste en mantener la embarcación en buen estado y ayudar para que su vida útil sea lo más duradera posible. Los dos capítulos siguientes se centran en cómo reparar una embarcación que esté dañada, para que vuelva a estar en buenas condiciones y que su resistencia y dureza se aproximen lo más posible a las del modelo original. En el caso de que fuera necesario realizar alguna reparación, también se proporcionan recomendaciones para mejorar la embarcación, comparada con el modelo original.

REPARACIÓN DE DEFECTOS PEQUEÑOS

Las notas siguientes se refieren a reparaciones de daños leves en embarcaciones de PRFV, cuando el gelcoat está desgastado, desconchado o presenta hendiduras, pero el laminado no manifiesta signos de abrasión grave. Las ilustraciones 91 a 93 muestran un ejemplo de daños superficiales y los preparativos necesarios para realizar la reparación.

FIGURA 91

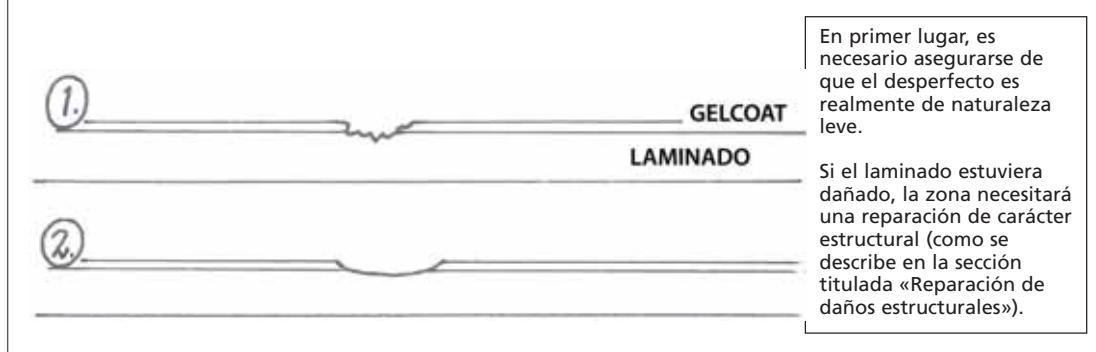


FIGURA 92



ATENCIÓN: Antes de empezar a lijar, será necesario limpiar cualquier resto de suciedad, aceite del motor, grasa y sangre de pescado.

Se usará jabón y agua en primer lugar, y se limpiará después con un detergente fuerte.

FIGURA 93



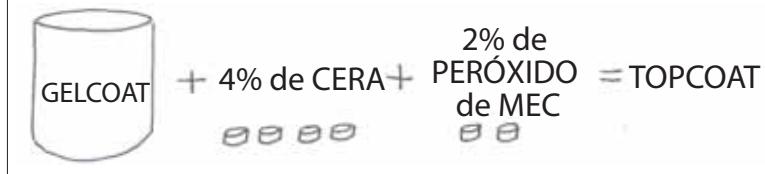
Se lijarán las zonas de gelcoat que estén agrietadas y se alisarán los bordes dañados, tal como se muestra en la Ilustración 91.

Se usará un pequeño trozo de lija de granulado entre 60 y 100, manteniendo la zona de reparación lo más pequeña posible.

ATENCIÓN: Una vez que se haya terminado con el lijado, no se volverá a lavar ni desengrasar la zona afectada antes de aplicar el topcoat.

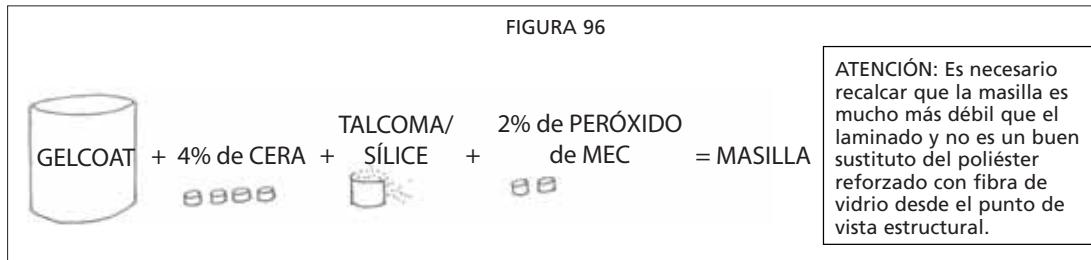
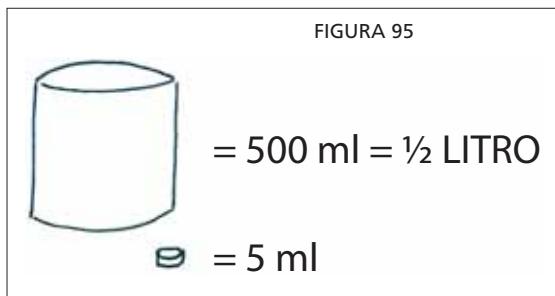
El topcoat se preparará combinando los siguientes ingredientes en las proporciones que se muestran a continuación (medio litro de gelcoat, 20 ml de cera y 10 ml de peróxido de MEC).

FIGURA 94



Las ilustraciones 94 a 96 se han obtenido de una carpeta de reparaciones. En la Ilustración 94, la fórmula para el topcoat se muestra de forma gráfica, mientras que en la 95 se explican las dos medidas de la fórmula anterior, usando una botella de plástico cortada para contener medio litro (500 ml) y un tapón de botella que contiene 5 ml (véase la Ilustración 95). Estos utensilios de medición pueden obtenerse con facilidad y proporcionan una manera simple de conseguir la proporción correcta de materiales para una buena curación.

Si hubiera una capa muy gruesa de gelcoat o el daño se extendiera ligeramente hacia el interior del laminado, pero no fuera lo suficientemente profundo como para ser considerado daño estructural, será más rápido reparar el área usando masilla. Dicha masilla se fabricará mezclando preferiblemente *Colloidal Silica* (sílice coloidal), o *Talcome* (talcoma) si éste fuera el único producto disponible, siguiendo la fórmula que se expone en la Ilustración 96. La proporción necesaria de talcoma o sílice dependerá del grado de viscosidad requerido para reparar el área dañada.

