

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Consideraciones de Diseño en Embarcaciones de Madera para Pesca Artesanal ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO

RAUL IVAN CERREÑO CARO

PROMOCION: 1988 - 2

LIMA . PERU . 1992

INDICE

PROLOGO

CAPITULO 1 : INTRODUCCION

- 1.1 El método de trabajo
- 1.2 Alcance del estudio

CAPITULO 2 : LA PESCA EN EL PERU

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Clasificación de la pesca
- 2.3 Principales formas de pesca en nuestro medio
 - 2.3.1 Pesca por arrastre
 - 2.3.2 Pesca de cerco o encierre
 - 2.3.3 Pesca por cortina
 - 2.3.4 Pesca con chinchorro de playa
 - 2.3.5 Pesca con luz
- 2.4 Instrumentos y equipos utilizados
- 2.5 El recurso marino
- 2.6 La pesca artesanal
 - 2.6.1 Aspecto legal
 - 2.6.2 Aspecto social

CAPITULO 3 : CONSIDERACIONES DE DISEÑO

- 3.1 La espiral de diseño
- 3.2 Requerimientos y tipo de embarcación
- 3.3 Dimensiones principales
- 3.4 Forma del casco
- 3.5 Curvas hidrostáticas
 - 3.5.1 Principio de Arquímedes
 - 3.5.2 Equilibrio
 - 3.5.3 Estabilidad de embarcaciones
- 3.6 Estructura principal del casco
 - 3.6.1 Materiales
 - 3.6.2 El escantillonado
 - 3.6.3 Recubrimientos
- 3.7 El sistema hidráulico
- 3.8 El sistema eléctrico
- 3.9 El sistema de propulsión
 - 3.9.1 El motor
 - 3.9.2 La hélice
 - 3.9.3 El eje
- 3.10 Equipos de pesca
 - 3.10.1 Aparejos de pesca directa
 - 3.10.2 Sistemas de tracción por espinel

- 3.10.3 Maquinaria para mejorar la eficiencia de la pesca
- 3.10.4 Redes para pesca por cerco
- 3.11 Sistema de conservación para el pescado
 - 3.11.1 transmisión de calor a través de las paredes
 - 3.11.2 Carga térmica debido al aire exterior que ingresa
 - 3.11.3 Carga térmica por reducción de la temperatura del producto
 - 3.11.4 Calores diversos y totalización

CAPITULO 4: DISCUSION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DEL PROYECTO

- 4.1 Variaciones pequeñas en las dimensiones del casco
- 4.2 Relación casco-propulsión
- 4.3 Comentarios sobre motores
- 4.4 Selección de la hélice
- 4.5 Límite de estabilidad
- 4.6 Franco bordo mínimo

CAPITULO 5: ANALISIS ECONOMICO

- 5.1 Costos generales
 - 5.1.1 Maderas
 - 5.1.2 Calafateo
 - 5.1.3 Mano de obra
 - 5.1.4 Equipos de propulsión
 - 5.1.5 Equipos electrónicos
 - 5.1.6 Sistema de tracción
- 5.2 Flujo de caja
 - 5.2.1 El principal
 - 5.2.2 Ingresos mensuales
 - 5.2.3 Egresos mensuales
 - 5.2.4 Tiempo de retorno de la inversión

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

- APENDICE A Maderas y sus tratamientos
- APENDICE B Barcos del mundo
- APENDICE C Bureau Veritas - Escantillonado / recomendaciones
- APENDICE D F.A.O. - Escantillonado / recomendaciones
- APENDICE E Requerimientos de la Capitanía de Puerto
- APENDICE F Métodos de diseño de cascos

SIMBOLOGIA

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE PLANOS:

- LINEAS DE FORMA
- DISTRIBUCION GENERAL
- QUILLA - DESPIECE
- ESTRUCTURA GENERAL

PROLOGO

Todos los días, desde el amanecer de la existencia humana, una de las principales preocupaciones del hombre ha sido buscar el sustento; para lograrlo desarrolló la mayor de sus armas: el ingenio.

La naturaleza ofrece al hombre una gran variedad de fuentes alimenticias; una de estas fuentes son los recursos hidrobiológicos. Peces, moluscos, algas, etc. constituyen la riqueza de los mares, ríos y lagos, con tal abundancia que, muchas especies aún no han sido estudiadas a pesar de que en todos los países del mundo se consume pescado.

La pesca como actividad extractiva ardua, arriesgada y no siempre está adecuadamente remunerada. Este estudio se interesa por el pescador artesanal, aquél que pesca en pequeñas cantidades y que en nuestro país es quién - casi exclusivamente - surte nuestros mercados.

La presente tesis: "Consideraciones de diseño en embarcaciones de madera para pesca artesanal" pretende entregar a los constructores navales (artesanales) del Perú una herramienta de cálculo que les permita reducir costos a fin de que los pescadores puedan conseguir una

embarcación segura y rentable a un precio asequible.

En la INTRODUCCION, primer capítulo de esta tesis, se detalla el propósito del trabajo y lo que se espera demostrar.

LA PESCA es el título del segundo capítulo; aquí se trata de conocer el medio y las condiciones en que se desarrolla la pesca artesanal en el Perú: que se pesca, cómo se pesca, con qué se pesca; normas legales que regulan la pesca artesanal y el entorno social que rodea al pescador.

El tercer capítulo, CONSIDERACIONES DE DISEÑO, es el tema principal de la tesis. Se presenta una metodología de trabajo y los datos disponibles en nuestro medio; así mismo se muestran los esquemas de sistemas y equipos auxiliares que complementan la embarcación.

La valorización final, involucrando los aspectos económicos de mayor importancia, son el tema del cuarto capítulo: ANALISIS ECONOMICO. El flujo de caja decidirá en última instancia si el proyecto es rentable.

En el quinto capítulo se comentan aspectos teóricos y prácticos bajo el título de DISCUSION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DEL PROYECTO.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS es el resumen de lo tratado; aquí dejaremos nuestro aporte académico para que las personas interesadas en el tema de la construcción naval puedan compartir nuestras experiencias y tengan una información concreta para mejorar el aspecto de nuestra realidad.

Los temas de construcción naval en lo referente a pesca se encuentran difusos por lo que trataremos de ser amplios en los apéndices, de manera de representar un trabajo integral.

Dejaremos una bibliografía detallada para que el lector pueda remitirse a la fuente original en caso de duda o que desee profundizar en determinado tema.

Es mi deseo que al finalizar la lectura de este trabajo, la persona interesada conozca los pormenores del proceso que debe realizarse para diseñar un barco y que, en caso de estar en condiciones, se anime a construir una embarcación dentro de los límites descritos. Nuestra flota actual es antigua y el país necesita de gente capacitada para renovarla, modestamente, espero que este trabajo colabore con esa tarea.

Para finalizar, es indudable que este trabajo se ha efectuado con la colaboración de muchas personas e instituciones, mi profundo agradecimiento al personal del

Servicio Industrial de la Marina SIMA - CALLAO por su atenta colaboración; al señor Capitán de Corbeta Aldo Olcese, por su amigable asesoramiento; y a mi gran amigo "Lalo" Eyzaguirre, por su plena confianza, que espero siempre merecer.

INTRODUCCION

El tema de tesis, que empezamos a desarrollar, tiene como propósito recopilar la información existente en nuestro medio sobre barcos de madera y mostrar su utilización en el diseño de las embarcaciones pesqueras denominadas "artesanales"

Hasta ahora las pequeñas embarcaciones de pesca artesanal se construyen con bastante ayuda del "arte", es decir sin base teórica. La tradición y el empirismo, por desgracia, no deja huellas factibles de ser mejoradas; es por este motivo que las decisiones tomadas en este trabajo tendrán una base lógica y formal para la solución real de cada problema.

Es también objetivo de esta tesis dejar sentadas las bases para la ejecución del proyecto. Mostraremos mecanismos sencillos y directos que nos permitan llegar a feliz término sin tener que desarrollar un aparato matemático que, además de ser costoso en su implementación, sea entendido por pocas personas.

Desde el punto de vista tecnológico, se desea demostrar que existe toda la información científica necesaria

para el diseño de una embarcación artesanal. También se podrá apreciar a través de la lectura que las maquinarias y herramientas para la ejecución del proyecto las posee una **carpintería medianamente implementada.**

Desde el punto de vista empresarial, queremos demostrar que la construcción de pequeñas embarcaciones es económicamente rentable y que la explotación de la embarcación en estudio tiene una tasa interna de retorno que permite al pescador pagar el barco con su labor.

1.1 El método de trabajo

El desarrollo de la tesis se realiza con un método sencillo y práctico; consiste en buscar la información adecuada para formular los problemas a partir de datos reales; luego, la solución teórica se desarrolla en base a catálogos y recomendaciones especializadas en el tema. Para coordinar, teoría y práctica, se investiga el mercado local para verificar la existencia y disponibilidad de las diferentes partes integrantes del barco. Finalmente, la valorización de las diferentes partes nos permitirá evaluar la rentabilidad del proyecto. El capítulo tres muestra un método particular, "la espiral de diseño", que es un proceso iterativo desarrollado para el diseño de embarcaciones. Este sistema nos permite ordenar el trabajo de tal manera que se puedan coordinar los distintos requerimientos con su respectiva solución; además, las

decisiones tomadas o calculadas se revisan cíclicamente de forma que puedan modificarse en caso de ser necesario.

Los sistemas informáticos permiten la generalización de casi todo trabajo; como una simple aplicación, presentaremos una hoja de cálculo que entrega las principales características de la embarcación variando un solo parámetro: la eslora.

1.2 Alcance del Estudio

Toda tesis tiene sus limitaciones, ésta no es la excepción. Nuestra principal limitación la establece la sociedad clasificadora de embarcaciones: BUERAU VERITAS. La tesis se basa en ella y ésta establece una eslora máxima de 90 pies. Sin embargo, al desarrollar el proyecto descubriremos que una eslora de tal longitud permite una capacidad de bodega mayor a las permitidas en embarcaciones "artesanales". Esto significa que, a pesar de nuestro interés por la pesca artesanal, este estudio se puede extender a barcos de un tonelaje mayor al considerado.

Por otro lado, las embarcaciones flotan principalmente, por su geometría. Luego el material utilizado en el conformado del casco influirá de forma secundaria (como peso propio de la embarcación), por lo tanto, el casco puede ser construido de cualquier material siguiendo las mismas formas. Claro está que el material sustituto

deberá contar con las características requeridas en construcción naval y que, el escantillonado (miembros estructurales), variará según las características mecánicas del nuevo material.

Esta tesis se dedica a embarcaciones de pesca pero no hay una limitación clara en esto, pues, si se desea construir una embarcación de recreo o transporte, se puede usar este trabajo como "plantilla" ya que al cambiar el modelo la metodología permanece.

Finalmente, este trabajo no pretende efectuar un diseño, sólo trata de investigar aquellos asuntos que son importantes de estudiar en las embarcaciones de bajo bordo. No se tratan -por ejemplo- los temas de arboladura, condición de inundación, periodo de rolido, etc. En general, se trata sólo aquellos aspectos que la capitania de puerto está interesada en conocer.

LA PESCA EN EL PERU

2.1 Generalidades

El Perú en un pasado cercano fue el primer productor de harina de pescado. La década del 50 se caracterizó precisamente por el crecimiento y auge de la actividad pesquera en nuestro país, gracias a los buenos precios del mercado internacional y los créditos provenientes de la banca comercial.

Una década después, la industria conservera y el consumo de productos frescos no se había desarrollado adecuadamente, en cambio, la actividad industrial (harina de pescado) para consumo de animales explotaba irracionalmente la anchoveta. A fines de los años 60 se desembarcaron alrededor de 7.5 millones de toneladas métricas (TM) anuales de pescado para consumo industrial, cuando la capacidad hidrobiológica total era sólo de 12 millones de TM por año. El recurso marino colapsó.

En los años 70 el desembarque de anchoveta registra, en promedio, 2 millones de TM por año. Sin embargo, los altos precios internacionales y las políticas estatistas

de moda deciden al estado a nacionalizar la industria harinera de pescado. Nuestro país, desgraciadamente no se ha caracterizado por tener un buen manejo empresarial de los bienes públicos. El resultado de esta dirección: desde esa época hasta nuestros días, no se ha renovado mayormente **ni la flota, ni la industria, ni la tecnología.**

La flota pesquera en los años 70 contaba con 1500 embarcaciones, de éstas, se vendieron 600 para cubrir las pérdidas de la empresa estatal (PESCAPERU). En la actualidad existen 600 embarcaciones (de todos los tipos) inscritas en el Ministerio de Pesquería; pero sólo el 60% se encuentra operativa. A esto se debe sumar el hecho que nuestra flota pesquera tienen una antigüedad promedio de 20 años.

Durante el año 1990 el Perú exportó 1 millón de TM, ya no somos la primera potencia en producción de harina de pescado, hoy lo es Chile.

El vecino país del sur planificó mejor su industria. Para empezar, adquirió la mayoría de las embarcaciones que nuestra empresa estatal vendió. Al empezar a crecer su producción se decidieron a mejorar la tecnología adquirida del Perú, a tal punto que hoy se considera a Chile como el país rector en lo que a tecnología pesquera se refiere.

Para hacer una comparación de nuestras realidades podemos decir que ellos requieren pescar de 4 á 5 TM para producir una tonelada de harina de pescado, a nosotros nos demanda, en promedio, alrededor de 6 a 7 TM, que generalmente es un producto de menor calidad que el chileno.

En lo que se refiere a otras actividades del sector, Chile logra actualmente ser el **sexto país** en cuanto a volúmenes de productos del mar. Exporta desde pescado en conserva hasta algas marinas, de esta manera diversifica **su producción**. El principal resultado es el obtener ingresos mayores al 50% de los ingresos por concepto de **exportaciones de harina de pescado**.

Para terminar concluimos que, debemos crear conciencia en nuestro país de que la actividad pesquera no se reduce a la industria de la harina de pescado, existen otras industrias que pueden ser desarrolladas. La industria pesquera trae consigo trabajo para la población económicamente activa, alimento para todos y tecnología para nuestros cuadros profesionales; así pues que activar este rubro es de necesidad inmediata para afrontar el momento de crisis que vive el país.

Nuestro mar está nuevamente poblado; aparecen en nuestras costas los peces llamados jurel, caballa, merlusa, sardina e incluso, anchoveta (sin llegar a los niveles pasados). Aprendamos de nuestros errores e imitemos los

Tabla 2.5 : FLOTA PESQUERA
- 1988 -

	NUMERO DE EMBARCACIONES	CAPACIDAD TONELAJE	TON/EMB.
FLOTA INDUSTRIAL	658	122,577	186.3
FLOTA ARRASTRERA DE ALTURA:			
BANDERA NACIONAL	11	5,900	536.4
BANDERA EXTRANJERA	11	11,670	1060.9
COSTERA	87	7,051	81.0
FLOTA ATUNERA	6	2,150	358.3
FLOTA ARTESANAL	5,212	15,906	3.1

Fuente: Min. Pesquería
Diario "EL Comercio" - 21/7/91

Tabla 2.6 : BIOMASA 1986 - 89

(MILES DE TM)

ESPECIE	1986	1987	1988	1989
JUREL	4330	7000	2800	4303
CABALLA	1700	1900	1300	1032
SARDINA	2700	1750	4500	3680
ANCHOVETA	6000	4500	5900	3060

Fuente: IMARPE
Diario "EL Comercio" - 21/7/91

aciertos ajenos para que nuestra actividad extractiva se revitalice y se mantenga siempre en auge.

2. 2 Clasificación de la pesca

Pescar significa, para el tema que estamos desarrollando, coger peces con redes, cañas u otro instrumento. Los dispositivos o ingenios usados para realizar esta labor se denominan "artes de pesca".

Siendo la pesca tan antigua como la humanidad, se encuentran a través de la historia diversos recursos de pesca: algunos de ellos cumplieron su misión debidamente, otros resultaron destructores del medio ambiente (ver Fig.1).

Existen muchas formas de clasificar la pesca, nosotros presentamos las más comunes:

a) Por el ámbito donde se practica:

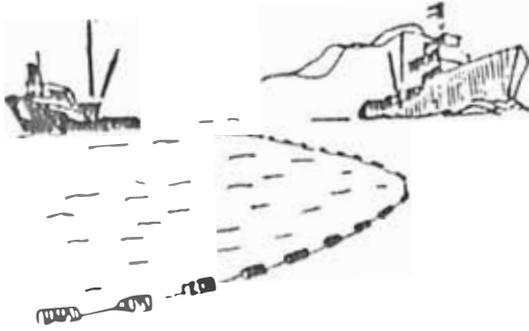
- Fluvial
- Lacustre
- Marítima: * costera (reservada a los nacionales)
 * altura (libre)

b) Por la posición del pescador

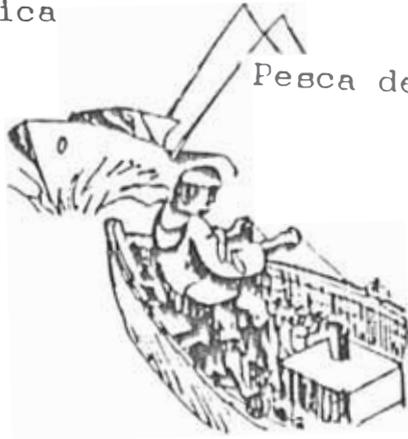
Fija: si se atrae a la presa con cebo o se le espera en su camino.

- Móvil: si se persigue a la presa.

Pesca científica



Pesca deportiva

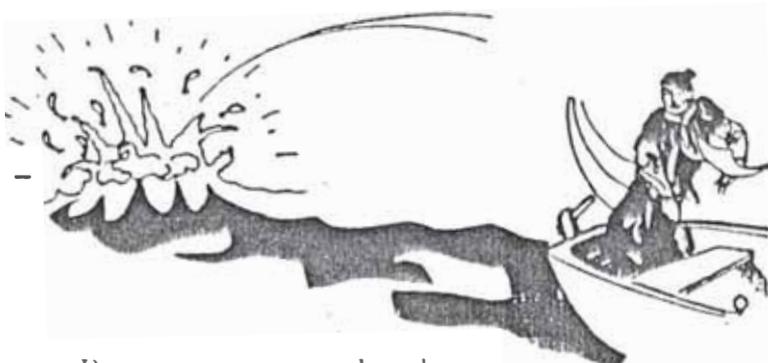


Pesca de encierre



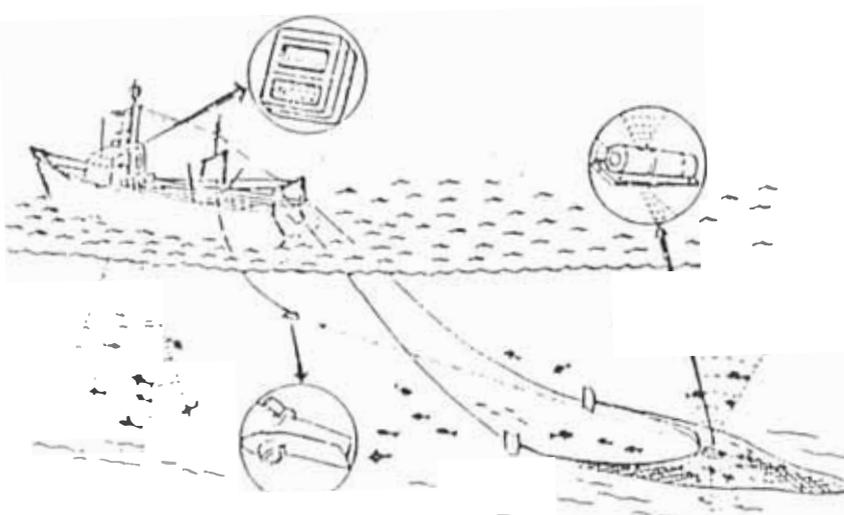
Pesca artesanal

Pesca con línea



Pesca con lanza

Pesca con explosivos



Pesca de arrastre



Pesca con luz

FIGURA 2.1

c) Por la modificación transitoria del medio:

- Se atrae a los peces usando una luz durante la noche.
- Atontando a los peces con explosivos o químicos (Este tipo de pesca está prohibida por el daño que causa a la naturaleza).

d) Por los instrumentos, artes o aparejos que usa:

- De anzuelo:

* Fijo y cebado (cebo olfativo) como el de la caña, sedal y palengre.

* Móvil y cebado (cebo visual, atrae por su color y forma) como el curricán o espinel.

De malla o red: Este tipo de aparejos se han desarrollado en diversas formas y cada tipo presenta variantes en la metodología de trabajo. Pueden darse como ejemplos: cortina, chinchorro, boliche, atarraya, etc.

- De trampa o jaula: son laberintos o jaulas de las que el pez no es capaz de escapar.

- De proyectil: Alcanzan a la presa por impulso manual o disparo mecánico. La pesca de la ballena es un claro ejemplo de esta actividad.

2.3 Formas de pesca principales en nuestro medio

En nuestro país se utilizan la mayoría de métodos de pesca que indica la clasificación pero son de especial interés aquellas que por el volumen de captura ayudan a satisfacer la demanda tanto industrial como de consumo humano.

2.3.1 Pesca por arrastre

Generalmente son embarcaciones medianas o grandes que tienen buena estabilidad y flotabilidad, además desarrollan una velocidad entre 9 y 12 nudos de tal forma que el pez no puede salir del encierro.

La embarcación lleva arrastrando detrás suyo una red de estructura cónica (Fig.1) con prolongaciones laterales en la boca del tubo. La parte posterior va cerrada a fin de que los peces queden atrapados.

Según la profundidad a la que se encuentran las redes, la pesca puede ser de superficie, de medio fondo o de fondo; generalmente se dedica a la pesca de consumo humano y como realiza su faena lejos de la costa debe tener cámara de conservación para preservar el pescado.

2.3.2 Pesca de cerco o encierre

Generalmente son embarcaciones pequeñas o medianas con buena flotabilidad y velocidad mediana (4.5 nudos).

El método consiste en cercar el cardumen (Fig.1) con ayuda de otro bote (panga) y una red. Una vez realizado el cerco se recoge la parte inferior de la red para formar "la bolsa" y evitar que los peces fugen. El recojo de los peces se puede efectuar de distintas maneras, actualmente se usa mucho una bomba hidráulica de succión.

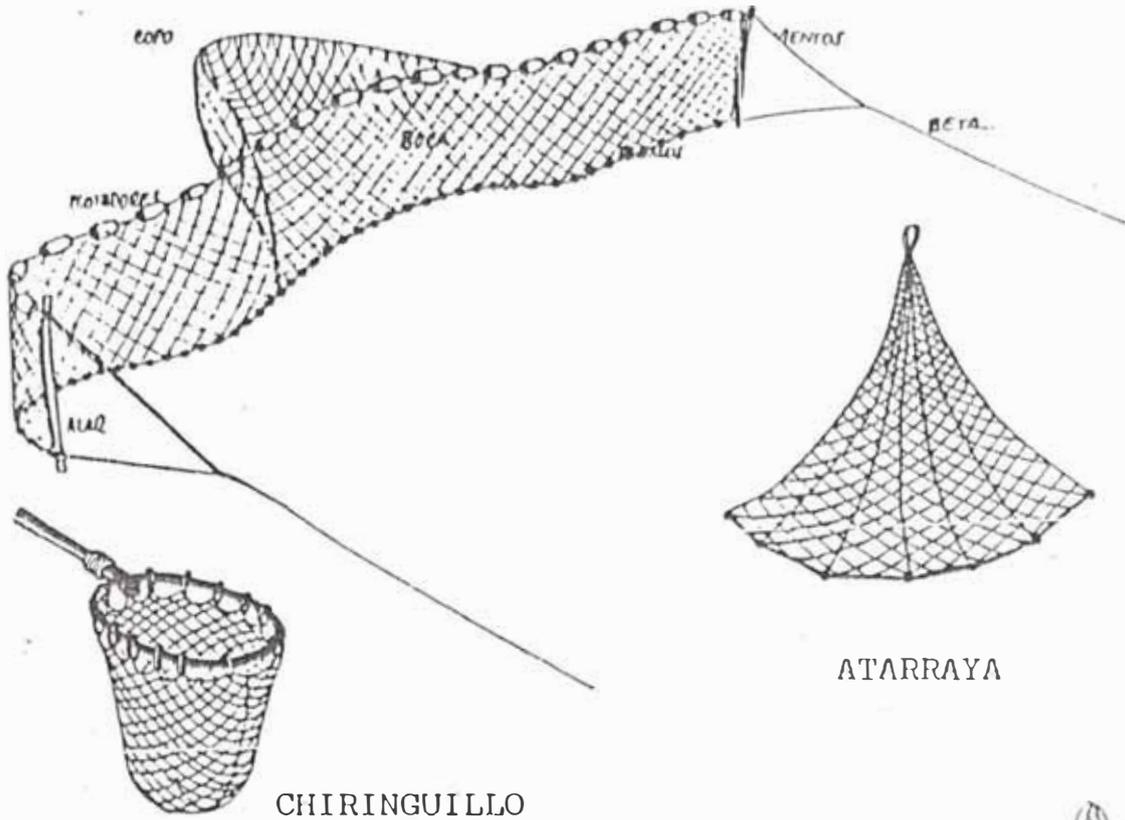
De acuerdo con el tamaño de la malla se puede pescar: anchoveta, bonito, caballa, cachema, machete, sardina, etc. El tamaño de malla está reglamentado.

