



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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.

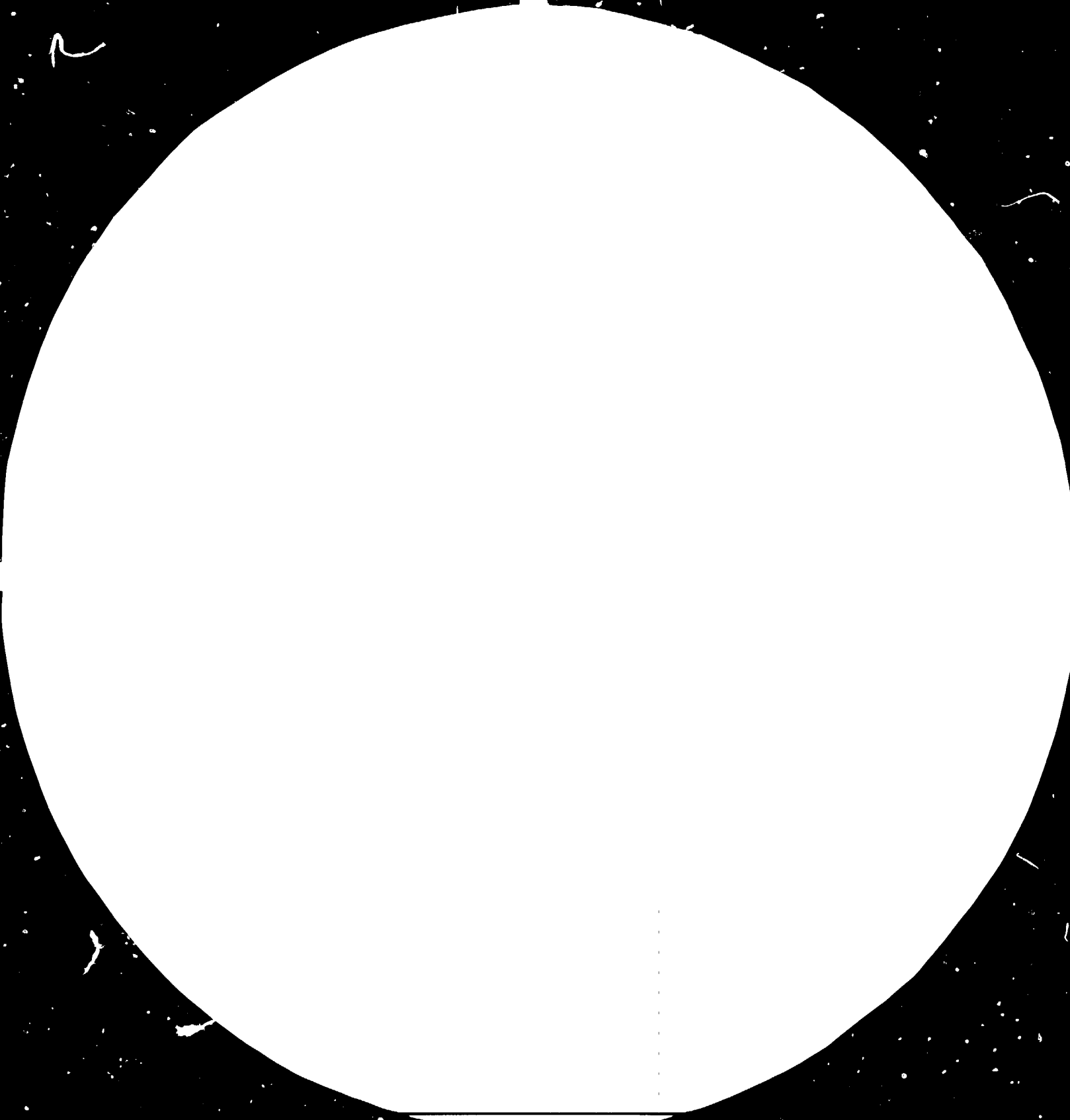
FAIR USE POLICY

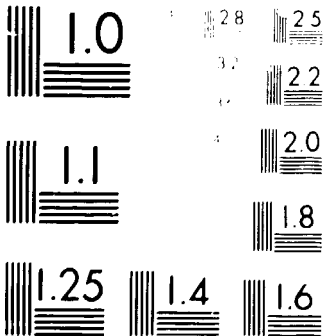
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A



12513



Distr.
LIMITADA

ID/WG.375/39
4 febrero 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

TECNICAS Y METODOS PARA EL DISEÑO
Y LA CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES
DE MADERA*

preparado por

Sergio Villa**
Walfrido Lescailles**

565

* 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.

INDICE.

- Técnicas y métodos para el diseño y la construcción de Embarcaciones de Madera.-

1.- Resumen	pag. 1
2.- Introducción	pag. 4
3.- Técnicas y métodos para el diseño de embarcaciones de madera	pag. 8
3.1 Aspectos del diseño y su reflejo económico en la construcción de embarcaciones de madera	pag. 8
4.- Técnicas y métodos para la Construcción de Embarcaciones de Madera	pag. 14
4.1 Nuevo Sistema de Escantillonado. Sus Ventajas	pag. 14
4.2 Barcos de Construcción Laminadas. Particularidades y Ventajas	pag. 21
5.- Conclusiones	pag. 26
6.- Bibliografía	pag. 27

I. RESUMEN.

La época actual en la construcción naval se caracteriza por una amplia utilización del acero, los plásticos, las aleaciones de aluminio y otros materiales a despecho de la madera, que otrora fuera la materia prima básica para la construcción de embarcaciones de todo tipo.

Esto se debe, en primer lugar y tratando de seguir un orden jerárquico de los factores, a las causas que le permitieron a un grupo de países trazar las pautas del desarrollo industrial, ayudados por los adelantos de sus ciencias y sus técnicas, las cuales progresando con rapidez dieron a la humanidad otros materiales de construcción que respondieron mejor a las exigencias planteadas por la dinámica del desarrollo integral de la época.

Esto les permitió imponer al resto de los países del mundo la dirección fundamental de sus economías, las cuales a partir de esa división universal de la actividad industrial comenzaron a ser dependientes; dependencia que engendró en el seno de los pueblos económicamente débiles una mentalidad de consumidores y no de productores.

Desde el punto de vista del diseño, observamos que el crecimiento histórico de la velocidad ha propiciado un crecimiento en las esloras de las embarcaciones - (algunas fuentes han establecido que el ritmo de crecimiento de la velocidad - hasta la época actual es de alrededor de 0,2 nudos por año) lo que ha venido a demostrar que existe un eslora (llamémosle económica) límite para las embarcaciones de madera superior a la cual no es ventajoso desde el punto de vista económico construir las en este material y sí en acero.

Otro de los aspectos que puede considerarse es la explotación indiscriminada - con fines industriales de los bosques maderables, de que han sido víctimas principalmente muchas áreas del mundo subdesarrollado por lo que ha quedado despojadas de la materia prima y a lo largo del tiempo hasta de la fuerza laboral especializada en este difícil arte de la carpintería de ribera.

Finalmente puede resumirse que, en la actualidad, la construcción naval de madera ha devenido en patrimonio de un pequeño número de países, los cuales para fomentar una industria naval metálica en muchos casos poseen la materia prima que exportan barata y en ningún caso la alta tecnología cuya adquisición les resultaría desmesuradamente costosa además de larga su asimilación.