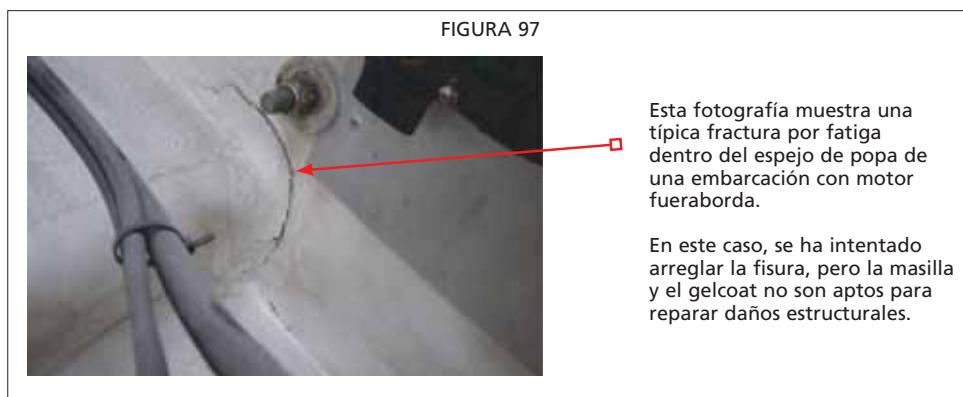


A fin de conseguir un acabado duradero en la superficie, se lijará la masilla y se añadirá una capa de topcoat. En este punto, el topcoat curado tendrá una apariencia ligeramente rugosa y mate. Para conseguir un acabado liso y brillante, será necesario lijarlo al agua con papel de granulado 800 (o más fino) y, a continuación, abrillantarlo y pulirlo hasta alcanzar el mismo nivel de acabado que en la construcción de moldes machos o en la reparación de moldes hembras.

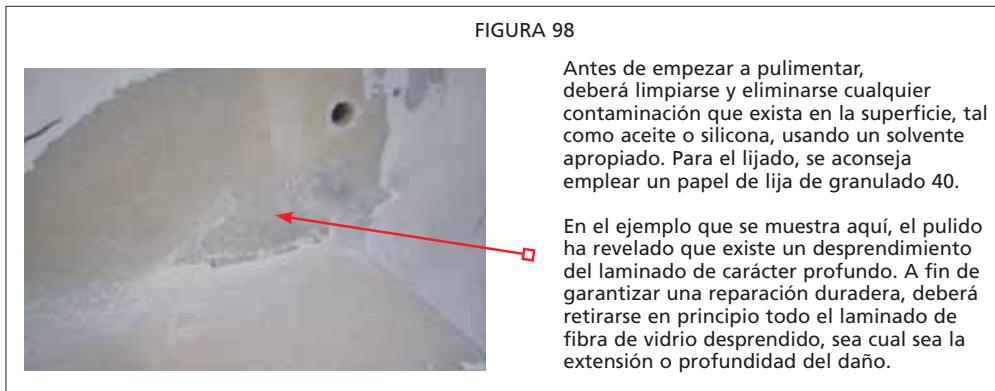
REPARACIÓN DE DAÑOS ESTRUCTURALES

Directrices prácticas para reparaciones estructurales del PRFV

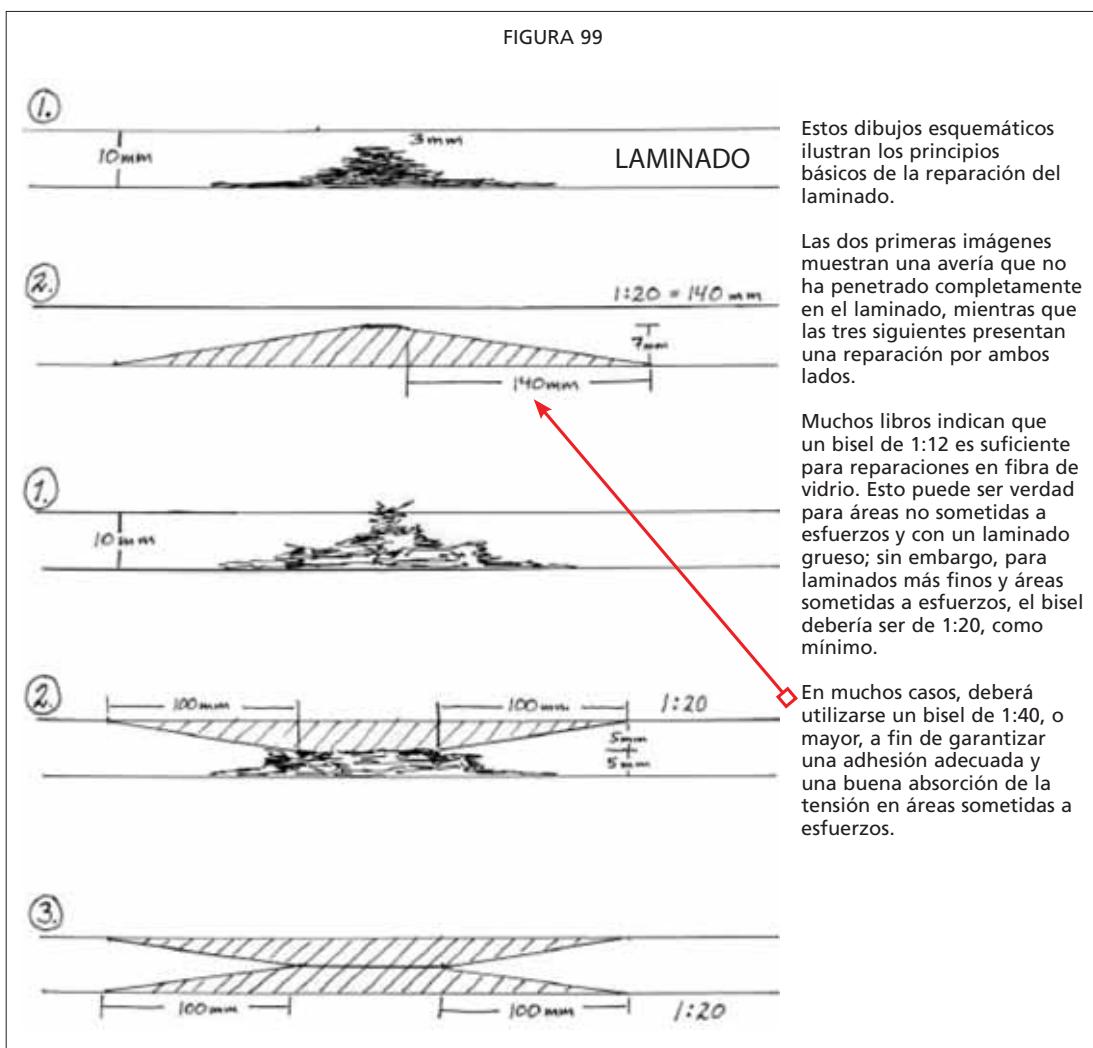
Por lo general, las reparaciones de embarcaciones de PRFV tienden a ser más fáciles que si se trata de otros materiales, aunque es crucial preparar la zona de forma adecuada y disponer de un entorno de trabajo seco y una temperatura ambiente apropiada.