Según la red, o boliche, se puede hacer la siguiente clasificación:

- a) Boliche anchovetero (12 mm).
- b) Boliche bonitero (75-81 mm).
- c) Boliche machetero (31-37 mm).

Dependiendo del tiempo de faena y el lugar dónde se realice el barco puede tener cámara insulada o no.

CHINCHORRO



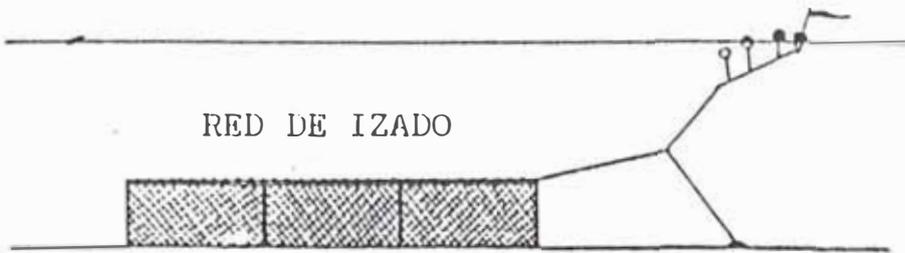
CHIRINGUILLO

ATARRAYA

RED DE CORTINA



RED DE IZADO



REDES DE TRAMPA O JAULA

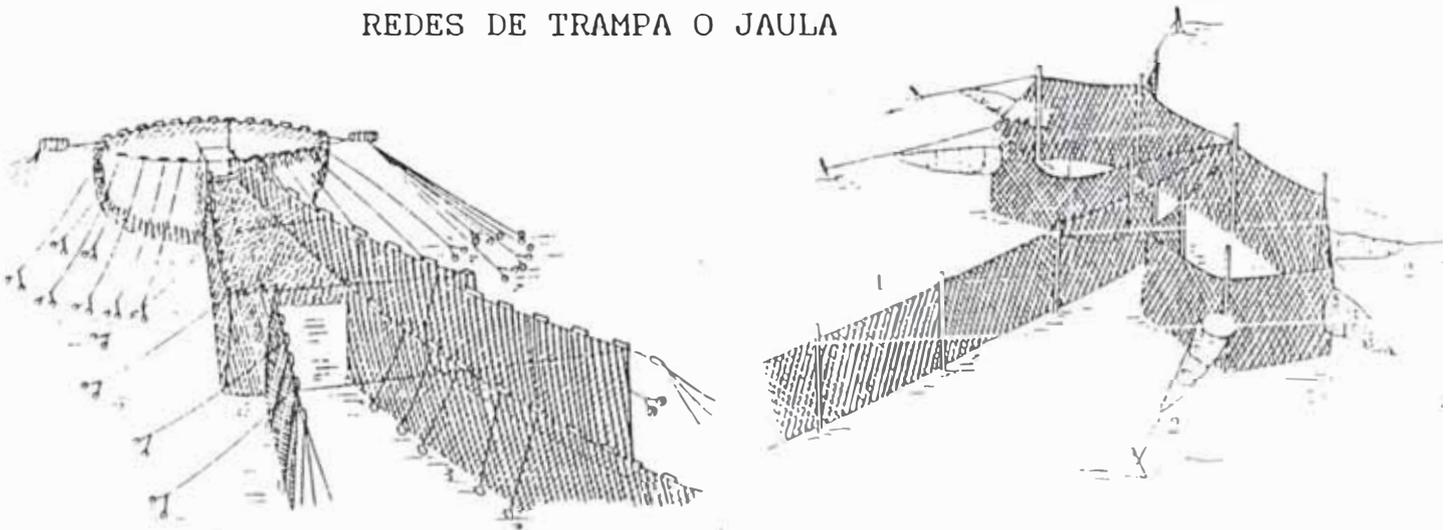


FIGURA 2.2

2.3.3 Pesca por cortina

Se utilizan redes rectangulares de nylon, diseñadas para que los peces se enreden en ellas al menor contacto (Fig.2). Las dimensiones son variables según la especie que se captura.

Con las redes de deriva, que se mantienen flotando, se capturan especies pelágicas (bonito, caballa, pejerrey). Con las redes de fondo se capturan especies demersales (lorna, raya, tollo, etc).

Las redes van montadas entre dos líneas de cabo nylon. La línea superior va provista de flotadores de corcho o plástico, la línea inferior va lastrada generalmente con plomo, de forma que la red queda perpendicular a la superficie del agua.

2.3.4 Pesca con chinchorro de playa

Es un aparejo de pesca usado por embarcaciones pequeñas, como botes o chalanas. La metodología de trabajo es el arrastre y captura de toda clase de especies de playa.

La red es de forma cónica con prolongaciones laterales (Fig.2). Tiene la línea superior con corchos y la línea inferior lastrada con plomos.

2.3.5 Pesca con luz

La pesca con luz (Fig.1) aprovecha el hecho de que ciertas especies están habituadas a buscar la luz (anchoveta, sardina, etc).

La metodología de trabajo como sigue, una vez descubierto el cardumen se detiene el barco y se colocan los aparejos luminosos, se encienden los focos por estribor (o babor). Una vez que se considera que existe suficientes peces, se coloca la red por babor (o estribor) y se colocan otros equipos de iluminación en dicho lado. Se procede a apagar los primeros y a encender los segundos. Los peces se desplazan al nuevo lugar iluminado donde los aguarda la red. Finalmente se iza la red (Fig.1).

El campo de acción de este sistema varia con la intensidad de la luz, es decir, con el cuadrado de la potencia del foco. En general, mayor efectividad se encontrará en mares tropicales donde el agua es más clara que en los mares polares.

2.4 Instrumentos y equipos usados

En este acápite daremos una breve descripción de los instrumentos electrónicos usados para la navegación búsqueda así como los equipos mecánicos que se usan para la pesca propiamente dicha.

Los instrumentos más comunes que se usan tanto para la navegación marítima como para la pesca son:

* **Compás Magnético:** Es lo que comúnmente se llama rosa náutica o brújula y está calibrada con los polos magnéticos del planeta; indica siempre el Norte.

* **Radio:** Es el equipo de contacto con tierra principalmente o con otra embarcación, es el medio de comunicación para detectar el cardumen o como medio de pedir auxilio en caso de necesitarlo. Trabaja con energía eléctrica y emite, por lo común, ondas en VHF.

* **Sonar:** Permite la visualización interna del mar, puede ubicarse tanto al cardumen, así como la profundidad existente para evitar encayar.

* **Equipo de navegación por satélite:** es un equipo electrónico que cuenta con un reloj de alta precisión, está en capacidad de entrar en contacto con un satélite artificial; sirve para indicar la posición actual en que se encuentra el barco con una precisión de 15 metros; el ahorro en combustible al año es de aproximadamente 15% además de dar seguridad al trabajo.

* **Ecosonda:** Es un instrumento electrónico que funciona con ultrasonido y permite visualizar el cardumen a una corta distancia del barco, existen variaciones tanto en las funciones y características según la marca.

* **Winche:** Es un mecanismo de tracción mecánica, puede estar accionado por motor hidráulico, eléctrico o a combustión interna, o también a mano. Sirve para el

izamiento de las redes después de realizada la captura: se le utiliza también en el izaje del ancla.

* **Macaco:** En la pesca por cerco se trabaja con una polea especial que lleva recubrimiento en caucho para no dañar la red en su paso a través de ella, está accionada por sistema hidráulico (Power Block).

* **Bomba de succión:** por lo general trabaja con las redes de cerco y absorben el pez para llevarlo dentro del barco, existen en diferentes formas y capacidades, se le usa también en la pesca por luz y por electricidad.

* **Redes:** existen de diversas formas y tamaños; mas adelante presentamos una tabla con las características propias de cada tipo.

2.5 El recurso marino

El mar peruano es uno de los más ricos del mundo tanto por la variedad de especies que lo habitan como por su abundancia. La famosa corriente de Humbolt trae consigo el Plackton, alimento que permite a las pequeñas especies, en su mayoría, madurar, ésta es la razón por la que nuestro mar es una gran fuente de recursos alimenticios.

En nuestro litoral se hallan muchas especies marinas, algunas de las cuales son poco estudiadas e incluso desconocidas, pero actualmente, las especies

más comunes son: anchoveta, sardina, jurel, caballa y merluza.

La anchoveta fue duramente explotada desde los años cincuenta hasta los 70 inclusive. Actualmente no existe la cantidad de cardumen que hubo en años anteriores pero sigue siendo un producto abundante y se espera que con el tiempo una razonable explotación pueda lograrse los niveles de la década de los 60.

El jurel y la caballa son especies pelágicas que pueden destinarse al consumo humano directo y al consumo industrial. La caballa es sin embargo un especie que para el futuro debe ser considerada como sustituta de la anchoveta.

La merluza es una especie de medio fondo y profundidad por lo que se suele pescar por arastre, existe en cantidad moderada y tiene condiciones para el consumo humano directo. Recordemos que en nuestro medio, una cantidad "moderada" son niveles de abundancia en otros mares.

La sardina, al igual que las demás especies puede dedicarse al consumo humano o industrial, existe en buen número, tanto o más que anchoveta, pero sería un desperdicio utilizarlo para la industria.

Actualmente existe un nuevo mercado para esta especie: carnada de tiburón; llega a triplicar el valor de la anchoveta en caso de tener un tamaño adecuado y estar en buen estado de conservación.

El tiburón, por otro lado es una especie de alta rentabilidad, se le pesca con línea (Long Liners) y las aletas se exportan a Japón mientras que el resto del animal se exporta a España. La pesca de este pez es en la actualidad altamente rentable.

En el caso de la pesca de cojinova o similares, una bodega llena equivale a todo el mes de trabajo de la misma embarcación, por lo que es altamente rentable la explotación de cualquier otro producto marino además de los industriales que hemos tratado.

2.6 La pesca artesanal

2.6.1 Aspecto Legal

En el Perú la Ley Nro. 24790 se denominó "LEY GENERAL DE PESQUERIA" y el reglamento de esta ley se promulgó por Decreto Supremo Nro. 005-89-PE siendo Presidente Constitucional de la República el Dr. Alan García Pérez.

A continuación presentaremos algunos artículos que por su relación directa con nuestro tema son de interés:

DISPOSICIONES GENERALES :

Art. I.- Se denominan recursos hidrobiológicos a las especies animales y vegetales que habitan y se desarrollan en medio acuático.

Art. II.- Los recursos hidrobiológicos se clasifican de acuerdo al medio en que habitan y de acuerdo a su ubicación en el medio acuático.

Art. III.- De acuerdo al medio en que habitan los recursos hidrobiológicos se clasifican en recursos marinos y recursos continentales.

Art. IV.- De acuerdo a su ubicación en el medio acuático, los recursos hidrobiológicos se clasifican en pelágicos, demersales y bentónicos.

Art. VII.- De conformidad con el artículo 4to. de la ley la explotación de los recursos hidrobiológicos es un derecho al que tienen preferencia todas las personas naturales o jurídicas nacionales.

La participación de las personas naturales o jurídicas extranjeras en la explotación de los recursos

hidrobiológicos, será supletoria o complementaria a la participación de los nacionales, sujetándose a la legislación pertinente.

TITULO III DE LOS PRODUCTOS HIDROBIOLOGICOS

CAPITULO III DE LA EXTRACCION :

Art. 42.- Toda persona natural o jurídica para dedicarse a la extracción de recursos hidrobiológicos con fines comerciales o industriales requiere de la correspondiente concesión otorgada por el Ministerio de Pesquería.

Art. 45.- La extracción será considerada actividad artesanal cuando en ella predomine el trabajo manual y, en su caso se realice:

1. En forma independiente y con artes menores.
2. Con el empleo de una o más embarcaciones cuya capacidad de carga de bodega no exceda de quince (15) toneladas métricas, en caso de propietarios individuales o hasta treinta (30) toneladas métricas cuando el propietario sea una empresa integrada por pescadores artesanales.

Art. 46.- La extracción artesanal estará orientada preferentemente a la pesca de consumo humano directo y será ejercida exclusivamente por peruanos. En aguas

continentales. la extracción de peces ornamentales se considerará artesanal cuando se realice por personas previamente autorizadas por el Ministerio de Pesquería.

CAPITULO IV DE LAS EMBARCACIONES PESQUERAS

Art. 54.- Las embarcaciones pesqueras, por su autonomía, se denominarán:

1. Ribereñas o de bahía: Las dedicadas a la pesca en áreas cercanas al litoral y los ríos, lagos, lagunas y otros cuerpos de agua cuyo sistema de propulsión sea a motor, velas o remos, constituidas entre otras por los botes de popa redonda o popa espejo de una o dos proas con o sin cubiertas; las canoas, las chalanas, las balsas y los caballitos de totora.
2. Costeras Las dedicadas a la pesca en cubierta principal y de motor de centro, bodega y caseta convenientemente equipada y mecanizada para la pesca que realizan. Son conocidas como lanchas
3. De altura : Las dedicadas a actividades pesqueras en alta mar, constituidas entre otras por las embarcaciones arrastreras, arrastera-factorías, atuneras-cerqueras y atuneras-palangreras, con una autonomía mayor de (90) días.

Art. 55.- Las embarcaciones pesqueras por el sistema de pesca, se denominan:

1. Embarcaciones menores o artesanales Las embarcaciones ribereñas o de bahía, que utilizan redes de cortina, trampas, líneas y anzuelos, chinchorro de playa, arpón de mano y otras artes menores de pesca.

Embarcaciones mayores.- Las embarcaciones costeras y de altura que utilizan redes de cerco o de arrastre, palangres, arpones y otras artes mayores de pesca.

Art. 56.- Las embarcaciones pesqueras, por el destino de los recursos que extraen, se denominan

1. De consumo humano directo.- Las embarcaciones menores y mayores que cuenten con sistema de preservación o de procesamiento de abordo, utilizando artes, aparejos, equipos y maquinaria apropiadas para la actividad que realizan y cuyos productos son destinados a satisfacer en forma directa las necesidades alimenticias de la población.

Se consideran sistemas de preservación, entre otros:

a. Agua de mar refrigerada, sistema que consiste en el

enfriamiento de agua de mar mediante su circulación a través de un medio refrigerante.

- b. Agua de mar enfriada, sistema que consiste en el enfriamiento del agua de mar utilizando hielo, de modo tal que, al mezclarse el hielo mediante la inyección de aire posibilite el enfriamiento homogéneo del agua.
- c. Uso de hielo en cajas, sistema que consiste en la mezcla proporcional de tres kilos de pescado por un kilo de hielo.

2. Consumo humano indirecto.- Las embarcaciones mayores que no disponen de sistema de preservación alguna, cuentan con artes y aparejos apropiados para la actividad que realizan y cuyos productos sean destinados a la elaboración de harina y aceite de pescado.

Art. 91.- La calificación de las personas naturales o jurídicas como empresa pesquera artesanal, se efectuará con sujeción a lo establecido en los artículos 39° inc. b)-1 y 47° inc. a), de la Ley y 45° y 62° del presente Reglamento.

El Ministerio de Pesquería emitirá la "Constancia Artesanal" correspondiente, en mérito al cual, la empresa quedará autorizada a operar como tal.

TITULO V DE LAS CONCESIONES Y AUTORIZACIONES

CAPITULO III DE LAS CONCESIONES PARA LA EXTRACCION

Art. 101.- La concesión para la actividad de la extracción de recursos hidrobiológicos con embarcaciones de bandera nacional, por personas naturales o jurídicas nacionales, se otorgará a plazo indeterminado.

Art. 102.- La concesión se otorgará a plazo determinado en los casos siguientes:

1. Extracción de recursos hidrobiológicos con embarcaciones de bandera extranjera.
2. Extracción de recursos hidrobiológicos con embarcaciones de bandera nacional.
3. Extracción de recursos hidrobiológicos con embarcaciones en proceso de nacionalización, que cuenten con pasavante provisional otorgado por el Ministerio de Defensa.

2.6.2 Aspecto Social

La pesca en el Perú se desarrolla con embarcaciones motorizadas pequeñas en las que predominan las artes menores, no sofisticadas y en las que predomina el esfuerzo humano directo.

Los reglamentos dispuestos por el ministerio del sector señalan que las embarcaciones artesanales pueden realizar sus faenas dentro de las treinta millas. El problema resulta debido a que los arrastreros de 150 TM o

menos también pueden pescar a partir de las cinco (5) millas. Realmente no existe una definición adecuada de lo que es la pesca artesanal ya que el producto de la labor puede ir tanto al consumo humano (directo u indirecto) como al consumo industrial. Tampoco existe una medida adecuada por capacidades, así, un barco de 10 TM puede estar pescando junto a otro de 150 TM.

En nuestro país existen aproximadamente 500 embarcaciones y 1700 pescadores artesanales. La flota esta compuesta por barcos de hasta 15 TM pero el 87% tiene una capacidad comprendida entre 0.5 a 6.0 TM. El material de construcción es madera y las artes encontradas son las más variadas, lo que da como resultado una estructura totalmente heterogénea.

En el litoral peruano, desde Puerto Pizarro, cerca de la frontera con Ecuador, hasta Vila-Vila, cerca de la frontera con Chile, existen 50 puertos y caletas que son de uso comun para los pescadores artesanales. La infraestructura existente es antigua, ha prestado servicios por un tiempo superior al tiempo de vida económico y el mal mantenimiento además del ambiente corrosivo ha dejado una infraestructura en un estado de deterioro alarmante. A todas estas dificultades se sumó la epidemia del cólera durante el verano de 1991. Las labores paralizaron totalmente. El problema se ha ido superando lentamente pero el consumo de la población es casi nulo.

El aspecto financiero también afecta duramente este sector. El crédito es sumamente oneroso y el desconocimiento del pescador en asuntos administrativos no le permite capitalizarse. El órgano encargado: "Fondo de Reactivación Pesquera" ha fracasado rotundamente. El desorden administrativo y la falta de iniciativa gerencial ha ocasionado que éste ente burocrático pierda toda la confiabilidad que pudo tener en un principio.

EL FONRESPE debió recaudar entre los años 1988-90, aproximadamente 71 millones de dólares, que representan el 5% del total de exportaciones de productos tradicionales. Con esa cantidad de dinero se pudieron construir 2032 lanchas de 6 TM, ó 1778 de 8 TM, ó 1014 de 10 TM, etc. ¿Qué hizo el FONRESPE? en este lapso entregó en total 194 lanchas.

En resumen, el pescador artesanal está "huérfano de apoyo tecnológico por parte del Estado (ecosondas, sistemas de comunicación, motores, accesorios) sin siquiera tener posibilidad de contar con créditos blandos" que puedan ser asumidos por los pescadores ("EL COMERCIO" La pesca artesanal en debate - 29/7/91).

Lo que se necesita actualmente son créditos, fomentar la construcción y la competencia entre astilleros que permitan bajar los precios, transferir equipos de frío a las caletas para poder contar con productos de buena

calidad. En este aspecto podemos decir que casi ninguna embarcación con menos de 15 TM cuenta con cámara insulada, lo que hace que el producto se destine a las harineras va que, en el Norte, el pescado no llega en buen estado a puerto.

El transporte a las ciudades importantes y la ruptura del monopolio portuario son las principales acciones que se deben tomar para poder desarrollar la pesca artesanal. El actual gobierno ha demostrado su intención de lograr la reactivación del sector pero aun es demasiado temprano para asegurar un cambio estable y durable.

Por último, existen dos clases de pescadores artesanales, **el propietario**, que es generalmente una persona de clase media que ha incursionado en esta actividad para mejorar sus ingresos y que, generalmente no depende de esta actividad; y **el pescador de faena**, que vive de su trabajo y que nunca llegará a ser propietario de una lancha de 15 TM; este hombre podrá conseguir a lo más una lancha de 6 TM o -caso común- trabajará siempre para otro.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Toda embarcación es la unión de varios sistemas de ingeniería que, al unirse, permiten al hombre navegar con relativa confianza a través de mares, ríos o lagos. Cada uno de los sistemas actuantes involucra una red compleja entre la necesidad a cubrir y la tecnología disponible para satisfacerla.

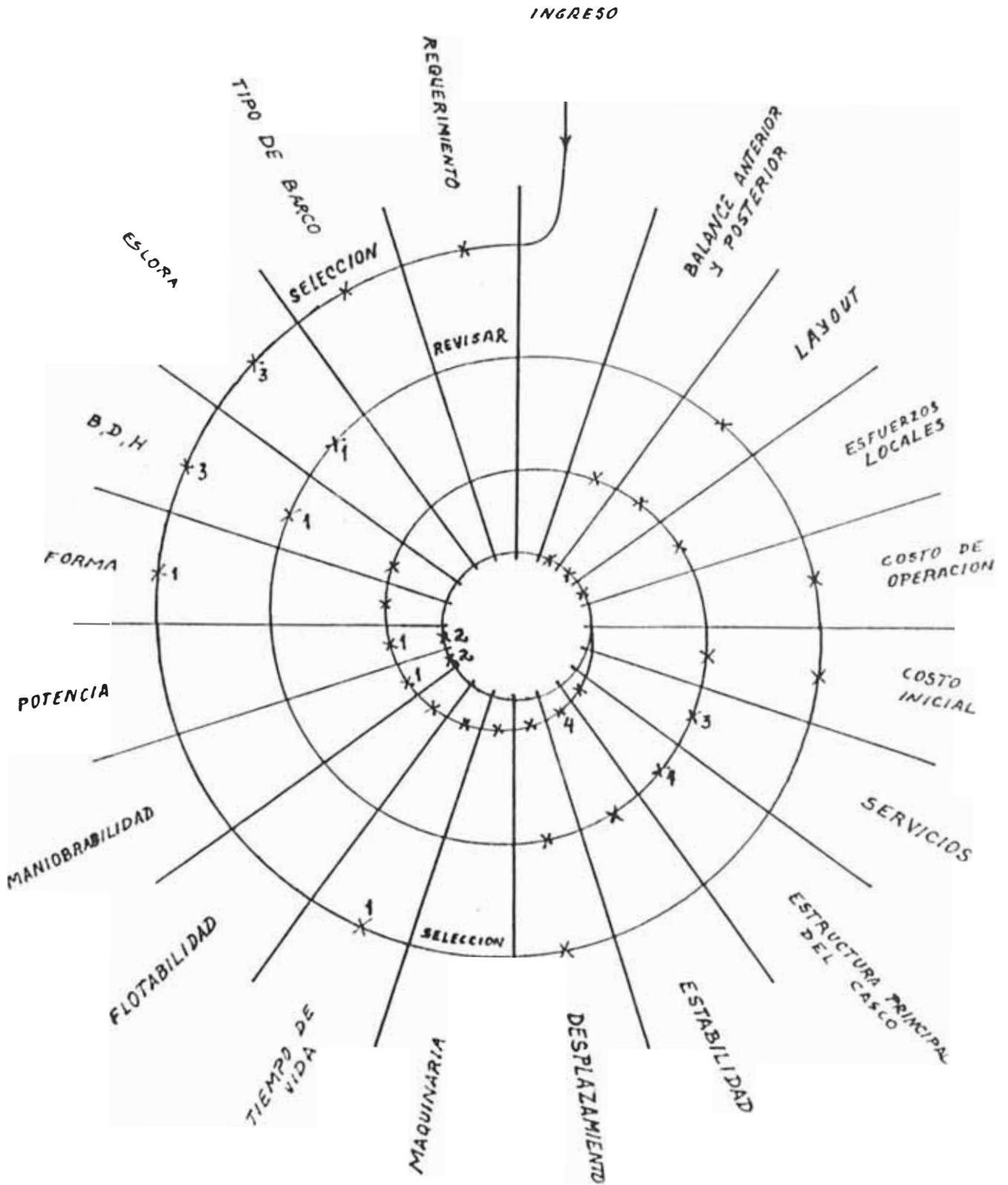
En general todos los elementos que conforman la embarcación son importantes sin embargo, el principal elemento es el casco, sin él no existe barco. La eficacia de todos los equipos y maquinarias dependerá directa o indirectamente del acierto en la forma del casco.

Diseñar un barco es un compromiso entre muy variados requerimientos, no existe solución única. Las decisiones que se toman a lo largo del diseño hacen que el navío refleje en sí mismo los rasgos de la personalidad de quien lo desarrolla.

En este capítulo visualizaremos los aspectos que involucran el diseño de una embarcación de madera del tipo artesanal, cabe destacar que la mayor parte de acápites se

FIGURA 3.1

ESPIRAL DE DISEÑO



1. Valor fijo
2. Experiencia de modelos
3. Fórmula empírica
4. Calculado

desarrollan para cualquier embarcación por mas grande y especializada que sea.

3.1 La espiral de diseño

El propósito principal de un arquitecto naval es el de diseñar y construir embarcaciones; para llevar a cabo esta actividad se han desarrollado varias metodologías siendo una de las más conocidas la llamada "espiral de diseño" (Ref.02). Este método es un proceso iterativo que permite comprobar y/o modificar parte del diseño conforme se avanza en él.

El desarrollo de este capítulo está íntimamente relacionado con "la espiral". Se detallan aquí los aspectos que intervienen en el diseño de cualquier embarcación.

3.2 Requerimientos y tipo de embarcación

Durante el desarrollo del primer capítulo hemos visto que las embarcaciones "artesanales" pueden tener hasta 15 TM de capacidad de bodegas para personas naturales y hasta 30 TM para personas jurídicas (Cooperativas de pescadores). El diseño que nos ocupará, a modo de ejemplo será el de una embarcación de 15 TM de capacidad de bodega para pesca por cerco, principalmente.