Paralelamente con esto existe una constante que gravita sobre todas las poblaciones del mundo y especialmente sobre las de los países subdesarrollados .../

al aumento creciente de su número de habitantes, que hace cada vez más impostergable la búsqueda de soluciones a sus problemas alimentarios.

Una de estas soluciones pensamos que se encuentra en el fomento de una industria naval, aunque sólo de pequeño tonelaje, destinada a la extracción de los recursos del mar en los cuales, por lo general, son ricas las zonas de nuestro continente.

A la luz de estos razonamientos los objetivos que se le han trazado al presente trabajo son los de encontrar, dentro de la escasa información existente sobre el tema, aquellas variantes, técnicas y métodos cuya aplicación en la producción resulten más ventajosas desde el punto de vista económico y — por ello factibles de ser aplicadas por los países del área que se analiza. Para el cumplimiento de estos objetivos se ha hecho un análisis comparativo del costo de construcción de embarcaciones de madera construida en Cuba y el mismo costo de embarcaciones de acero construidas en las costas del Pacífico confeccionándose con los mismos un sistema de curvas que viene a demostrar — los límites de eslora apropiados para cada material. Este enfoque se representa sólo como un método aconsejable ya que los datos que se comparan corresponden a la misma época, a iguales parámetros de dimensiones y a igual valor convertible de la moneda, no es menos cierto que se comparan áreas distintas del mundo lo que podría modificar en algo el resultado final para cada caso específico.

Con relación al diseño en el presente trabajo se hace un análisis de las causas que desde este punto de vista encarecen la construcción de embarcaciones de madera y se señalan métodos y técnicas así como se hacen recomendaciones a disminuir la laboriosidad del proceso constructivo y por ende a lograr una mayor eficiencia económica. Además se presentan tablas con indicadores de ahorro que pueden lograrse con la aplicación en la producción de estos métodos.

De igual modo se ofrecen datos (características principales) de las embarcaciones de madera cubanas así como de sus escantillanados en comparación con las de embarcaciones similares construidas en otras partes del mundo; de — cuya comparación se deduce que a pesar del largo período de explotación de — estas embarcaciones (20 - 25 años) sus escantillones, notablemente mejores que los de las embarcaciones extranjeras, se encuentra en estado satisfactorio; lo que puede constituir una vía para el ahorro de material con su reflejo positivo en la economía.

En el capítulo que se dedica a los aspectos de la construcción se recomienda la construcción de elementos laminados como resultado del análisis de sus — ventajas tanto desde el punto de vista de su resistencia estructural como — del ahorro en materiales. Se propone un nuevo sistema de escantillanado para barcos de madera experimentado en la Unión Soviética, el cual tras un largo período de explotación se ha justificado.

La exposición sobre este aspecto cuenta con ilustraciones sobre el método para reparar diferentes averías así como de un análisis de indicadores técnico-económicos de este nuevo sistema de escantillonado, en comparación con el sistema tradicional, cuyas ventajas no dejan lugar a controversias.

2. INTRODUCCION.

No obstante la cantidad de materiales que le disputan el lugar a la madera en la construcción naval aún en la actividad no pocos barcos, especialmente pesqueros de pequeño y mediano porte, se construyen de madera. Esto es posible gracias a las condiciones específicas de explotación de estas embarcaciones, a la facilidad con que se construyen, así como a las posibilidades de utilización de los recursos maderables existentes en las proximidades de los astilleros de construcción; además de presentar algunas ventajas de carácter técnico y económico en comparación con sus homólogos de metal y de las cuales señalaremos las siguientes:

- Las embarcaciones de madera poseen un costo mucho menor que las embarcaciones de cualquier otro material.
- En su construcción el empleo de planchas y perfiles de acero es mínimo.
- Su proceso de construcción es simple. No necesitando equipamiento complejo y el gasto de energía es insignificante.
- Se adaptan mejor a la navegabilidad en situaciones complejas y difíciles, lo que las dota de una larga durabilidad.

(Algunas fuentes refieren la existencia en los tiempos actuales de embarcaciones de madera construídas en el 1900)

Con relación al concepto de astilleros para embarcaciones de madera podemos señalar que su complejidad depende de la envergadura de los barcos que se vayan a construir.

En la construcción naval de madera se clasifican los barcos por su eslora en tres grupos: los llamados grandes con una eslora de 30 - 50 metros, cuya construcción es compleja y se realiza en astilleros bien equipados. Los llamados medianos que tienen una eslora entre 20 - 30 metros y que por supuesto necesitan una menor complejidad del equipamiento para su construcción y finalmente los llamados pequeños que tienen una eslora hasta 20 metros y cuya construcción es muy fácil pudiéndose realizar hasta por método artesanal en astilleros sin equipamiento alguno.

Desde este punto de vista son estos últimos los que convendría construir a países subdesarrollados ya que necesitan poca inversión.

Otro aspecto que puede reflejarse positivamente en el costo de las embarcaciones de madera es el emplazamiento de los astilleros próximos a las regiones ricas en madera o viceversa, propiciar en los alrededores de éstos la ubicación de la fuente de materia prima.

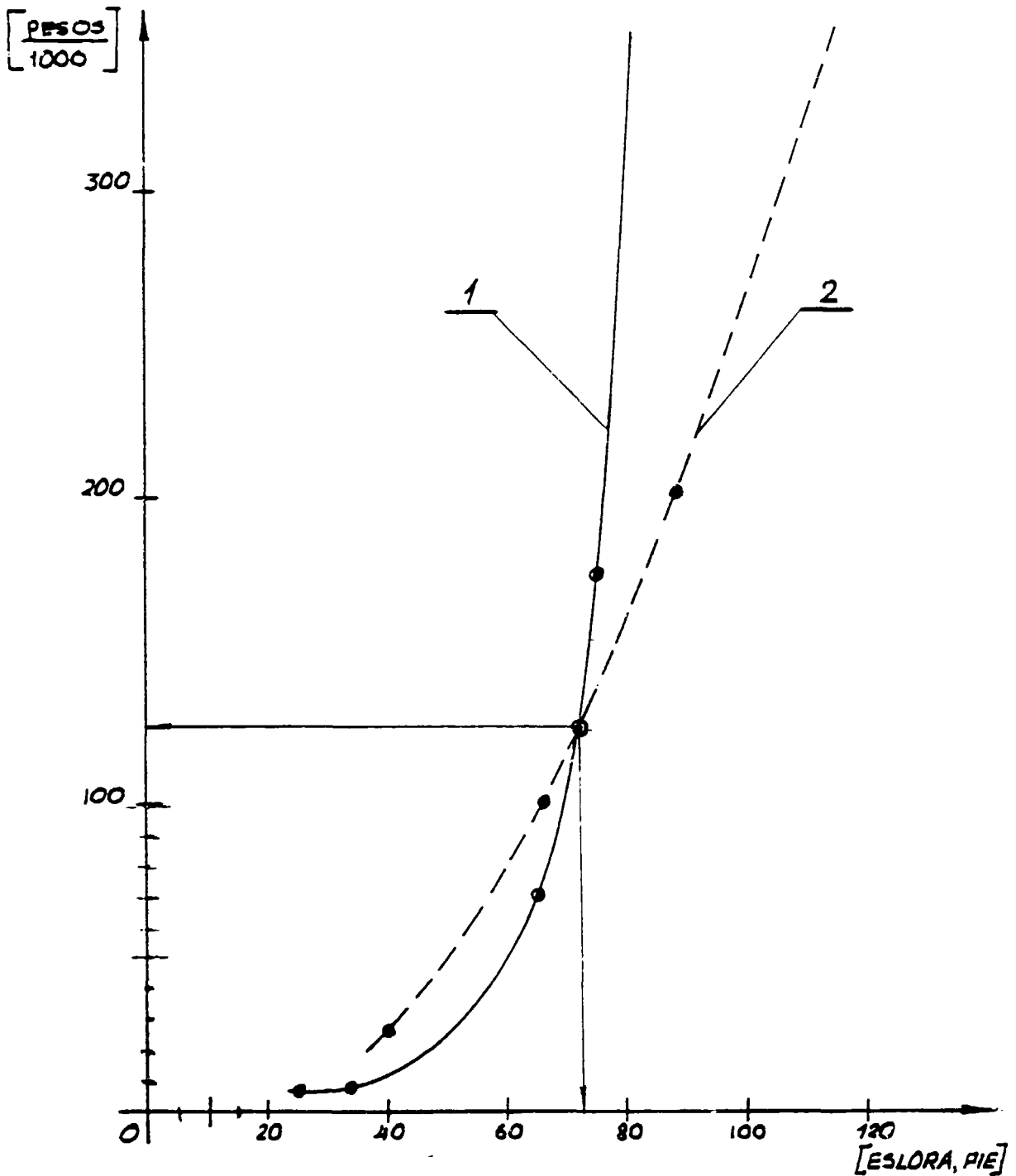
A pesar de ello los autores coinciden en que las embarcaciones de madera (incluso las de medianas y pequeñas dimensiones) pueden competir con las construídas a base de otros materiales, sólo en el caso de que los métodos y ritmos de construcción, así como los indicadores económicos y de explotación, se correspondan con el nivel de la técnica contemporánea.

