



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

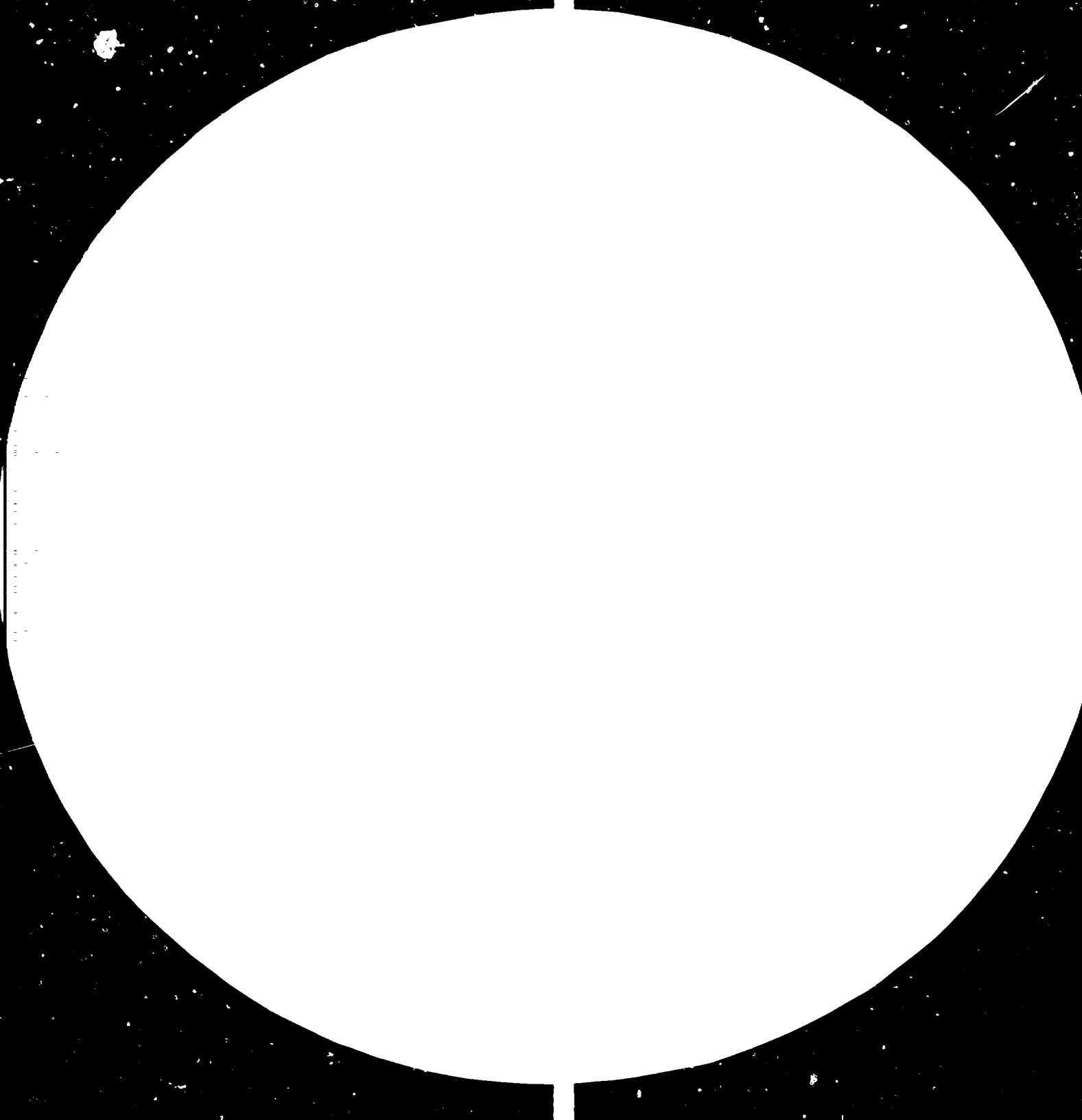
## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)