3.3 Dimensiones principales

Uno de los primeros trabajos que se efectuaron fue la recopilación de datos de diferentes embarcaciones pesqueras, tanto de nuestro medio como de diferentes partes del mundo (apéndice B). A partir de esta información se han trazado curvas de regresión lineal bajo la siguiente metodología :

$$L = K * [LBH]^n \quad (E.3.1)$$

L : eslora en flotación

K : constante de proporcionalidad

[LBH]: Producto de la eslora, manga y calado de diseño.

Tomando logaritmos se tiene :

$$\ln(L) = \ln(K) + n * \ln ([LBH]) \quad (E.3.2)$$

$$Y' = b' + nX' \quad (E.3.2.a)$$

Dado que la ecuación (E.3.2.a) tiene la forma de una recta en un plano doble logaritmico; entonces, se puede trazar una recta de regresión lineal;generalizando el proceso podemos desarrollar la siguiente tabla :

Tabla 3.1

Función		Constante	Variable	Exponente
Eslora	Lw	2.8353	[LBH]	0.3516
Manga	B	1.0044	[LBH]	0.3044
Puntal	D	0.4409	[LBH]	0.3165
Vol.bod.	BBb	4.8266	[LBH]	0.4111
TM.bod.	DDb	0.4037	[LBH]	0.8628

Despejando la última de las igualdades de la tabla 3.1 tenemos la siguiente ecuación:

$$[LBH] = 2.8614 (DDb)^{1.1590} \quad (E.3.3)$$

Según ésta podemos hacer una primera aproximación de las dimensiones principales de la embarcación que estamos buscando:

$$[LBH] = 2.8614 (15)^{1.1590}$$

$$[LBH] = 66.02 \text{ m}^3$$

$$Lw = 2.8353 (66.02)^{0.3516} = 12.37 \text{ m.}$$

$$B = 1.0044 (66.02)^{0.3044} = 3.60 \text{ m.}$$

$$H = 0.9[0.4409(66.02)^{0.3165}] = 1.49 \text{ m.}$$

$$[LBH] = 12.37 \times 3.60 \times 1.49 = 66.35 \text{ m}^3$$

Por otro lado, una aproximación del desplazamiento total que debe tener la embarcación se puede obtener como:

$$DD = 1.5 DDb \quad (E.3.4)$$

$$DD = 1.5 \times 15TM = 22.5 TM$$

A partir de estos valores podemos estimar el coeficiente de bloque (Cb):

$$V = DD/0.96 \quad (E.3.5)$$

$$V = 22.5/0.96$$

$$V = 23.4 \text{ m}^3$$

$$Cb = V / [LBH] \quad (E.3.6)$$

$$Cb = 23.44/66.35$$

$$Cb = 0.35$$

Este valor es un poco bajo para el rango recomendado <0.43,0.55> en el caso de embarcaciones pesqueras; sin embargo, más adelante se verá la forma de compatibilizar este valor. Para evitar confusiones, a partir de este momento bautizamos a nuestra embarcación de ensayo como: "B/P María Guadalupe".

3.4 Forma de casco

En nuestro medio no se diseñan cascos; muy pocas personas -incluso aquellas relacionadas al ambiente de construcción naval- saben de dónde se obtienen las líneas de forma.

El Instituto Nacional de Hidráulica realizó en algún momento (hace 2 décadas) ensayos de modelos, pero desde esa época ha pasado mucho tiempo. Los equipos necesarios están obsoletos, por lo que es casi una utopía pretender realizar ensayos en Perú.

En la actualidad, los mejores astilleros del Callao

copian los modelos de embarcaciones europeas o norteamericanas y evalúan las características de cada una de sus partes para acercarse lo mas posible al diseño original. El casco seleccionado existe, se ha probado y - se supone - que tiene una buena performance.

Si bien la realidad económica nos impide competir con diseños extranjeros, la mejor actitud que podemos asumir es, efectivamente, copiar modelos probados satisfactoriamente en otros lugares del mundo; lo incomprensible es que la inversión de los astilleros en sistemas informáticos sea tan pobre, ocasionando de esta manera el estancamiento de sus cuadros profesionales.

En otros países existen programas de simulación que permiten predecir el comportamiento de un nuevo barco en el mar. El avance que existe con las técnicas de diseño asistido por computador es impresionante. Si bien es cierto que actualmente estamos lejos de esas técnicas, lo cierto es que sí se puede optimizar el trabajo con ayuda de los ordenadores personales. Podemos ser competitivos a nivel internacional, sólo necesitamos renovarnos.

La ingeniería naval en el Perú esta perdiendo las gran oportunidad de renovarse y crecer : no hay formación de profesionales, no se invierte en mejorar las técnicas, se prefiere construir poco y caro antes que incrementar la

FIGURA 3.2

POTENCIA vs. VELOCIDAD

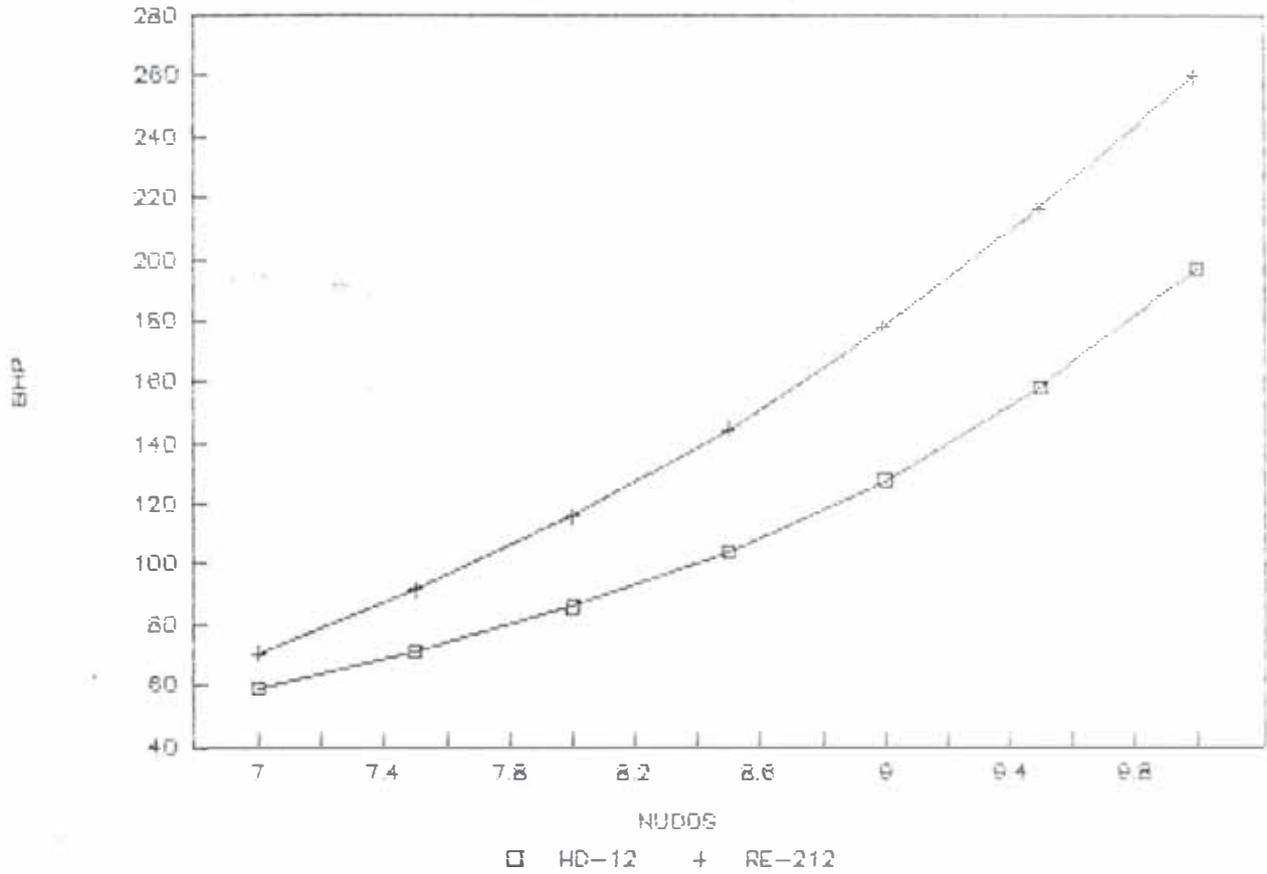


Tabla 3.1
Características de embarcaciones HD-12 / RE-212

CARACTERISTICAS	HD-12		RE-212	
	Fies	Metros	Fies	Metros
LOA	73.33	22.35	67.26	20.50
Lw	65.29	19.90	61.35	18.70
B	18.37	5.60	17.72	5.40
D	9.02	2.75	8.53	2.60
H proa	5.25	1.60	4.27	1.30
H popa	7.87	2.40	7.71	2.35
DD (TM)	97.25	97.25	86.00	86.00
GM	2.57	0.78	2.80	0.85
Cb	0.445	0.445	0.473	0.473
Cp	0.622	0.622	0.672	0.672
Cx	0.715	0.715	0.705	0.705

oferta a precios accesibles; la mentalidad de los astileros no está de acuerdo con la realidad actual.

Para el caso que estamos desarrollando hemos seleccionado el HD-12 que es una embarcación desarrollada en los países bajos. Esta embarcación se comparó con otro prototipo, el RE-212 de Islandia que, en el papel tenía mejores características de navegación, pero que en la práctica resultó ser mucho menos eficiente que el HD-12 (Ref.04).

Al seleccionar el HD-12 se obtiene de la tabla de características generales las principales dimensiones del barco. En todo caso, si no se tienen las tablas de características generales, éstas se pueden calcular directamente de plano de "Líneas de Forma". Para coordinar nuestras necesidades con el casco seleccionado podemos buscar el factor de proporcionalidad (x) con los siguientes datos :

$$\begin{array}{ll} L = 19.90 \text{ m} & [LBH] = 222.88 \text{ m}^3 \\ B = 5.60 \text{ m} & DD = 222.88 \text{ m}^3 \\ H = 2.00 \text{ m} & C_b = 0.437 \end{array}$$

Para hallar las medidas de nuestra embarcación se puede formular :

$$C_b * [LBH] * X^3 = BB * 1.5 \quad (E.3.7)$$

$$X^3 = (22.5 \text{ m}^3) / (0.437 * 222.88 \text{ m}^3)$$

$$X = 0.61136$$

Con lo cual $L_w = 12.21 \text{ m.}$, $B = 3.44 \text{ m.}$ y $h = 1.23 \text{ m.}$ Siendo el producto $LBH = 54.66 \text{ m}^3$. Si revisamos la aproximación que se hizo en 3.3 comprobamos que los valores estimados son bastante aceptables ($L_w = 12.37$ - $B = 3.60$, $H = 1.49$).

Para aprovechar los datos que hemos obtenido del casco HD-12 podemos hacer inmediatamente una aproximación de la potencia requerido por el motor ya que contamos con la curva del original. Utilizamos para este efecto dos conceptos importantes en el diseño naval :

a) Número de Froude

El número de Froude (Ref.02.0) tiene relación directa con la energía que consume la embarcación al formar olas en su recorrido. Para embarcaciones pesqueras se recomienda que este valor esté en un rango de 0.30 a 0.33.

En nuestro caso :

V : Velocidad = 9 nudos = 4.63 m/s

g : ac. de la gravedad = 9.81 m/s²

L : eslora en flotación = 19.90m

$$Fr = V / \text{SQR} (g * L) \quad (E.3.8)$$

$$Fr = 4.63 / \text{SQR} (9.81 * 19.90)$$

$$Fr = 0.331$$

b) La constante del almirantazgo : C1

Esta constante la desarrolló la armada británica (Ref.02.03.04) y realmente no es muy precisa pero para los cálculos de ingeniería es suficiente :

$$C1 = [V^3 * DD^{(2/3)}] / SHP \quad (E.3.9)$$

Velocidad : Nudos

Desplazamiento : TON

Potencia : HP

Para el HD-12

$$C1 = [(9^3) (97.25^{(2/3)})] / 250$$

$$C1 = 61.67$$

La potencia requerida por el barco de proyecto "B/P María Guadalupe" será :

a) Cálculo de la velocidad nominal : Vn

$$Vn = Fr * \text{SQR} (g * L) \quad (E.3.10.1)$$

$$Vn = 0.331 * \text{SQR} (9.81 * 12.21 \text{ m})$$

$$Vn = 3.62 \text{ m/s} = 7.05 \text{ Nudos}$$

b) Cálculo de la potencia :

$$SHP = [V^3 * DD^{(2/3)}] / C1 \quad (E.3.10.2)$$

$$SHP = [7^3 * 22.5^{(2/3)}] / 61.67$$

$$SHP = 44.33$$

3.5 Curvas hidrostáticas

El siguiente estudio se realiza en condiciones de aguas tranquilas, es decir, cuando el movimiento del barco es lento. Presentaremos primero los dos principios teóricos para el análisis de la flotación de la embarcación (Ref-.02.03).

3.5.1 Principio de Arquímedes

Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza vertical ascendente, llamada " empuje ", que tiene una magnitud igual al peso de fluido que desplaza. Dicha fuerza actúa a través del centroide del volumen desalojado (Centro de Boyantez).

3.5.2 Equilibrio

Para analizar el equilibrio de un cuerpo se supone que una fuerza accidental actúa momentáneamente sobre él. Una vez que esta fuerza deja de actuar, pueden suceder tres cosas

- a) El cuerpo retorna a su posición original (equilibrio estable).
- b) El cuerpo se aleja más de su posición original (equilibrio inestable).
- c) El cuerpo permanece en su nueva posición (equilibrio indiferente).

En el caso de cuerpos en flotación es claro que se desea tener un equilibrio estable.

Todo objeto flotante con centro de gravedad por debajo de su centro de boyantez flota en equilibrio estable; sin embargo, no es la única posibilidad. Para analizar los otros casos se necesita ubicar un punto característico: **El METACENTRO.**

Dado un cuerpo en flotación, el centro de gravedad (CG) y el centro de boyantez (CB) definen el plano central (plano de crujía). Al girar el cuerpo levemente por acción de una fuerza accidental y momentánea, el centro de boyantez se desplaza fuera del plano central. La línea de acción de la nueva fuerza de empuje corta al plano central en un punto llamado, **METACENTRO.**

Dependiendo de la posición del metacentro (M) respecto al centro de gravedad (CG) se sabe que:

- a) M encima de CG se tiene equilibrio estable.
- b) M debajo de CG se tiene equilibrio inestable.
- c) M coincide con CG se tiene equilibrio indiferente.

3.5.3 Estabilidad de embarcaciones

Las embarcaciones buscan tener equilibrio estable, en general se trabaja con el metacentro para el estudio de ésta.

Un caso particular de embarcación con centro de gravedad por debajo del centro de boyantez es el kayak, es por eso que se observa que estos botes pueden realizar giros completos.

Las curvas hidrostáticas buscan realizar el estudio de la estabilidad de las embarcaciones en condiciones de aguas tranquilas. Se hace el cálculo a partir del plano de "Líneas de Forma" y considerando diferentes calados. Se pueden calcular :

- a) Area en flotación (A_w)
- b) Perímetro en flotación (P_l)
- c) Primer momento de área en flotación (M_{xx})
- d) Segundo momento de área en flotación (I_{xx})
- e) Area de Superficie mojada (A_s)
- f) Cento de gravedad del área en flotación (X_f)
- g) Volumen sumergido ($V(H)$)
- h) Centroide del volumen sumergido ($Z(H), X(H)$)
- i) Distancia del centro de boyantez al metacentro transversal ($BM = [d]/[g]$).

La gráfica de estas curvas son el primer estudio de estabilidad del barco. En las páginas contiguas presentamos las tablas desarrolladas para la embarcación en estudio a partir de una hoja electrónica (Lotus 1,2,3) en la que se pueden variar todos los parámetros modificando sólo la eslora en flotación.

3.6 Estructura principal del casco

3.6.1 Materiales

El casco será construido de madera, la cual debe reunir los siguiente requisitos (Ref.13):

a) Cubiertas, buques y naves :

- Buen comportamiento al secado (relación de contracción T/R - igual o menor a 2.00)
- contracción : baja o moderadamente baja (menos de 12%)
- Dureza : media a dura (peso específico 0.4 a 0.7)
- Durable (resistente al ataque de hongos o insectos o aceptar bien el tratamiento).
- Buena resistencia al deterioro por acción atmosférica.
- Baja absorción de humedad.

b) Costillas y maderamen

- Resistencia al deterioro por acción atmosférica
- Durable (... o aceptar bien el tratamiento)

- Contracción baja (menor de 12%)
- Resistencia a la flexión, compresión y cizallamiento.
- Baja absorción de humedad.

c) Cascos y tablas

- Alta resistencia a la flexión y tenacidad.
- Buen comportamiento al moldeado (Bajo módulo de elasticidad).
- Buen comportamiento a las uniones
- Durable (... o aceptar bien el tratamiento).

d) Quillas y piezas sumergidas

- Durable (... o aceptar bien el tratamiento).
- Baja absorción de humedad
- Resistencia a los perforadores marinos.

Las embarcaciones de madera existentes tienen un tiempo de vida de 20 años aproximadamente, siendo la consideración general que son embarcaciones para "toda la vida".

3.6.2 El escantillonado

Las dimensiones de las piezas se toman principalmente del "Bureau Veritas" (Ref.01) y de las recomendaciones de la FAO (Ref.04).

La sociedad clasificadora francesa (V.E.) es bastante flexible en sus normas ya que aceptan otros

métodos de construcción si mantienen los límites de resistencia y seguridad que ellos recomiendan.

A continuación presentamos la selección de las dimensiones principales de los miembros estructurales (ver apéndice C):

a) Dadas las dimensiones principales del buque, calculamos las relaciones necesarias para la selección del escantillonado :

$$L_{pp} = 12.21 \quad L/C = 7.63 \quad (E.3.11.1)$$

$$B = 3.44 \quad B/C = 2.15 \quad (E.3.11.2)$$

$$C = 1.60 \quad H/C = 0.82 \quad (E.3.11.3)$$

$$H = 1.31 \quad N_o = L_{pp} \times B \times C \quad (E.3.12)$$

$$N_o = 67.20 \text{ m}^3$$

b) Se impone la corrección de N_o debido a que

$L/C > 7.35$, entonces:

$$N_o = N_o * (1 + i) \quad (E.3.13)$$

$$N_o = 72.58 \text{ m}^3$$

c) Piezas principales :

La sección de la quilla y sobre quilla deben de incrementarse en 33% si la embarcación será varada.

	<u>NORMAL</u>	<u>CORRECCION POR VARADA</u>
Quilla	:14 x 18	18 x 21
Sobrequilla	:14 x 14	18 x 18
Roda	:14 x 21	18 x 21
Codaste	:14 x 21	18 x 21

Además de las dimensiones señaladas se debe tener en consideración lo siguiente :

- Los empalmes deben estar alejados de los mamparos al menos 1 espaciamiento de cuaderna.
- Los empalmes deben estar alejados de la bancada al menos 2 espaciamientos de cuaderna.
- La longitud de empalme tipo "scarph" debe ser 5 veces la altura de la pieza.
- El borde del empalme tipo "scarph" debe ser 1/4 de la altura de la pieza.
- Las juntas de los empalmes se deben sellar.
- La roda puede completarse con buzardas o con una contra-roda.
- El pie de roda puede ser sujetado a la quilla con "platinas" para darle solidez.
- Las Juntas tipo "scarph" se usan también para sujetar la roda de la quilla.

d) Estructura Transversal: (Ref.01,04-apéndice D)

Los valores tomados en esta sección están un poco sobredimensionados porque la geometría así lo permitía o debido a modificaciones en el diseño con respecto a la recomendación. Posteriormente se efectuará la verificación de algunos de éstos elementos.

Cuadernas : dimensiones 2" x 3" (5cm x 7.5 cm)

espaciamiento 12" (30cm)

Pisos : 3" x 10" (7.5cm x 25cm)

espaciamiento 12" (30cm)

Mamparos, plaqueo : 1.5% de la distancia entre piso y cubierta (no menor de 0.24 mt).
Refuerzo transversal con espaciamiento no mayor de 30 veces el espesor de plaqueo.
Las bodegas y la sala de maquinas deben estar separados del resto de la embarcación con mamparos completos.
El mamparo debe estar sobre un piso, en contacto con la cuaderna y el bao correspondiente.

e) Plaqueo : (FAO - Ref.04)

casco	: 4cm. (todo el plaqueo ext.)
Descanso	: 7.5cm x 18cm
Soporte	: 7.5cm x 15cm
Longitudinal 1	: 7.5cm x 15cm
Longitudinal 2	: 7.5cm x 10cm
Longitudinal 3	: 7.5cm x 15cm
Cubierta	: 4 cm x 16cm
Plaqueo Externo	: 4 cm
Plaqueo Interno	: 1.5cm

3.6.3 Recubrimientos

Los recubrimientos tradicionales han sido las lacas pinturas y barnices (Ref.05.09), en general se aplican por diversos motivos : proteger la madera del agua, de los perforadores marinos, del fuego, para mejorar la apariencia, etc.

Las lacas comunmente contienen ésteres de baja viscosidad junto con un plastificante resinas en un solvente orgánico y volátil. La laca no es tan durable como el barniz.

Generalmente las pinturas con base de aceite se usan para propósitos marinos. Ordinariamente las pinturas contienen pigmentos opacos con componentes metálicos. Se dan varias capas de pintura para asegurar la correcta protección de la madera.

El barniz consiste en una base de aceite mezclada con resina en cocción suave. Al enfriar parcialmente la mezcla se añade un adelgazador volátil para que resulte un producto con una viscosidad adecuada que permita una fácil aplicación.

En general los catálogos del fabricante indican el tipo y cantidad de pintura a ser utilizados en el recubrimiento de la embarcación.

Un recubrimiento más moderno es la fibra de vidrio. Se mezcla poliestireno con monoestireno en una relación de 2 a 1. luego se aplica el activador (Mek) y se unta sobre la malla de fibra de vidrio. Se puede emplear también un adelgazador volátil. La malla (Rovic o Mat) se coloca sobre la superficie. Al secar el producto se endurece y la capa

formada es un excelente protector ante todo tipo de ataque, impidiendo la degradación de la madera por efectos marinos.

3.7 El sistema hidráulico

El sistema de tracción que estamos interesados en colocar al barco es un sistema de potencia que nos permite tirar de la red una vez que se ha realizado el cerco del cardumen. Un estudio estricto de la necesidad no existe pero es de uso común un winche con un tiro de 7.5 HP de potencia con 100 PPM y 2500 Lbs de tiro.

Lo que necesitamos pues es un equipo de tracción conformado principalmente por:

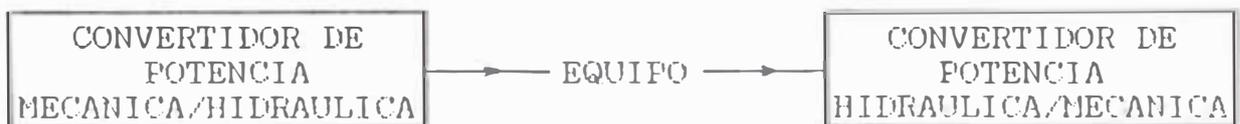


Fig.3.3

El equipo que genera la potencia debe ser el motor principal del barco para reducir los equipos, costos de mantenimiento y de operación, mecanizar el proceso de pesca, minimizar el tiempo de labor, ahorrar esfuerzo y riesgo humano. El motor, después del cerco, trabaja con potencia cercana a cero, sería un desperdicio no utilizarlo en la faena de pesca (ver acápite 3.10.2).

Los sistemas hidráulicos son sencillos de construir y operar, su mantenimiento es barato pero tienen el

inconveniente de ser equipos caros en el momento de la adquisición

3.8 El sistema eléctrico

El sistema eléctrico que existe en los pequeños barcos (y en los medianos también) tratan de utilizar una tensión de 6 ó 12 voltios en corriente continua en todo lo posible.

El equipo generalmente es movido por el motor principal, el cual transmite su potencia a un generador, otra posibilidad es la de contar con un generador independiente que suministre la energía requerida.

En general, para embarcaciones como la que nos ocupa se deben cumplir normas generales de seguridad para cables y luces.

Todos los equipos : ecosonda, radio, radar estan en capacidad de funcionar con corriene continua. En nuestro medio se suele trabajar con 12 V - DC. El manual del Bureau Veritas (Ref.01) presenta todo un capitulo en el que se tratan estos temas con más detenimiento y da todas las recomendaciones del caso. No creemos conveniente profundizar más en este tema.



FIG 34 : Sistema de baja potencia, no mayor de
10 KW por rama.

3.9 Sistema de propulsión

El sistema de propulsión del barco esta definido como:

- a) Motor/caja reductora
- b) Eje de transmisión
- c) Hélice
- d) Acoplamientos soportes, sellos, etc.