Lograr esto es posible únicamente mediante la introducción de nuevos tipos de construcciones, así como de una tecnología que permita mecanizar al máximo todos los procesos de construcción del casco de madera.

En alguna medida estos problemas se han resuelto y pueden resolverse aún a mayor escala considerando los aspectos siguientes:

- La sustitución de elementos del casco con curvas naturales por elementos de blados artificialmente a vapor.
- La introducción en el mas amplio frente de trabajo de las celas, lo que permite construir embarcaciones con materiales de pequeñas dimensiones y longitudes mínimas posibilitando esta la utilización más eficiente de la madera con el empleo de cuaderas de ligazón.
- La sustitución total del sistema transversal de estructura por el sistema longitudinal debido a las múltiples ventajas que este ofrece: aumenta la resistencia del casco y es mas ventajoso en la explotación ya que elimina la necesidad de muchas ligazones interiores, aumentando por tanto el volumen útil de los compartimentos bajo cubierta.

Con relación al aspecto limpiamente económico pueden hacerse algunas conclusiones del análisis del gráfico No. 1 confeccionado con los costos de construcción de embarcaciones pesqueras de acero para las costas del Pacífico y los costos de construcción de embarcaciones pesqueras de madera para las costas cubanas en función de la eslara de dichas embarcaciones.



GRAF. 1. COMPARACION DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES PESQUERAS DE ACERO DE LAS COSTAS DEL PACIFICO Y DE EMBARCACIONES DE MADERA DE CUBA.

- 1 - COSTO DE CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES DE MADERA (CUBA)
- 2 - COSTO DE CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES DE ACERO (COSTAS DEL PACIFICO)

El gráfico muestra en la zona situada a la izquierda del punto de intersección de las curvas No. 1 y No. 2 es más ventajoso construir las embarcaciones de madera por cuanto el costo de construcción de éstas es señaladamente menor que el costo de construcción de estas mismas embarcaciones construidas en acero. - Lo contrario sucede a la derecha del punto de intersección de las curvas: un mínimo incremento de la eslora implica un aumento desmedido del costo y por tanto la inconveniencia de construir en madera embarcaciones de más de 75 pies. Debemos señalar que la información utilizada para la confección del gráfico — data del principio de la década del 60, por lo que con respecto al valor absoluto del costo puede no mantener vigencia. Si resulta incontrovertible la posición recíproca de las curvas, las cuales demuestran hasta donde es ventajoso — construir embarcaciones de madera y a partir de que dimensiones no.

Aquí mismo queremos dejar aclarado que el enfoque económico tal y como se presenta en el gráfico no es otra cosa que una remodelación entre las tantas que podrían haber del procedimiento a seguir, al determinar el rango de eslora límite de las embarcaciones a construir.

Por último a modo de breves conclusiones queremos que los países subdesarrollados en vías de desarrollo, dentro de cuyo contexto se ubican también los países de América Latina, que por su misma condición de países con recursos limitados tienen una necesidad más vital que otros de explotar sus recursos naturales — como fuente de alimentación y/o de comercio, paradójicamente no pueden darse el lujo de adquirir en los países desarrollados embarcaciones que por razones harto conocidas resultan cada vez más costosas.

La solución más racional para estos países es la de producir al menos costo — posible sus propias embarcaciones de navegación costera, evitando así la menor fuga de recursos al exterior.

En correspondencia con estas condiciones, los objetivos del presente trabajo — son los de establecer los parámetros de eslora convenientes desde el punto económico así como los de encontrar, dentro de lo realizado hasta hoy en la construcción naval de madera, las técnicas y métodos más ventajosos susceptibles de ser aplicadas por los países del área con el mínimo de gastos incurridos por — su parte, todo lo cual será objetivo de análisis en las páginas que siguen.

3. TÉCNICAS Y METODOS PARA EL DISEÑO DE EMBARCACIONES DE MADERA.

3.1 Aspectos del diseño y su reflejo económico en la construcción de embarcaciones de madera.

El gasto de madera en la construcción naval así como la laberiosidad de las piezas, en gran medida dependen de las formas del casco. La forma de las cuadernas con líneas rectas de la quilla al pantoque y de éste a la borda, simplifica la tecnología y disminuye el gasto de madera, no obstante su uso es limitado ya que en su presencia las cualidades marineras del casco empeoran y se hacen más difíciles las ligazones de la rama del fondo con las bandas.

Es por estas causas que la mayoría de las embarcaciones marítimas de madera se diseñan con formas normales de sus cuadernas.

En los barcos con cuadernas fluidas, estas que propician una mejor sujeción entre las ramas del fondo y las de las bandas, se diseñan con un pantoque fluido no muy abrupto y con astilla muerta.

Este último se debe a que el fondo plano con frecuencia conduce a un pantoque agudo.

El fondo con astilla muerta, el inserto cilíndrico y la fluidez del pantoque son las características que diferencian a los barcos de madera de navegación marítima de los fluviales.

No obstante lo relacionado con anterioridad, en ocasiones la destinación del buque exige una porción de fondo plano en su parte central, lo que obliga a un reforzamiento adicional del pantoque.

Hay que señalar que el fondo plano y el pantoque agudo, como ya se ha reiterado, no sólo disminuye la resistencia de la rama de la cuaderna en esta zona — sino que aumentan considerablemente las dificultades del ferrado en los piques debido a la curvatura pronunciada que adoptan sus tracas.