Resolution Test Chart  
1.0 1.1 1.25 1.4 1.6 1.8 2.0 2.2 2.5 2.8 3.2



12096



Distr.  
LIMITADA

ID/WG.375/31  
10 enero 1983

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

ESPAÑOL

Reunión de expertos sobre el desarrollo de  
construcciones y reparaciones navales en  
pequeña escala para países de América Latina

La Habana (Cuba), 9-12 noviembre 1982

DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES CON  
APLICACION EN LA CONSTRUCCION NAVAL\*

preparado por

Ruth M. Carmona Caballero\*\*

Ada Quintana Cobas\*\*

\* Las opiniones que los autores expresan en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. El presente documento no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

\*\* Ingeniero naval.

## INTRODUCCION.

Cuba, en su condición de país subdesarrollado y carente de grandes yacimientos petroleros, se ve limitada para desarrollar una industria de obtención de materiales plásticos, de ahí que estos materiales que por sus características se encuentran desplazando a otros convencionales, como son el hierro y la madera, no pueden ser utilizados ampliamente en nuestro país. Nuestro desarrollo en este sentido se ha limitado a una humilde industria transformativa que se abastece de materia prima en el mercado mundial y que ve frenado su desarrollo debido al alza de los precios que en los últimos tiempos han sufrido estos materiales derivados fundamentalmente del petróleo.

En la Construcción Naval, los materiales plásticos se encuentran cada vez más difundidos por sus características entre otras de baja absorción de agua, gran resistencia a la corrosión, poco peso y por no requerir de un proceso tecnológico complicado ni de mano de obra altamente calificada, además de proporcionar belleza a las embarcaciones terminadas.

Cuba importa resina poliéster para construir embarcaciones de plástico reforzado con fibra de vidrio, destinadas fundamentalmente a la pesca y al turismo, pero la producción es limitada debido a las razones económicas antes expuestas. Nuestro objetivo con el presente trabajo es introducir en la construcción naval, una resina que puede ser obtenida en Cuba a partir de los desechos de la industria azucarera y además darle soluciones que reporten un beneficio económico, a diferentes problemáticas utilizando resina poliéster.

## DESARROLLO DEL TRABAJO.

Hace algunos años el Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de la caña de azúcar, desarrolló las resinas furánicas obtenidas de los desechos de la industria azucarera.

Estas resinas pertenecen al grupo de los plásticos termofijos y tienen la característica que con ellos se puede impregnar telas de vidrio para conformar objetos de PRFV. Por este motivo estudiamos la posibilidad de utilizarlas en la construcción naval, fundamentalmente para la construcción de embarcaciones plásticas.

## UTILIZACION DE LA RESINA DE ALCOHOL FURFURILICO PARA LAMINADOS.

De los diferentes tipos de resinas obtenida del furfural, la que mejores resultados ofreció fue la de alcohol furfurílico, a la cual hubo que determinarle un sistema de catálisis tal que permitiera la laminación sin endurecer y que a la vez le confiriera a la resina un tiempo de curado relativamente corto para facilitar el desmoldeo de

la pieza a las pocas horas.

A continuación relacionamos algunas de las sustancias utilizadas como catalizadores:

$CL_3Fe$ : Es un catalizador de la polimerización de la resina FL, en dependencia de las concentraciones utilizadas, se logran distintos tiempos de vida útil y de endurecimiento, con él sólo, en el sistema se logran tiempos de vida útil largos, pero proporciona un curado muy lento lo que trae como consecuencia retrasos en el demoldeo.

$CL_2Zn-CL_3Fe$ : El  $CL_2Zn$  acelera la polimerización demasiado en altos porcentajes, pero en bajos alarga mucho el tiempo de curado.

$CL_3Fe$ -glicerina: No se obtienen buenos tiempos de vida útil y el laminado demora mucho en endurecer.

$CL_3Fe$ -miel: Aumenta el tiempo de vida útil, pero el laminado adquiere fragilidad.

$CL_3Fe-CL_2Ca$ : Los tiempos de vida útil son muy cortos.