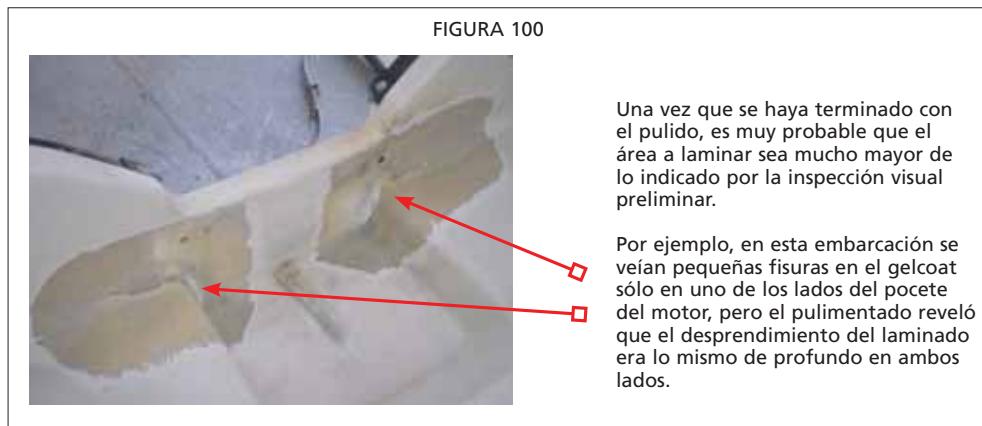


De ser posible, la embarcación debería repararse bajo techo para proteger el trabajo de la lluvia y el sol, así como para garantizar una temperatura estable; si esto no fuera posible, la nave se colocará bajo una carpita. Se retirará cualquier accesorio o parte del equipo que impida el acceso a la zona dañada y el personal deberá colocarse máscaras contra el polvo y protección para ojos y oídos, antes de empezar el pulimentado. El polvo resultante de esta operación deberá extraerse en la fuente, para lo que se podrá acoplar a la pulidora un extractor comercial de polvo o una aspiradora.



Una vez que se haya identificado y preparado la zona de reparación, deberá tomarse una decisión con respecto a la clase de materiales que se van a utilizar para el laminado. El texto que se expone a continuación sirve de guía para tomar dicha decisión.





Enlace primario

El enlace primario ocurre cuando dos superficies se unen directamente una a otra, formando un laminado químicamente homogéneo que no presenta ninguna línea de encolado débil.

Un laminado de poliéster nuevo, o «verde», contiene moléculas activas en la superficie que se adhieren químicamente a una nueva capa de laminado. El enlace primario se produce cuando se lama sobre un laminado nuevo.

Un laminado de poliéster nuevo (verde) no requiere ninguna preparación antes de añadirle otra capa, aparte del lijado de cualquier abultamiento o fibra que pueda causar defectos y bolsas de aire.

El periodo de tiempo que la superficie del laminado permanece activa depende de una combinación de las propiedades técnicas de la resina y la temperatura durante el curado. Por lo general, el tiempo abierto para la resina de poliéster es de 24 a 48 horas.

Cuando se construye una embarcación de tamaño medio, es muy normal que se consiga un enlace primario. Sin embargo, cuando se trata de embarcaciones grandes de PRFV, se necesita más tiempo para completar una capa de laminado y esto hace que sea más difícil operar dentro de los márgenes del tiempo abierto. No obstante, es esencial conseguir el enlace primario entre las capas de laminado del casco principal. En la mayoría de los casos, cuando se laminan cuadernas, trancaniles y mamparos en embarcaciones más grandes, sólo se consigue un enlace secundario.

Es muy raro que un laminado de poliéster más antiguo esté completamente curado y muy probablemente aún tenga algunas moléculas reactivas que se unirán a un laminado de reparación, tras lijado el antiguo. Además, se podrían mejorar las propiedades de adhesión si, inmediatamente antes de aplicar una capa nueva de laminado de poliéster, el laminado lijado se frota levemente con estireno.

Enlace secundario

Cualquier trabajo de reparación depende del enlace secundario. Por consiguiente, se necesitará material de repuesto adicional, o más resistente, para que la zona dañada vuelva a exhibir su resistencia original.

Cuando se lama sobre un laminado curado, la reacción de enlaces cruzados no ocurre de manera significativa a través de la línea de encolado. Debido a que las redes de polímero son discontinuas, la unión depende principalmente del grado de adhesión de la resina.

Elección de la resina para reparaciones estructurales

En general, es preferible usar resinas de poliéster isoftálico, viniléster o epoxi para reparaciones y alteraciones de PRFV, más que resinas de poliéster de uso general. Si

se tiene en cuenta la resistencia, el coste y la facilidad de tratamiento de cada uno de estos productos, se recomienda normalmente el uso de resinas de poliéster isoftálico y viniléster para la mayoría de los trabajos de reparación.

En el caso de reparaciones estructurales más delicadas, los laminados hechos con resina de epoxi son generalmente más resistentes, pero menos rígidos. Las resinas de epoxi tienen un grado de adhesión alto y disponen de una vida de almacenamiento más larga que las de poliéster y viniléster, lo que las hace idóneas para incluirlas en equipos de reparación de emergencia. Debido a que la resina de epoxi no necesita solventes, no contamina la superficie del laminado original y no se contrae cuando se cura (menor tensión).