Otro aspecto que conduce a dificultar la operación del ferrado es cuando existe una diferencia muy pronunciada entre el perímetro de la cuaderna maestra y el perímetro de las cuadernas de los extremos lo que puede deducirse del plano de desarrollo del forro exterior.

Este detalle propicia tracas de múltiples curvaturas lo que se refleja negativamente en la tecnología de la construcción.

Por otra parte al proyectar la línea de cubierta en el perfil y la media manga del plano de líneas teóricas es común que sólo se atienda al arrufo de cálculo definido por las reglas de francabordo y otros aspectos de la distribución general, sin tomar en consideración que la línea de cubierta determina la disposición y por consiguiente el carácter de la curvatura de elementos longitudinales muy pesados (durmientes, caireles y setacaireles) que van a lo largo de esta línea de cubierta. Estos elementos por lo general, con secciones transversales grandes, tienen que ser doblados en los extremos de proa y popa, lo que resulta una operación difícil, aún mediante calentamiento previo a vapor, sin.../

decir que nunca se conserva la línea de la cubierta debido a estas dificultades tecnológicas. Lo descrito con anterioridad obliga a diseñar la línea de cubierta de tal forma que los elementos (durmientes, caireles y sotacaireles) mencionados adopten la forma por su parte plana, sin obligarlos a hacer lo por los cantos lo que trae consigo partiduras.

Según la experiencia acumulada de algunos autores, las líneas teóricas de un barco de madera, con relación a una formación normal de sus cuadernas, deben cumplir las siguientes exigencias:

1. Siempre que resulte posible, la embarcación no deberá poseer fondo plano.
2. La mejor forma de las cuadernas es aquella en la que el pantoque posee un radio amplio que varía fluidamente hacia los piques de popa y proa.
3. Las diagonales trazadas a la proyección del casco no deberán dar curvas cerradas en proa y popa.
4. La línea de cubierta, tanto en el perfil como en la vista de media manga, deberá trazarse de forma tal que los elementos del casco se adhieran a ella doblándose por la cara plana y no por el canto; así como que no posean curvas en múltiples sentidos.
5. No deberá presentar diferencia brusca del perímetro de su cuaderna muestra con relación a sus cuadernas y proa y popa.

El análisis del plano de líneas teóricas a la luz de estas exigencias en gran medida dará el grado de factibilidad tecnológica del barco en cuestión.

Por grado de factibilidad tecnológica se entiende fundamentalmente el grado de simplificación del proceso de ferrado, incluyendo el colocamiento de los elementos longitudinales, obteniéndose mediante esto una multiplicidad mínima de formas.

Durante el diseño de una embarcación no siempre es posible observar las condiciones de factibilidad tecnológica debido a que éstas pueden chocar con otras exigencias de carácter marinero y de distribución general; pero en todos los casos estas condiciones ayudarán al diseñador a encontrar las soluciones más favorables.

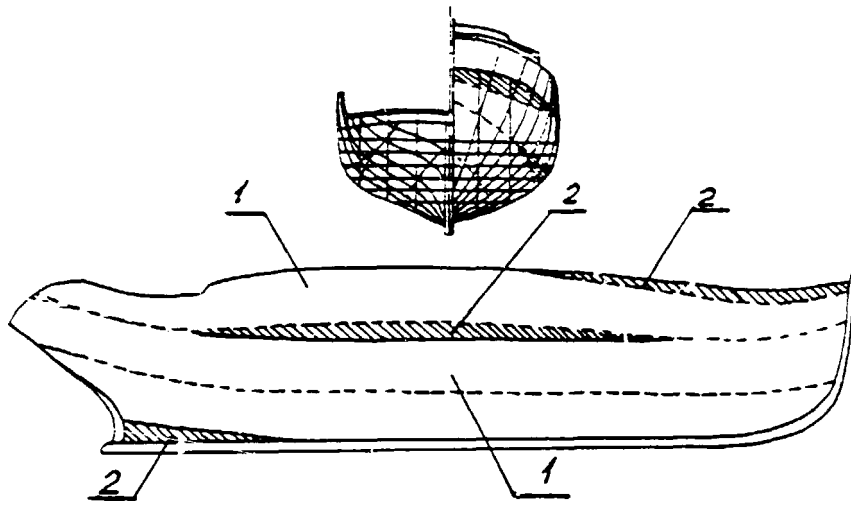
Existe una opinión falsa acerca de que debido a las particularidades concretas del plano de líneas teóricas del barco de madera con una forma normal de sus cuadernas, éste no puede ser ferrado completamente con tracas sin frascar, incluso mediante el estricto cumplimiento de los requisitos de formas del casco enumerados más arriba.

Nada más falso; en la práctica esta problemática tiene solución encontrando en el casco del barco aquella dirección para las fajas del ferre exterior mediante las cuales éstas se van a doblar por su cara plana y no por sus cantos. Resulta que las direcciones racionales de estas líneas en el casco por el carácter de su curvatura, coinciden con la dirección de las líneas conocidas en la geometría diferencial con el nombre de líneas geodesianas. De esta forma, mediante el ferrado con tracas sin frascar, es necesario en la

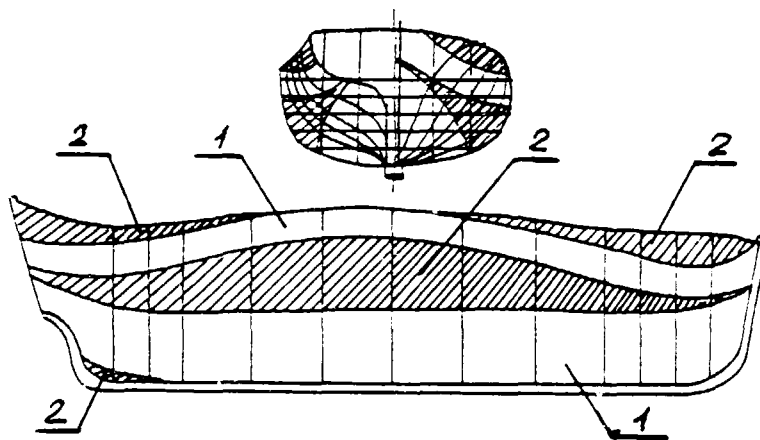
superficie del forro exterior encontrar la disposición de las líneas geodesianas. La representación más simple de la dirección de la línea geodesiana en el casco del barco la da una pequeña regla recta y fina, la cual alitándose a una traca sin frascar se adhiere por toda su superficie al bloque-modelo. Si sobre el bloque modelo esta pequeña regla se dobla sólo de plano, entonces la posición de su eje neutral va a coincidir con la línea geodesiana buscada. Como ferrando el bloque-modelo con esta pequeña regla, se puede dibujar un grupo de líneas geodesianas las cuales una vez transportadas al desarrollo del forro se obtendrá un desarrollo del forro compuesto por tracas sin frascar.

Las líneas geodesianas dividen al desarrollo del forro en varias zonas características; la primera zona es la que se forma entre las líneas paralelas y la cual puede ser ferrada completamente con cintas sin frascar y la segunda zona que se forma entre las líneas convergentes que se interceptan y la cual puede ser ferrada con cintas llamadas de cierre que a su vez pueden ser obtenidas de tracas sin frascar.

