



T
623.828
C346
e.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERIA
MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR**

**“Diseño Estructural de un Buque Pesquero Cama-
ronero cumpliendo con las reglas de clasificación”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de:
INGENIERO NAVAL**

Presentada por:

Esthela Matilde Castañeda Calderón



GUAYAQUIL - ECUADOR

1991

A G R A D E C I M I E N T O

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron para la feliz culminación de este trabajo. Pero reitero muy especialmente mi gratitud a los Ingenieros Raúl Coello F. y Cristóbal Mariscal D. por su apoyo incondicional.

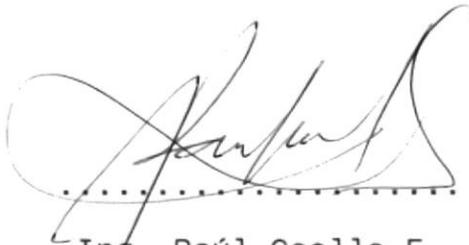
DEDICATORIA

A mi familia.



.....

Ing. Jorge Faytong D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



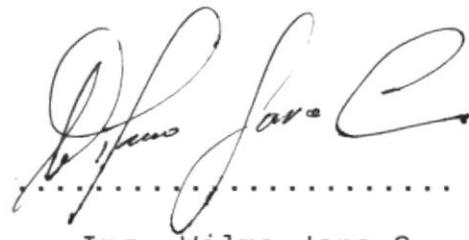
.....

Ing. Raúl Coello F.
DIRECTOR DE TESIS



.....

Ing. Cristóbal Mariscal
MIEMBRO PRINCIPAL



.....

Ing. Wilmo Jara C.
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos , ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).

.....

ESTHELA MATILDE CASTANEDA CALDERON

RESUMEN

La opción de diseño estructural usando las reglas de la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas, se presenta como una alentadora alternativa si tomamos en consideración que nuestra ancestral tradición en lo que a construcción de barcos pesqueros se refiere, está basada más bien en conocimientos empíricos y en la experiencia de nuestros artesanos navales, que si bien han evitado que esta importante actividad fenezca, ha llegado el momento de que dicha actividad sea bien encauzada y se amolde a las nuevas técnicas y materiales con que en la actualidad se cuenta.

Para mostrar que esta renovación de nuestra obsoleta flota pesquera pueda hacerse, partimos para la realización de este trabajo, del análisis de las estadísticas y características de los camaróneros operando a la fecha. Escogimos un barco prototipo contando básicamente con el plano de líneas de forma y

los requerimientos del armador, calculamos la compartimentación, las capacidades de la embarcación y a continuación realizamos el cálculo estructural de los distintos elementos que conforman dicha embarcación. Con los escantillones obtenidos calculamos el módulo seccional y lo comparamos con el de las reglas, teniendo un primer resultado aceptable por lo cual realizamos la verificación por pandeo y terminamos calculando los elementos locales y definiendo la estructura de proa y popa.

Por último, analizamos las alternativas de diseño estructural probando con distintos tipos de elementos estructurales a fin de verificar si estas alternativas se traducen o no en una disminución del costo de construcción de la embarcación manteniendo su confiabilidad estructural.

INDICE DE ABBREVIATURAS

- A Area total.
- A.P. Perpendicular de popa.
- b Ancho de la carga (cuando se trata de tracas, es el ancho de la traca).
- B Manga moldeada máxima del barco.
- b_m Ancho efectivo del planchaje.
- S.H.P. Potencia al freno.
- C_B Coeficiente block o bloque.
- C_{DR} Coeficiente bloque como se define en la Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966.
- D Puntal moldeado.
- D_F Mínimo puntal moldeado a la cubierta de francobordo.
- Δ Desplazamiento.
- E Módulo de Young.
- F Fuerza cortante.
- f Francobordo.
- f_1 Factor de material.



F.P.	Perpendicular de proa.
g_0	Aceleración de la gravedad estandar.
h_0	Distancia vertical desde el punto de carga hasta el tope del mamparo.
I	Inercia de la sección maestra.
L	Eslora entre perpendiculares.
L_F	Eslora del barco como se define en la Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966.
L_C	Línea de crujía.
LL	Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966. El símbolo es usado en referencias cruzadas junto con el número de regulación. Ej.: 113.
l	Luz del refuerzo.
M	Momento flector.
M_e	Momento flector total.
M_w	Momento flector en olas.
M_{ew}	Momento flector en agua tranquila.
p	Presión en el punto de carga.
P_F	Perpendicular coincidente con el lado de proa de la roda en la línea de agua en que L_F es medido.
ρ	Densidad del agua de mar.
s	Espaciamiento entre refuerzos.
s_w	Espaciamiento entre cuadernas estandar.
S	Luz de la viga.

Σ	Sumatoria.
\int	Integral.
σ	Esfuerzo de flexión nominal permisible.
σ_p	Esfuerzo de flexión permisible.
σ_{cr}	Esfuerzo crítico al pandeo.
σ_y	Esfuerzo de fluencia.
σ_e	Esfuerzo elástico de flexión.
t_k	Adición de espesor por corrosión.
t	Espesor de planchaje.
T	Calado moldeado medio de verano.
l_F	Calado según la Convención Internacional de Líneas de Carga y es el 85% del menor puntal moldeado.
V	Máxima velocidad de servicio al calado l.
∇	Volúmen de desplazamiento.
w_k	Factor de módulo seccional por corrosión en tanques de carga y lastre.
X_C	Distancia desde la perpendicular de proa (P_F) al mamparo de colisión.
Z	Módulo seccional.
Z_A	Módulo seccional de la sección maestra a la cubierta o fondo, el que corresponda considerar.
Z_B	Módulo seccional de la sección maestra al fondo.
Z_D	Módulo seccional de la sección maestra a la cubierta.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
INDICE DE ABREVIATURAS.....	VIII
INDICE GENERAL.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE CUADROS.....	XVII
INTRODUCCION.....	20
CAPITULO I.	
LA FLOTA CAMARONERA ECUATORIANA ACTUAL.....	23
1.1 Antecedentes.....	23
1.2 Situación.....	29
1.3 Estadística de buques pesqueros camaroneros industriales.....	33
1.4 Estadística de buques pesqueros camaroneros artesanales.....	35
1.5 Análisis de las estadísticas.....	38