Los epoxis son resistentes a la hidrólisis, lo que, unido al buen grado de adhesión, bajo nivel de contracción y alto índice de elongación a la tracción, hace que tengan un buen rendimiento como laminado de enlace primario. Sin embargo, los epoxis no toleran desviaciones en las proporciones de mezclado y el tiempo de curado no se puede reducir, o alargar, alterando la cantidad de endurecedor. Además, como una superficie de epoxi no se activa en contacto con el estireno, cualquier trabajo adicional, o reparación, que se realice en un barco construido con epoxi deberá también efectuarse con este material.

A fin de conseguir una buena adhesión del epoxi, es muy importante lavar y preparar la superficie de encolado con cuidado.

Como parte del proceso de reparación, se puede realizar una prueba de enlace secundario, tal como se muestra a continuación.

CUADRO 2 PRUEBA DE ENLACE SECUNDARIO PARA RESINAS

1. Se prepara una pequeña zona de laminado para reparar.
2. Se aplican 3 capas de refuerzo y resina.
3. Se deja curar durante un día.
4. Se separan los laminados nuevos, para lo que es posible que se necesite un formón.
5. ¡El encolado es de buena calidad si el laminado nuevo arranca fibras del laminado antiguo!
6. Otro sencillo método de prueba consiste en usar pequeños bloques de madera seca, como se muestra en la Ilustración 101.

FIGURA 101



Selección de refuerzos para reparaciones estructurales

Si fuera posible, en el proceso de reparación deberá usarse el mismo refuerzo empleado en la construcción de la embarcación original, especialmente si la parte que se va a reparar es un área sometida a grandes esfuerzos y opera cerca del límite de proyecto. El

empleo de refuerzos de menor peso permitirá un mejor contacto con la superficie, pero será necesario sopesar la importancia de este factor en comparación con la conveniencia de usar refuerzos originales para obtener la máxima efectividad.

Mientras tanto, conviene recordar que no habrá hilos continuos de fibra enlazando el laminado antiguo al nuevo y que la resistencia de la unión dependerá enteramente de la adhesión del laminado nuevo al antiguo. Podrá recuperarse casi la totalidad de la rigidez si el laminado se aplica hasta alcanzar su grosor original, aunque las propiedades de resistencia y fatiga del laminado reparado serán inferiores a las del original. El tamaño de los haces de fibras es crucial para que la reparación dé buenos resultados, ya que los haces grandes y el mat o telas pesados ocultan las bolsas de aire y de resina, que es muy posible que se formen entre el laminado antiguo y el nuevo.

Es importante tener en cuenta todos estos temas al planear el laminado de reparación (véase la ilustración 102). Si fuera necesario usar refuerzo adicional para mantener la resistencia total de la embarcación, deberá tenerse cuidado para evitar una aplicación excesiva de laminado, ya que esto puede incrementar el riesgo de que se produzcan concentraciones de esfuerzos.

FIGURA 102



En este ejemplo se escogió resina epoxi, pero el viniléster también habría tenido un buen rendimiento. Téngase en cuenta que esta reparación se efectuó sólo en la cara interior del casco y que el laminado de poliéster original ya mostraba signos de debilidad debido a la fatiga.

El refuerzo estuvo compuesto de una mezcla de ligamento sarga de 290 g y fibra de vidrio de bies doble de 450 g; estos tejidos se escogieron por su capacidad para recubrir y buen rendimiento con epoxi.

Preparación de la superficie

Antes de empezar la laminación, es importante no usar acetona o solventes para limpiar un laminado de fibra poroso y recién lijado, a menos que exista contaminación de aceite o grasa. Si hiciera falta limpiarlo, será necesario pulirlo ligeramente con un papel de lija limpio después de la limpieza y dejar tiempo suficiente para que el solvente «se airee» (se evapore). Cuando un solvente impregna la superficie porosa, «contamina» el laminado de la superficie y puede diluir la resina nueva, impidiendo la óptima adhesión.

Cuando se emplea poliéster, el único procedimiento aceptable consiste en limpiar el área ligeramente con estireno antes del laminado, ya que una pequeña cantidad de esta sustancia activará la superficie y mejorará la adhesión. El uso excesivo de estireno debilitará el enlace.

En el caso de reparaciones por debajo de línea de flotación, el uso de estireno sobre el laminado de poliéster nuevo también puede provocar hidrólisis (absorción de agua) en un tiempo inferior al del laminado original y causar un fallo prematuro en la línea divisoria entre el laminado antiguo y el nuevo.

Al realizar reparaciones, es importante comprobar el contenido de agua del laminado con un medidor de humedad. Si éste tuviera un contenido demasiado alto de agua, el encolado fallaría antes de lo debido y el laminado nuevo se separaría del antiguo antes de tiempo.

Cuando se comience a laminar, deberán seguirse los mismos procedimientos que los usados para construir una embarcación nueva, incluyendo el mantenimiento de normas de control de alta calidad.

FIGURA 103



En este punto, se ha terminado la aplicación del laminado y la superficie se ha alisado hasta conseguir un buen «acabado». Será necesario evitar el uso de masilla en reparaciones de carácter estructural.

La masilla tiene un bajo índice de «elongación a la tracción» y se descompondrá y agrietará con más rapidez que un laminado.

FIGURA 104



Esta fotografía muestra el producto acabado. El topcoat se ha aplicado, lijado al agua, abrillantado y pulimentado hasta conseguir un brillo aceptable.

Podrá usarse topcoat de poliéster encima del epoxi, siempre que éste se haya curado adecuadamente antes de la aplicación del topcoat.

En este caso, también se ha fijado una placa de aluminio de 5 mm para distribuir la tensión de los pernos sobre una zona mayor.