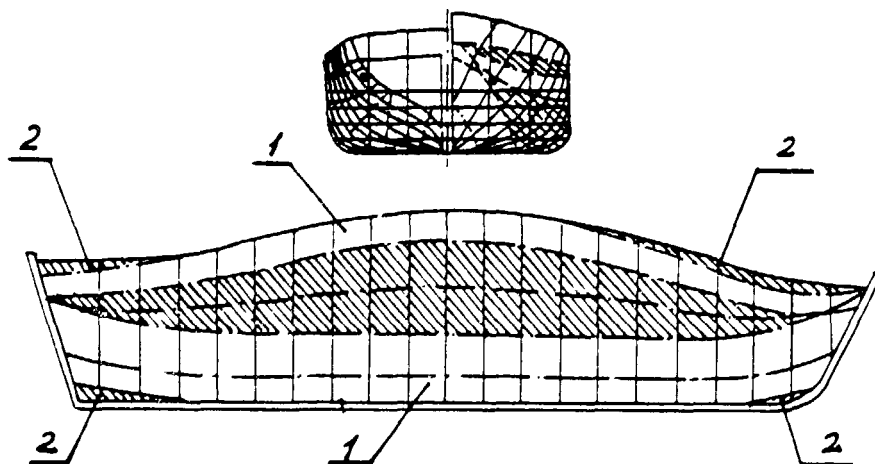
El casco en el cual la relación de la sumatoria de las áreas de la primera zona hacia la totalidad del área del forro es grande, se entiende que posee un buen grado de factibilidad tecnológica en la construcción.



DIB. Nº 1 Pequeno Seiner



DIB. Nº 2 Moto-Bote



DIB. Nº 3 Chata de Rio

Por consiguiente la relación de estas áreas nos hablará de antemano sobre el grado de facilidad o dificultad que enfrentaremos durante el proceso de construcción.

Para ilustrar, en los dibujos No. 1, No. 2 y No. 3 se muestran los cascos y sus correspondientes desarrollos de tres embarcaciones distintas y cuyo nivel de factibilidad tecnológica también es distinto.

Así los barcos representados en los dibujos No. 2 y No. 3 pueden considerarse malos ya que en la zona del pantoque las líneas geodesianas forman grandes zonas de fajas de cierre.

Esta zona en el dibujo No. 1 es mínima por lo que esta embarcación en este sentido puede considerarse satisfactoria (alrededor del 89% puede ferrarse con tracas sin frasar.)

Si se toma en consideración que ferrado mediante este sistema las fibras no sufren torceduras, podemos concluir que este forro es más resistente que el forro tradicional.

Este sistema de forro es extraordinariamente efectivo desde el punto de vista de ahorro de materiales. Se recomienda ampliamente en la construcción de todo tipo de embarcaciones de madera, indistintamente de sus dimensiones principales y formas del casco.

En la tabla No. 1 se ofrecen indicadores de ahorro que se logran mediante el diseño previo del forro según se ha descrito en los párrafos anteriores.

Sobre cómo trazar las líneas geodesianas en el forro no se hablará en este trabajo, por tratarse de métodos geométricos localizables en literatura especializada u otras fuentes.

En este capítulo que hemos destinado a los aspectos del diseño creemos oportuno referirnos, aunque sea brevemente, a las embarcaciones de madera construidas en Cuba, cuyas características principales y forma del casco se muestran en la tabla No. 2.

Estas embarcaciones, aunque no han sido diseñadas por el método descrito mas arriba, sí se han caracterizado por una notable simplicidad de su ferrado en particular y de su construcción en general, además de poseer buenas características marineras todo lo cual ha sido corroborado por una experiencia de más de 20 años, durante los cuales no han presentado problema serio alguno. Estas embarcaciones se recomiendan como posible punto de partida en el fomento de una construcción naval de madera en los países del área de América Latina.

4. TECNICAS Y METODOS PARA LA CONSTRUCCION DE EMBARCACIONES DE MADERA.

4.1 NUEVO SISTEMA DE ESCANTILLONADO.- SUS VENTAJAS.

La calidad de la construcción de un buque de madera comienza muy atrás: con el acopio y cuidados que es necesario dispensarle a éstas.

Es necesario cuidar de que los materiales utilizados no padezcan las enfermedades características de la madera (pudrición seca, hongos, rajaduras, agallas, nudos, picadura de insectos, etc.) defectos que reducen el período de duración de la madera.

Desde el momento mismo del acopio hasta la puesta en forma de piezas sobre el barco así como durante el proceso de explotación, se lleva a cabo toda una serie de actividades cuya objetivo es el de impedir el surgimiento en las diferentes calidades de madera de los efectos que más arriba se han referido y entre las cuales se pueden destacar como principales las siguientes actividades:

- Es necesario utilizar madera que cuente con un adecuado período de acopio.
- Es necesario organizar correctamente el secado y conservación posterior de la madera. Los belos se aserran tan pronto son talados (verdes) y la madera aserrada se seca rápidamente.
- Es necesario buscar las soluciones constructivas más racionales durante el proceso de proyecto.

Con relación al secado, es conocido que se emplean el secado natural (aeración) y secado artificial (en cámaras de vapor con corriente de alta frecuencia) y otros métodos de entre los cuales se destaca el PETICLATUM (conocido en la URSS), que se realiza en una mezcla de parafina con grasas minerales altamente viscosas, este secado no ejerce influencia negativa sobre las propiedades mecánicas de la madera, ni sobre la calidad de uniones a base de colas. Este método de secado es recomendable debido que proporciona un secado más rápido de la madera lo que a la larga se traduce en una eficiencia económica del proceso global de construcción.

En lo que respecta a las especificidades de la construcción del casco, luego de un análisis de los diferentes métodos empleados en la construcción naval de madera hasta nuestros días, los autores del presente trabajo han decidido recomendar, por lo prometedor de sus indicadores técnico-económico, la introducción de un nuevo sistema de escantillonado probado a comienzos de la década del 60 por el ingeniero soviético D. N. Nicolay, y al cual denominó sistema de escantillonado LONGITUDINAL - MONOLITICO.

En este sistema de escantillonado el forro exterior está formado por un caparazón de espesor algo mayor que el espesor del forro tradicional de una sola capa.

Las cintas del forro se forman seccionando el casco del barco con planos paralelos entre sí, diagonales, inclinados con respecto al plano diametral y distante uno de otro un valor igual al espesor de las cintas del forro. Estos cintones se pegan unos con otros, formandose como resultado, un cascarón monolítico que no es otra cosa que el forro exterior de la embarcación (dib. 4 y - dib. 5.)

En el sistema de escantillonado tradicional las cuadernas frecuentemente espaciadas sirven, fundamentalmente, para recibir los esfuerzos provenientes de la flexión general, transmitidos por el forro exterior y otros elementos longitudinales a través de los medios de unión.

En el tipo de construcción propuesto, debido a la unión compacta de todas las cintones del forro entre sí a lo largo de la embarcación, desaparece la necesidad de un espaciamiento frecuente de las cuadernas. Por tanto los elementos transversales se reducen solamente a los mamparos definidos en la distribución general prevista y a una cantidad mínima de cuadernas y varengas reforzadas.