CAPITULO II.	
LAS REGLAS DE CLASIFICACION Y CONSTRUCCION.....	40
2.1 Historia.....	40
2.2 Objetivo.....	44
2.3 Organismos que regulan la construcción de buques.....	47
2.4 Las Sociedades de Clasificación.....	51
2.5 Reglas de Clasificación y Construcción.....	55
2.6 Principales Sociedades de Clasificación.....	57
2.7 Numerales, Símbolos, Marcas, Menciones y Certificado de Clasificación.....	58
2.8 Elección de las Reglas de Clasificación a utilizarse.....	64
CAPITULO III.	
INTRODUCCION AL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	68
3.1 Consideración estructural del buque-viga.....	68
3.2 Fuerzas que actúan sobre el buque.....	80
3.3 La estructura del buque.....	94
CAPITULO IV.	
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BUQUE PESQUERO CAMARONERO....	100
4.1 Introducción.....	100
4.2 Fuerzas que actúan sobre el buque pesquero	

camaronero.....	124
4.3 Cálculo de la sección media del barco	
camaronero.....	127
4.4 Cálculo de los mamparos.....	192
CAPITULO V.	
ALTERNATIVAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	199
5.1 Análisis de los tipos de elementos	
estructurales.....	199
5.1.1 Elementos estructurales tipo platina.....	202
5.1.2 Elementos estructurales tipo ángulo.....	203
5.1.3 Elementos estructurales con bulbo.....	203
5.1.4 Espesor del planchaje.....	205
5.2 Selección definitiva del diseño estructural.....	205
5.2.1 Estructura de cubierta.....	206
5.2.2 Estructura de fondo.....	206
5.2.3 Estructura de costado.....	207
5.2.4 Planchaje del casco.....	207
CONCLUSIONES.....	208
RECOMENDACIONES.....	213
APENDICES.....	216
BIBLIOGRAFIA.....	222

INDICE DE FIGURAS

Fig. #		Pág.
1	Fuerzas que actúan en un barco flotando en aguas tranquilas.....	69
2	Calados relativos de cinco secciones de un barco flotando en aguas tranquilas.....	70
3	Analogía de carga viga-buque.....	71
4	Buque en condición de quebranto.....	72
5	Buque en condición de arrufo.....	72
6	Viga rectangular sometida a flexión.....	74
7	Distribución de tensiones longitudinales en una viga sometida a flexión.....	74
8	Comparación entre la sección transversal de un perfil doble I y la de un buque de una cubierta.....	77
9	Distribución en la viga-buque de las tensiones de flexión en el costado del casco.....	78

10	Plancha sometida a esfuerzo de compresión pura.....	79
11	Curva de boyantez y peso en agua tranquila...	82
12	Curva de fuerza cortante y momento flector...	84
13	Curva de boyantez en olas y en agua tranquila.....	85
14	Barco moviéndose diagonalmente a través de las olas.....	89
15	Superficie de ola en varias posiciones a lo largo de la eslora.....	90
16	Distorsión de la sección transversal debido a la carga estática.....	91
17	Distorsión del planchaje de fondo debida a la presión del agua.....	92
18	Sección transversal del buque mostrando el material resistente a la flexión longitudinal.....	94
19	Sección transversal de un buque mostrando estructura transversal.....	96
20	Sección transversal de un buque con cubierta y fondo reforzados longitudinalmente.....	98
21 a.	Plano de cuerpo del barco camaronero prototipo.....	103
21 b.	Plano de líneas de forma del barco	

	camaronero prototipo.....	104
22	Curva de eslora inundable del camaronero.....	107
23	Compartimentación estanca preliminar del casco del barco camaronero.....	117
24	Plano de distribución de la embarcación.....	123
25	Ubicación preliminar de refuerzos del casco..	131
26	Ubicación preliminar de refuerzos y tracas en la sección maestra.....	134
27	Ubicación del punto de carga en costados y fondo de la embarcación.....	137
28	Elementos estructurales obtenidos del cálculo con las reglas (primera tentativa)..	168
29	Elementos estructurales obtenidos del cálculo con las reglas (segunda tentativa)..	175