FIGURA 105

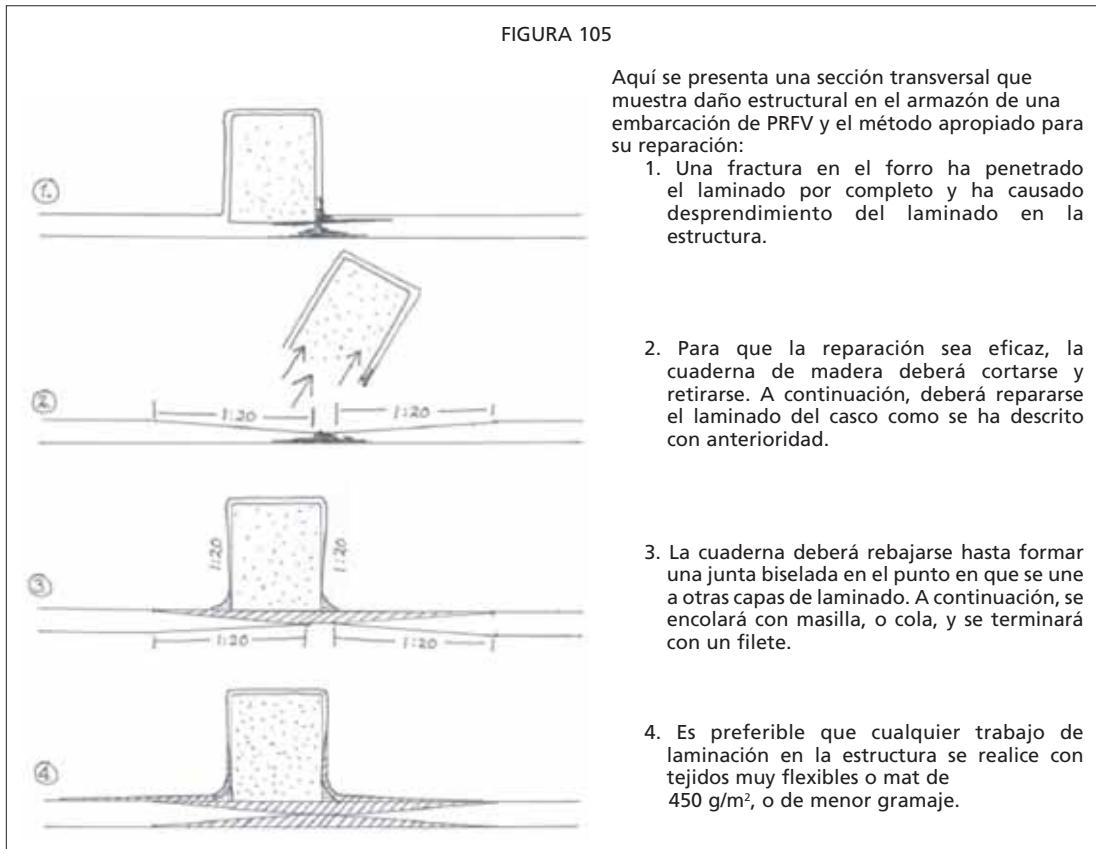
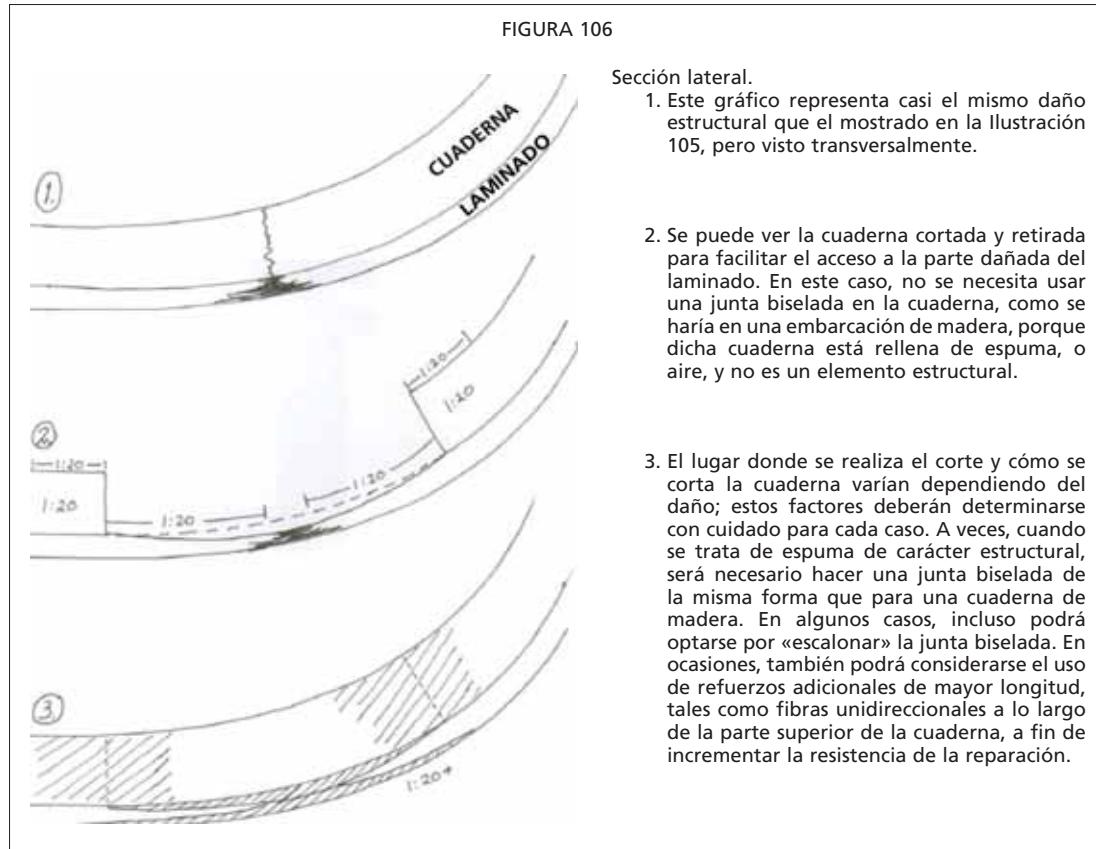