$CL_2Sn$ : Conduce a tiempos de vida adecuados para trabajar, provoca una fragilidad excesiva del laminado.

$CL_3Fe$ -bencidina: El efecto de una solución de bencidina modifica grandemente el sistema cuando se emplea un 20% de dicha solución sobre peso de resina, se aproxima a los tiempos de vida adecuados para laminar aunque ya no es recomendable ese excesivo peso de solvente sobre resina, pues la bencidina es bastante insoluble en alcohol y esto afecta el curado de la resina.

$CL_3Fe$ -trietanolamina: El sistema aumentó su tiempo de vida útil, permite variar masa sin que se presente el efecto de sobrecatálisis y se obtiene un tiempo de curado adecuado que permite desmoldear el objeto laminado a las pocas horas. Luego el sistema de catálisis idóneo resultó ser una solución alcohólica de cloruro férrico como catalizadores y la trietanolamina como inhibidor del proceso.

La resina de alcohol furfurílico posee un color negro, lo que la limita para ser utilizada en artículos que requieran una variedad de colores determinada, por este motivo fue necesario analizar la compatibilidad entre la resina de alcohol furfurílico y la de poliéster obteniéndose muy buenos resultados, lo que posibilita elaborar laminados en los cuales la capa primaria fuera de gelcoats de poliéster con el color deseado y el resto de resina de alcohol furfurílico, disminuyendo de esta forma el consumo de la resina de importación.

Propiedades físico-mecánicas de los laminados:

Pruebas de resistencia a la flexión con probetas de las siguientes dimensiones:

Largo 80+ 2 mm

Ancho 10+ 1 mm

Espesor (3-6) mm

La resistencia a la flexión fue determinada según la fórmula:

$$R_f = \frac{3GD}{2bh^2}$$

donde:

D: distancia entre los puntos de apoyo del equipo.

G: esfuerzo ejercido en el momento de la ruptura.

h: espesor de la probeta en cm.

b: ancho de la probeta en cm.

Se ensayaron 10 probetas de cada tipo con un refuerzo constituido por:

3 capas de mat 350

2 capas de roving

Colocados alternativamente.

Los resultados obtenidos fueron:

Resistencia a la flexión en Kg/cm<sup>2</sup>

Tiempo de curado	Poliéster de 50% de resina	FL2 20% de resina	FL2 40% de resina	FL3 50% de resina	FL4 60% de resina
25 días	2000	815	1290	2000	2112
4 meses	2121	910	1720	2112	2120
7 meses	2190	1219	2000	2130	2300

El registro Soviético plantea para cascos de embarcaciones plásticas una resistencia entre 1200 a 2000 Kg/cm<sup>2</sup>, luego a partir de un 40% de resina en el laminado se alcanzan los valores permisibles.

- Absorción de agua:

Este ensayo se realizó según la norma UNE-53-027, las muestras fueron disecadas previamente a 50 °c durante 24 horas y posteriormente fue evaluada la absorción de agua a diferentes tiempos y utilizando los mismos tipos de probetas que en la prueba de resistencia a la flexión.

Absorción de agua

Tiempo	% de absorción FL <sub>1</sub>	% de absorción FL <sub>2</sub>
24 horas	1.11	1.37
34 días	2.58	2.86
3 meses	4.3	4.16
6 meses	4.3	4.16

Como puede observarse en la tabla el % máximo de absorción de agua es de un 4.3%.

Ensayo visual de deterioro a la intemperie.

Este ensayo fue realizado colocando en distintas zonas de una embarcación los siguientes tipos de laminados:

- laminado de resina F.L
- laminado de resina F.L con gelcoats de poliéster.
- laminado de resina F.L con la cara expuesta pintada con pintura marina, al cabo de los 6 meses se observó muy poco deterioro y similar en todos los laminados.

Al cabo de los 24 meses se observó bastante deterioro en el laminado de F.L sin recubrir su superficie, sin embargo los otros no sufrieron alteraciones.