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
I	Principales Sociedades de Clasificación....	57
II	Compartimentaje Preliminar.....	116
III	Ubicación de cuadernas y mamparos transversales.....	118
IV	Fuerzas actuantes sobre el barco camaronero.....	127
V	Ubicación de elementos longitudinales de cubierta.....	128
VI	Ubicación de elementos longitudinales de fondo.....	129
VII	Ubicación de elementos longitudinales de costado.....	129
VIII	Anchos comerciales de planchas.....	132
IX	Posicionamiento de tracas.....	132
X	Escantillonado de las escuadras.....	163
XI	Anchos y espesores preliminares de tracas	

	de casco y cubierta.....	166
XII	Módulos seccionales y espesores preliminares.....	167
XIII	Cálculo del momento de inercia de la cuaderna maestra (primera tentativa).....	169
XIV	Módulos seccionales y escantillones de los elementos estructurales.....	174
XV	Cálculo del momento de inercia de la cuaderna maestra (segunda tentativa).....	176
XVI	Posición de tracas en mamparos.....	193
XVII	Espesores mínimo y requerido del planchaje de mamparos.....	195
XVIII	Espesores del planchaje de los mamparos....	196
XIX	Módulo seccional y espesor mínimo de refuerzos en mamparos.....	197
XX	Escantillones de los refuerzos de mamparos.....	197
XXI	Elementos alternativos para la estructura del camarero.....	202
XXII	(1) Elementos estructurales tipo platina... 202	
XXIII	(2) Elementos estructurales tipo ángulo.... 203	
XXIV	(3) Elementos estructurales con bulbo..... 203	
XXV	Estructura de Cubierta.....	206
XXVI	Estructura de Fondo.....	206

XXVII	Estructura de Costado.....	207
XXVIII	Planchaje del Casco.....	207
XXIX	Buques Pesqueros Camaroneros de Acero.....	210



INTRODUCCION

El Ecuador es un país pesquero por excelencia y tradición. Esta actividad genera trabajo para millares de ecuatorianos, alimenta el aparato productivo y consecuentemente ayuda a equilibrar la economía del estado, etc.

Para reafirmar la importancia que este sector tiene, están las cifras obtenidas de las estadísticas, pues millones de toneladas de productos marinos son extraídos para beneficio de todos, lo cual nos indica que el sector pesquero ha alcanzado un buen desarrollo a pesar de que la flota pesquera nacional actualmente cuenta en su mayoría con barcos de madera que ya han cumplido su vida útil y por lo tanto se encuentran en avanzado estado de deterioro.

Es importante, entonces, que las unidades busquen integrar dicha flota con diseños más actualizados y que

cumplan los requerimientos indispensables de seguridad.

Siendo la estructura del buque la base en que se sustentan todos sus componentes como: maquinaria principal y auxiliar, sistema de gobierno, sistema de refrigeración, artes de pesca, etc., y teniendo que soportar todas las acciones externas durante la operación de la embarcación, es imprescindible que el diseño que lleve a las dimensiones de los estructurales de la embarcación sea el adecuado, que se aproxime lo más posible al óptimo, lo cual se lograría en gran parte utilizando para nuestro cálculo las disposiciones de las reglas de clasificación.

Debido a esto, toda mejora introducida para impulsar el desarrollo del sector pesquero, debe ser bien acogida, de allí que es tan relevante el objetivo del presente trabajo:

Dar una opción de diseño estructural de un barco pesquero camarero en acero cumpliendo las reglas de clasificación, en virtud de que, siendo el Ecuador país participante de la Convención de SOLAS (Seguridad de la vida humana en el mar), así como de la OMI (Organización

Marítima Internacional), y debiendo entonces cumplir sus postulados, nuestro diseño debe estar sujeto a dichas reglas internacionales de clasificación, que además permitirán asegurar el buque sin dificultades.

CAPITULO 1

LA FLOTA CAMARONERA ECUATORIANA ACTUAL

1.1 ANTECEDENTES.

La industria pesquera en el Ecuador tuvo su inicio a partir de los primeros años de la década de 1950-60 con la elaboración de congelados de atún y camarón, estos productos estaban destinados tanto al consumo interno como para exportación; pero es desde los años 70 que se incrementó de manera apreciable, principalmente luego de la expedición de la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero en Febrero del 74, en la que con el fin de incrementar la inversión de este sector se creyó conveniente establecer políticas, para lo cual la citada Ley trata de dos clases de beneficios, los generales y los específicos que obtendrían las empresas mediante su clasificación. Estos



beneficios están en relación con las categorías de clasificación y según su grado de importancia dentro del desarrollo del sector, y se las denomina: categorías A y B. Para acogerse a tales beneficios, tanto empresas dedicadas a la fase industrialización, como empresas y armadores dedicados a la captura han comenzado a solicitar su clasificación industrial.

Paralelamente se introduce en nuestro medio el barco arrastrero, con el que se comienza la captura del camarón blanco, de gran demanda y buen precio en el mercado norteamericano.

Para 1976, cincuenta y cinco empresas procesadoras se clasificaron, excepto dos que se reclasificaron en el 78, ya para el 80 se clasifican 40 empresas más.

Es así, que en el período de 1974-79, tuvo su mayor desarrollo el sector pesquero, pues se integraron 23 empresas conserveras [1], nuestra flota se dedicaba entonces a la extracción de atún, pinchagua, pesca blanca, camarón y langosta, y, estaba conformada tanto por embarcaciones artesanales como industriales, siendo denominadas como industriales aquellas que tenían su

respectivo permiso de pesca para operar en faenas.

El crecimiento de la flota fue lento e incluso en 1976 registró un decremento del 1.11% con una reposición para 1979 y 80 del orden de 7.07% y 5.38% respectivamente; en cuanto al tonelaje de registro neto a pesar del decrecimiento de la flota en 1976, éste tuvo un aumento, lo que se justifica en el hecho de que dejaron de operar unidades pequeñas y se incorporaron otras más grandes.

Para 1980 la flota estuvo compuesta por 431 unidades en operación, de las cuales la camaronera constaba de mayor cantidad de unidades con un 57.08%, en segundo lugar está la pesca blanca y de pinchagua en razón de 29.4% y en tercer lugar, la atunera con un 13.22%, la flota langostera con un solo barco industrial constituyendo el 0.23%.