FIGURA 106



Referencias

- American Boat and Yacht Council and Structural Composites, Inc.** Sin fecha. *The Composite Boat Builder Certification (CBBC) compendium.* (Página web: www.abycinc.org/).
- American Composites Manufacturers Association (ACMA).** 1995. *Fundamentals of Polymer Resins for Composites Manufacturing.* (Página web: www.acmystore.org/merchant.mvc?Screen=PROD&Product_Code=11-001-0&Category_Code=CB).
- American Composites Manufacturers Association (ACMA).** 2008a. *CCT (Certified Composites Technician) Compendium.* (Página web: www.acmanet.org).
- American Composites Manufacturers Association (ACMA).** 2008b. *CM (Composites Manufacturing) Magazine.* (Página web: www.acmanet.org/CM/index.cfm).
- Anmarkrud, T.** 2004. *Composites repair compendium.* NORBOAT/OS Boat.
- Coakley, N.** *Fishing Boat Construction: 2. Building a fibreglass fishing boat.* FAO Documento técnico de pesca y acuicultura, núm. 321. Roma. FAO. 1991. 84 págs. (Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/t0530e/t0530e00.pdf>).
- Composites Technology Magazine.** 2008. (Página web: www.compositesworld.com).
- Eric Green Associates.** 1999. *Marine composites.* Segunda edición. Maryland, Estados Unidos de América. ISBN 0-9673692-0-7 (Página web: www.marinecomposites.com – en esta página pueden descargarse partes de este libro).
- FAO/OIT/OMI.** 2005. *Directrices de aplicación voluntaria para el proyecto, la construcción y el equipo de buques pesqueros pequeños.*
- Gerr, D.** 1999. *The elements of boat strength: for builders, designers and owners.* McGraw-Hill.
- Gulbrandsen, O.** *Diseños de embarcaciones pesqueras: 2. Lanchas de fondo en «V» endueladas y de madera contrachapada.* FAO Documento técnico de pesca, Núm. 134, Rev. 2. Roma, FAO. 2004. 64 págs. (Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5649e/y5649e00.pdf> (inglés); <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5649f/y5649f00.pdf> (francés); <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/y5649p/> (portugués); y <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5649s/y5649s00.pdf> (español))
- Gulbrandsen, O. y Pajot, G.** 1993. *Safety guide for small offshore fishing boats.* BOBP/MAG/16. Madrás. (Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/field/006/ad533e/ad533e00.pdf>).
- OMI.** 2007. OMI documento SLF 51/5: *Seguridad de los buques pesqueros pequeños. Proyecto de recomendaciones de seguridad para los buques pesqueros con cubierta de eslora inferior a 12 m y los buques pesqueros sin cubierta.*
- Lacovara, R.R.** 2001. American Composites Manufacturers Association. *Certified composites technician compendium.*
- Neste Chemicals.** 1992. *Guide for mould construction.*
- Nicholson, I.** 1985. *Boat data book.* Sheridan House, Inc. Nueva York. ISBN 0-85177-345-1.
- Nicholson, I.** 1994. *Surveying small craft.* ISBN 0-924486-58-9.
- Nordic Work Group.** 1984. *Nordic Boat Standards.* Det Norske Veritas. Oslo. (Disponible en www.sigling.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=2469 y en www.sigling.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=2468).
- Professional BoatBuilder Magazine.** (Página web: www.proboat.com).
- Reichhold/Norpel.** Sin fecha. *The little working guide.*
- Reinforced Plastics Magazine.** Sin fecha. (Página web: www.reinforcedplastics.com).

- Scott, R.J.** 1996. *Fibreglass boat design and construction*. Segunda edición. The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Nueva Jersey, Estados Unidos. 96-16973 CIP.
- Strong, A.B.** 1996. *Fundamentals of polymer resins for composites manufacturing*. American Composites Fabricators Association.
- Structural Composites/Eric Green Associates.** 2003. American Boat and Yacht Council, *Composite boat builder certification compendium*.
- Valley C.** Sin fecha. *The Cook Book*.

Anexo 1

Reproducción de embarcaciones antiguas en plástico reforzado con fibra de vidrio

Es posible emplear embarcaciones de madera antiguas como moldes machos, dejando secar la madera en primer lugar y, después, cubriéndola de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV). El resto del proceso de fabricación del forro es el mismo que se describe en la sección «Construcción del molde macho».

Es necesario mencionar que no todas las embarcaciones o canoas antiguas tienen un diseño que permita la reproducción en fibra de vidrio. La madera y la fibra de vidrio tienen propiedades mecánicas diferentes y no debe pensarse que, debido a que el PRFV es más resistente, se puede usar fácilmente para conseguir que el casco de cualquier embarcación sea más fino y ligero.

Si en el proceso de diseño no se tienen en cuenta las propiedades del PRFV, la embarcación reproducida puede perder rigidez rápidamente y quedar más expuesta a la fatiga.

La combinación de las formas de una embarcación de madera original y el peso más ligero del PRFV podría resultar en un embarcación inestable y con características de navegabilidad deficientes.

Este tipo de canoa tradicional de madera de gran tamaño ha demostrado su navegabilidad y durabilidad durante generaciones, zarpando desde la orilla sin problemas a través de la zona de rompientes, cargada de redes.

FIGURA 107



FIGURA 108



La embarcación de PRFV de la fotografía se reprodujo a partir de una canoa de madera que, aunque no era antigua, ya tenía cuadernas rotas y fisuras provocadas por la fatiga en el laminado del fondo.

Debido a su forma, tamaño y uso, estas embarcaciones de madera no son idóneas para la reproducción exacta en PRFV, ya que este material es demasiado frágil para sobrevivir las flexiones regulares y, al tener un casco más fino, la estructura es más vulnerable a la fatiga.

La construcción de la versión de PRFV deberá ser mucho más sólida que la copia que aquí se muestra y con refuerzos mejor diseñados y más resistentes, a fin de que pueda soportar los esfuerzos al navegar con gran oleaje, transportando la carga normal del equipo de pesca y la tripulación.

Anexo 2

Recubrimiento de embarcaciones antiguas con PRFV

Se corre un gran riesgo al tomar la decisión de recubrir con poliéster reforzado de fibra de vidrio una antigua embarcación de madera que esté deteriorada, con el propósito de alargar su vida a flote. Incluso en el caso de que la madera vieja pueda secarse completamente, no existen muchas probabilidades de que permanezca sin pudrirse durante un periodo de tiempo razonable.

ATENCIÓN: Es muy probable que, en pocos años, la podredumbre destruya la embarcación desde dentro.