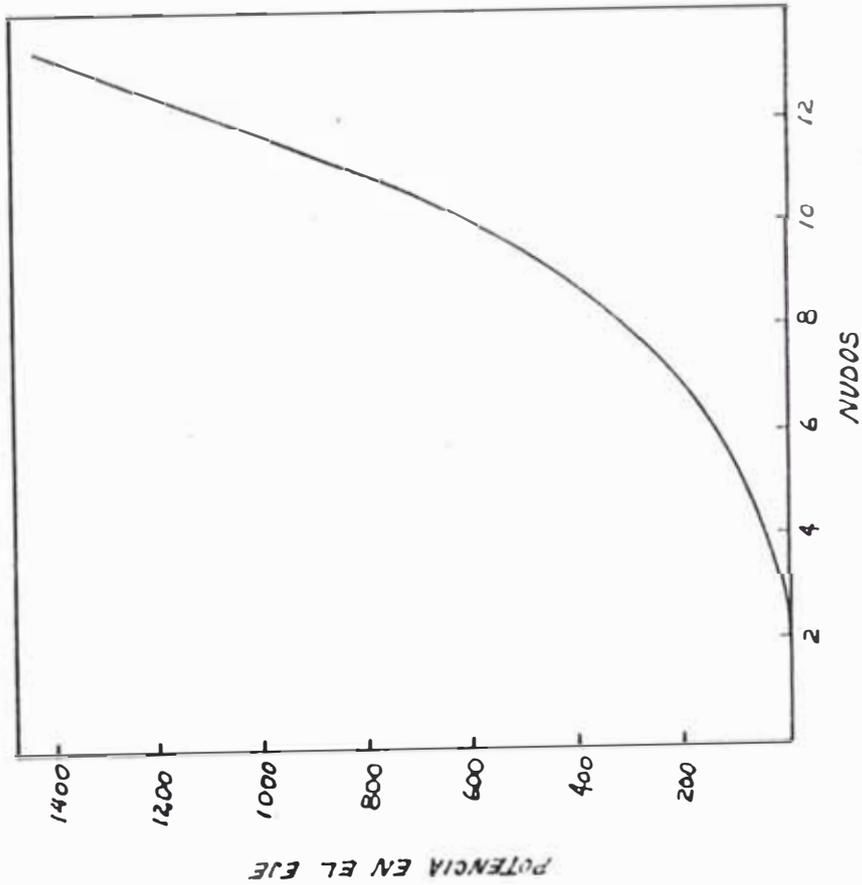
3.9.1 El motor

El cálculo del motor viene definido principalmente por el fabricante, quien da su recomendación para asegurar la velocidad de trabajo de la embarcación con la adecuada selección de la hélice y su velocidad de rotación.

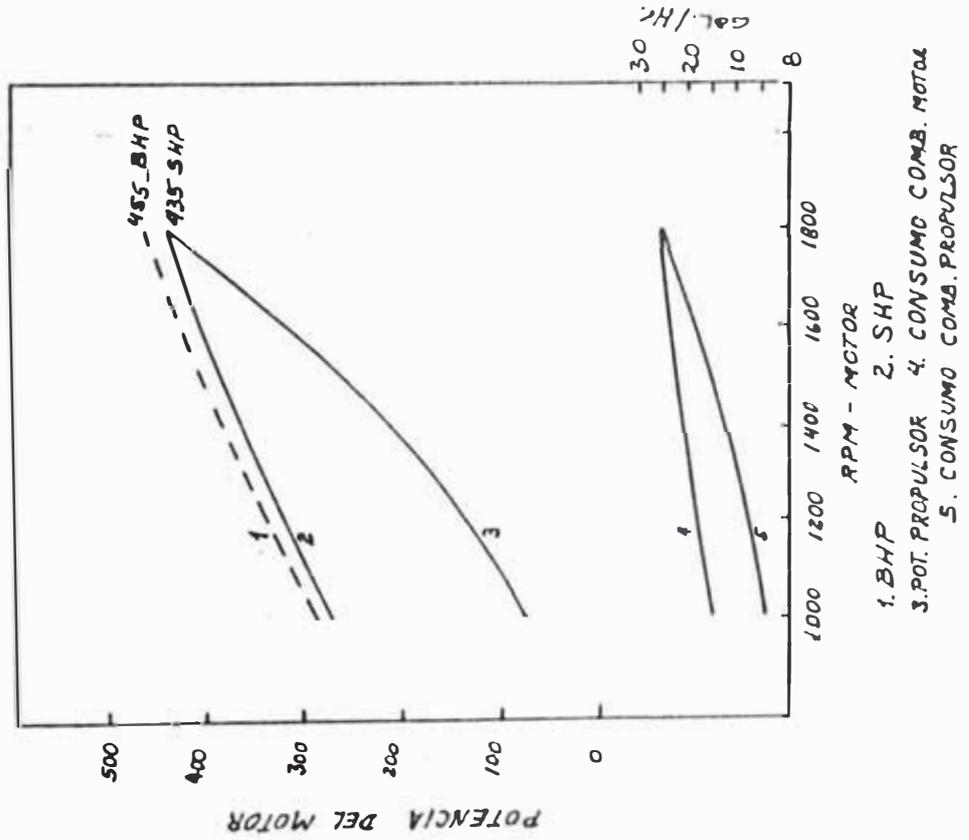
En nuestro caso ya hemos realizado una aproximación bastante buena de la potencia requerida, puesto que contamos con la curva de potencias del prototipo HD-12. En caso de no contar con esta curva lo ideal seria ejecutar un ensayo de modelo o contar con sistemas asistidos por

FIGURA 3.5

CURVA TIPICA : POTENCIA VS. VELOCIDAD DEL BARCO



CURVAS TIPICAS - MOTOR MARINO



computadoras que nos permitan acercarnos a la realidad con más exactitud. En nuestro caso deseamos asegurar la velocidad requerida por el barco.

Basándonos en el cálculo de la Detroit Diesel (Ref.10) el coeficiente de Taylor para cascos redondeados debe ser 1.34 luego:

$$CT = V / \text{SQR}(L) = 1.34 \quad (\text{E.3.13-a})$$

CT: Coef. Taylor

$$V = 1.34 * \text{SQR}(L) = 1.34 * (40.05)^{1/2}$$

$$V = 8.48 \text{ Nudos}$$

Nuevamente aparece el coeficiente del almirantazgo, según la siguiente tabla:

ESLORA (L)	:	30	50	75	100

COEF. ALMI.(C1)	:	70	95	120	150

entonces, la potencia requerida para la velocidad limitante será

$$\text{SHP} = [V^3 * (DD) ^ (2/3)] / C1$$

$$\text{SHP} = [(8.43)^3 * (22.5) ^ (2/3)] / 82.57$$

$$\text{SHP} = 57.82$$

Como observamos, el valor encontrado es mayor que el calculado en el acápite 3.4 ; sin embargo, ahora la velocidad es de 8.43 nudos contra los 7 nudos de un principio.

El coeficiente del almirantazgo también ha variado significativamente. La realidad es que el primer cálculo es más fiable que el de la Detroit Diesel por haberse calculado en base a un prototipo.

La pregunta a responder es ¿un motor de qué potencia se selecciona?. La respuesta es sencilla, como hemos dicho, la referencia debe ser el cálculo basado en el prototipo, es decir los 44.33HP de potencia que aseguran una velocidad de 7 nudos al "B/P María Guadalupe". Sin embargo en el mercado local sólo encontrará motores marinos de 30 HP de potencia continua.

En el caso que se desee importar, adaptar u optar por otra solución, deberá considerarse los 44 HP de potencia como límite mínimo puesto que el motor deberá de utilizarse también para la generación de energía eléctrica y para mover (en caso de tener) el sistema hidráulico

Recuerde que el barco pesca con motor casi parado considere esto para no sumar simplemente las potencias individuales.

Para finalizar, un motor de 50 HP de potencia continua cumplirá convenientemente con los requerimientos del navío y otorgará capacidad extra al equipo de potencia en caso de necesitarlo.

La caja reductora viene junto con el motor. Esta viene diseñada para girar en sentido inverso y trae un sistema hidráulico especial para asegurar que la contramarcha no dañe el mecanismo; así mismo, otro dispositivo previene que el motor no se "envale" en caso de que la hélice quede sin carga.

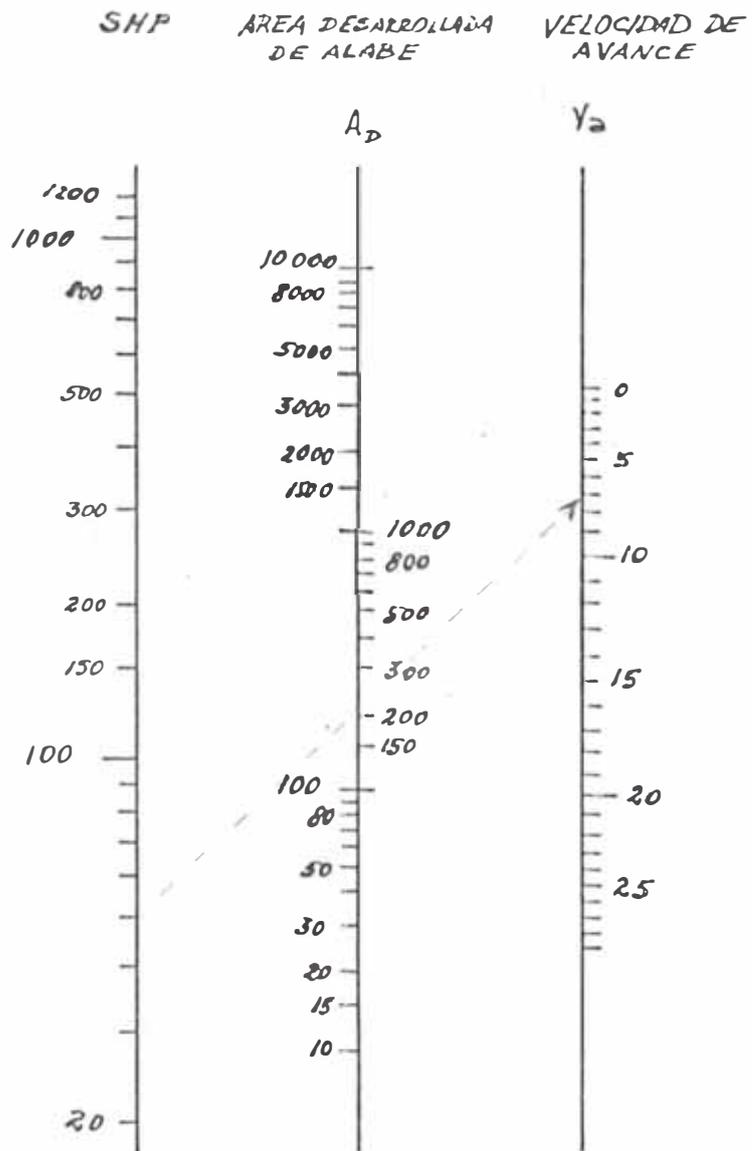
3.9.2 La hélice :

La selección de la hélice implica conocer la carga de trabajo, esto es, potencia y velocidad de giro. Nosotros seleccionaremos la hélice según los nomogramas preparados por Bryner (USA) y que aparecen en el manual de la FAO "Fishing Boats of the World" (Vol.3-Ref.04).

En primer lugar debemos conocer la potencia del eje propulsor (SHP) y la velocidad de avance de la embarcación para la potencia de plena carga (V_a). Se ingresa al nomograma 1 con los datos antes mencionados y, fácilmente, con una línea recta se obtiene el área del álabo desarrollado (AD). Este factor está relacionado con los esfuerzos de la hélice, por lo tanto, es importante calcularlo primero para asegurar que la velocidad de rotación esté de acuerdo con la carga a absorber y el tamaño de la hélice.

Se define la "razón área de disco" (AD/A_0). Como la relación del área desarrollada de todos los álabes de una hélice al área de acción de la hélice proyectada

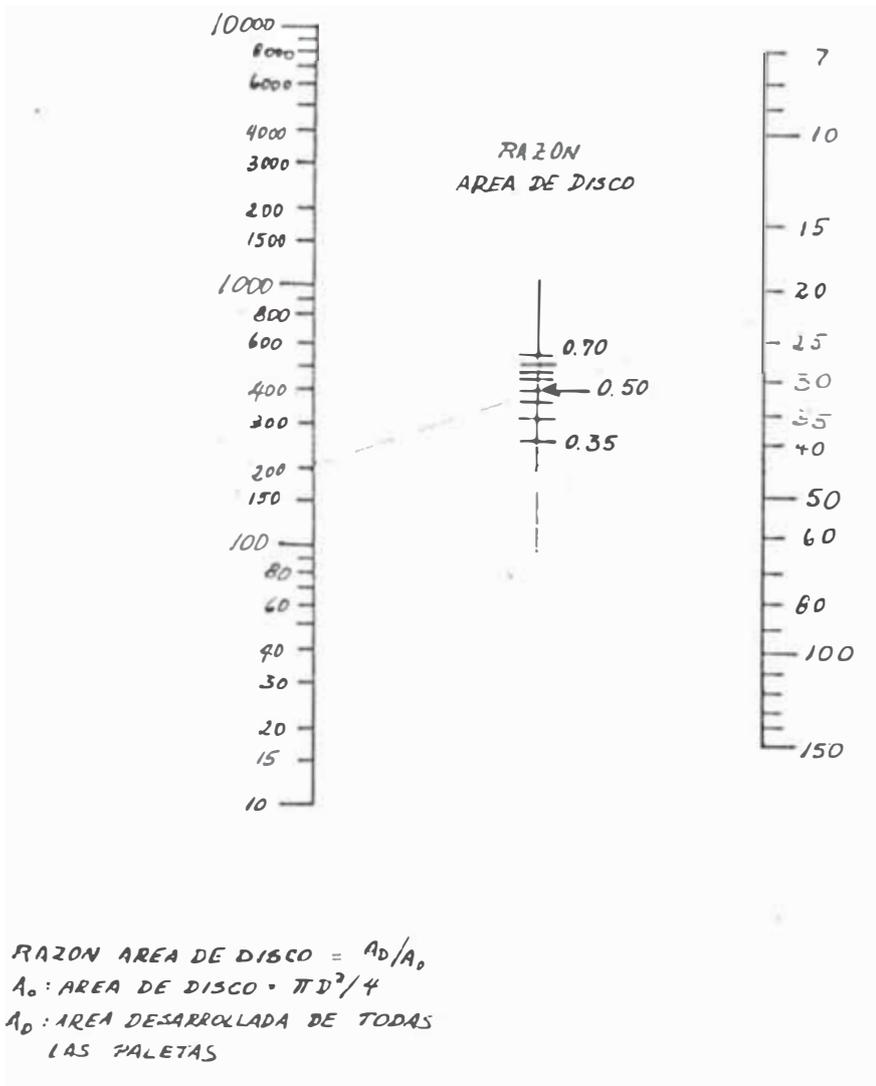
NOMOGRAMA #1



NOMOGRAMA # 2

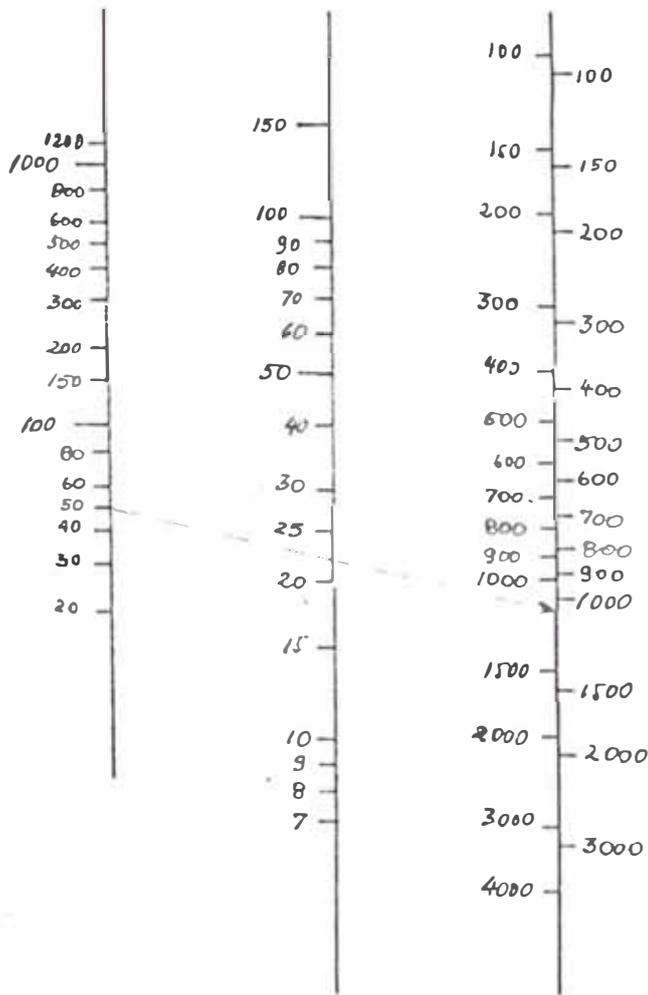
AREA DE ALABE
DESARROLLADA (Pulg.)
 A_D

DIAMETRO (Pulg.)



NOMOGRAMA #3

SHP DIAMETRO RPM
 (7ulg.) 3 ASPAS / 4 ASPAS



$(\pi D^2/4)$. Con esta relación se puede realizar una buena aproximación del diámetro requerido por la hélice (nomograma 2). Se debe recordar que el valor de AD/A_0 es de 0.5 para hélices de 3 álabes y el valor varia entre 0.55 a 0.68 para hélices de 4 álabes.

El tercer nomograma, al igual que los anteriores, presenta un fácil entendimiento, dada la potencia del barco y el diámetro recomendado se obtiene la velocidad de rotación que requiere la hélice. Se debe recordar que el diámetro debe estar de acuerdo con el espacio físico de que se disponga. Siempre se debe tratar de tener el mayor diámetro de hélice para evitar grandes esfuerzos.

Las velocidades nominales halladas con este nomograma aceptan una variación de 10% por exceso y 25% por defecto. El exceso es para evitar que la hélice pueda cavitarse y el rango completo de variación es para poder seleccionar una caja de reducción comercial.

3.9.3 El eje

El motor gira a mayor velocidad que la hélice; se impone pues una reducción que oscila entre 2 a 4 por regla general. La reducción de la velocidad de rotación significa que el eje soportará mayores esfuerzos circunferenciales.

La selección del material, velocidad y potencia son los factores que influyen en la selección del diámetro nominal del eje. La selección también se obtiene por monogramas (Nomograma #4).

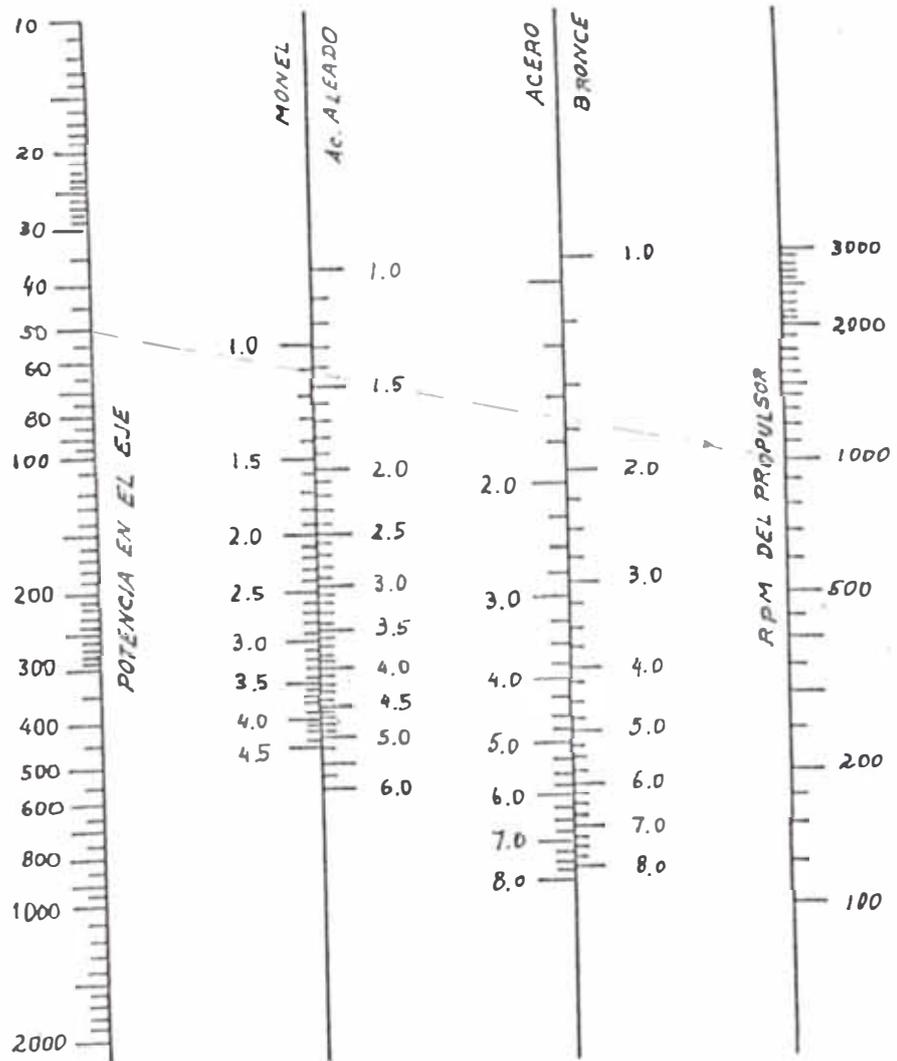
3.10 Equipos de pesca

Todos los aparatos y máquinas que se usan para capturar recursos hidrobiológicos conforman la maquinaria de pesca (Ref.15). Estos equipos pueden ser divididos en: máquinas de pesca, los cuales se usan en la captura; máquinas de proceso, para preservar y procesar el pescado; y máquinas de cultivo, protección y mejoramiento de la vida acuática.

En general, todo equipo que se diseña para trabajar en el ambiente marino debe ser durable, fuerte, fácil de operar, reparar y mantener, además, no corrosivo y con buena resistencia a la vibración e impacto.

El interés principal de este estudio son las máquinas de pesca; aparatos que se usan en la captura de recursos marinos. La "María Guadalupe" puede estar equipada de muy diversas maneras dependiendo de la voluntad del propietario. La diversidad de equipos que puede o no utilizarse pueden ser clasificados como:

NOMOGRAMA # 4



- a) Aparatos de pesca directa : Arpones, bombas de pescado, etc.
- b) Máquinas de tracción para aparejos de pesca : winche, macaco, etc.
- c) Equipos para incrementar la eficiencia de pesca
lámparas de pesca, ecosondas, etc.
- d) Aparatos de Pesca (sin contar aparatos de navegación)
como buscadores de cardumen, sonar, etc.

Los equipos bajo (c) y (d) pueden también ser considerados, estrictamente hablando, como instrumentos de navegación.

3.10.1 Aparatos de pesca directa

Existen pocos aparatos que puedan capturar directamente la presa. El arpón es uno de estos aparatos. Un tipo de arpón grande se utiliza en las balleneras en el Antártico. Un arpón pequeño se utiliza en la caza submarina. La punta del grande tiene un calibre de 90 mm mientras que el pequeño tiene 40 mm.

La cabeza de los arpones son planas para facilitar el rebote cuando el golpe de impacto se produce oblicuamente. Estos dardos llevan también una carga explosiva para debilitar el cuerpo de la ballena.

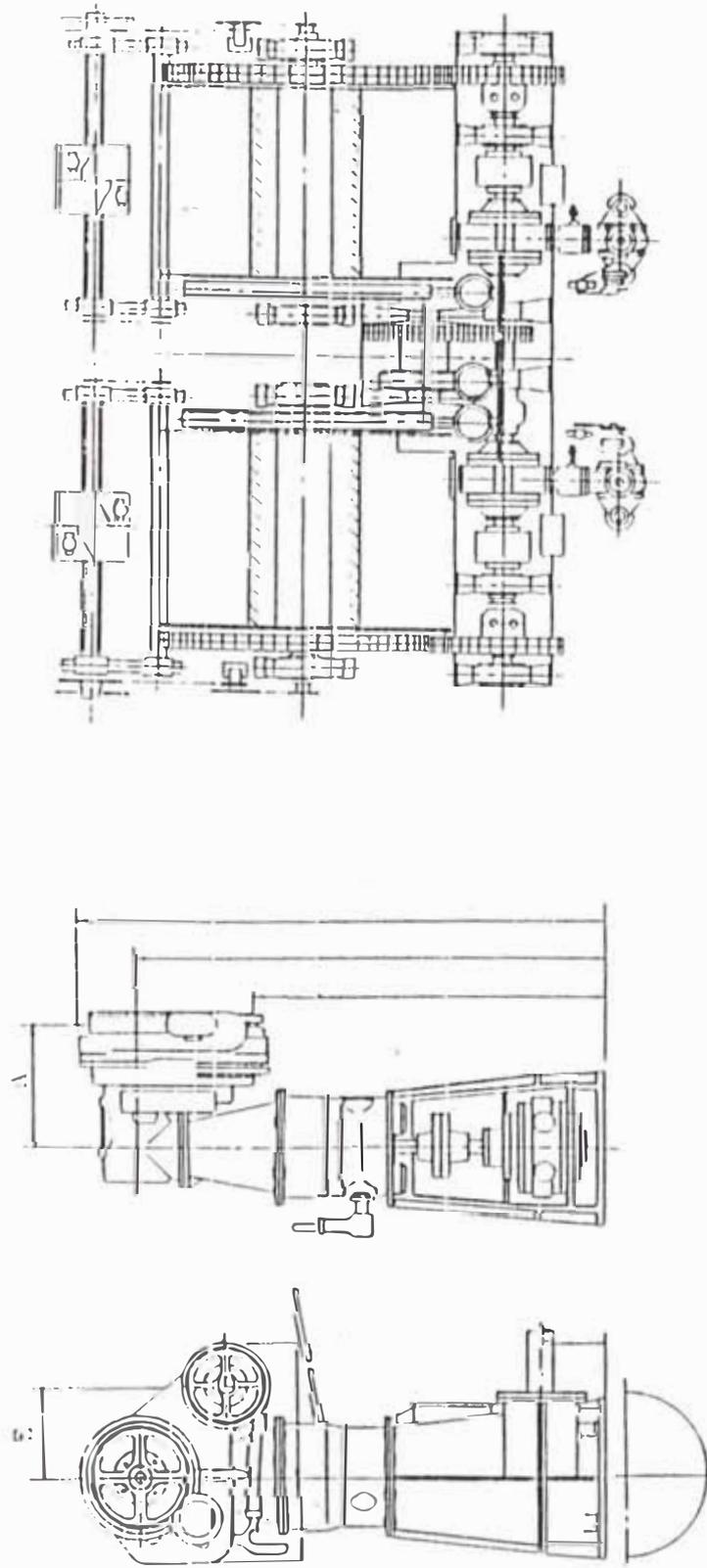
3.10.2 Sistemas de tracción por espinel

El sistema de arrastre por espinel (Liner) consiste en la tracción del pescado a bordo del barco (Long Liner). Como un tambor no puede enrollar directamente la línea principal debido a las múltiples líneas que están atadas a ella, dos poleas y un rodillo tiran de la línea fricción. Estos equipos son muy populares.