El cascarón monolítico puede soportar esfuerzos mayores que el forro exterior tradicional, razón por la cual puede prescindirse de los elementos longitudinales interiores tales como esloras, palmejares y caireles, de los cintones de unión del fondo con el pantoque y también del forro interior.

Con relación a la resistencia, los resultados de experimentos comparativos establecieron que las embarcaciones construidas por el método LONGITUDINAL - MONOLITICO son más resistentes que las construidas con el sistema de escantillonado tradicional.

Respecto a las posibilidades de reparación, cuando se introdujo este sistema de escantillonado en la construcción naval de madera, los armadores se mostraron con escepticismo llegándose a alegar la imposibilidad de efectuar con éxito las reparaciones, lo cual resultó no fundamentado.

La práctica demostró que en presencia de averías pequeñas (rotura de 2 - 3 fajas) (en una longitud también pequeña) resulta satisfactorio el método de reparación mostrado en el dib. No. 6. Los cantones reídos de la abertura en el casco se cortan hasta conformar un rectángulo regular. Por el interior la abertura se cubre con una placa metálica cogida con remaches al forro; por el exterior la tapa nueva de madera se ajusta al agujero y se fija por medio de remaches a la placa metálica del interior calafateándose con posterioridad las juntas.

En averías mayores cuando se precisa la sustitución de varias fajas de una longitud grande, se delimita la magnitud de la rotura en un contorne cerrado. Se barrena el ferro por todo el contorne cortándose después con un formón de tal forma que por todo el perímetro se forme una ranura pasante de una anchura de 15 ó 20 mm y se desmonta la sección del ferro averiada con ayuda de la cual — (empleada como plantilla) se construyen las nuevas fajas o cintones.

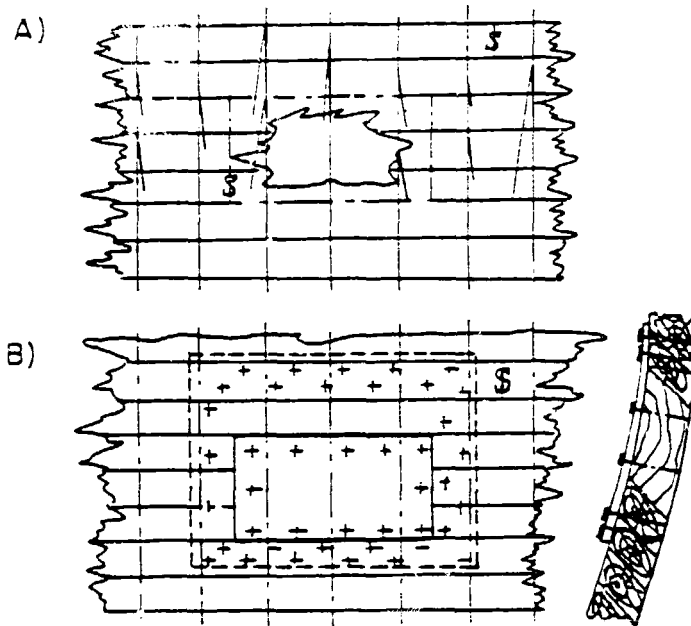
La colocación de nuevas fajas se realiza comenzando por la inferior hacia arriba :

cada faja consecutiva se fija con la anterior clavándolas entre sí por los cantos o por medio de colas resistentes al agua; como la última faja no se puede colocar por el método antes descrito, se clava en hendiduras especiales practicadas a tal efecto las cuales una vez terminado el trabajo se disimulan adecuadamente con tapines encolado o avrilla.

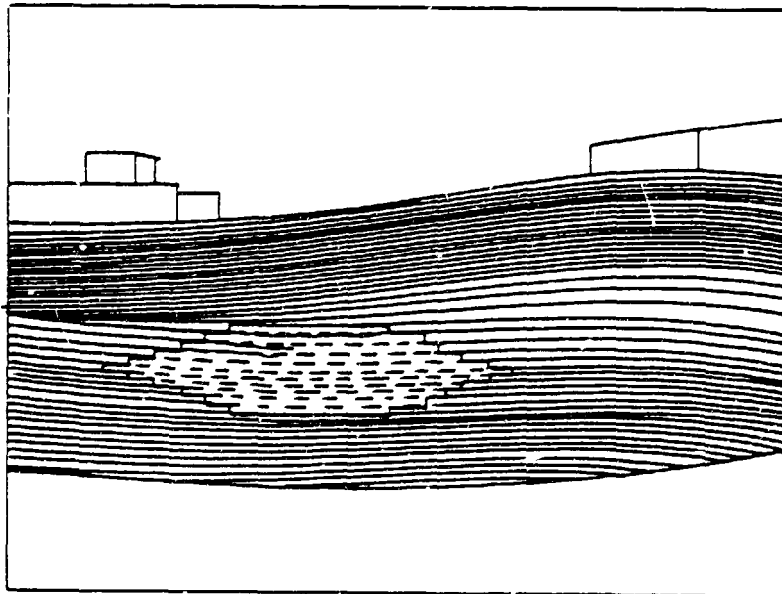
Si las fajas se colocan sin el empleo de colas, la impermeabilidad del ferro se consigue calafateando la junta. Una avería de este tipo luego de la reparación tiene el aspecto del dib. No. 7.

Finalmente diremos que la construcción y la experiencia de explotación a lo largo de algunos años de la primera serie de barcos construídos por este sistema permiten hacer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La inexistencia de deformaciones residuales a lo largo de la línea de la quilla se refleja positivamente en los valores de los parámetros de resistencia del casco LONGITUDINAL - MONOLITICO.
2. Debido a la buena ventilación interior, el ferro-escantillón de los cascos monolíticos se somete menos a la pudrición y es mas accesible a la inspección y a la profilaxis antiséptica.
3. La reparación de las averías en el ferro se realiza con relativa facilidad y es factible de ejecutarse en cualquiera área de reparación.
4. La ausencia de elementos con grandes secciones transversales doblados asegura la exactitud de las formas proyectadas del casco pudiéndose ejercer fácilmente su control en el proceso de construcción.
5. Mediante este sistema se simplifica la tecnología, se mecaniza el proceso de elaboración de las piezas, se acorta la duración del proceso de construcción, disminuye la laboriosidad y la calificación de los trabajadores.



DIB. N°6 Boquere en el Forro escantillón
A) antes de la reparación
B) después de la reparación



DIB. N°7 Aspecto de una reparación mayor
en un forro escantillon

6. De igual forma disminuye el gasto de madera y de medios de unión por unidad de módulo $L \times B \times H$ y se posibilita el empleo de maderas de ciertas dimensiones y calidad inferior.
7. Con este sistema se asegura una confiable estanqueidad de los mamparos — transversales así como el casco ya que éste, gracias a la inexistencia del escantillado interior, es más accesible a la inspección y por tanto a la supresión de filtraciones si éstas surgieran.
8. A causa del aligeramiento del casco como resultado de la disminución de elementos de escantillado interior así como de elementos de unión, se logra un sensible aumento en la capacidad de carga.
9. El sistema permite construir todo el forro-escantillón pegado con lo que — resulta realmente monolítico.

El empleo del calado de ninguna manera exige una modernización sustancial del astillero. Sólo requiere la existencia de una línea de vapor y la adaptación de las técnicas de calado.