La adición de dos o tres capas de PRFV a la madera puede producir una embarcación dura y seca en apariencia, pero los problemas surgirán en pocos años. Será necesario construir una embarcación nueva para navegar con seguridad durante más tiempo.

FIGURA 109
¡Éste es un ejemplo de una mala embarcación!



Embarcación de madera recubierta con PRFV.

- 1. El agua ha dañado el laminado de fibra de vidrio o ha provocado hidrólisis.
- 2. Existen espacios abiertos entre la fibra de vidrio y la madera, sin adhesión entre las capas.
- 3. La madera está podrida.

Anexo 3

Lista de materiales y laminado del casco para la MDV-1

TABLA 1

LAMINADO DEL CASCO PARA TANQUES DE CUBIERTA Y FLOTABILIDAD. VÉASE TAMBIÉN LA ILUSTRACIÓN 73

NÚM.	COMPONENTE	ANCHURA DE CINTA mm	MAT DE LAMINADO g/m ²	TOTAL g/m ²	ÁREA m ²	MAT TOTAL kg
1	Área total		1 x 300	300	12,3	3,7
2	Refuerzo de quilla	300	2 x 450	900	1,0	0,9
3	Quillas laterales	100	1 x 450	450	0,6	0,3
4	Esquina del espejo de popa	100	2 x 450	900	0,3	0,3
5	Roda	150	2 x 450	900	0,2	0,2
6	Refuerzo del fondo		1 x 450	450	5,7	2,6
7	Refuerzo de regala	100	1 x 450	450	1,0	0,5
8	Área total		3 x 450 + 1 x 300	1650	12,3	20,3
9	Cinta sobre quilla	150	3 x 450	1350	0,5	0,7
10	Cinta sobre quilla de roce	150	3 x 450	1350	0,6	0,8
						Mat total 30,3 kg
						10% adicional 3,0 kg
						Mat total 33 kg

TABLA 2

PIEZA	MAT DE LAMINADO	g/m ²	ÁREA m ²	PESO kg
1	Brazola	300 + 3 x 450	1650	3,07
2	Cubierta de popa, pocete del motor	"	"	1,09
3	Cubierta de proa	"	"	0,95
4	Cajones de flotación de popa	"	"	1,00
5	Cajones del banco	"	"	1,20
6	Flotación a proa	"	"	0,74
7	Fondo de proa	"	"	0,46
8	Plancha en brida, ensamblaje	450	450	0,40
				14,22 kg
				1,42
				15,6 kg
				37,4 kg
				53 kg
				14
				67 kg
Resina de poliéster con vidrio = 30% = 2,4 x 33 kg = 79 kg				
Peso total del PRFV en el casco = 112 kg				
Brazola, cubierta, cajones de flotación = 67 kg				
Peso total de la embarcación = 179 kg				

Laminado total y grosor:

Fondos	$2 \times 300 + 4 \times 450 = 2.400 \text{ g/m}^2$	g = 5,6 mm
Laterales	$2 \times 300 + 3 \times 450 = 1.950 \text{ g/m}^2$	g = 4,6 mm
Quilla	$2 \times 300 + 6 \times 450 = 3.300 \text{ g/m}^2$	g = 7,7 mm
Quillas laterales	$2 \times 300 + 5 \times 450 = 2.850 \text{ g/m}^2$	g = 6,7 mm
Regala	$2 \times 300 + 4 \times 450 = 2.400 \text{ g/m}^2$	g = 5,6 mm
Roda	$2 \times 300 + 6 \times 450 = 3.300 \text{ g/m}^2$	g = 7,7 mm

Estas cifras indican cantidades aproximadas del total de material necesario:

Gelcoat:	20 kg
Poliéster:	150 kg
Peróxido de MEC:	4 kg
Mat de hilos cortados de 300 g/m ² :	14 kg
Mat de hilos cortados de 450 g/m ² :	50 kg
Acetona:	10 kg
Cera desmoldeante:	0,3 kg
Agente desmoldeante de APV:	0,2 kg
Compuesto para pulir:	0,2 kg
Espuma de poliuretano:	según se necesite
Espuma de poliestireno:	según se necesite

Accesorios:

- Toletes
- Remos
- Defensa de PVC o de madera
- Placa de refuerzo de acero o aluminio
- Entre dos y cuatro pernos en «U» de acero inoxidable
- Tapón de desagüe
- Pernos y tuercas para fijación

Anexo 4

Cartilla de trazado de la MDV-1

TABLA 3

DATOS DE GÁLIBOS PARA LA MDV-1 DE 4,5 m En mm hasta el forro exterior

	Cara inferior de quilla	12	12	25	25	25	25	19	12
$\frac{1}{2}$ anchura desde la línea de crujía	Alefriz	12	23	35	35	33	32	31	25
	Borde interior de deflector de rociones						618	466	275
	Borde exterior de deflector de rociones						640	506	314
	Regala	669	762	817	843	838	801	722	587
	LF 1	450	549	641	675	643	536	379	183
	LF 1 A	553	640	710	746	718	611	438	228
	LF 2	586	676	741	773	754	667	519	274
	LF 3	625	718	777	802	790	717	576	360
	LF 4	648	738	796	821	810	755	629	420
	LF 5	661	754	811	836	826	782	677	486
	LF 6							719	553
Altura desde la línea de base	Cara inferior de quilla	151	35	0	0	0	0	5	47
	Alefriz	151	137	120	102	85	67	63	78
	Deflector de rociones					251	267	290	316
	Regala	694	680	668	669	679	697	724	762
	Sección longitudinal A	164	146	127	110	101	91	100	176
	Sección longitudinal B	183	162	142	126	126	126	157	
	Sección longitudinal C	211	188	165	147	155	173	272	

Anexo 5

Información técnica sobre poliéster de uso general

EJEMPLO DE UNA FICHA TÉCNICA PARA POLIÉSTER ORTOFTÁLICO DE USO GENERAL



POLYLITE® 440-M850

Resina de poliéster ortoftálico estándar

DESCRIPCIÓN

El POLYLITE® 440-M850 es una resina de poliéster ortoftálico, de reactividad media y tixotrópica, con un sistema acelerador incorporado que le confiere tiempos de gel intermedios, curados rápidos combinados con una temperatura exotérmica relativamente baja y tiempos reducidos de desmoldeado.