#### EFEECTO ECONOMICO.

Este viene dado por la diferencia de los precios por tonelada entre la resina obtenida en Cuba y la resina poliéster:

- 1 Tn de resina poliéster cuesta en el mercado mundial \$ 1500.00/Tn.
- 1 Tn de resina de alcohol furfurílico cuesta producirla en Cuba \$ 620.00/Tn, luego por cada tonelada de resina a utilizar se obtiene un ahorro de \$ 880.00.

Con la resina de alcohol furfurílico hemos construido variados artículos de PRFV como son: sellos, lavamanos y botes, los cuales se encuentran sometidos a pruebas de uso desde hace 4 años sin que hallan presentado problemas ni de deformación ni roturas.

#### DISCUSION DE LOS RESULTADOS:

Como se observa para la sustitución de la resina poliéster por una resina obtenida de los desechos de la industria azucarera, no es necesario introducir variantes en el proceso tecnológico actual para la construcción de elementos de PRFV. Las pruebas de uso han arrojado resultados satisfactorios, así como se ha obtenido un beneficio económico apreciable.

#### CONCLUSIONES.

Las ventajas fundamentales que se derivan de la utilización de la resina de alcohol furfurílico son:

- Disminuye los costos de producción de elementos de PRFV.
- Se pueden elaborar elementos de PRFV con alta resistencia a los agentes químicos.
- El tiempo de almacenamiento de la resina es ilimitado.
- Se aprovecha una materia prima de producción nacional.
- Posibilita el desarrollo del plástico en nuestra Construcción Naval.



## CONSTRUCCION DE BUJES PARA EMBARCACIONES CON RESINA DE ALCOHOL FURFURILICO.

### DESARROLLO.

Otra aplicación de la resina de alcohol furfúrico, la constituyó los bujes para las embarcaciones. Tradicionalmente estos elementos se elaboran en Cuba a partir del guayacán que es una madera preciosa la cual se encuentra en fase de extinción, lo que obligó a adquirir gran parte de los bujes necesarios en el extranjero elaborados de goma, PVC, poliamida, etc, pero todos resultan extremadamente caros y en muchos casos no se ajustan a las medidas de los ejes de nuestras embarcaciones.

Nosotros hallamos que se podían elaborar bujes utilizando como material aglutinante la resina de alcohol furfúrico y como material de refuerzo tela de lienzo, por medio de una tecnología sencilla que no requiere máquinas de producir altas temperaturas ni presión, así como tampoco presenta la necesidad de usar moldes.

La maquinaria diseñada para la construcción de los bujes como se muestra en el esquema, consiste de un rodillo en el cual va enrollada la tela, un recipiente donde se produce la impregnación de la misma en la mezcla, otro rodillo donde se va enrollando la tela impregnada en resina para producir el objeto cilíndrico y otros rodillos con la función de conferirle a la tela la tensión necesaria para eliminar la resina en exceso y garantizar un buen enrollado.

Además consta de un motor que acciona directamente el rodillo donde se va a conformar el buje.

### PREPARACION DE LA MEZCLA.

- Se pesa exactamente una cantidad de resina la cual varía en dependencia de las dimensiones del buje que se quiera elaborar.
- Se le añade a la resina, grafito en una proporción que oscila entre un 10 y un 40% con respecto al peso de resina.
- Se homogeniza bien la mezcla de resina y grafito y se le añade un inhibidor amínico en proporciones de un 0.8 al 2% agitando continuamente la mezcla.
- Se añade una solución alcohólica al 30% de  $Cl_3Fe$  anhidro en proporción de un 20% con respecto al peso de resina, operación la cual se realiza sin dejar de agitar la mezcla.

### OPERACION FINAL.

Después de elaborado el objeto cilíndrico, se desmonta de la máquina del rodillo (4) que lo contiene y se le da un curado de 24 horas a temperaturas entre 65 y 75 °C (este proceso se realiza con el fin de

acelerar el curado de la resina).

Una vez transcurrido el tiempo de curado, se desmoldea el cilindro del rodillo y se procede a maquinar el mismo para darle las dimensiones del buje deseado.