En esa época, la flota camaronera constaba de 246 buques y utilizaba red de arrastre en su totalidad, teniendo 104 unidades con T.R.M. entre 5 y 20; 132 entre 20.1 y 35 T.R.M. y 9 unidades entre 35.1 y 50 T.R.M.

La flota de pesca blanca y pinchagua utilizaba la red de

cercos en un 64% de sus buques, 18% el chinchorro y el 5.6% "long line", el resto de la flota usa métodos variados como espinel, palangre, etc. No ha sido posible clasificar en pinchaqueros, ni de pesca blanca los buques que forman esta flota, debido a que tienen adaptaciones para el cambio de artes de pesca; solo 4 se registraron como capturadores tanto del atún como pesca blanca.

En Agosto de 1984, comienza todo un periodo de reformas legales, a la Ley de Pesca y desarrollo Pesquero; se reglamenta la Cría y Cultivo de Especies Acuáticas; se emiten las Bases para la Clasificación de Empresas Pesqueras; se toma la Resolución para el Control y Comercialización de Productos Pesqueros; se reglamenta el tamaño del ojo de malla en las redes de barcos camaroneros; se dan Reglamentos para la veda de cangrejos, langostas, camarones, etc., etc.

Adicionalmente a esto, existen dos aspectos de gran importancia y que constituyen serios obstáculos para el desarrollo del sector pesquero, estos son: el escaso conocimiento sobre los recursos de este sector y la falta de personal capacitado.

A fin de subsanar estas deficiencias se están creando proyectos que incluyen la ampliación y fortalecimiento de la investigación y la creación de un sistema de capacitación profesional, C21.

Ahora bien, la actividad pesquera ecuatoriana dedicada a la explotación del recurso demersal la conforman el sector Artesanal y parte del sector Industrial.

La pesca y sus productos (sobretudo el camarón), han adquirido actualmente vital importancia en nuestro país. Las inversiones en el sector industrial sobrepasan varios miles de millones de dólares, por lo tanto y debido a que contribuye en parte a este sector la llamada Pesca Artesanal, no podemos dejar de darle la importancia que merece.

El pescador artesanal es un pequeño e independiente capturador de recursos pesqueros, tanto marinos como fluviales, que dispone de escasos medios de trabajo y capital para organizar sus faenas (casi siempre con el apoyo de la mano de obra familiar), con el objeto de asegurar, salida tras salida la mejora de sus condiciones de vida y trabajo. Como los campesinos, los pescadores

artesanales tienden a quedarse al margen de la sociedad nacional, ocupando una posición precaria dentro de la estructura económica. En el Ecuador este sector lo conforman unos 6600 pescadores.

La pesca artesanal se desarrolla a lo largo de toda la costa continental ecuatoriana, desde la línea de playa donde se ubican las comunidades pesqueras, hasta aproximadamente las 40 millas náuticas; también se pesca en la región insular de Galápagos. Esta actividad supone mucha especialización o práctica, sobre todo en la fase extractiva. (33).

Según la Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero (43), en su Cap. II, Art. 32, se define como Pesca Artesanal, la realizada por "pescadores independientes u organizados en cooperativas o asociaciones, que hacen de la pesca su medio habitual de vida o la destinan a su consumo doméstico, utilizando artes manuales menores y pequeñas embarcaciones."

Y ciertamente que es así, pues, el sector pesquero artesanal dedicado a la pesca demersal, mantiene tradiciones y costumbres propias, además carece de

servicios básicos e infraestructura, así como también carece de medios de comercialización, que hacen que esta actividad tenga un rendimiento mínimo.

En el mismo Cap. II, Art 22, literal (b), se define la pesca industrial como aquella pesca que "se efectúa con embarcaciones provistas de artes mayores y persigue fines comerciales o procesamiento". Entonces, la economía de la pesca industrial donde el elemento central es el trabajo asalariado y la lógica impone la maximización de la ganancia, se diferencia de la economía de la pesca artesanal.

La mayor parte de los pescadores artesanales se concentran en las zonas de Puerto Bolívar, Puerto López, Manta, Bahía de Caráquez, Esmeraldas, Puerto Valdez, Península de Santa Elena e Islas Galápagos.

1.2 SIUACION ACTUAL.

En la actualidad, la actividad pesquera ocupa el tercer rubro de exportación, después del petróleo y del banano, superando a las exportaciones tradicionales.



BIBLIOTECA

café y cacao.

La flota Industrial Camaronera la conforman 36% embarcaciones de madera y 4 de acero y ella opera en el área que va desde el fiordo de Guayaquil hasta Salinas y en menor escala en Esmeraldas, [2]. Este sector lo conforman unos 4513 pescadores.

En el plano interno, solamente el 40% de las capturas de pesca blanca es utilizado para el consumo humano directo ya sea como pescado fresco (15%) o como elaborado de conservas (25%). El 60% restante se destina a la producción de harina de pescado para consumo animal, [5].

En tales condiciones y orientándonos ya un poco hacia el tema objeto de nuestro estudio, no podemos dejar de mencionar que esta actividad pesquera, si bien se ha ido desarrollando paulatinamente y no nos ha ido tan mal hasta ahora, podría no progresar a la par con las necesidades básicas del sector y consecuentemente afectar al resto de la población debido en gran parte al estado en que se encuentra nuestra flota camaronera casi en su totalidad compuesta por barcos de madera. Según las

estadísticas del año 1988, de la Flota Pesquera Nacional en operación, referente a Barcos Camaroneros, elaboradas por la Unidad de Estudios Pesqueros y Estadísticas de la Dirección General de Pesca, los resultados obtenidos no son muy alentadores, como comprobaremos en el análisis de las citadas estadísticas que haremos más adelante.