El POLYLITE® 440-M850 contiene aditivos especiales que mejoran el entorno de trabajo durante su aplicación y después de ella, debido a una reducción sustancial de la evaporación del estireno. Además, esta resina contiene cera que confiere al laminado curado una superficie antiadherente.

APLICACIÓN

- El POLYLITE® 440-M850 se aplica a mano o con pistola.
 - El POLYLITE® 440-M850 se diseña para el sector marino, industrial y de transportes.
- Grosor recomendado del laminado, aplicado húmedo sobre húmedo: 2 a 8 mm.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
<ul style="list-style-type: none"> • Excelentes propiedades de aplicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de aplicación reducido • Buen nivel de impregnación de la fibra • Mayor contenido en fibra
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel medio de reactividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Buen grado de curado • Tiempo reducido de desmoldeado
<ul style="list-style-type: none"> • Certificados de aprobación 	<ul style="list-style-type: none"> • Det norske Veritas, DNV, grado 2 • Lloyd's Register of Shipping • Bureau Veritas • Germanischer Lloyd • Russian Maritime Register

REICHHOLD**FOLLETO INFORMATIVO****PROPIEDADES****PROPIEDADES FÍSICAS EN ESTADO LÍQUIDO A 23 °C**

Propiedades	Unidad de medida	Valor	Método de prueba
Viscosidad - Viscosímetro Brookfield LVF, husillo 2 a 12 rpm - Cono y plato	mPa.s (cP) mPa.s (cP)	1100-1300 170-200	ASTM D 2196-86 ISO 2884-1999
Gravedad específica / densidad	g/cm³	1, 10	ISO 2811-2001
Número de acidez (máx.)	mg KOH/g	24	ISO 2114-1996
Contenido en estireno	% peso	44 ± 2	B070
Punto de ignición	°C	32	ASTM D 3278-95
Tiempo de gel, 1% de PERÓXIDO NORPOL 1 (PMEC)	minutos	35-45	G020
Estabilidad al almacenamiento desde fecha de fabricación	meses	6	G180

PROPIEDADES DE LA RESINA POLIMERIZADA NO REFORZADA (valores usuales)**Completamente curada**

Propiedades	Unidad de medida	Valor	Método de prueba
Resistencia a la tracción	MPa	50	ISO 527-1993
Módulo elástico a la tracción	MPa	4600	ISO 527-1993
Elongación a la tracción	%	1,6	ISO 527-1993
Resistencia a la flexión	MPa	90	ISO 178-2001
Módulo elástico a la flexión	MPa	4000	ISO 178-2001
Resistencia al impacto P4J	mJ/mm²	5,0-6,0	ISO 179-2001
Contracción	%	5,5-6,5	ISO 3521-1976
Temperatura de distorsión al calor	°C	62	ISO 75-1993

ALMACENAMIENTO

Para garantizar una máxima estabilidad de almacenamiento y unas propiedades óptimas, las resinas deberán almacenarse en recipientes cerrados, a temperaturas inferiores a 24 °C/75 °F, y alejadas de fuentes de ignición por calor y de la luz solar. Antes de su uso, la resina se calentará hasta los 18 °C/65 °F como mínimo, para asegurar un curado y manejo adecuados. Todas las zonas de almacenamiento y los recipientes utilizados deberán ajustarse a los códigos locales de seguridad contra incendios y de construcción, y se evitarán los envases de cobre o de aleación de cobre. La resina se almacenará separada de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas, y los recipientes se conservarán cerrados cuando no estén en uso. Se mantendrá un mínimo razonable de suministros en el almacén, rotando las existencias según el orden de entrada.

El folleto «*Bulk Storage and Handling of Unsaturated Polyester Resins*» de Reichhold contiene información adicional sobre el manejo y almacenamiento del poliéster no saturado. Si desea más información sobre otras resinas o iniciadores de Reichhold, le rogamos se ponga en contacto con su punto de venta o distribuidor autorizado.

SEGURIDAD

ANTES DE TRABAJAR CON ESTE PRODUCTO, SERÁ NECESARIO LEER Y COMPRENDER LA FICHA TÉCNICA SOBRE SEGURIDAD DEL MATERIAL.

Antes de usar este producto, deberá obtenerse una copia de la ficha técnica sobre seguridad del material. Estas fichas técnicas, que están disponibles en los puntos de venta de Reichhold, se pedirán a los proveedores de los materiales y su contenido deberá conocerse antes de trabajar con estos artículos.

LA MEZCLA DIRECTA DE CUALQUIER PERÓXIDO ORGÁNICO CON JABÓN METÁLICO, AMINA U OTRO ACCELERADOR O PROMOTOR DE LA POLIMERIZACIÓN OCASIONARÁ UNA DESCOMPOSICIÓN VIOLENTA.

En muchas zonas del mundo es cada vez más complicado encontrar el tipo de madera necesario para construir un bote de madera de buena calidad. Por lo tanto, muchos astilleros de este tipo de barcos están empezando a utilizar el plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). La información que se expone en este manual se refiere específicamente a la fabricación de una embarcación pesquera sin cubierta de 4,5 m, llamada MDV-1. Esta embarcación es simple, fácil de manejar y exhibe buenas condiciones de navegabilidad tanto para la navegación a remo como a motor. Su diseño de uso general la capacita para las aguas costeras de todo el mundo. En este documento se presentan nociones básicas generales sobre el uso del PRFV como material de construcción de embarcaciones y se detalla paso a paso la fabricación de una embarcación pesquera sin cubierta de 4,5 m usando dicho material. Asimismo, se describe cómo mantener una embarcación de PRFV y reconocer signos de fatiga, y se incluyen algunas directrices simples para la reparación de desperfectos en el PRFV. Se supone que las personas que planean construir una embarcación tienen ya un conocimiento general del uso de herramientas manuales básicas. Este manual proporciona a los operarios de los astilleros y a los pescadores un mejor conocimiento de cómo se comporta el PRFV, cómo reconocer signos de fatiga y daños más graves, y cómo llevar a cabo operaciones de mantenimiento y reparación.