#### EFFECTO ECONOMICO.

Un buje de una lancha chermuera cuesta producirlo en Cuba por este método \$ 1.64 por los siguientes conceptos:

<u>CONCEPTO</u>	<u>COSTO</u>
Resina	\$ 0.42
tela	0.24
grafito	0.04
FeCl3	0.01
compuesto amínico	0.02
estufado	0.01
mano de obra	<u>0.9</u>
	\$ 1.64

Costos de otros tipos de bujes:

guayacán	\$ 15.00
goma	\$ 82.00
PVC, poliamida, etc	\$ 30.00

Como se puede observar en la diferencia de precios entre el buje de alcohol furfurílico y los tradicionales, es obvio el beneficio económico que se reporta.

#### DISCUSION DE LOS RESULTADOS:

Este proceso nos da la posibilidad de elaborar en Cuba bujes con materia prima nacional, por un sistema tecnológico sencillo y de una calidad superior a los utilizados tradicionalmente, ya que llevan sometidos a pruebas de uso desde hace 4 años, detectándose en muchos casos en las inspecciones que se le han realizado, que las hélices de la embarcación han estado torcidas por golpes recibidos ó que han presentado nylon de artes de pesca enredados entre el buje y el eje, condiciones estas que destruyen totalmente otros tipos de bujes como los de plástico y gomas que la fricción severa al producir calor derriten el material ó los de guayacán que se desgastan de forma acelerada ante las mismas y sin embargo los bujes de alcohol furfurílico no han sufrido ante estas condiciones drásticas de trabajo ningún desgaste.

#### CONCLUSIONES.

Finalmente se puede plantear que las ventajas que reporta éste método con respecto a los hasta ahora conocidos son:

- No se requieren moldes para la confección del artículo, lo que permite la producción de los mismos en cantidades que vienen de acuerdo con el diseño de la maquinaria en cuestión.
- No requiere de máquinas especializadas para lograr altas presiones y temperaturas.
- La utilización de desechos de la industria azucarera, da la posibilidad de producir en Cuba, artículos que anteriormente se compraban en el extranjero, a altos costos.
- El buje obtenido presenta mayor calidad que los tradicionales si se tiene en cuenta que el tiempo de explotación de los mismos es superior a 4 años.
- Presenta un gran ahorro de divisas para el país.
- La tecnología propuesta pertenece al campo de los materiales plásticos y su utilización para la fabricación de bujes, tuberías u otros artículos que se adapten al método que aquí se trata y puede ser utilizada en la industria marítima, metalurgia, textilera, centrales azucareros, etc.

#### CONSTRUCCION DE CALZOS DE ALINEACION DE LOS MOTORES.

##### DESARROLLO:

Otra aplicación del plástico en la construcción naval, la constituye la construcción de calzos de alineación de los motores con resina poliéster.

Actualmente estos elementos se construyen en Cuba de acero, el cual requiere de un proceso de maquinado para conferirle las dimensiones a los calzos de acuerdo con la altura que va a existir desde la base del motor a la estructura donde van a ser fijados, esta operación conlleva a una gran pérdida de tiempo en el proceso de alineación de una embarcación, ya que generalmente los calzos no adquieren la dimensión exacta en el primer proceso de maquinado, por lo que con este sistema, los operarios tienen que estar en todo momento pendientes de cada proceso sucesivo, ya que al final de todas las operaciones de ajuste, a de dar unas lecturas dentro de las tolerancias permitibles que muchas veces se ven alteradas por la imposibilidad de un ajuste perfecto de los tacos.

En algunos países, entre los que se encuentra la URSS, estos calzos se construyen con resina epóxi, la cual posee excepcionales características de resistencia y por su diversidad de aplicaciones, esta resina posee un alto costo en el mercado mundial.

De ahí que nuestro interés fuera construir los calzos con resina poliéster, que es más barata y se utiliza mucho en nuestro país, además agregarle a la formulación un relleno de producción nacional y barato para disminuir el costo final de los calzos.