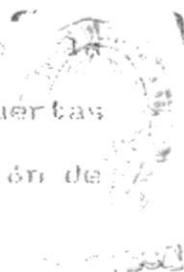
Así pues, si planeamos seguir dentro de este esquema surge el grave problema de que cada vez las buenas maderas para construcción naval son más escasas y más caras.

Los pescadores artesanales en su mayoría desembarcan en la playa y en los puertos actualmente utilizados por la flota sardínera industrial (que desembarca en Guayaquil, Posorja y Manta), por la flota camaronesa industrial (que desembarca en Guayaquil, Posorja y Esmeraldas) y por la flota abumera industrial (que desembarca principalmente en Manta).

Tanto Esmeraldas como Manta carecen de instalaciones y obras de infraestructura suficiente para el desembarque de las capturas. Pero, la construcción de infraestructura adecuada para la pesca industrial en este lugar (solo

para desembarque de los recursos del camarón que explotan actualmente en la zona), no sería económicamente justificable porque los principales puertos camaroneeros existentes están cerca de las procesadoras y tienen suficiente capacidad para el desembarque. Únicamente en caso que se construyesen instalaciones para la pesca artesanal en Esmeraldas, se podrían extender los servicios básicos al lugar utilizado actualmente por los pocos arrastreros camaroneeros que desembarcan en la misma dársena, U.S.L.

En lo que respecta a las características de la embarcación objeto de nuestro estudio, el pesquero camaroneero, que se encuentra operando a la fecha como parte de nuestra Flota Pesquera Industrial, podemos decir: es construido en madera, con superestructura de sección media hacia proa, posee un mástil central que soporta dos tangones laterales, los cuales son accionados por un sistema de cuerdas y poleas. En el extremo de cada tangón hay una polea por la cual pasa una cuerda que sostiene cada una de las 2 redes de arrastre que a modo de bolso están dispuestas a los costados de la embarcación y que poseen cada una un par de compuertas para mantener abiertas las redes durante la operación de



arrastre. Dado el trabajo que tiene que realizar el arrastrero, precisa tener un motor de gran potencia.

En cuanto al sistema de conservación de la captura, se dispone en ellos de varias tinajas de regular tamaño, enfriadas por sistemas de aire comprimido con auxilio del Frigor 12 principalmente y en menor escala con hielo, salmuera o sistemas de conservación combinados.

1.3 ESTADÍSTICA DE BUQUES PESQUEROS CAMARONEROS INDUSTRIALES.

De los cuadros estadísticos proporcionados por la Unidad de Estudios Pesqueros y Estadísticos de la Dirección General de Pesca en lo que se refiere a Buques Pesqueros Camaroneros Industriales de la Flota Pesquera Nacional en operación, año 1980, porcentualmente hemos obtenido los siguientes datos: de los 355 camaroneros en operación, el 100% son de madera y utilizan como arte de pesca la red de arrastre.

En lo que respecta a:

- Sistema de conservación: 1.13% utiliza Salmuera brine
- 21.13% " hielo

76.6 % utiliza freno II'

1.13% " sist. de

cons. mecánico

Tonelaje de registro bruto:	1.51% entre 150 - 199 PRR
	22.64% " 100 - 149 "
	60.0 % " 50 - 99 "
	15.85% hasta 49 "
Tonelaje de registro neto:	99.62% entre 50 - 99 PRR
	0.38% hasta 49 "
Autonomía:	46.77% entre 20 - 24 días
	31.7 % " 15 - 19 "
	0.75% " 10 - 14 "
	0.38% " 5 - 9 "
	20.33% " 1 - 4 "
Tripulación:	92.45% entre 5 - 9 trip.
	7.55% hasta 4 trip.
Velocidad:	4.15% entre 10 - 14 nudos
	95.1 % " 5 - 9 "
	0.75% veloc. no indicada

- Potencia del motor:	0.38% entre 250 - 399 HP
	1.13% " 400 - 599 "
	36.32% " 300 - 449 "
	49.23% " 450 - 699 "
	14.94% hasta 149 "

C.4 ESTADÍSTICA DE BUQUES PESQUEROS CAMARONEROS ARTEMISALES.

De la misma fuente mencionada en el literal anterior obtuvimos los cuadros estadísticos para buques pesqueros camaroneros artesanales, así tenemos los siguientes porcentajes:

Material del casco de las 110 embarcaciones artesanales para pesca de camarón, 95% son de madera y 5% son de fibra de vidrio.

- Tonelaje de registro neto:	11.38% menos de 0.50 TRN
	20.68% entre 0.51 - 1.00 "
	19.81% " 1.01 - 1.50 "
	48.13% " 1.51 - 2.00 "

9.05%	entre	2.00 - 2.50	"
10.91%	"	2.51 - 3.00	"
4.76%	"	3.01 - 3.50	"
7.69%	"	3.51 - 4.00	"
4.78%	"	4.01 - 4.50	"
3.33%	"	4.51 - 5.00	"
4.76%	"	5.01 & más	"

- Tonelaje de registro bruto:

34.25%	menos de	1.93 TRB
33.09%	entre	2.0 - 3.99 "
13.81%	"	4.0 - 5.99 "
4.23%	"	6.0 - 7.99 "
3.33%	"	8.0 - 9.99 "
-	"	10.0 - 11.99 "
0.55%	"	12.0 - 13.99 "
-	"	14.0 - 15.99 "
0.48%	"	16.0 - 17.99 "
0.95%	"	18.0 - 19.99 "
3.01%	"	20.0 & más "