Para mostrar el efecto de la introducción del nuevo sistema de escantillado, en la tabla No. 3 se muestran datos comparativos de los indicadores de construcción de un barco no propulsado así como de otra serie de botes-motor hechos con escantillado tradicional y por el método LONGITUDINAL-MONOLÍTICO. Por los datos de esta tabla se arriba a la conclusión de que mediante el aumento de las dimensiones principales, la efectividad relativa del nuevo sistema de escantillado crece.

Finalmente puede añadirse que en el diseño de embarcaciones por el método propuesto se simplifican los elementos del cálculo de resistencia y por ende de la construcción en su conjunto.

Vistas generales de una embarcación construída mediante este sistema se pueden apreciar en los dib. No. 8 y No. 9.

4.2 BARCOS DE CONSTRUCCION LAMINADA.- PARTICULARIDADES Y VENTAJAS.

Los éxitos logrados en los últimos tiempos en la creación de colas resistentes al agua y los resultados de experimentos modelados y al natural con construcciones pegadas permiten recomendar el empleo de las colas en el frente más amplio de trabajo de la construcción naval de madera.

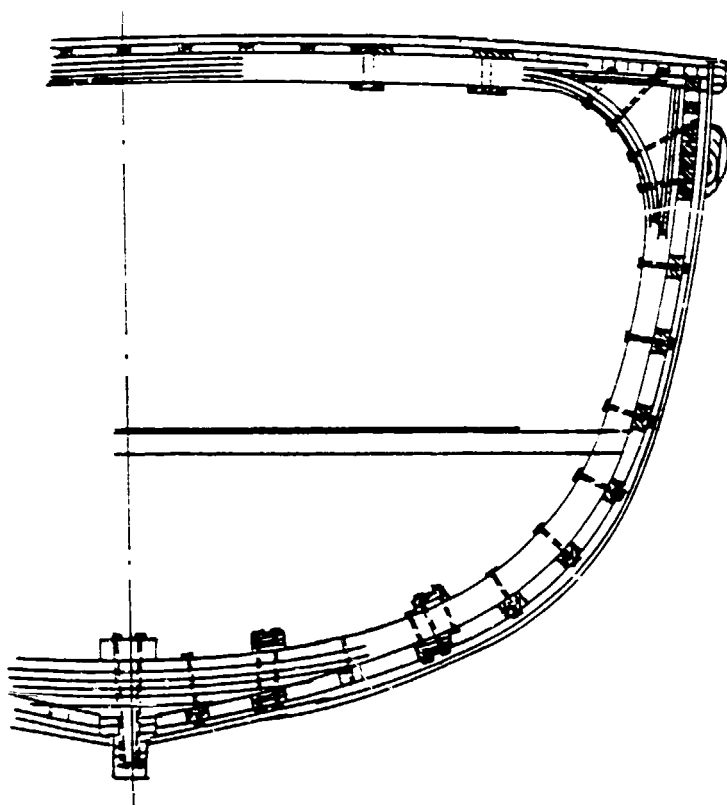
Una larga experiencia en la URSS en la explotación de embarcaciones de diferentes tipos (barco inglés para trabajos de hidrografía de 32,3 m de eslora, lanchas de motor y otras muchas embarcaciones) después de una experiencia de explotación de más de 15 años hasta la década del 70, pueden considerarse en estado completamente satisfactorio.

Como resultado del empleo de las colas según datos de los EEUU de América el peso del casco se reduce en más del 50% en comparación con el peso del mismo barco construido con elementos tradicionales.

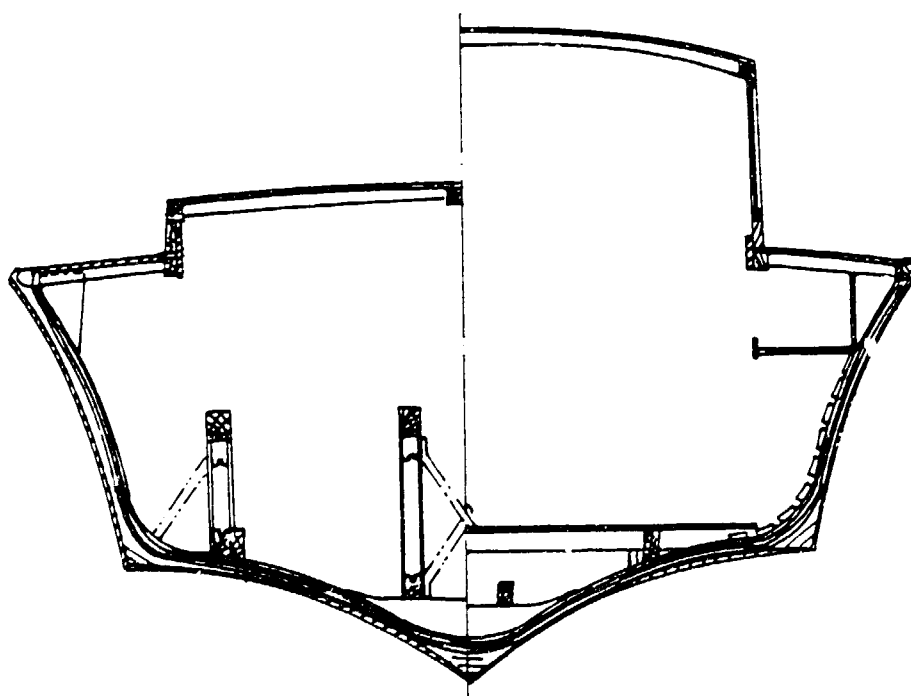
Hay que señalar que en la medida del empleo más generalizado de las colas, la sección transversal de los elementos del escantillado se han ido disminuyendo, sin que por ello, hayan disminuido los parámetros de resistencia. Esto quedó demostrado con los resultados de las investigaciones comparativas de cuadernas laminadas con cuadernas de ligazón, realizadas por el Instituto de Investigaciones Científicas de Suecia.

Los resultados de estas investigaciones mostraron que el módulo de elasticidad para la cuaderna laminada es aproximadamente el 30% mayor que el módulo de elasticidad para la cuaderna de ligazón y su resistencia supera la carga de cálculo en no menos de 2,5 veces (por datos de los EEUU de América investigaciones análogas arrojaron que el módulo de elasticidad es mayor del 50%).

De igual forma se comprobó que en dos casos de tres, la rotura de la cuaderna sucedió no por el cordón de pegamento sino por la madera limpia; en el 3er. caso, no obstante el hecho de que la carga de prueba superaba en 2,75 veces la carga calculada, la construcción no se rompió, no presentando tampoco deformaciones residuales al término de las pruebas. Por otra parte hay que señalar que la rama de la cuaderna no trabaja aislada, sino que absorbe los esfuerzos conjuntamente con los restantes elementos del escantillado pertenecientes a la sección dada. Así que si se toma en consideración el trabajo en conjunto de estos, así como que la carga real actuante debe valorarse como la columna de agua hasta el nivel de la línea de flotación, las reservas de resistencia serán significativamente superiores a lo señalado más arriba.



DIB-Nº10 Cuaderna maestra del buque hidrográfico de eslora 32,3m



DIB-Nº11 Cuaderna maestra de una lancha de motor de construcción laminada

En cualquier caso no existen dudas de que el empleo de las construcciones laminadas en el escantillado naval se refleja en el peso mínimo del casco disminuyendo también el gasto de materiales en la construcción.