La tensión en la línea es variable pero como regla general no debe soportar más de 300 kg. pues se rompe cuando se supera esta tensión.

La línea se diseña para tensiones límites de 100 kg, el tiro se realiza a una velocidad de 10m/minuto, la rotación de la polea es de 270 RPM y el motor necesario necesita de 7.5 - 10 HP. (eléctrico o hidráulico).

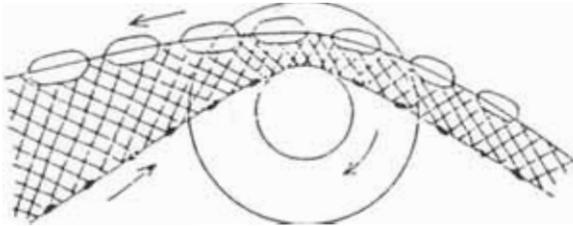
Poleas de tiro, para las redes de arraste, sirven para traer la red a bordo del barco. Existen muchos tipos de redes y diversos métodos para lograr este objetivo. Un método para las redes agalleras, consiste en el recojo por un tambor que levanta la red en forma de manojo y otra forma es para el levante de la red a través del macaco en el caso de pesca por cerco.



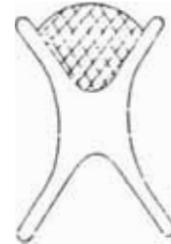
a) Línea

b) Arrastre

FIGURA 3.6 ESQUEMAS DE SISTEMAS DE TRACCION



MÉTODO USUAL DE ENCIERRE
USANDO UN TAMBOR.



LA RED SE UBICA EN
EL "VALLE" DE LA V.

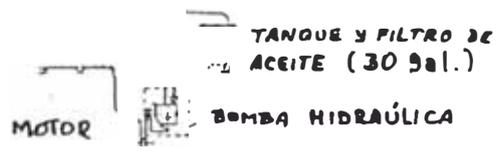
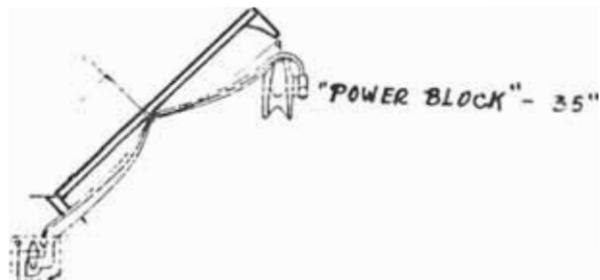


FIG. 3.7 SISTEMA HIDRAÚLICO

A parte de estos dos tipos se pueden encontrar otros sistemas de tiro que no podemos describir por falta de espacio

El "Power Block" es un tecele con polea de forma de "V", se utiliza en la pesca por cerco. También es un sistema de tiro para redes. La red es forzada a pasar por la polea del tecele para traerla dentro del barco, de forma, además, de empequeñecer la bolsa. El tecele es accionado por un motor hidráulico al lado de la polea (Macaco). El Power Block fabricado en U.S.A. gira alrededor de 20 a 30 RPM, el tiro se hace con velocidad de 20 m/minutos y la carga es de 600 a 700 kg.

En el caso de utilizar winche en la operación de pesca, se requiere que éste tire la línea sin aceleración. La variación en el tiro de la línea traen, con el tiempo daño al aparejo, al casco y la deformación de la red, afectando además el producto de la pesca. Existen diversos winches de pesca, pero los más comunes son los que se utilizan en el arrastre y que tienen la misma estructura de los que se usan en tierra pero con tambores para enrollar 1000 2000 metros de línea y otros tambores auxiliares (1 a 3) para enrollar 100 metros de línea.

Los winches generalmente son accionados por sistemas de potencia hidráulica en el caso de pequeños y medianos

arrastreros. Los grandes arrastreros utilizan energía eléctrica.

Existen muchos otros tipos de tracción pero no es tema específico de este trabajo ahondar más en este aspecto. Basta decir que todos tienen mas o menos las mismas características y se usan en toda labor que pueda ahorrar esfuerzo humano durante la faena.

3.10:3 Maquinaria para mejorar la eficiencia de la pesca

Se utilizan lámparas para atraer la atención del pescado, el tipo de lámparas puede variar pero es lógico que a mayor intensidad de éstas el cardumen podrá verlas desde mayor distancia. Rociadores de agua y cebo se utilizan de la misma manera que las lámparas, el cardumen se acerca por curiosidad y el pez es atrapado en ambos casos, por bombas succionadoras de pescado.

Actualmente también se estan utilizando equipos que producen sonidos que atraen a los peces. Al igual que los sistemas anteriores son capturados luego de un lapso de tiempo prudencial.

Las ecosondas no sólo detectan el cardumen sino que puede éste puede ser observado, además también puede seguirse el proceso de extracción. Este equipo juega un

FIGURA 3.10.a: DOS BARCOS SARDINEROS

TONELAJE VS. LONGITUD DE RED

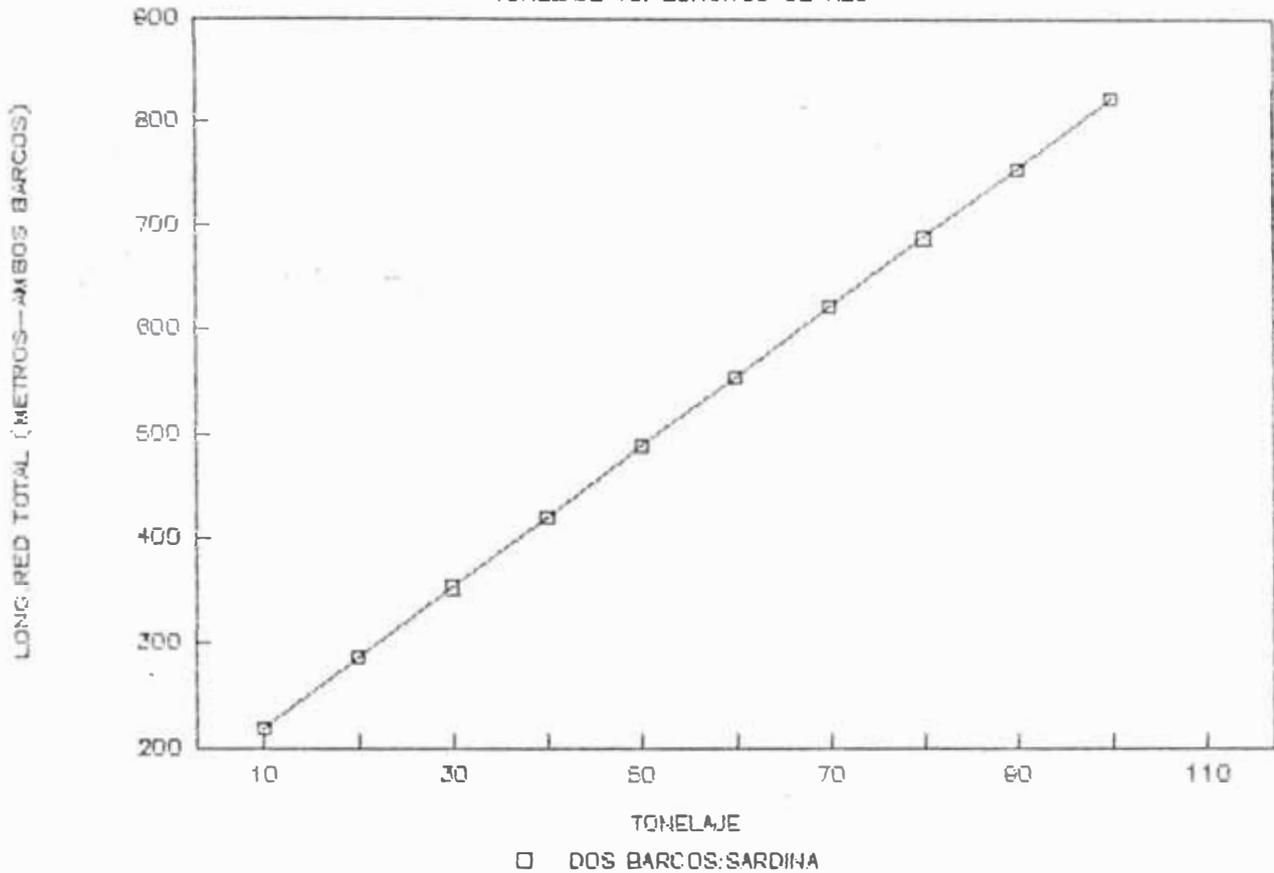


FIGURA 3.10.b: ATUNERO MECANIZADO

TONELAJE VS. LONGITUD DE RED

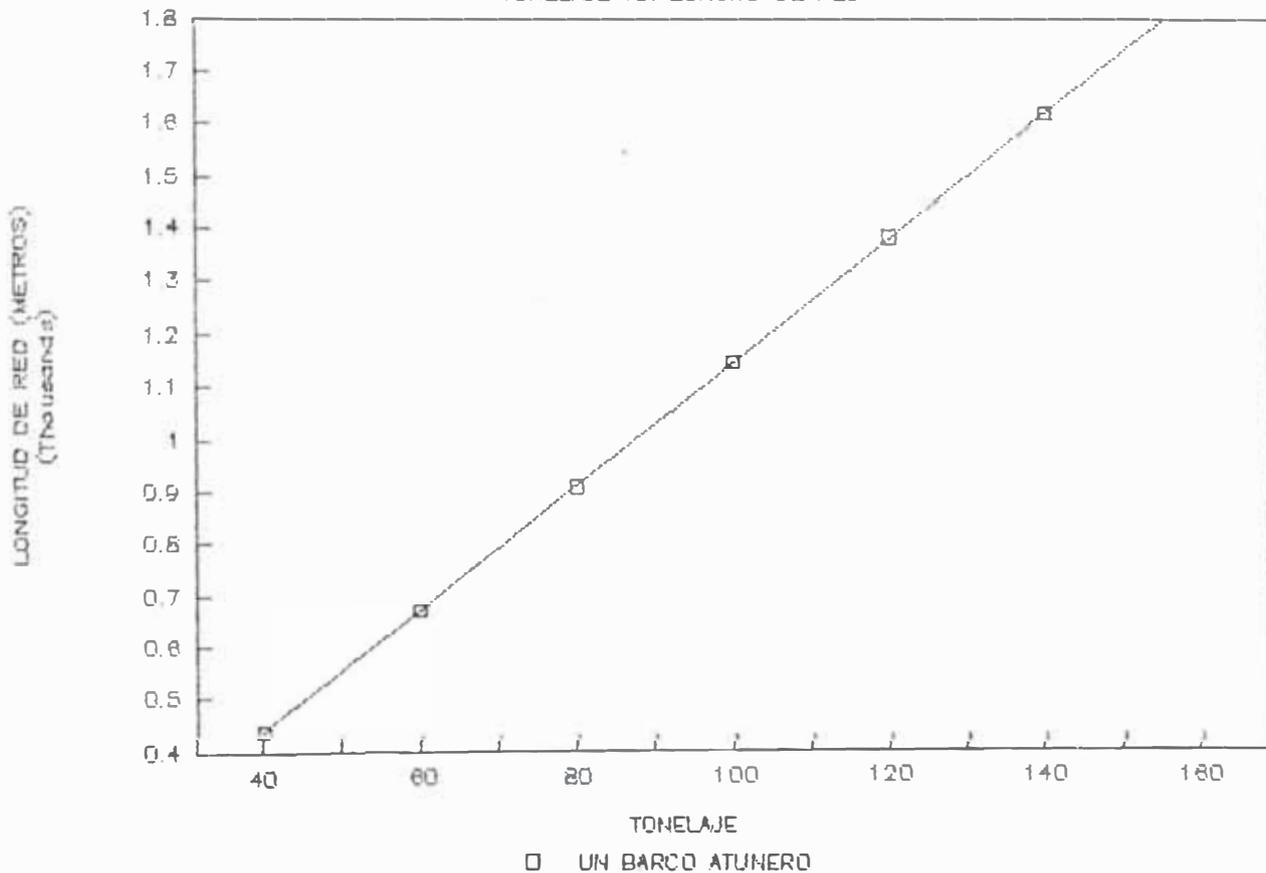


FIGURA 3.10.c : PESCA DE CABALLA

TONELAJE VS. LONGITUD DE RED

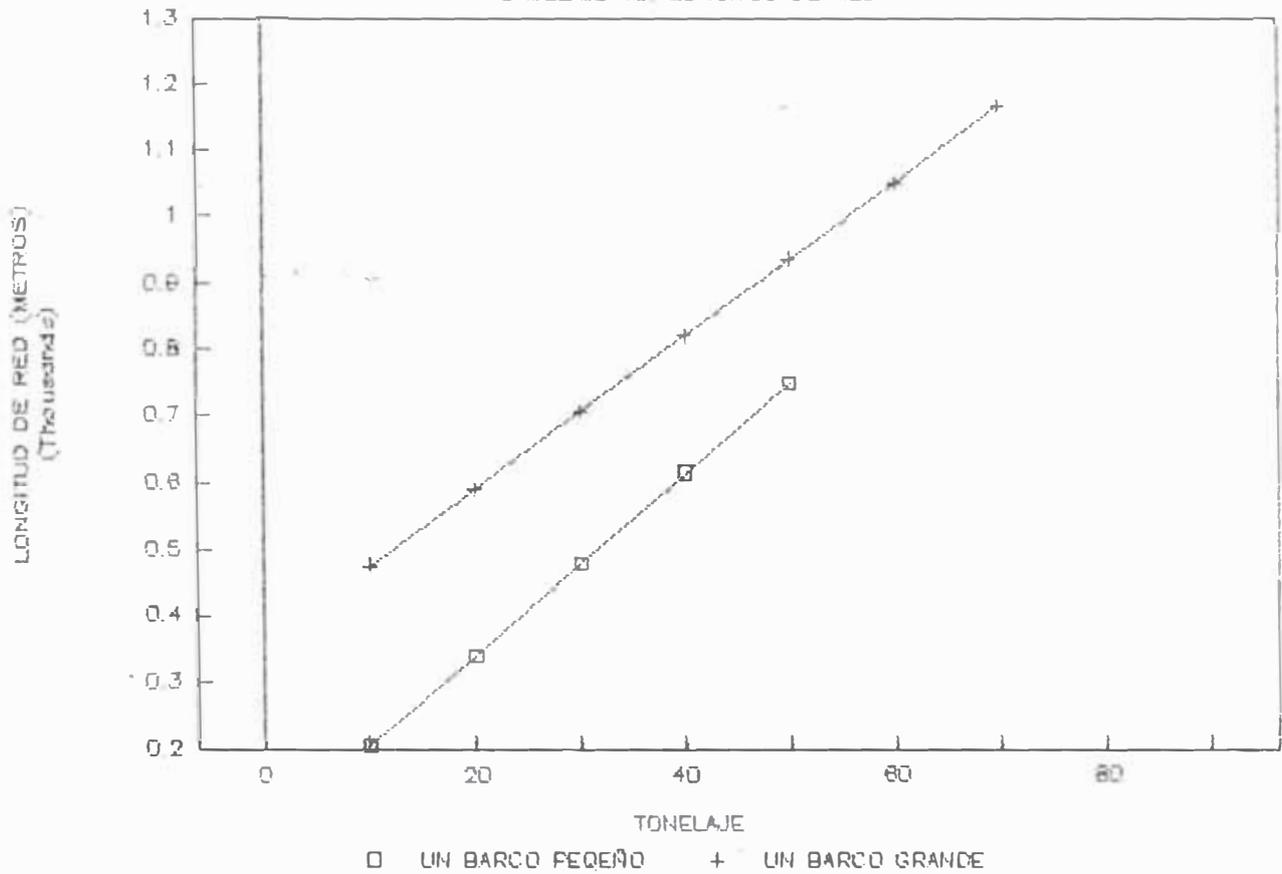
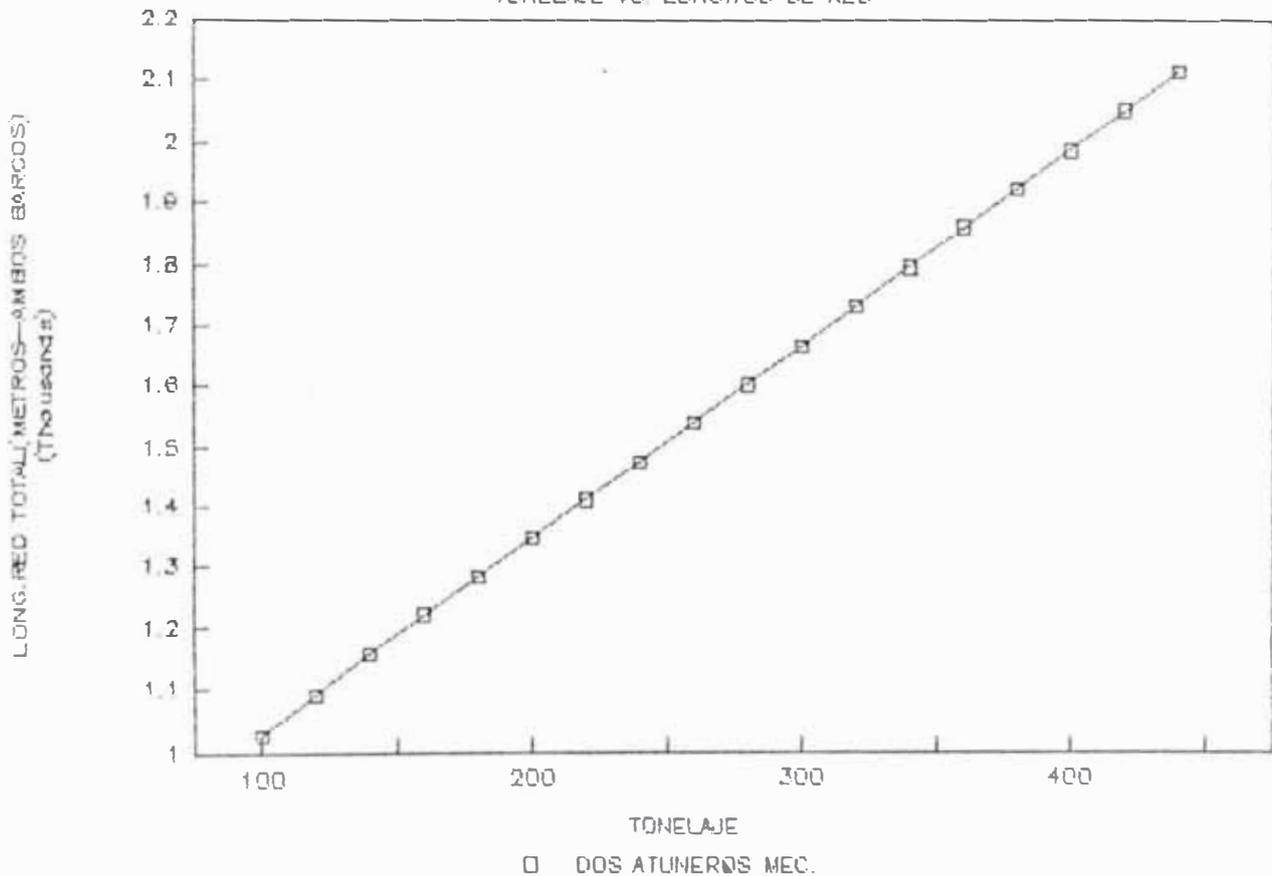


FIG.3.10.d-DOS ATUNEROS MECANIZADOS

TONELAJE VS. LONGITUD DE RED



éste no influye mayormente. La longitud y profundidad de la red deberá ser calculada de manera que los peces no escapen en demasía en el intervalo de tiempo entre la extensión de la red y la formación de la bolsa (ver fig.3.12).

Presentamos gráficos donde aparece la longitud de redes en función de tonelaje de la embarcación. Estos cuadros han sido preparados en base a muestras estadísticas en Japón (Ref.15).

El cálculo de la profundidad que debe tener la red se puede calcular como:

$$\text{Longitud/Profundidad} = K \quad (\text{E.3.14})$$

Donde K es una constante de proporcionalidad que generalmente está en el rango de 0.08 a 0.20 pero que puede llegar a tomar el valor de 0.30.

3.11 Sistema de conservación para el pescado

La descomposición del pescado se debe a dos causas: la autólisis y la multiplicación de los gérmenes. La descomposición natural (autólisis) se inicia con la cuagulación de las proteínas que producen el *rigor mortis*. Tras unas horas se deshace la rigidez cadavérica por la influencia de enzimas y se inicia la descomposición de las

proteínas en compuestos de nitrógeno, sobre todo, la trimetilamina, que produce un olor desagradable, síntoma inequívoco del mal estado del producto.

La rápida multiplicación de los gérmenes tiene una influencia mucho mas decisiva que al autólisis en la descomposición del pescado. La invasión de los gérmenes tiene lugar en los peces desde las branquias a la sangre, desde la mucosa y las escamas a través de la piel y los intestinos.

El mecanismo para mantener el pescado en condiciones de consumo es el frío, sin embargo, las bajas temperaturas no destruyen ni las enzimas ni los microorganismos, sólo retardan su acción destructiva.

La utilización del hielo como refrigerante se inicia recién en 1938 cuando un barco dedicado a la pesca del mero introduce una carga de hielo natural para su viaje, pero éste no estaba en contacto con el pescado; más tarde se descubriría que el contacto directo no era perjudicial al producto.

El tratamiento de los peces en los barcos y luego en los desembarcaderos deja mucho que desear desde el punto de vista de la higiene: éstos se cargan y descargan en cualquier condición y estado de tiempo. Una acción desinfectante se puede lograr al añadir hielo seco (monóxido de

carbono) al hielo común, si bien no se logra una gran mejora en el efecto refrigerante. Es necesario advertir, en este caso, que el ingreso a las bodegas en el momento del desembarco se debe efectuar cuando se haya oxigenado el ambiente, de otro modo puede existir peligro de asfixia.

La conveniencia de contar con una cámara aislada térmicamente en lugares de clima tropical es evidente. En nuestro país, la zona norte se caracteriza por tener temperaturas altas, lo que ocasiona una rápida degradación del producto de pesca que conlleva a su menor cotización en el momento de la descarga. Todo lo expuesto nos induce a investigar los requerimientos para adicionar una cámara térmica y un equipo de refrigeración para el ambiente.

El problema planteado es el mantener el pescado a 10°C durante el periodo de pesca, que en nuestro caso aproximadamente ocho horas. Según la tabla anterior el producto llegará en condiciones óptimas a puerto ya que tendrá un período de 54 horas para estar todavía en estas condiciones.

Para desarrollar el problema podemos dividir el análisis de la siguiente forma:

- a) Aislante térmico a utilizar.
- b) Carga térmica que se debe evacuar.