- Estora:

1.38%	menos de	2.99 m
30.0%	entre	3.0 - 5.99 m
50.95%	"	6.0 - 8.99 m

	10.95%	entre	9.0 - 11.99	m
	5.71%	"	12.0 - 15.99	m
- Año de construcción:	38.57%	entre	los años	1966 - 1988
	21.42%	"	"	" 83 - 85
	12.38%	"	"	" 80 - 82
	5.71%	"	"	" 77 - 79
	11.57%	"	"	" 74 - 76
	0.95%	"	"	" 71 - 73
	1.90%	"	"	" 68 - 70
	---	"	"	" 65 - 67
	0.48%	"	"	" 62 - 64
	10.00%	no	indicado	
- Propulsión:	9.54%	hasta	14.99	HP
	50.0 %	entre	25.0 - 49.99	"
	18.09%	"	50.0 - 74.99	"
	4.20%	"	75.0 - 99.99	"
	5.23%	"	100.0 ó más	"
	11.9 %	no	indicado	
	0.95%	a	canaleta	
- Sistema de conservación:	14.76%	utiliza	hielo	
	85.24%	ninguna		

- Tripulación:	62.85%	entre 1 - 3 trip.
	30.0 %	" 4 - 6 "
	0.40%	" 7 - 9 "
	6.67%	no indicado
- Autonomías:	92.35%	1 día
	7.16%	2 días

1.5 ANÁLISIS DE LOS USUARIOS.

Estas cifras nos indican la grave situación en que se encuentran las naves que componen nuestra Flota Camaronera, que poco a poco se vuelven más obsoletas, inseguras e improductivas, pues, como es lógico, para que una instalación, cualquiera sea su naturaleza, produzca, se requiere de materia prima suficiente, y ésta solo se la puede obtener en nuestro caso con buenas embarcaciones pesqueras que la extraigan desde la fuente de abastecimiento: el mar; sin embargo, hasta hoy no se ha buscado mejorar nuestras flotas, tanto la artesanal como la industrial, que luchan y se defienden sin ningún apoyo, sin financiamiento ni líneas de crédito adecuadas.

Para esto, se necesita tener más visión, pues una flota renovada y capaz, permitirá lograr una mayor captura de mejor calidad y menor costo para hacer trabajar a más gente y a las plantas procesadoras, permitiendo obtener productos competitivos en cualquier mercado.

Al hablar de renovación obviamente nos referimos a una revisión seria de la infraestructura necesaria para un sistema operacional adecuado, es decir, no estamos planteando aumentar la Flota Camaronera actual en operación, dado que a la fecha está prohibida la construcción de barcos camaroneros por las autoridades correspondientes, más bien nos proponemos sustituir los barcos ya obsoletos, inseguros y consecuentemente poco o nada productivos por otros que obedeciendo a las reglas de clasificación se presentan estructuralmente más confiables.

CAPITULO II

LAS REGLAS DE CLASIFICACION Y CONSTRUCCION

2.1 HISTORIA.

Los primeros indicios que se tiene de clasificación datan de la segunda mitad del siglo XVIII y las primeras compañías de seguro creadas estuvieron asegurando buques de los cuales tenían poco conocimiento técnico, consecuentemente, tuvieron grandes pérdidas y pronto se concluyó que muchos accidentes marítimos se debieron a que habían sido aseguradas embarcaciones sin tener un conocimiento exacto de sus condiciones, al momento de extenderles su seguro respectivo.

En aquella época se mantenían listas de los buques, de los cuales los interesados podían obtener las siguientes

informaciones: nombre del buque, nombre del comandante, nombre del armador, nombre del puerto de registro así como también los puertos servidos por el buque. Con el transcurso del tiempo fueron incluidas en estas listas las indicaciones referentes a la calidad del buque.

En el año de 1760, se crea en Londres la primera Sociedad de Clasificación llamada Lloyd Register of Shipping, que emitió en 1764, la primera lista de esta naturaleza, que aún puede ser consultada, contenía datos de 450 embarcaciones. Esta sociedad se fundó como entidad completamente independiente de los aseguradores Marítimos y entre sus funciones estaba la de vigilar la construcción íntegra de los buques, incluyendo maquinaria y equipos, y además aprobar los elementos esenciales del casco y maquinaria antes de empezar su construcción.

Un poco más tarde, en 1823, se fundó en París otra Sociedad de Clasificación llamada Bureau Veritas y luego conforme la industria naval se fue desarrollando, se fueron estableciendo otras Sociedades Clasificadoras, C.S.L.

Dado que no era viable establecer una tarifa para cada



buque asegurado por separado, estos fueron agrupados en diferentes clases. Los buques pertenecientes a cada grupo presentaban condiciones similares para la navegación y pagaban una tasa única estipulada para su clase.

Mientras los buques eran pequeños y contruidos en madera, el encuadramiento en una de las clases existentes podía ser ejecutado por una persona sin conocimientos muy especializados, más cuando se inició la construcción de buques de hierro y de tamaños mayores, la clasificación de ellos se tornó más compleja y comenzó a exigir conocimientos especiales. Surgió así la necesidad de utilizar personas especializadas con conocimientos técnicos para la clasificación de buques.

Con el fin de facilitar la tarea de las compañías de Seguro fueron introducidos los Registros de los Buques. En sus líneas constaban los nombres de los buques mercantes con la clasificación atribuida a cada uno de ellos. El siguiente paso fue, que el personal responsable por el registro, también cumpla las funciones inherentes a la clasificación de los buques.