El método empleado consiste en alinear el motor, manteniéndolo suspendido en la posición alineada para tomar la medida exacta de la altura que existirá entre la base del motor y la superficie donde se va a fijar el mismo.

Con esta medida se construyen unos encofrados de madera que realizarán la función de moldes y que no requieren de mano de obra especializada para elaborarlos, debido a que consisten en cuatro maderas unidas por sus extremos. Este molde se colocará debajo del motor, sirviéndole de fondo la estructura a la que se va a fijar el mismo.

La siguiente etapa consiste en la preparación de la mezcla, la cual está formada por resina poliéster y cemento en proporción que hace mucho más barato el material, debido a que la cantidad de resina utilizada es muy poca, una vez preparada la mezcla ésta se añade por el método de vaciado en el molde, por aquella parte del mismo que brinde mayor facilidad para realizar esta operación, ya que la mezcla posee una viscosidad que garantiza el llenado completo de la cavidad.

El tiempo de secado es de 10 a 15 minutos, transcurrido el mismo se puede separar el molde, quedando conformado el calzo sobre el cual descansará el motor.

Propiedades físico-mecánicas de los calzos: (según norma NYRCOI-048/73)

Resistencia a la flexión                    mayor de 160 Kg/cm<sup>2</sup>

Resistencia a la compresión                    1232 Kg/cm<sup>2</sup>

Con este material se han construido calzos, los cuales están sometidos a pruebas en embarcaciones sin haber presentado dificultades, a continuación relacionamos algunas embarcaciones:

<u>Tipo de embarcación</u>	<u>Tipo de motor</u>
- Langostero de F.C de 12.9 m	Yanmar de 76 HP
- Lancha de pasaje de 16.16 m	3D6 de 150 HP
- Lambda de 23 m	Volvo Penta 225 HP

EFFECTO ECONOMICO:

Este ha sido sacado en base a los calzos de acero que actualmente se construyen en Cuba.

Costo Total de un Calzo de acero:

Mano de obra	\$ 67.50
Materiales	0.23
Electricidad	8.61
Total	\$ 76.34

COSTO TOTAL DE UN CALZO PLASTICO:

El ahorro que se produce por calzo es de \$ 56.07, suponiendo que lleve seis calzos, el ahorro por embarcación sería \$ 336.48 por este concepto.

CONCLUSIONES.

Las ventajas que posee éste método son:

- Se anulan totalmente los costosos y laboriosos procedimientos de mecanización y ajustes, los cuales necesitan de mano de obra especializada y cuyos resultados a pesar de la pericia de estos hombres no siempre resultan satisfactorios y menos aún perfectos.
- Se reduce el tiempo de varada de una embarcación.
- Preserva las placas y pernos de la corrosión y de acciones galvánicas.
- No es necesaria la mecanización en polines y bancadas.
- Prolonga los alineamientos del motor.
- Reduce vibraciones y ruidos.
- Se obtiene un considerable ahorro económico por aumento de la productividad.

CONSTRUCCION DE BOYAS CON RESINA POLIESTER.

Otros elementos de difícil adquisición en nuestro país, son las boyas plásticas que se utilizan en los distintos Artes de Pesca, entre ellas las más escasas son las de 300 mm de diámetro, los cuales se compran en Japón a \$ 8.00 (dólares) cada una. Para satisfacer la demanda de nuestras flotas de las mismas, hemos construido algunos prototipos con resina poliéster y tela de vidrio, mediante el proceso de laminación.

El tiempo requerido para construir cada boya es de 30 minutos y las mismas presentan muy buena terminación, además pesan 1 Kg menos que las japonesas por lo que poseen gran coeficiente de flotabilidad.

Se construyen con dos capas de mat. 350 las cuales se aplican en un molde dividido en dos mitades, después de curada la resina, se desmoldea y se unen ambas mitades conformando de esta manera la boya.