LIMITE DE CONSERVACION

PECES MAGROS

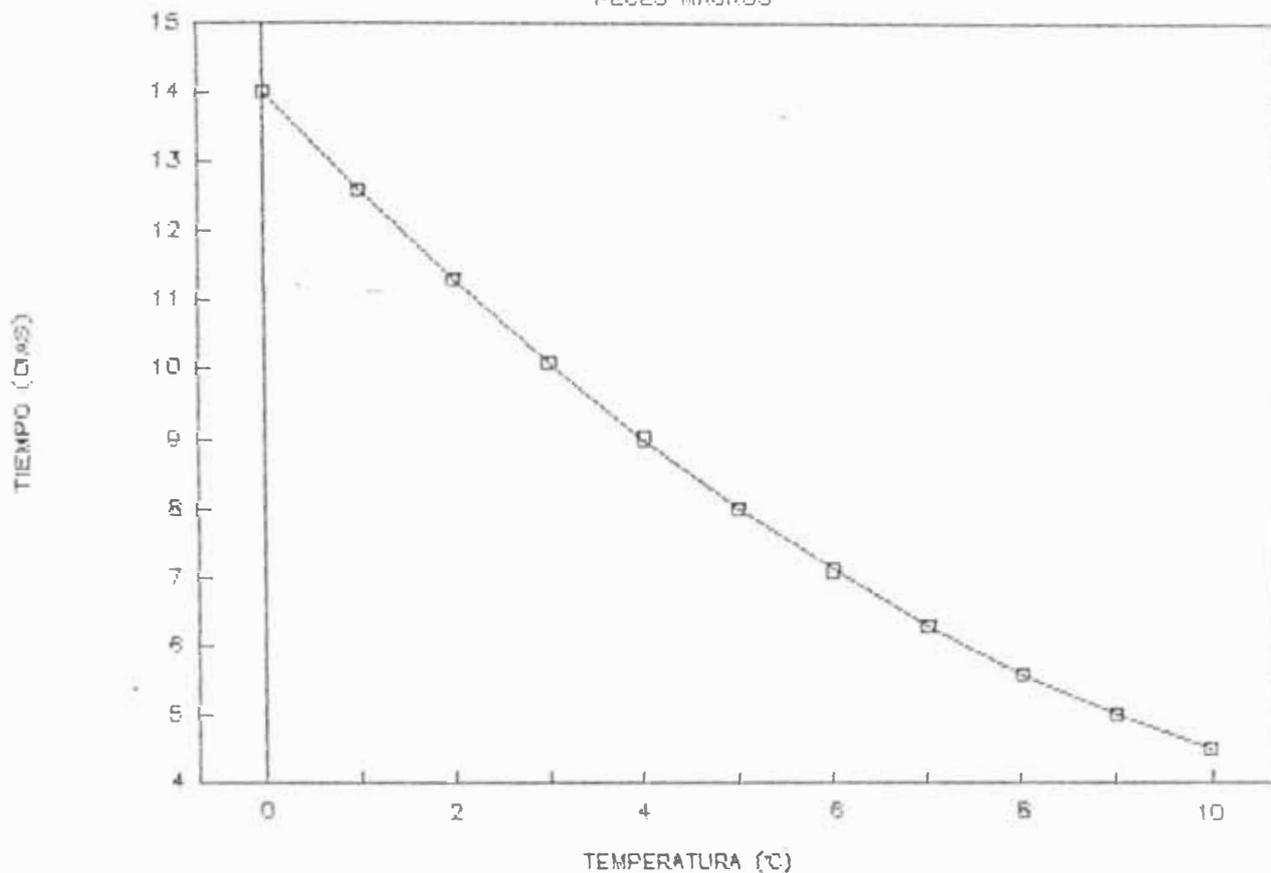


Tabla 3.5

Conservación de peces magros, en días, para diferentes temperaturas de almacenaje por encima del punto de congelación.

ESTADO DE CONSERVACION (DIAS)	TEMPERATURA (°C)		
	0	5	10
MUY BIEN	8	5	2.5
BIEN	11	6.2	3.5
SUFICIENTEMENTE BIEN	12.5	7.2	4
LIMITE PARA CONSUMO	14	8	4.5

En nuestro caso, el casco de la embarcación, por ser de madera, es un aislante térmico. Generalmente la resistencia térmica de la pared suele despreciarse pero en nuestro caso no es conveniente, así que tomaremos al menos el "alma" de la pared como aislante térmico.

Considerando la resistencia térmica como

$$R = L / KA \quad (E.3.15)$$

Tendremos :¹ R_{aire} : $R_a = 7.41$ (hr. °F/BTU)/pie
 $k_a = 0.0140$ BTU/hr - °F- Pie
 R_{madera} : $R_m = 11.91$ (hr. °F-Pie)
 $k_m = 0.090$
 R_{pared} : $R_p = 4.57$ (hr. °F-Pie)

donde, R: resistencia al paso del calor.

K: conductividad calórica del material.

b) Carga térmica que se debe evacuar

La metodología de cálculo es similar a la que se emplea en el ASHRAE para cámaras térmicas adicionando el cálculo por radiación térmica.

El análisis de las cargas térmicas que se filtran desde el exterior debe incluir:

¹Las resistencias han sido calculadas por unidad de longitud (en profundidad) puesto que el área de la sección no es de fácil terminación, esto altera en absoluto los cálculos.

a) Aislante térmico a utilizar

La finalidad de utilizar aislante térmico en una cámara frigorífica consiste en reducir la transmisión de calor a través de las paredes necesitando de esa manera un equipo de refrigeración menor. Al realizar los cálculos se deberá verificar que la superficie externa de la cámara sea superior a la temperatura de rocío del aire atmosférico externo para evitar variar los índices de convección.

Otro aspecto que se debe resaltar es la necesidad de impermeabilizar la cámara para evitar que el aislante térmico se humedezca, recuerde, "aislante mojado no aislante" Se suele utilizar en este menester asfalto líquido industrial Nro. 200, la impermeabilización se ejecuta por el lado más caliente.

El espesor de aislamiento recomendado por la ASHRAE se mide en comparación con la cantidad de corcho equivalente :

Tabla 3.6:ESFESOR DE AISLANTE

Temperatura de la Cámara (°F)	Espesor de corcho requerido
25 a 35	5 "
35 a 50	4 "
50 a 60	3 "

1. Transmisión de calor a través de las paredes
 - a. Paredes en contacto con el aire (radiación).
 - b. Paredes en contacto con el agua.
2. Ganancia calórica debida al aire exterior que penetra en la cámara.
3. Calor liberado por el producto procesado.
4. Fuentes diversas.

Para garantizar el correcto funcionamiento de la unidad de refrigeración se debe realizar la estimación considerando las condiciones más críticas. El día que se alcanzan dichas condiciones críticas se denomina "día de proyecto" y lo caracterizan las condiciones de máxima TBS y máxima TBH simultáneamente, radiación solar máxima y el total de las cargas internas en funcionamiento.

3.11.1 Transmisión de calor a través de las paredes

a) Con radiación

Para evaluar esta carga se debe considerar la inercia térmica de la estructura, esto significa que la estructura almacena energía, lo que hace que la ganancia instantánea de calor dentro de la cámara sea menor que la recibida y la carga de refrigeración real se debe evaluar con este valor.

La ecuación que nos permite evaluar esta ganancia de calor es :

$$q = U A \Delta t_e \quad (E.3.16)$$

donde :

Δt_e : Diferencia equivalente de temperatura. Se define como la diferencia de temperatura que produce el mismo flujo de calor que la consideración por separado de la ganancia de calor por radiación y por temperatura exterior.

Los valores de Δt_e aparecen en tablas que deben ser corregidas según las temperaturas exterior e interior de la cámara, por la variación de temperatura durante 24 horas, por efecto de techos y paredes oscuros y por la diferencia de latitud con la referencia (40° latitud Norte en el mes de Julio).

El cálculo para condiciones modificadas es:

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + bR_s/R_m (\Delta t_{em} - \Delta t_{es}) \quad (E.3.17)$$

donde, a : Coef. corrección para diferencia de temperatura exterior/interior distinta de 3°C, y un ΔT exterior (en 24 hrs.) distinto de 11°C.

Δt_{es} : Dif. de temp. equivalente, a la hora considerada, para pared a la sombra.

Δt_{em} : Dif. de temp. equivalente, a la hora con siderada, para pared soleada.
 b : Coef. de color, pared o echo. (claro: $b=1$, medio: $b=0.78$, oscuro: $b=0.55$)
 R_s : Máx. Rad. solar mes y latitud supuestos a través de superficie acristalada.
 R_m : Máx. Rad. solar Julio, latitud 40° supuestos a través de superficie acristalada.

De las tablas de ganancia calórica (ASHRAE) para las siguientes consideraciones:

No. de personas en la cámara	: 0
Ubicación	: 0° Latitud sur
TBS	: 40°C
Humedad Relativa	: 60%
Iluminación	: Despreciable
Variación de Temp. exterior	: 20°C
Altura sobre el nivel del mar	: 0 m
Paredes exteriores	: Color claro
Cubierta (techo)	: Color medio
Funcionamiento diario	: 8 horas
Altura sobre la línea de flotación	: 0.17m
Area de cubierta	: 16m^2
Peso de pared y techo incluido aislante	: 90Kg/m^2
Hora de cálculo	: 17 hrs.

Los valores obtenidos son:

$$a = 8.8 \quad b \text{ Pared} = 0.55 \quad b \text{ techo} = 0.78 \quad R_{in} = 444$$

Radiación por Este y Oeste :

$$R_e = 412 \quad t_{es} = 7.2 \quad t_{em} = 25.0$$

$$t_e = 8.8 + 7.2 + 0.55 * 412 / 444 * (25-72) \\ = 25.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Radiación sobre el techo :

$$R_e = 664 \quad t_e = 7.2 \quad t_{em} = 25.6$$

$$t_e = 8.8 + 7.2 + 0.78 * 664 / 444 * (25.6-72) \\ = 37.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Paredes en la sombra (Dentro del barco, mamparos de proa y popa)

$$t_e = a + t_{es}$$

$$t_e = 8.8 + 7.2 = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La transmisión de calor hacia la cámara a través de las paredes en contacto con el aire serán:

$$q = U A \Delta t_e \quad (\text{E.3.18})$$

Paredes Este / Oeste

$$U_p = 0.95 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \quad (0.466 \text{ Kcal/hr- m}^2\text{-}^\circ\text{C})$$

$$q = 0.466 \times (2 \times 6 \times 0.47) \times 25.08 = 65.92 \text{ Kcal/hr}$$

Paredes dentro del barco :

$$\text{Area (aprox)} = 4\text{m}^2$$

$$q = 0.46 \times (2 \times 4) \times 16 = 59.65 \text{ Kcal / hr}$$

De la carta psicométrica obtendremos las entalpías
para:

100 °F y 60% HR : $h_e = 52 \text{ BTU} / \text{lb. aire seco}$

40 °F y 90% HR : $h_i = 24.75 \text{ BTU/lb. aire seco}$

La densidad del aire es 0.07 lbm/pie^3

El cálculo se ejecuta como:

$$q = n (\rho v) (h_e - h_i)$$

$$q_z = 16.73 \times (0.07 \times 265) (52 - 24.75) / (12 \text{ horas})$$

$$q_z = 8.457 \text{ BTU}/(12 \text{ horas}) = 704.7 \text{ BTU} / \text{hr}$$

$$q_z = 704.7 \text{ BTU/ur} = 177.7 \text{ Kcal/hr}$$

3.11.3 Carga térmica por reducción de la temperatura del producto

Si el pescado baja su temperatura de 16 °C a 10 °C tendremos :

$${}^{\circ}\text{C} = 0.88 \text{ Kcal/Kg } {}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{TM} = 7.5 \text{ (media carga)}$$

$$q = 7500 (0.88) \times (6) = 39600 \text{ Kcal}$$

$$*\text{TM} = 15 \text{ (plena carga)}$$

$$q = 79200 \text{ Kcal}$$

Consideremos 6 horas como tiempo de enfriamiento, la bodega se supone que esta a media carga. En caso de estar a plena carga, el barco se dirige directo a puerto, no hay interés en mantener la carga a bordo.

Cubierta :

$$U = 0.057 \text{ BTU / hr-pie-}^\circ\text{F} (0.276 \text{ Kcal/hr-m}^2\text{-}^\circ\text{F})$$

$$q = 0.276 \times 16 \text{ m}^2 \times 37.46 \text{ }^\circ\text{C} = 165.42 \text{ Kcal/hr}$$

b) Paredes en contacto con el agua :

Haremos el cálculo por conducción y le aplicaremos un factor de castigo.

$$U = 0.466 \text{ Kcal/hr - m}^2\text{- }^\circ\text{C}$$

$$A = 26 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{MAR}} = 36 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$q = 0.466 \times 26 (36-10) = 315 \text{ kcal/hr}$$

factor de castigo de 30%

$$q = 410 \text{ Kcal / hr}$$

La cantidad de calor que se filtra a través de las paredes se puede estimar en:

$$q_1 = 65.92 + 59.65 + 165.42 + 410$$

$$q_1 = 701 \text{ Kcal/hr}$$

3.11.2 Carga térmica debida al aire exterior que ingresa

Consideremos la cámara a media carga, quedando 7.5m^3 (265 pie^3) luego se contabilizan 33.45 cambios de aire en 24 horas (Ref.18), como el barco trabaja un promedio de 12 horas como máximo tendremos 16.73 cambios de aire total.

$q = 39600 / 6 = 6600 \text{ Kcal/hr}$ (En este caso despreciamos la energía por cambio de aire).

3.11.4 Calores diversos y totalización

Los calores diversos se refieren más que nada al motor de 3HP con caja en la cámara:

$$q_4 = 2545 \text{ BTU/hr-HP} \times 3\text{HP} = 7635 \text{ BTU/hr}$$

$$q_4 = 7635 \text{ BTU/hr} = 1924 \text{ Kcal/hr}$$

El total de calor a evacuar será:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

$$q = 701 + 178 + 6600 + 1924 = 9403 \text{ Kcal/hr}$$

$$q = 9403 \times 4.1855 \times 1000 \text{ joules/3600 seg}$$

$$q = 10.93 \text{ kw}$$

Factor de seguridad 10% = 1.093 kw

TOTAL = 12.02 kw

El equipo requerido deberá ser capaz de evacuar 12.0 kw de la cámara refrigerada.

DISCUSION DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS DEL PROYECTO

En este capítulo deseamos presentar temas que están involucrados en el diseño del barco y que a pesar de no estar directamente tratados en el trabajo, influyen en la toma de decisiones del proyecto.

4.1 Variaciones pequeñas en las dimensiones del casco

En el desarrollo que hemos propuesto el tamaño de la embarcación se calcula iterativamente por computadora y fácilmente se puede ver la variación que sufren las características del casco. Sin embargo, a veces es necesario saber el efecto que ocasiona modificar una dimensión sobre el resto de características del barco. Podemos proponer el siguiente procedimiento para estudiar estos casos :

$$\Delta = k [LBH] \quad (E.4.1)$$

donde, k : Constante de proporcionalidad.

L,B,H : Dimensiones principales.

tomando logaritmos y derivando:

$$\ln(\Delta) = \ln(k) + \ln(L) + \ln(b) + \ln(H) \quad (E.4.2)$$

$$d\Delta/\Delta = dL/L + dB/B + dH/H \quad (E.4.3)$$

De la misma manera, para coordinar el estudio de la estabilidad podemos plantear :

$$BM = I_{xx}/\nabla = (K1)(LB)/(K2*[LBH]) \quad (E.4.4)$$

$$BM = I_{xx}/\nabla = K (B^2/H) \quad (E.4.5)$$

donde, BM : Altura metacéntrica.

I_{xx} : Inercia del plano de flotación.

V : Volumen sumergido.

K1, K2, K : Constantes.

LBH : Dimensiones principales.

Tomando logaritmos y derivando:

$$\ln(BM) = \ln(K) + 2\ln(B) - \ln(H) \quad (E.4.6)$$

$$dBM/BM = 2dB/B - dH/H \quad (E.4.7)$$

Por otro lado, sabemos que :

$$BM = BG + GM \quad (E.4.8)$$

luego:

$$dBM /BM = (dBG + dGM)/(BG + GM) \quad (E.4.9)$$

A partir de estas relaciones se pueden plantear varios casos particulares, que no es el tema tratar aquí, pero debemos señalar que este método se puede plantear para otras características de la embarcación como :

$$S = C f(\Delta L) \quad ((E.4.10)$$

donde,

S : Área de Superficie mojada

Δ: Desplazamiento

L : Eslora de flotación

C : Constante de proporcionalidad

Tomando logaritmos y luego derivando se obtiene :

$$ds/s = 1/2 (d\Delta/\Delta + dL/L) = 2 dL/L \quad (E.4.11)$$

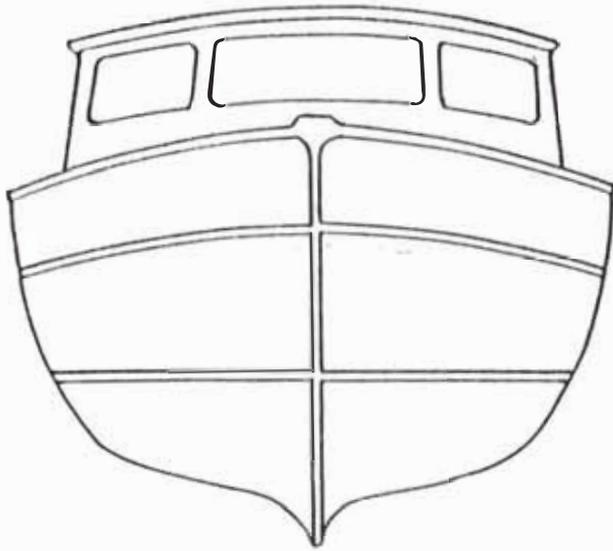
En general esta es una buena forma de estudiar las pequeñas variaciones y sus efectos en las propiedades del barco.

4.2 Relación casco - propulsión

En el trabajo desarrollado se presenta un cálculo sencillo para la selección del motor a partir de la constante del almirantazgo y del coeficiente de Taylor. No se cuestiona la relación existente entre las líneas de forma del casco, la resistencia total sobre el casco y la potencia necesaria para alcanzar la velocidad requerida. La razón para no profundizar en este tema es que cuando se realiza un estudio de la resistencia que soporta el casco es para mejorar las formas del barco y no para seleccionar el motor necesario.

Los métodos de selección que entrega el fabricante en sus catálogos presentan un sobre-dimensionamiento que asegura que el motor cumpla con los requerimientos del barco. Por otro lado, un motor puede entregar al menos un

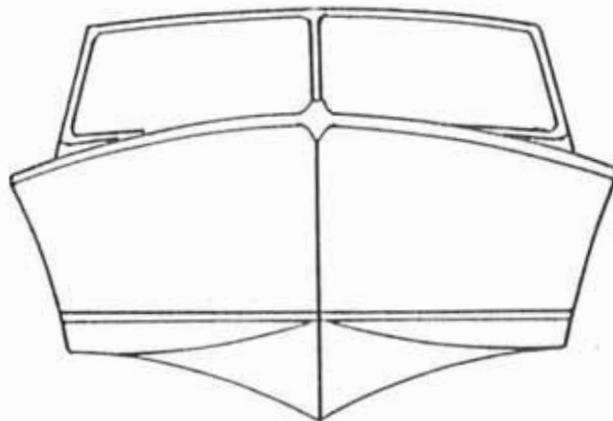
FIGURA 4.1 TIPOS DE CASCO Y CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA



A) CASCO DE DESPLAZAMIENTO

$$SHP = \frac{\Delta^{2/3} V^3}{C1}$$

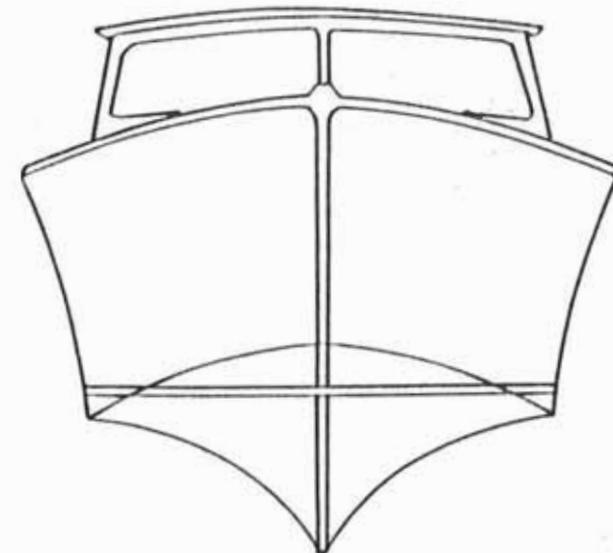
Lw (pies)	30	50	75	100	150	300
C1	70	95	120	150	180	250



B) CASCO DE PLANEEO

$$SHP = \Delta (V/K)^2$$

Lw (pies)	20	30	40	45	50
K	2.75	3.15	3.65	3.84	4.00



C) CASCO DE SEMI-PLANEEO

$$SHP = \Delta (V/K)^2$$

Lw (pies)	20	30	40	50
K	2.25	2.60	3.05	3.34

25% de potencia superior a la nominal en régimen transitorio para cualquier caso de necesidad. Es por lo tanto, inútil tratar de calcular la potencia necesaria con exactitud, ya que siempre se necesita de un sobredimensionamiento para alimentar otros equipos. En la actividad cotidiana, el motor con que trabajan muchos barcos son proveídos por el armador, funcionando la embarcación con "velocidad resultante".

Teóricamente, en el avance de un barco se presentan diversas fuerzas que dificultan su desplazamiento. Todas ellas interactúan entre sí mismas de una manera muy complicada por lo que el estudio no es fácil. Usualmente se consideran cuatro componentes que originan la llamada Resistencia Total.

(1) Resistencia friccional (R_{R_e}) debido a las fuerzas viscosas, está relacionada con el número de Reynolds.

(2) Resistencia de formación de olas (R_{R_x}), debida a la energía que consume el barco al formar un sistema de olas sobre la superficie del agua, se relaciona con el número de Froude.

(3) Resistencia de remolinos (o de presión) (R_p) son efectos de viscosidad, se relaciona con el efecto de desprendimiento de la capa límite.

(4) Resistencia de Aire (R_A)

La ecuación que relaciona todas estas magnitudes es:

$$R_T = R_{R_e} + R_{R_x} + R_p + R_A \quad (E.4.12)$$

Si bien es cierto que la ecuación anterior representa el fenómeno físico, es claro que el estudio de cada una de los componentes presenta un alto grado de dificultad para su análisis, así que en el laboratorio se consideran otras relaciones más sencillas de trabajar. Se supone que la Resistencia Total esta formada por dos componentes, la Resistencia Friccional de placa plana y la Resistencia Residual :

$$R_T = R_f + R_r \quad (E.4.13)$$

El método tradicional de cálculo es el siguiente :

(a) Método para hallar la Resistencia Friccional de Placa Plana :

- Se calcula la velocidad del modelo a partir de :

$$V_m / \sqrt{L_m} = V_p / \sqrt{L_{pp}} \quad (E.4.14)$$

- Se calcula el valor de Reynolds para el modelo considerando una placa plana de longitud igual a la eslora del modelo y con área igual a la superficie mojada de éste.

- Se calcula el coeficiente de fricción de placa plana a partir de :

$$C_f = 0.0075 / (\text{Log } R_n - 2)^2 \quad [E.4.15]$$

American Towing Tank Conference (ATTC)

$$0.242 / \text{sqr}(C_f) = \text{Log}(R_n * C_f) \quad [\text{E.4.16}]$$

International Towing Tank Conference (ITTC)

- La Resistencia Friccional de Placa Plana para el modelo se calcula de forma tradicional.

$$R_{fm} = 1/2 C_f S_m V_m^2 A_m \quad (\text{E.4.17})$$

- La Resistencia Residual del Modelo se halla por diferencia :

$$R_{rm} = R_{tm} - R_{fm} \quad (\text{E.4.18})$$

- La resistencia Residual del barco se calcula por la "Ley de Comparación de Froude" :

$$R_{rb} = R_{rm} * \lambda^3 \quad (\text{E.4.19})$$

$$\text{donde, } \lambda = L_b / L_m \quad (\text{E.4.20})$$

- La velocidad correspondiente del barco es :

$$V_B = V_m * \sqrt[3]{1/2} \quad (\text{E.4.21})$$

- La Resistencia Friccional de Placa Plana del barco se calcula con el mismo procedimiento que se empleó para el modelo, considerando ahora una placa plana de área igual a la superficie mojada del barco y longitud igual a la eslora de éste.

$$R_{fb} = 1/2 C_f S_B V_B^2 A_B \quad (\text{E.4.22})$$

- La Resistencia Total del Barco puede ahora hallarse como:

$$R_{TB} = R_{FB} + R_{RB}$$

(E.4.23)

(b) La Resistencia Residual agrupa los efectos de resistencia por formación de olas, resistencia por formación de remolinos, resistencia friccional por efectos de forma no plana. Por lo tanto aún se debe añadir la resistencia del aire. La resistencia de aire se suele calcular como :

$$R_a = 0.004 A_T V_R^2 \quad (E.4.24)$$

donde A_T : Area Transversal proyectada

(perpendicular al viento)

V_R : Velocidad relativa, $V_R = V_{BARCO} - V_{VIENTO}$

Al mostrar el procedimiento que se sigue para hallar la potencia necesaria para el avance del barco en el laboratorio sólo hemos querido revisar algunos conceptos teóricos y al mismo tiempo demostrar la ineficiencia este procedimiento para nuestro caso.

4.3 Comentarios sobre motores

En la actualidad el uso de otro combustible que no sea Diesel, es económicamente prohibitivo en nuestro país. Para pequeñas embarcaciones sólo queda la posibilidad (económica) de generación de potencia por motor Diesel.

Los motores Diesel se suelen dividir en tres clases según la velocidad de rotación del cigueñal : lentos (hasta 400 RPM) de mediana velocidad (500 a 1800 RPM) y de alta velocidad (1800 a 5000 RPM). Siempre se consideró que los motores marinos debían ser lentos pero en la actualidad, con el progreso de las aleaciones y con el deseo de reducir el peso de los sistemas, se tiene que para potencias menores de 150 HP, la velocidad de rotación del cigueñal está en el rango de 1800 a 2500 RPM.

Los motores marinos son muy costosos en nuestro medio, debido a esto, se ha intentado sustituir estos con motores estacionarios, de tractor y automotrices.