La clasificación de los buques fue en la época, al igual que hoy en día, en base al estado de conservación del

Las tablas son elaboradas con valores obtenidos de

fácilmente por diseñadores y proyectistas.

Las reglas han sido encuadradas para ser usadas

Las tablas.

rata de corrección está en el texto o notas que acompañan

interpolaciones entre valores tabulares. El porcentaje o

escantillones eran dados usualmente en tablas, con

generalmente en uno o más buques estándar asumidos; los

Es así como en sus inicios, las reglas se basaron

correspondía a la clase más alta, [7].

su construcción, para verificar si el patrón del buque

llevó a que se inicie la inspección de los buques durante

reglamentos para la construcción de buques. Este hecho

Por el año de 1830 surgieron también los primeros

existencia de las Sociedades Clasificadoras.

personas especializadas, fue en realidad el inicio de la

clasificación de los buques en uno u otro grupo, por

La utilización de este punto de vista para la

buque y a la ruta de navegación.

simples fórmulas empíricas que llevan a escantillones disponibles dentro de los límites mencionados anteriormente.

Las reglas de las sociedades clasificadoras han involucrado un proceso empírico basado en probada experiencia en servicio, [8], y es solamente con el advenimiento de técnicas de análisis aproximados y el desarrollo de teorías estructurales complejas que en la actualidad se piensa ya en métodos de análisis coherentes e incluso en métodos de confiabilidad y optimización.

2.2 OBJETIVO.

El objetivo básico que persiguen las Sociedades Clasificadoras al emitir las Reglas de Clasificación y Construcción de buques, es normalizar las condiciones de construcción, instalación y conservación del material flotante, para que los buques, tomando en consideración su resistencia estructural, puedan navegar con la máxima seguridad, [5].

Las reglas de clasificación reflejan satisfactoriamente

la experiencia en servicio y el conocimiento de algunos tipos de buques para ciertos rangos paramétricos, y son usadas, más bien, como una guía directa para el escantillonado mínimo del casco, no como un manual para diseño estructural en primera instancia.

Los siguientes son parámetros importantes: relaciones de eslora a puntal, manga a puntal, calado a eslora, número de cubiertas y altura de entrepuentes en el caso de buques de carga general; número de mamparos longitudinales en tanques, la cantidad de flujera o llenura representada por el coeficiente block; y, en cierta forma, el porcentaje de superestructura y su localización.

Las mencionadas reglas se basan aun en valores límites estándar de importantes características, tal como las proporciones, propiedades del material y configuración geométrica. Por esta razón el conjunto de reglas dadas no pueden aplicarse razonablemente más allá de esos límites. Para determinar los escantillones para un diseño dado, correcciones son dadas en las reglas para derivaciones de buques estándar.

El uso de las tablas ha sido largamente invalidado por la adopción de fórmulas lo cual involucra en sí el uso de computadoras electrónicas en la determinación de escantillones de las reglas.

Aunque las reglas han indicado usualmente secciones específicas para miembros de placas reforzados, ha sido siempre permitido adoptar secciones alternativas de resistencia y rigidez equivalentes.

Los planos de la estructura principal son sometidos a la Sociedad de Clasificación para revisión y aprobación de la estructura equivalente. Dado que el nuevo diseño es similar al estandar, la tarea de aprobación de la estructura equivalente es general. Copias de los planos aprobados por la sociedad, incluyendo enmiendas para ser cumplidas con las reglas, son facilitados a los inspectores. Ellos inspeccionan la construcción y verifican que la estructura esté de acuerdo a los planos aprobados, [8].

En pocas palabras, el objetivo de las reglas de clasificación y construcción, es proporcionar un estandar reconocido para lograr condiciones de seguridad.

P.3 ORGANISMOS QUE REGULAN LA CONSTRUCCION DE BUQUES.

Las autoridades gubernamentales de muchos países emiten su propio reglamento para determinar el escantillonado de buques pequeños y controlar su construcción, con el objeto de cubrir y regular las prácticas locales y llenar el vacío que existe en los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación (de las cuales detallamos más adelante), cuya normalización está dirigida, principalmente, al escantillonado de buques grandes. La observación de estos requisitos, unido a las ordenanzas en cuanto a medidas de seguridad de los equipos exigidos por las autoridades, son siempre de obligado cumplimiento cuando se proyecta una embarcación que va a ser registrada en un país determinado.

Así, los escantillones de un buque tipo, adaptado a las exigencias de la autoridad pertinente de determinado país, pueden servir muy bien como guía para escantillonar pequeñas embarcaciones o barcos similares, cuando los Reglamentos de las Sociedades Clasificadoras no cubren o no están disponibles para estos barcos específicos, [9].

El gobierno de cada país puede confiar la inspección

técnica y visita de sus buques, bien a los inspectores designados al efecto, o bien a organismos por él reconocidos; en todos los casos, el Gobierno interesado será responsable a estos efectos, de la integridad y eficacia de la inspección y visita.

En nuestro medio, la inspección técnica de la Construcción Naval y de las Flotas Mercantes, es de competencia de la Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral (DIGMER), que es un organismo de alta administración de la Armada del Ecuador; ella dirige, ejecuta, controla y coordina las actividades técnico-administrativas relacionadas con la Marina Mercante Nacional, el transporte por agua y su infraestructura portuaria, determinada por el Consejo Nacional de Marina Mercante y de Puertos, que es a su vez el más elevado organismo de control en materia naviere y portuaria.