En los dib. No. 10 y No. 11 se muestran ejemplos de construcciones laminadas. Es fácil constatar que a todo lo largo del presente trabajo, ha sido una constante en el interés de los autores, los aspectos económicos. Por eso en este capítulo como lo hicimos en el anterior, no queremos dejar de referirnos a las embarcaciones cubanas, que con relación a las dimensiones de los escantillones también presentan ventajas sobre sus homólogos construídos en otras partes del mundo, todo lo cual puede apreciarse en las tablas No. 4 y No. 5. En estas - - tablas se han comparado los elementos fundamentales de iguales embarcaciones - cubanas y extranjeras, y se observa casi en su totalidad menores dimensiones - en los elementos de las embarcaciones cubanas, lo que conllevaría a una disminución del peso de las embarcaciones y por consiguiente a un aumento en su - - capacidad de carga y todo esto en su conjunto al mejoramiento de los indicadores económicos de construcción y explotación.

-23-

ESCAFITILLONADO DE EMBARCACIONES DE MADERA CONSTRUI-
DAS EN CUBA. (en mm)

TABLA N^o

EMBARCACION ESCAFITILLON	SIGMA 33'	OMICRON 50'	RO 60'	GOLFO 65'	LAMBDA 75'
QUILLA	90x200	100x200	DOBLE 150x300	DOBLE 150x300	250x300
SOBREQUILLA	—	—	200x300	200x200	300x300
RODA	90x200	100x200	150x200	150x300	250x300
CODASTE	102x200	127x250	250x250	250x250	400x400
MACIZO	102x300	127x300	250x300	250x300	300x400
DORMIDO (TACON)	102x300	127x300	250x300	250x300	300x400
GAMBOTAS	—	—	75x250	100x300	125x300
PALMEJARES	25x100	45x100	2 HILADAS 65x150	3 HILADAS 70x150	3 HILADAS 75x150
CUADERNAS PARA MOLDEO	25-90	—	—	—	—
CUADERNAS LAMINADAS	32x82	38x75	75x100	—	—
CUADERNAS DE LIGAZON	—	—	70x150 A 100	140x150 A-100	150x180 A 120
DURMIENTES	—	—	75x150	100x200	127x300
CAIRELES	25x150	98x75 ¹⁵⁰	75x200	75x200	100x250
SOTA CAIRELES	—	38x75	60x150	60x150	70x200
BAOS	38x90	38x75	70x130	75x150	100x160
TRANCANILES	32x150	38x127	50x250	50x250	70x300
FORRO DE LAS BANDAS	22	30	45	45	70
FORRO DE CUBIERTA	22	30x75	45x100	45x100	70x100
FORRO DE AHURADA	38x52	22	38	40	40
TAPA DE REGALA	25	38x127	38x200	45x200	65x250
MADRINAS	—	—	75x200	75x200	100x200
PIE DE RODA	90x200	100x200	150x300	150x300	250x400
ARRANQUERA DE QUILLA	32x200	38x200	50x300	50x300	80x300
TRACA DE CINTA	32x200	38x200	60x250	50x250	80x250
BARRICANETES	50x75	60x75	65x100	65x100	75x127
FORRO DE POPA	38 Simple	50 Simple	70 DOBLE	70 Simple	75 Simple
CORNAMUSA DE MADERA	—	—	75x200x700	75x200x700	100x200x700

ESCAMTILLONADO DE EMBARCACIONES DE MADERA CONSTRUIDAS
EN OTROS PAISES. (en mm)

TABLA N°

EMBARCACION ESCAMTILLON.	30 PIES	50 PIES	65 PIES	75 PIES
QUILLA	150 x 200	200 x 300	300 x 300	300 x 355
SOBREQUILLA	150 x 200	200 x 200	250 x 300	300 x 335
RODA	150	200	300	300
CODASTE	150 x 150	200 x 300	300 x 410	355 x 455
MACIZO (TACON)	200	250 x 300	355	405
DORMIDO (TACON)	200	300	300	300
GAMBOTAS	—	—	—	—
PALMEJARES	4 HILADAS 50 x 150	5 HILADAS 75 x 150	6 HILADAS 100 x 150	7 HILADAS 100 x 200
CUADERNAS PARA MOLDEO	75	90	115	115
ESPACIO $\frac{5}{8}$ CUADERNAS	450	600	675	675
CUADERNAS DE LIBAZON	150 A 75	180 A 90	200 A 100	230 A 115
DURMIENTES	50 x 150	75 x 200	75 x 300	100 x 300
CAIRELES	50 x 150	75 x 250	75 x 300	75 x 300
SOTACAIRELES	50 x 150	75 x 250	75 x 300	75 x 300
BAOS	75	90	115	115
TRANCANILES	32 x 150	50 x 300	50 x 300	60 x 300
FORRO DE LAS BANDAS	25	38	50	50
FORRO DE CUBIERTA	25	38	50	50
FORRO DE AMIZADA	25	38	50	50
TAPA DE REGOLA	50 x 150	50 x 150	50 x 300	75 x 300
MADRINAS.	150 x 150	200 x 200	250 x 250	300 x 300
PIE DE RODA	200	200	300	300
APARADURA DE QUILLA	32	38	50 x 300	63 x 300
TRACA DE CINTA	25	50 x 250	50 x 250	50 x 250
BARRABNETE	50 x 150	75 x 200	75 x 300	75 x 300
FORRO DE DO PA	50 DOBLE	75 DOBLE	100 DOBLE	100 DOBLE
CORNAMUSA DE MADERA.	200	300	350	350

5. CONCLUSIONES.

Al enfocar el presente trabajo no ha sido objetivo de los autores el describir técnicas tanto de diseño como de la construcción de embarcaciones de madera, - todas las cuales son objetivo de estudio en libros de textos y manuales, sino que la atención se ha centrado en aspectos meramente económicos procediéndose a la selección de aquéllas que en este sentido resultan más ventajosas a - - - países con pocos recursos económicos y bajo nivel técnico y científico.

En opinión de los autores estos objetivos se han logrado plenamente ya que las técnicas, métodos y recomendaciones expuestas en el trabajo contribuyen, de ser aplicadas en la producción, al logro de una construcción naval de madera a la altura de las necesidades y condiciones de los países para los cuales se ha desarrollado.

Por otra parte, los resultados del trabajo se consideran satisfactorios. Este cuenta con una amplia información estadística que recoge la experiencia acumulada en el diseño y la construcción naval de madera en nuestros tiempos, todo lo cual demuestra la veracidad de los criterios expuestos.

Finalmente queremos señalar que los autores del presente trabajo no pretenden presentar sus resultados como absolutos ni definitivos, sino como la apertura de una posible vía susceptible de ser sometida a análisis más profundos con una consecuente elaboración de soluciones concretas para introducir en la producción.

6. BIBLIOGRAFIA.

1.- G. B. Terlentiev

"Barcos marítimos de madera"

ed. Sudpromgys

Leningrado. Año 1961.

2.- Fishing boats of the world; 2

ed. Fishing news (Books) L.T.D.

P.A.O. Año 1960.

3.- Informe al Consejo de Dirección del Ministerio de Industrias (ECONAVAL)

editado por el Ministerio de Industrias

Cuba. Octubre de 1962.