Los motores estacionarios y de tractor han funcionado sin mayor problema; en algunos casos se les ha modificado el sistema de lubricación para asegurar que circule aceite por todo el circuito. En general, la experiencia indica que los motores mencionados no ofrecen mayores problemas en su adaptación.

En el caso de motores automotrices, se sabe que no han dado resultados satisfactorios, pero aquí hay que resaltar que no se ha realizado un estudio adecuado de estas adaptaciones. Lo más probable es que el motor haya sido forzado a trabajar continuamente a plena carga. Debido a que el diseño automotriz no considera carga continua, es

lógico que los motores no hayan resistido el esfuerzo, por lo tanto, hasta que no se realice un estudio serio al respecto no podemos desechar esta opción.

Toda adaptación al ambiente marino debe resistir la corrosión del ambiente. De la misma manera, la posición inclinada del motor puede causar problemas en el sistema de lubricación, por lo que debe verificarse la circulación correcta del lubricante.

Tener un motor adaptado o no rápido o lento es, en palabras simples, tener que decidir entre el deseo de cambiar de motor cada 4 años o cada 15. Sin embargo, sea cual sea el motor seleccionado éste debe ser lo más sencillo posible de reparar y lo suficientemente robusto para soportar sobrecargas en régimen transitorio. Recuerde que la confiabilidad en la industria pesquera la cualidad más importante.

Los motores de dos tiempos son sencillos y de menor peso que los motores de cuatro tiempos pero tienen la desventaja de producir mayor vibración. Las vibraciones pueden traer consigo el problema del desalineamiento en los rodamientos o chumaceras que, al generar esfuerzos torsionales pueden quebrar el eje, este defecto suele ubicarse invariablemente cerca de la volante.

Finalmente, con respecto al sistema de refrigeración del motor, debe optarse por el sistema de enfriamiento por agua. El sistema de refrigeración por aire es demasiado lento, produciendo además una elevada temperatura en la sala de máquinas, lo que a su vez disminuye la eficiencia del motor y genera un ambiente nocivo para el maquinista.

4.5 Selección de la hélice

Se han presentado tres monogramas para calcular directamente los parámetros característicos de la hélice, así pues, no hemos efectuado cálculos debido a que nuestro interés es precisamente obtener soluciones rápidas a los problemas concretos. Otros posibles caminos de selección se presentan a continuación.

De los métodos de parámetros adimensionales o números "π" de Buckingham se pueden calcular :

$$K_t = T/SND^2D^4 \quad (E.4.25)$$

$$J = V/ND \quad (E.4.26)$$

donde,

- K_t : Coeficiente de empuje
- T : Empuje
- S : Densidad
- N : Velocidad (RPM)
- D : Diámetro

V : Velocidad
 J : Coeficiente de avance

Haciendo el cociente KT/j^2 se levanta la indeterminación de N , se conocen todos los valores y se puede ingresar a tablas especialmente diseñadas (para diferentes diámetros) que ofrecen los valores de n_{max} , J , P/D , área promedio de álabe (B.A.R), en función del parámetro antes mencionado (KT/j^2).

Otra forma de seleccionar hélices es por medio de gráficos estructurados en base a los parámetros principales. Considerando algunas recomendaciones se pueden salvar las indeterminaciones, o si no se tiene, los datos completos, se puede lograr un respuesta por métodos iterativos. Por ejemplo, una hélice tipo Taylor puede seleccionarse en base a los valores de :

$$B_p = (N) [SQR(P_D)] / V_A^{2.5} \quad (E.4.27)$$

$$= ND / V_A \quad (E.4.28)$$

$$= T V_A \quad (E.4.29)$$

$$= T V_A / 325.7 P_{DNR} \quad (E.4.30)$$

donde, B_p : Coef. de hélice de Taylor

δ : Coef. de avance de Taylor
N : RPM
P_D : Potencia de desarrollada (SHP)
VA : Velocidad de avance (Nudos)
D : Diámetro de la hélice (pies)
T : Empuje (Lbs - Fza)
n_a : Rendimiento de la hélice en agua
abierta.
n_r : Rendimiento de rotación relativa
0.95 < n_r < 1.0 - 2 hélices
1.0 < n_r < 1.05 - 1 hélice

Las respuestas serán contrastadas con el gráfico de curvas características de Taylor y con algún dato que permita ejecutar la iteración.

Definitivamente, la hélice es una bomba axial y en el caso de no contar con ningún dato adecuado, puede calcularse en base a la teoría tradicional de turbomaquinaria. Pero se deberá ser conservador en las decisiones, pues las condiciones a que está sometida una bomba son casi constantes, en cambio, la hélice tiene condiciones de funcionamiento variables.

4.6 Límite de estabilidad

Las embarcaciones pequeñas no son lo suficientemente estudiadas como para poder dar recomendaciones de estabilidad, en general lo deseable es tener límites a los cuales atenerse pero esto es poco factible por la falta de información.

En el año 1939, Rahola examinó muchos pequeños barcos con buena estabilidad y buena performance de navegación; sus investigaciones lo llevaron a las siguientes conclusiones:

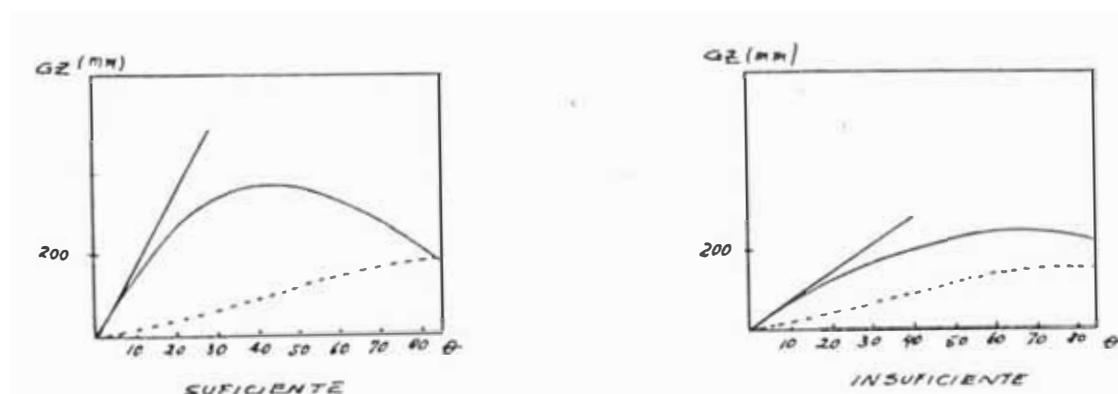
1. Los valores de los brazos de adrizamiento para estabilidad estática deben ser al menos $5\frac{1}{2}$ " (140 mm) para un ángulo de 20° y al menos de $7\frac{1}{2}$ " (200 mm) para un ángulo de 30° .
2. El "Angulo Crítico" de Rolido para un barco debe ser mayor de 35° . (Por "Angulo Crítico" de Rolido se entiende el ángulo para el cual la curva del brazo de adrizamiento de estabilidad estática toma su máximo valor).

Pero Rahola no se detuvo ahí y buscó flexibilizar mas su mínima estabilidad bajo condiciones dinámicas; su conclusión en este punto fue extremadamente simple : "El

ángulo de Rolido 'Permitido' debe ser igual o mayor que 31.7° pulg. (80 mm.)". El ángulo "Permitido" se puede determinar como:

1. Debe ser menor o igual que el "Ángulo Crítico" donde la curva de estabilidad estática alcanza su máximo.
2. Debe ser igual o menor de 40°
3. Bajo el ángulo "Permitido" no debe ingresar agua al barco.
4. Si la carga es libre de desplazarse, el ángulo de desplazamiento debe ser determinado.

El método de Rahola ha sido probado en Holanda y ha dado una buena medida de juicio para estimar la estabilidad de embarcaciones pesqueras.



4.7 Franco bordo mínimo

El Franco Bordo de una embarcación es principalmente la reserva de flotabilidad que tiene un barco, de ahí la importancia de tener una idea de su valor real.

A continuación presentamos un cuadro con la variación del Franco Bordo Mínimo requerido por la Capitanía de Puertos del Callao (1991):

<u>Eslora</u>	<u>Franco Bordo Mínimo</u>
Hasta 16 m.	220 mm
Desde 16 m hasta 30 m	300 mm
Desde 24 m hasta 40 m	463 mm

El manual de la FAO presenta una relación directa entre el Franco Bordo y la eslora de la embarcación (pesqueros) que se debe calcular como:

$$FB = 0.02 L + 10 \text{ (metros)} \quad ((E.4.31))$$

FB: Franco bordo mínimo.

L : Longitud entre perpendiculares.

Eslora (m.)	12.2	16	30	40
Fr. bordo (mm.)	344	420	700	900

Como comparación presentamos también una lista parcial de valores mínimos para el Franco Bordo de Vapores que aparecen en "Principles of Naval Architecture" publicado por "The Society of Naval Architects and Marine Engineers" (1967) :

<u>Lpp</u>		<u>Franco bordo</u>	
pies	m.	pulg.	mm.
80	24.4	7.2	183
90	27.5	8.0	203
100	30.5	8.9	226
120	36.6	11.0	279
150	45.7	14.5	368
200	61.0	21.4	544
250	76.2	29.9	759
300	91.4	40.0	1016
350	106.7	52.1	1323
400	121.9	66.4	1687

Por otro lado, los valores pueden ser corregidos por los aspectos de: puntal, altura de proa, arrufo, vuelta de baco y super-estructura; pero todos estos aspectos no influyen de manera determinante en las dimensiones finales.

Como se puede apreciar, los valores divergen mucho. Hasta ahora no se cuenta con un estándar de cálculo y de requisitos que permitan definir el valor de un franco bordo apropiado.

Para el B/P María Guadalupe, el franco bordo de diseño es 0.41 m., que es superior a todos los requerimientos; el problema es que en estos casos el pescador tratará de darle mayor carga a la embarcación. Debe

instruirse al usuario de tal manera que no incurra en este error.

En el ambiente pesquero se sabe que el pescador tratará de ocupar el máximo de espacio con carga, y si debe vaciar los depósitos de aceite, agua dulce o combustible: lo hará. El pescador no respeta las normas de seguridad del constructor. Esto es un problema en todo el mundo.

Lograr que no se violen los límites de la reserva de flotabilidad es un problema grave que actualmente nadie se ha preocupado en estudiar ni resolver. Enviar barcos con mayor capacidad a la declarada no es solución, pero es quizás la única alternativa que existe en este momento.

ANALISIS ECONOMICO

A continuación presentamos un estudio de los costos principales que involucra la construcción de una embarcación de madera de 15 TM aproximadamente.

5.1.1 Maderas

De la lista de piezas de la embarcación podemos calcular:

Madera de Quilla	601 pie-tablar
Madera de la Estructura	4,021 pie tablar
Caseta	500 pie-tablar

	5,122 pie-tablar

Costo del pie-tablar promedio : U.S.\$ 0.50

Costo de madera estimado : U.S.\$ 2,561

5.1.2 Calafateo

El recubrimiento de pintura que debe darse al barco es aproximadamente de un espesor de 8 milésimos de pulgada (0.2 mm), considerando que el galón trae en promedio 3.785 litros, tenemos :

$$\text{Vol.} = \text{esp. de película} \times \text{Área cubierta (E.5.1)}$$

$$3.7685 \text{ cm}^3 = (0.02 \text{ cm}) \times A$$

$$A = 189250 \text{ cm}^2$$

$$A = 19 \text{ m}^2$$

El barco tiene aproximadamente unos 120m² de área a pintar (dentro y fuera), por lo tanto, se necesitaran 6.3 galones de pintura. El galón de pintura marina se consigue en promedio a unos U.S\$ 30. En consecuencia el pintado se hace por aproximadamente.

$$6.5 \text{ galones} \times \text{U.S.} \$ 30/\text{galón} = \$ 195$$

$$\text{costo de pinturas} = \$ 195 \quad [A]$$

El valor de la masilla epóxica utilizada puede calcularse como el 40% del valor de pinturas :

$$\text{costo de pinturas} = \$ 195 \quad [A]$$

$$\text{Masilla epóxica :} = \$ 78 \quad [B]$$

$$\text{Costo calafateo [A+B]} = \$ 273$$

5.1.3 Mano de obra

Consideramos el valor de la M.O. directa como:
6 personas, 3 meses de trabajo, salario de cada persona
U S \$ 200 / mes ; lo que hace un gasto total de:

$$M.O.D. = S \$3600$$

5.1.4 Equipos de propulsión

El sistema de propulsión completo importado incluyendo hélice, eje, sistemas de mando remoto, repuestos y herramientas pueden conseguirse por U.S\$ 9,000, sin incluir impuestos ni transporte.

En Lima puede comprarse un motor con caja reductora inversora por aproximadamente U.S\$ 15,200 no incluye otros items, supongamos que se consigue un motor de U.S\$ 18,000 para nuestro proyecto, sea importado, adaptado (suponemos que con la liberalización de importaciones, los precios estarán presionados a bajar).

5.1.5 Equipos electrónicos

Los equipos necesarios para la navegación y que estan considerados en nuestra embarcación son:

Ecosonda	U.S\$ 1.400*1u.	= 1.400
Radio	U.S\$ 750*3u.	= 2.250
Compás	U.S\$ 250*1u.	= 250
	U.S\$	3.900

5.1.6 Sistema de tracción

Un sistema hidráulico sería el ideal para esta embarcación, su costo eleva el valor de la embarcación, pero de todas formas consideramos estos sistemas pues implica una buena inversión, además, el constructor puede mandar a construir estos equipos por precios bastante razonables.

Costo sistema hidráulico (comprado) U.S\$ 11,250

5.2 FLUJO DE CAJA

5.2.1 El principal

En esta parte consideramos las redes, esto lo hacemos principalmente porque queremos tener el costo de la embarcación propiamente dicha, separada de los costos que pueden depender del propietario. En el caso de las redes, éstas pueden ser compradas de segunda mano, mandadas a hacer o puede darse el caso que el propietario ya las tuviera en su poder. Supondremos que se mandan a hacer por un costo aproximado de U.S\$ 10,000.

El costo de la embarcación sería :

Maderas	2,561
Calafateo	273
M.O. Directa	3,600
Propulsión	18,000
Eq. electrónicos	3,900
Aparejos	11,250
SUB-TOTAL	39,584
OTROS (12%)	\$ 4,750

COSTO TOTAL	\$ 44,334

El principal = Costo B/P María Guadalupe + redes
= 44,334 + 10,000
= \$ 54,334

5.22 Ingresos mensuales

Antes de poder diagramar el flujo de caja de la embarcación debemos estimar los ingresos que ésta puede generar. Se calcula que el 60% de la capacidad de bodegas instalada, en promedio, es lo que se extrae. El costo del pescado para destino industrial es actualmente de U.S\$ 47.00 (aprox.). Destaquemos que en caso de extraer otras variedades para consumo humano, la ganancia puede incrementarse considerablemente (una bodega llena de cojinova significa ganar en un día más de lo que se puede

ganar en el mes). Estimando los ingresos según : capacidad de bodega 15 TM ,promedio de captura 60 % , 22 días de trabajo al mes y cotización de la TM para harina de pescado (U.S.\$47 - ver tabla 2.4).

$$\text{Ingresos} = [(15 \text{ TM}) * (0.60)] * \text{días} * \$47/\text{TM}$$

Ingresos U.S.\$ 9306

5.2.3 Egresos mensuales

El costo debido al consumo de combustible puede considerarse como : 2.5 galones la hora, **trabajando** 10 horas diarias, 22 días al mes, a un valor de U.S.\$1.00 el galón: esto es U.S.\$550 mensual.

La cantidad de dinero dedicada a la tripulación puede estimarse como: 3 operarios con una ganancia semanal de U.S.\$ 120 cada uno.

Combustible	=	U.S\$ 550
Lubricante (15% combustible)	=	U.S\$ 83
Operarios (3*120*4)	=	U.S\$1440
Patrón de pesca (1*720)	=	U.S\$ 720
Labor en tierra (2 personas)		<u>U.S\$ 400</u>
Gastos mensuales		U.S\$ 3193

Otros (15%)

U.S\$ 479

Total de gastos por mes

U.S\$ 3672

5.2.4 Tiempo de retorno de la inversión

El diagrama de flujo de la caja, sencillo, sin impuestos y considerando los gastos de mantenimiento constantes queda planteado a continuación :

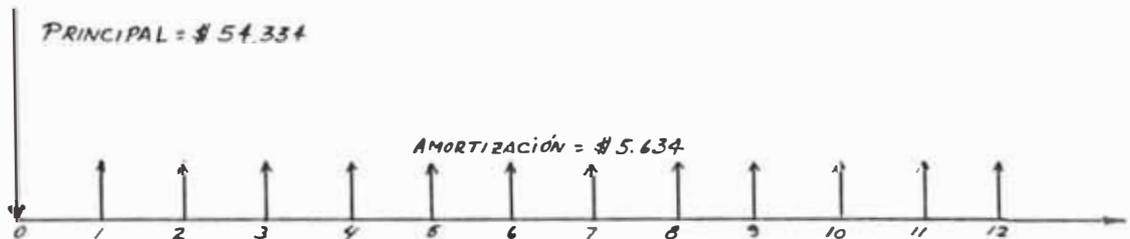


FIGURA 5.1: FLUJO DE CAJA

El retorno de la inversión puede ser considerado como:

$$\begin{aligned} \text{Principal} &= \text{costo de la embarcación} + \text{costo de redes} \\ &= 44,334 + 10,000 \\ &= 54,334 \end{aligned}$$

El valor presente de una autorización se puede calcular como:

$$\begin{aligned} P/A &= (P/A, i, n) \\ P/A &= (1+i)^{n-1} / i(1+i)^n \end{aligned}$$

Supongamos un interés de $i = 1.8\%$ mensual, nuestro deseo es calcular n :

$$54.334 / 5643 = (1+0.0018)^n - 1 / [0.018(1.018)^n]$$

$$0.17359 (1.018)^n = (1.018)^n - 1$$

$$1.21 = 1.018^n$$

$$n = \text{Ln} (1.21) / \text{Ln} (1.018)$$

$$n = 10.69$$

La inversión quedará saldada en 11 meses; por lo tanto, es altamente rentable, el proyecto se justifica plenamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

Conclusiones

El trabajo que hemos desarrollado presenta un panorama de lo que se puede esperar al incursionar en la construcción naval, orientada específicamente a la pesca artesanal. Las personas que lo lean podrán sacar sus propias conclusiones; nosotros presentamos aquellas que nos parecen importantes de resaltar.

El Perú tiene una costa de 1800 Km. de longitud y tiene dominio marino hasta 200 millas, siendo nuestro mar uno de los más ricos del mundo. No nos equivocamos pues, al afirmar que el Perú es un país marino por excelencia, eso lo demuestra su historia; por eso, la necesidad de fomentar una institución que forme especialistas en ingeniería naval es de carácter primordial; de otra manera estamos regalando nuestros dominios marítimos a quienes lo deseen tomar.

La informática debe aplicarse en la ingeniería naval. En general, los programas de cuarta generación (Lotus,

DBase, Auto-Cat, etc.) pueden ser aplicados con relativa facilidad al cálculo naval; siendo los lenguajes científicos también de importancia extrema. Con una buena orientación de las universidades y los astilleros se pueden desarrollar "paquetes" especializados en el tema.

No existe una clasificación adecuada para la actividad de pesca artesanal. El pescador con un bote de 0.5 TM esta bajo la misma ley que cooperativas que tienen lanchas de 30 TM. Se impone una revisión de la Ley.

Las normas de seguridad las impone la Capitanía de Puerto. Esto no esta mal, pero lo que no debe hacer es guardar la información de tal manera que sea un triunfo obtener los datos. Por otro lado, los parámetros de estabilidad, franco bordo mínimos, etc. son - en general - normas adaptadas de otros países, por suerte nuestro mar es bastante tranquilo. En síntesis, la Dirección de Capitanía de Puerto debe ser más flexible, científica y adecuarse a los tiempos modernos.

Los pasos que propone la "espiral de diseño" son comunes en todos los casos, incluso para embarcaciones de alto bordo.

Como se dijo en un principio, las normas del Bureau Veritas permiten un desarrollo de embarcaciones de madera

hasta 90 pies de eslora, en consecuencia, este estudio puede generalizarse a embarcaciones de hasta 70 TM de capacidad de bodega aproximadamente.

El casco es la parte primordial dentro del diseño naval. Si el casco tiene un buen diseño, disminuirá la resistencia al avance, esto significa una menor solici- tación de esfuerzo al motor e incluso, menor tamaño de éste. El casco adecuado tendrá -también- buena estabilidad, de tal manera de facilitar las faenas de pesca; además de proporcionar el acomodamiento adecuado a la tripulación. En general, un buen casco facilita todas las actividades que se realizan en el barco.

En nuestro medio no se diseñan nuevos cascos: se copian; se supone que son modelos probados en el extranjero y que están operativos, por lo que no se cuestiona su calidad. Esto es malo para nuestro desarrollo tecnológico porque no se estimulan los nuevos proyectos ni las nuevas tecnologías.

El casco sólo representa -aproximadamente- el 6% del costo total de la embarcación; en consecuencia, se debe buscar construir el mayor posible puesto que la ren- tabilidad del barco varía directamente con el volumen de bodega; sin embargo el limitante será el motor. En

resumen, el objetivo seleccionar casco y motor adecuadamente para no tener capacidad instalada ociosa.

La mecanización de las artes de pesca incrementan significativamente la productividad. Un sistema hidráulico para pesca por cerco puede disminuir a una quinta parte el tiempo de la faena de pesca, de esta manera se puede aprovechar la mayor parte del tiempo en la búsqueda del cardumen. La mecanización se realiza con ayuda del mismo motor.

Recomendaciones, sugerencias y posibles temas para trabajos futuros

El tema que hemos tratado es muy amplio y difícil de abarcar en sus múltiples aspectos, tampoco ha sido nuestra intención hacerlo. Para aquellas personas que deseen investigar o para quienes deseen desarrollar una tesis en el ámbito de la construcción naval, les podemos sugerir algunas alternativas que puedan interesarles.

Recomendamos investigar sobre temas navales en el campo de la informática. La creación de "paquetes" informáticos de ingeniería o arquitectura naval (líneas de forma, curvas hidrostáticas, curvas cruzadas de estabilidad, curva GZ, flotabilidad, trim, costos, etc.).

Sugerimos el desarrollo de equipos de pesca en coordinación con empresas metal mecánicas que, en nuestro medio están en capacidad de construir cualquiera de **estos** equipos.

Un tema de singular interés es el estudio de la adaptación de motores automotrices (Diesel) a la utilización marina.

Actualmente se ha desarrollado la tecnología de pequeñas fábricas de alto rendimiento, por lo que nuestra tecnología resulta obsoleta. El desarrollo de nuevas tecnologías en la extracción, el procesamiento y almacenamiento de los recursos marinos es de necesidad inmediata.

Para el caso de cámaras de conservación en las embarcaciones recomendamos el empleo de refrigeración por aire ya que así se evita tener líquido con superficie libre en las bodegas. Como se sabe los líquidos con superficie libre disminuyen la estabilidad de la embarcación.

Recomendamos buscar financiación para desarrollar módulos de ensayo en institutos o en Universidades. Fuentes de recursos económicos para estos proyectos pueden encontrarse en los representantes de la Comunidad Económica Europea o en la ONUDI.

Nuestro país fué una potencia en cuanto a la pesca industrial se refiere. Existen bibliotecas especializadas que cuentan con gran información en lo que concierne a la industria extractiva del mar: para los trabajos que se puedan desarrollar recomendamos visitar las bibliotecas de la Universidad Agraria, del Ministerio de Pesquería, del Servicio Industrial de la Marina e IMARPE.

Sugerimos realizar trabajos con miras a colocar bulbos en proa y toberas en vez del tradicional timón. Estas modificaciones pueden lograr disminuir la resistencia al avance y en consecuencia disminuir la potencia solicitada al motor.

Otros temas de estudio que surgen inmediatamente son los concernientes a barcos de metal, fibra de vidrio, mezcla metal/madera, metal/fibra de vidrio, madera/fibra de vidrio, tanto en cuestiones constructivas como en aspectos económicos.

En general, los temas navales están poco desarrollados a nivel mundial, a todas las personas que estén buscando temas de tesis les sugerimos que lo desarrollen en el ámbito de la ingeniería naval, ahí aplicarán todos sus conocimientos e ingenio pues, aún falta mucho por descubrir y estudiar.