EFECTO ECONOMICO:

Costo de una boya fabricada en Cuba:

<u>CONCEPTO</u>	<u>COSTO</u>
OPERARIO "A"	\$ 0.66
CATALIZADOR	0.02
RESINA	1.22
FIBRA DE VIDRIO	0.66

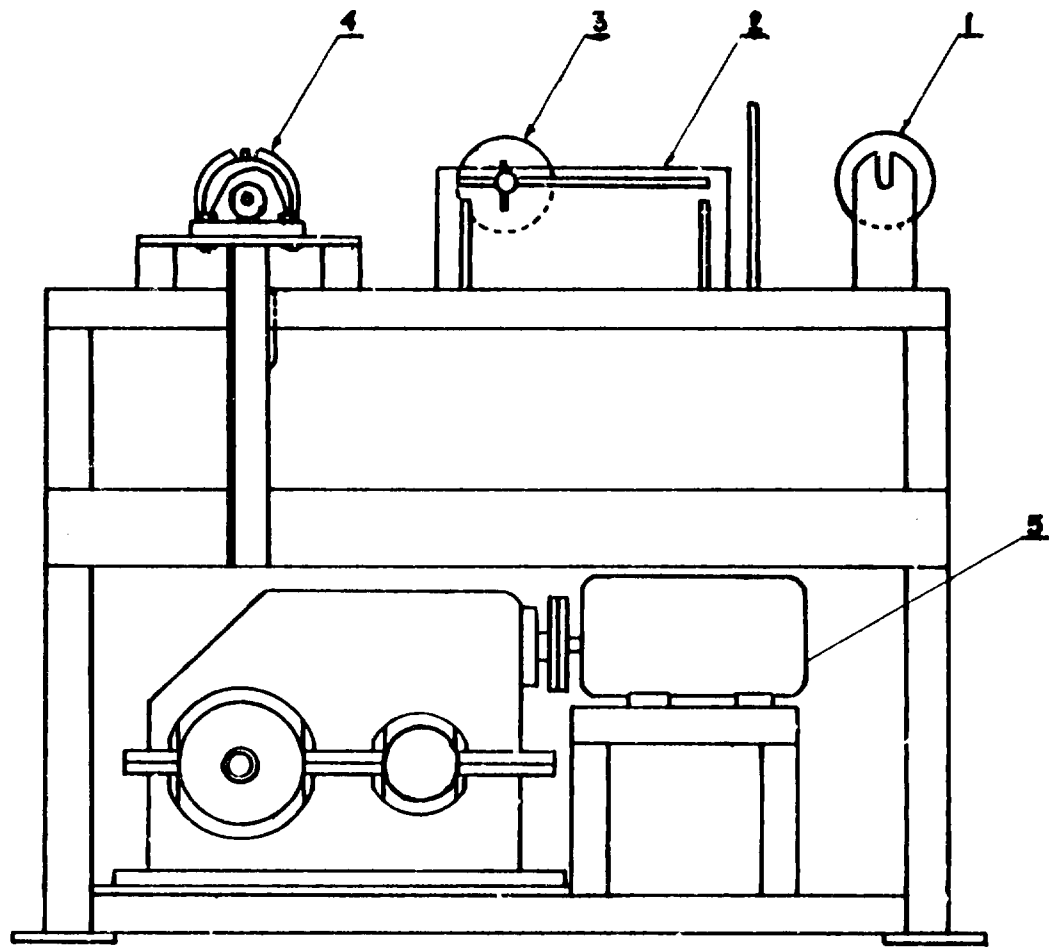
ARGOLLA	\$ 0.70
TOTAL	\$ 3.26

Luego, por cada boya se ahorraría \$ 5.74 sin tener en cuenta los costos de transportación en que se incurre comprando estas boyas en Japón.

CONCLUSIONES.

Finalmente se puede plantear que las ventajas que reporta éste método son:

- Reporta un ahorro en divisas para el país.
- Las boyas son más ligeras que las compradas en el extranjero.
- El proceso tecnológico es sencillo y no requiere de gastos en inversiones.



MAQUINA PARA HACER BUJES