APENDICE A-1

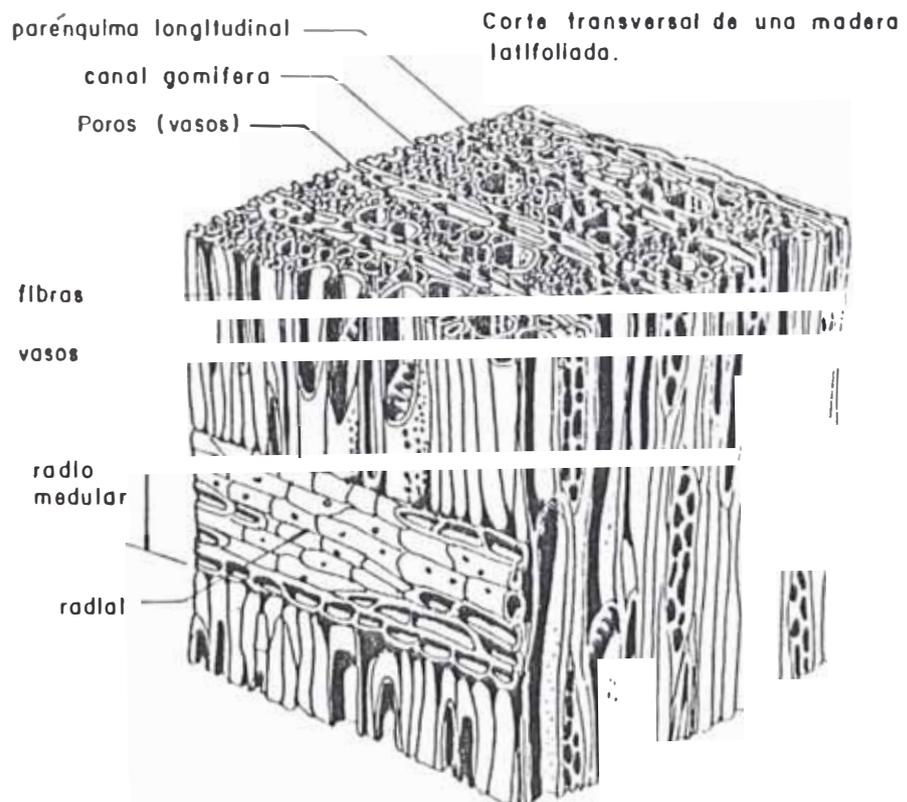
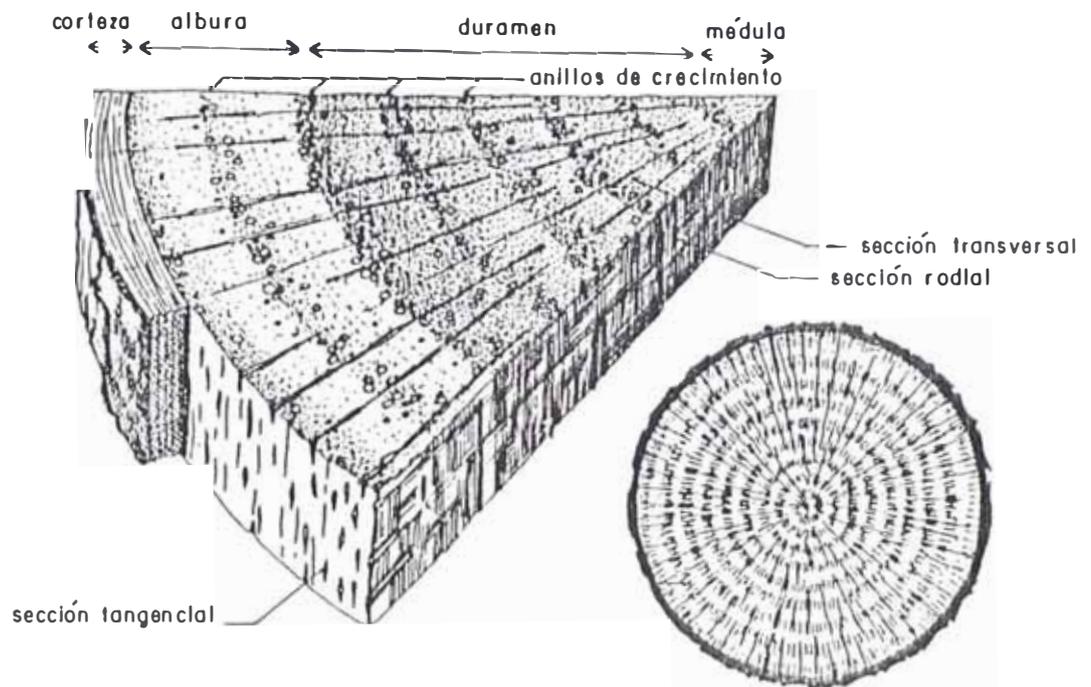
MADERAS Y SUS TRATAMIENTOS

Todas las maderas pueden ser agrupadas en dos clases: maderas duras y maderas blandas, aunque el término de "dureza" se usa por tradición y no corresponde con la definición mecánica.

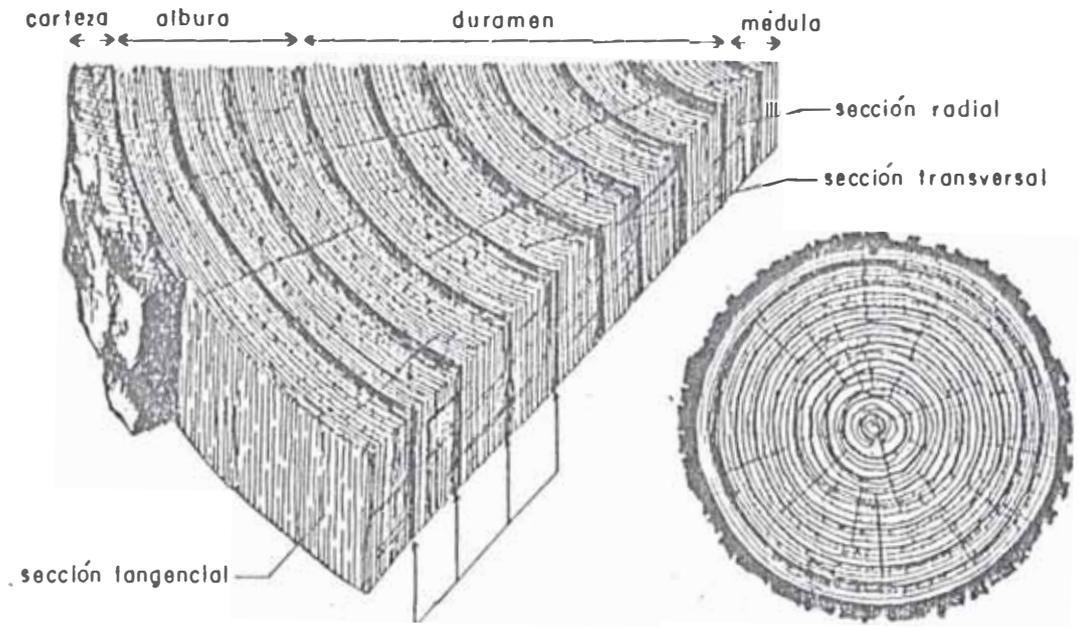
Las maderas "duras" las producen los árboles de hojas frondosas. Tienen una estructura anatómica heterogénea, constituida por diferentes células leñosas. Estas células forman del 6 al 50% por ciento del volumen total de la madera. El resto de la estructura la conforman células fibrosas adaptadas a la función mecánica; a mayor porcentaje de fibras mayor densidad y por tanto mayor resistencia mecánica. Generalmente presentan una superficie lisa al tacto.

Las maderas "blandas" tienen una estructura anatómica homogénea y está constituida por elementos leñosos, que forman del 80 al 90% del volumen total de madera y tienen la función de resistencia y conducción de agua. Su estructura presenta porosidad sensible al tacto.

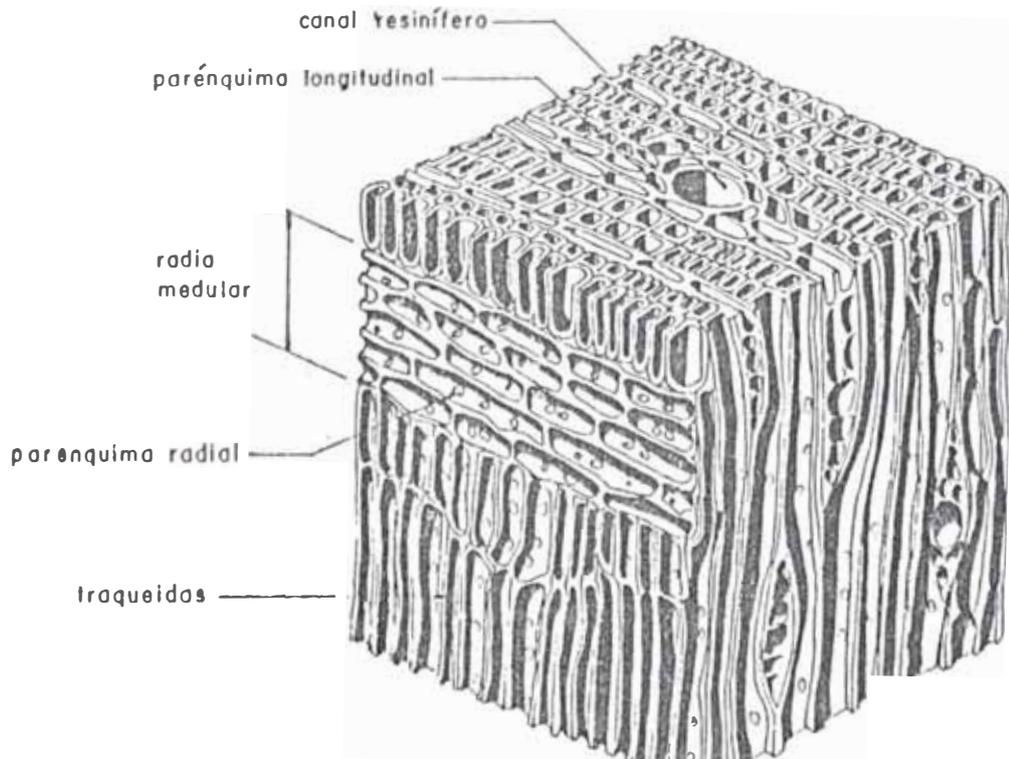
Tanto las maderas duras como las blandas pueden ser usadas en la construcción de embarcaciones, siendo de



Estructura anatómica de las maderas latifoliadas (tropicales)



Carre transversal de una madera conífera



Estructura anatómica de las maderas coníferas

preferencia las maderas duras para la conformación del casco. El uso de este material es pues tan antiguo como la construcción de embarcaciones y hasta el siglo pasado era el único material destinado a este quehacer.

Las principales consideraciones que se deben tener en cuenta en la selección de maderas para la construcción naval son: (1) Resistencia mecánica, (2) Resistencia a la degradación; y (3) Existencia: calidad, cantidad y tamaños requeridos. Otras características deseables son su trabajabilidad y su baja absorción de agua (Ref.05).

Toda embarcación debe estar preparada para soportar grandes cargas ejercidas contra su estructura tanto en mar gruesa como en el varado, así como ambientes en que existan perforadores marinos, por lo que podemos decir que los barcos deben ser fuertemente contruidos y con materiales durables.

Propiedades de la madera

Densidad y peso específico :

La relación existente entre la masa y el volumen del cuerpo se llama densidad (Ref.11). La masa que se considera en las mediciones es la suma de la parte sólida con la parte de agua que contiene el material.

El volumen de la madera es constante mientras su contenido de humedad sea mayor que el punto de saturación de la fibra (PSF). Es variable mientras que su contenido de humedad esté por debajo del PSF hasta alcanzar su estado seco. luego el volumen permanece nuevamente constante (el contenido de humedad en estado seco es constante). En consiguiente, se pueden definir varias densidades, pero la definición de densidad que se usa generalmente para temas de ingeniería es la llamada densidad básica (DB).

$$DB = \frac{\text{Peso seco al horno (Anhidro)}}{\text{Volumen en estado verde}} \quad (E.A.1)$$

La densidad es un excelente indicador de la resistencia mecánica de la madera, aunque existen excepciones a la regla. Se han ejecutado correlaciones de tipo exponencial:

$$J = K[DB]^N \quad (E.A.2)$$

J : esfuerzos

DB : densidad del banco

K : constante de proporcionalidad

N : Exponente para determinar la proporcionalidad

Que el material siga el modelo matemático constituye el mejor índice de su calidad. [Ref.09]

Contenido de humedad :

El agua se encuentra presente en la madera de tres formas: agua libre, que llena las cavidades celulares; agua higroscópica, contenida en las paredes celulares, y el agua de constitución, que se encuentra formando la estructura molecular

Se dice que la madera está en estado "verde" cuando ha perdido el agua libre. El estado seco se presenta ante la pérdida total del agua libre y parte del agua higroscópica. El estado seco al horno o anhidro se presenta ante la pérdida total del agua libre e higroscópica. El agua de constitución sólo se pierde por combustión de la madera. El estado anhidro se consigue mediante el uso de un horno a $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Se define el contenido de humedad como:

$$\text{CH}(\%) = (\text{Peso húmedo} - \text{Peso Anhidro}) \times 100\% / \text{Peso Anhidro}$$

... (E.A.3)

Se define al punto de saturación de la fibra (PSF) como el momento en que la madera pierde la totalidad del agua libre y comienza a perder agua higroscópica, acompañando a este, proceso variaciones en las dimensiones del material.

La madera tiene resistencia mecánica constante cuando el contenido de humedad varía por encima del PSF y

gana, aun mas, cuando disminuye el contenido de humedad respecto al PSF.

Propiedades mecánicas de la madera

En la madera se reconocen tres direcciones principales que se consideran ortogonales entre sí:

- a) Sección Transversal : corte perpendicular al eje principal del tronco.
- b) Sección Tangencial : corte paralelo a la corteza del árbol y perpendicular a los radios de éste.
- c) Sección Radial : Corre sobre un diámetro en la sección transversa.

En la práctica sólo se consideran dos direcciones: transversal y tangencial (paralela a la fibra). Se supone que la sección radial debe soportar cualquier carga que sea soportada por la sección tangencial las principales propiedades son: resistencia a la compresión paralela al grano, compresión perpendicular al grano, flexión, tracción y cizallamiento paralelo al grano.

Resistencia a la compresión paralela

La madera presenta gran resistencia a este tipo de carga. Su capacidad está limitada por el pandeo de las

fibras antes que por el aplastamiento. La resistencia a la compresión paralela es aproximadamente la mitad que su resistencia a la tracción.

Resistencia a la compresión perpendicular

La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional, éste varía de 20 a 25 por ciento del límite proporcional en compresión paralela. Las fibras comprimen las pequeñas cavidades contenidas en ella. Al incrementarse la carga la pieza se va aplastando y aumenta su densidad junto con su capacidad para resistir mayor carga.

Resistencia a la tracción

Tiene un comportamiento lineal elástico la curva de esfuerzo-deformación. Se observa además una falla explosiva y violenta.

Los valores corresponden a un rango de 500 a 1500 kg/cm² para tracción paralela a la fibra. La inclinación del grano reduce significativamente la resistencia, llegando a ser del 2 al 5% para un grano a 90° (tracción perpendicular al grano) por lo que se acostumbra tomar la resistencia perpendicular al grano como NULA.

Resistencia al corte

El análisis teórico indica que las piezas sometidas a flexión sufren un esfuerzo de corte tanto a lo largo del eje como perpendicular a él. En el caso de la madera este efecto es dramático puesto que al ser un material anisotrópico la falla se produce a lo largo de la fibra debido a que el esfuerzo lo toma la lignina (cementante de la fibra) y no el material en sí mismo.

Resistencia a la flexión paralela

Recordando que la diferencia existente entre el esfuerzo de tracción y compresión paralela al grano es de aproximadamente 50%, el resultado es un comportamiento característico de las vigas sometidas a flexión. La madera sometida a flexión presenta una zona actuando con esfuerzos de tracción y la zona opuesta sometida a compresión, en vista que resistencia a compresión es menor que la tracción resulta la falla por compresión. Al llegar al punto de falla, la madera se empieza a aplastar y el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción lo que hace que los esfuerzos y deformaciones se incrementen y el material finalmente colapse por tracción.

La hipótesis de Navier en que la sección plana perpendicular al eje de la viga permanece plana durante la deformación no se cumple.

Deformaciones en la madera (Ley de Hooke: Módulo de elasticidad - E)

Al ser la madera un material ortotrópico, en realidad tiene tres módulos de elasticidad, pero para fines prácticos se toma el módulo según la compresión paralela en un ensayo de flexión (método indirecto). Se realizan los cálculos para el método indirecto porque la flexión es el criterio fundamental para el dimensionamiento de este material.

Módulo de corte (G)

Al igual que la ley de Hooke, el módulo de corte relaciona las deformaciones angulares con el esfuerzo que le da origen dentro de los límites de la proporcionalidad $\sigma = G \gamma$.

El módulo de uso común es el que sigue la dirección de las fibras, variando este entre 1/16 á 1/25 del módulo de elasticidad lineal (E).

Factores que afectan las propiedades mecánicas

Duración de la carga

Un elemento de madera cargado durante un tiempo largo presenta una deformación adicional a la deformación de ensayos normales. Esta deformación "extra" depende del

tiempo y al fenómeno se le denomina flujo plástico o "CREEP".

Para cargas de larga duración (27 años) el laboratorio de productos forestales de EE.UU. recomienda reducir los esfuerzos de diseño al 56% de los valores standard.

Contenido de humedad

Tiene una marcada influencia bajo el punto de saturación de la Fibra (24 al 28% de contenido de humedad). El diseñador debe considerar la humedad atmosférica influye mínimamente sobre el contenido de humedad del material.

Temperatura

Las propiedades mecánicas se comportan de manera inversa con la temperatura: se incrementan según disminuye la temperatura y viceversa. Los efectos son reversibles si la duración del calentamiento es corto. El cambio en el contenido de humedad ocasiona la variación de las pendientes en las curvas. Kollman desarrolló una ecuación para predecir las variaciones de la resistencia con la temperatura (Ref.09):

$$S_1 = 37.35 G_0 (T_2 - T_1) (1 + 0.0756 \times CH/100)$$

...(E.A.4)

T2, T1 = Temperatura (°F)

S1, S2 - Valor de resistencia (Lbs/pul²)

G_o - Densidad de la madera (Anhidra)

CH - Contenido de humedad.

Factores combinados

Bajo condiciones de trabajo normales los factores de esfuerzo, tiempo, contenido de humedad y temperatura tienen una influencia totalmente despreciable.

Defectos de la madera

Un defecto en la madera es una irregularidad en el material que puede disminuir cualquiera de sus propiedades mecánicas. Los principales defectos son: nudos, inclinación del grano, fallas de compresión y médula excéntrica.

Los nudos son discontinuidades en la parte leñosa del tronco producidas por el crecimiento de las ramas. La influencia de este defecto en elementos sometidos a tracción es importante. En elementos sometidos a compresión carece de importancia su existencia.

La inclinación del grano con respecto al eje longitudinal del tronco disminuye considerablemente el esfuerzo de tracción que puede soportar el elemento. Este defecto proviene de una inclinación constante del árbol

o por un mal aserrado. Se estima según la fórmula de Hankinson:

$$N = PQ / (P \text{ sen}^2 \theta + Q \text{ cos}^2 \theta) \quad (\text{E.A.5})$$

Las fallas de compresión son zonas de la madera en que las fibras están interrumpidas. Estas secciones no podrán transmitir esfuerzos, su resistencia en esta zona se considera nula.

Las discontinuidades - perforaciones que aparecen sobre el material están limitadas por la magnitud y número según las reglas de clasificación.

La médula excéntrica es consecuencia del crecimiento de árboles en condiciones adversas, excesiva pendiente o vientos fuertes. Se manifiesta con la formación de anillos angostos de un lado y anchos del lado opuesto del tronco. Esto produce tensiones internas y configuración oval de la sección transversal. Una buena técnica de aserrado puede eliminar en parte las tensiones y mejorar la calidad de la madera.

En países del hemisferio norte existen calidades de madera estructural definidas por el fabricante y por institutos reguladores. En los países andinos se trabaja con el "manual de clasificación visual para madera estructural"

Editado por el PADT-REFORT de la Junta del Acuerdo de Cartagena (Ref.11).

Duración de la madera

Degradación

La degradación en la madera se debe al ataque de organismos biológicos destructores como lo son los hongos y los insectos xilofagos, que pueden introducirse en la madera afectando sustancialmente sus cualidades esctructurales.

Los hongos destructores de la madera son formas primitivas de vida en la planta que utilizan para alimentarse la celulosa (Pudrición blanda o suave). La lignina y carbohidratos (Pudrición Blanca), o también pueden atacar la celulosa, sus pentosas asociadas y parcialmente la lignina (Pudrición Parda).

Generalmente el duramen presenta resistencia natural al ataque de los agentes biológicos, pero la albura se considera no durable. Un tratamiento de vapor o secado al horno matarán los hongos más resistentes que no soportan temperaturas mayores a 60°C.

Ataque de insectos

La madera es un eslabón en la cadena del ciclo natural de la vida. Por lo tanto ciertos organismos la atacan y devoran. Generalmente toman como alimento del contenido de las paredes celulares; celulosa, lignina o ambas; justamente los elementos que le dan a la madera las propiedades de resistencia mecánica.

Protección de la madera

La durabilidad natural de la **madera** es la resistencia que opone éste material a la pudrición por hongos o ataque de insectos o cualquier otro agente destructor. La densidad de la madera es un buen índice de **durabilidad**, a mayor densidad se espera una mayor durabilidad, pero **existen muchas** excepciones por lo que debe tomarse este indicador sólo como referencial.

La preservación de la madera tiene por objeto hacer el material no apetecible a los organismos biológicos.

Los preservadores pueden ser elementos químicos puros o mezclas de compuestos. Por lo general son sólidos que requieren de un solvente (agua o aceite). La protección de las capas superficiales únicamente, no es eficaz, ya que se quiebran con facilidad.

Los principales preservantes son:

CREOSOTAS	Ordinaria para preservación Líquida a temperatura ordinaria Mezclas de creosota
ORGANICOS	Penta-clorofenol (soluble en aceite) Penta-clorofenol de sodio (soluble al agua) Naftenatos - cobre - zinc
INORGANICOS	Sal simple Sal doble Multisol Tipo CCA (Cobre-cromo-arsenico) Tipo CCB (Cobre-cromo-boro)

Métodos de preservación

I) Tratamientos sin presión

Brocha : Protección limitada, se usa para mantenimiento o protección temporal.

Pulverización : penetración escasa, generalmente solubles en aceite.

Inmersión : Cuanto mas prolongado sea el tiempo de tratamiento será mejor.

Baño caliente y frío : se introduce alternativamente el material en baños de preservadores caliente y luego frío. El baño caliente expulsa el aire y vapor de agua de la superficie logrando cierta penetración del preservante. En un segundo paso la madera se introduce en un baño frío donde al retraerse el agua y vapor interno del material,

se genera un vacío se incrementa la presión de penetración del preservante frío.

II) Tratamiento con presión

El preservador se aplica a la madera utilizando presiones distintas a la atmosférica dentro de una autoclave. Comprende los métodos de célula llena y célula vacía.

Célula llena : Consiste en colocar la madera en una autoclave, producir vacío, llenar el tanque con la solución preservadora y luego ejercer una mayor presión hidráulica durante un tiempo que genere la penetración adecuada.

Célula vacía : Consiste en inyectar aire a presión sobre la pieza colocada en la autoclave y a continuación llenar el tanque con el preservante hasta la presión hidrostática recomendada.

BIBLIOGRAFIA

- | REFERENCIA | TITULO/AUTOR |
|------------|--|
| [01] | RULES AND REGULATIONS FOR THE COSTRUCTION AND CLASIFICACION OF WOODEN FISHING VESSELS.
Bureau Veritas - International Register for the clasification of shipping and aircraft, France (1963). |
| [02] | BASIC SHIP THEORY.
K.J.Rawson & E.C.Truper, USA (1968). |
| [03] | PRINCIPLES OF NAVAL ARCHITECTURE.
The Society of Naval Architects & Marine Engineers, USA (1967). |
| [04] | FISHING BOATS OF THE WORLD -(VOL.I,II,III).
Food and agriculture organization of the United States (FAO), USA (1963,1968). |
| [05] | WOOD: A MANUAL FOR ITS USE IN WOODEN VESSELS.
Bureau of ships, Navy Department - USA (1948). |
| [06] | A REANALYSIS OF THE ORIGINAL TEST DATA FOR THE TAYLOR STANDART SERIES.
Norton Gelter,USA (1948). |
| [07] | THEORY OF SHIPS.
E. Manning,USA (1972). |
| [08] | MODERN BOAT BUILDING.
Edwing Monk,USA (1967). |
| [09] | MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECANICO-(I,II).
Theodore Baumeister III ,Eugene Avallone & Theodore Baumeister - USA (1976). |
| [10] | DETROIT DIESEL MANUAL
Detroit Diesel, USA (1978). |
| [11] | MANUAL DE DISENO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO.
Junta del Acuerdo de Cartagena PAD-REFORD (1984). |

- [12] CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS Y USOS DE MADERAS DE 145 ESPECIES DEL PAIS.
Ing. Juan Antonio Aróstegui U.N.A.-PERU (1969).
- [13] REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS MADERAS SEGUN LOS USOS.
Ing. Juan Antonio Aróstegui U.N.A.-PERU (1979).
- [14] CATALOGO DE PESCA COSTERA EN EL PERU.
VOLUMEN II: EMBARCACIONES PESQUERAS.
Ing. Tadanobu Machii (Tokio-Japón) &
Blg. Victor Paredes (U.N.A. Lima-Perú).
- [15] FISHING GEAR AND METODS.
Tokai Regional Fisheries Research Laboratory,
Ministry of Agriculture and Forestry.
Tokio - Japan (1974).
- [16] BARCOS DE PESCA DEL MUNDO
Food and agriculture organization of the United
NATIONS (FAO-UN), (1968).
- [17] EL FRIO EN LA INDUSTRIA DE LA ALIMENTACION.
Rudolf Plank, USA.
- [18] REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO
Ing. Daniel Herencia (UNI-CIP,1989)