DIGMER es quien estudia los planos, los aprueba y autoriza la construcción o remodelación de embarcaciones pesqueras, previo informe favorable del Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca, CIOI.

Consecuentemente, la Inspección de la Construcción de



buques la hacen, en nuestro país:

- a) Los Ingenieros designados por DIGMER.
- b) Los Ingenieros Navales de los Astilleros que construyen la embarcación.
- c) Las Sociedades Clasificadoras a través de sus inspectores locales.

Respecto al cumplimiento por parte de buques ecuatorianos con las normas internacionales de seguridad, éste es controlado por la Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral, lo cual constituye una seria responsabilidad no sólo ante el país sino ante la comunidad marítima internacional como consecuencia de los convenios de la Organización Marítima Internacional (O.M.I.), organismo dependiente de las Naciones Unidas. Entre tales convenios tenemos: Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS) y Línea de Carga, de los cuales el Ecuador es un país signatario.

Es un hecho irrefutable que el Ecuador está considerado en la Organización Marítima Internacional (O.M.I.) como un país que cumple a cabalidad con los antedichos convenios. Esto se comprueba de las estadísticas que

Lleva la O.M.J., pues Ecuador en proporción a su flota, tiene un excelente grado de cumplimiento.

Hace unos pocos años, la Autoridad Marítima del Ecuador decidió que emitiría por su cuenta los Certificados Internacionales, en lugar de continuar delegando tal función a las Sociedades Clasificadoras. Para efecto de llevar a cabo las inspecciones buscó profesionales ecuatorianos calificados y con experiencia en este campo altamente especializado, autorizando a Servicios Técnicos Marítimos (SERTEMAR), para llevar a cabo este trabajo, bajo el control de DIRMER como Autoridad Marítima, que es quien firma los certificados definitivos.

Las inspecciones para poder emitir Certificados Internacionales de Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS 1974), o de Estanqueidad, Francobordo, Subdivisión y Estabilidad (LOAD LINE 1973), o de Medidas para Prevenir Contaminación (MARPOL 1973), es una gran responsabilidad y para hacerlo se requiere no sólo de perfecto conocimiento de los Convenios en los aspectos técnicos, legales y de procedimiento, sino también de amplia experiencia sobre construcción y operación de buques mercantes. Esta responsabilidad, naturalmente, no es sólo

de quienes efectúan las inspecciones sino que en último término es de la Autoridad Marítima Nacional que es quién delega esta delicada y compleja función, [11].

2.4 LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACION.

Como explicamos antes, las Sociedades de Clasificación surgieron de la necesidad de clasificar los buques en uno u otro grupo, lo cual era realizado por personas especializadas que a raíz del nacimiento de estas casas, pasaron a conformarlas.

Hoy en día existen en ciertos países del mundo, Sociedades Clasificadoras de buques, con sucursales en muchos otros países, que emiten sus reglamentos, por los cuales se rigen los constructores de todo astillero en lo que respecta a la resistencia del buque, y por lo tanto a todos sus elementos estructurales. Actualmente estas reglamentaciones se han extendido al equipo del buque, a la maquinaria, instalaciones frigoríficas, etc, etc.

El espantillonado (espesor y dimensiones) de los elementos, viene calculado en los Reglamentos de dichas



Sociedades Clasificadoras, en función de ciertas dimensiones del buque y de su calado de verano o calado en el centro del disco de máxima carga, [12].

En cuanto a las actividades de las Sociedades de Clasificación, como dijimos en páginas anteriores, en un inicio se restringían a publicaciones en que se detallaban las características de los buques clasificados. Con el transcurso del tiempo y consecuentemente el desarrollo de las antedichas Sociedades, sus actividades también crecieron, y hoy existe una fiscalización permanente de los buques, inclusive, como ya dijimos antes, de todas las instalaciones, equipos y materiales en él utilizados.

Así tenemos, que actualmente, las actividades de las Sociedades Clasificadoras consisten en:

- a) Publicar un registro con las características y datos principales de los buques clasificados.
- b) Inspeccionar periódicamente los buques clasificados y también en casos de averías.

- c) Publicar reglamentos para la construcción del casco, instalaciones propulsoras, auxiliares y equipos, incluyendo especificaciones para los materiales.
- d) Aprobar los planos de construcción.
- e) Supervisar la construcción de buques, incluyendo la maquinaria y los equipos a instalarse.
- f) Determinar el francobordo de los buques.
- g) Conceder certificado de clasificación del buque, comunicando la clase por él obtenida.
- h) Publicar las informaciones técnicas y estadísticas y de investigación, [7].

El requerimiento para clasificación debe ser dirigido por escrito a la respectiva Sociedad Clasificadora.

Antes de iniciarse las obras de construcción del buque, el astillero debe someter a la Sociedad de Clasificación respectiva, las informaciones completas, al menos en triplicado, sobre las características principales,

arreglos, máquina, aparejos y sistemas del buque a ser construido.

Cada Sociedad de Clasificación es la única persona jurídica calificada para aplicar e interpretar sus propios reglamentos, y no es, de ninguna manera, aseguradora, ni ingeniero consultor, ni arquitecto o Ingeniero Naval, ni constructor, ni contratista, y no puede asumir la responsabilidad inherente a tales funciones, aun en caso de que su experiencia le autorice a responder a consultas que se refieran a asuntos tratados en sus propios reglamentos. Tampoco puede sustituir a talleres, fábricas o empresas que, no obstante su intervención, conservan su plena responsabilidad, de cualquier naturaleza que esta sea, ni a los Servicios Oficiales competentes, aun en el caso de que los textos legales hagan mención, en forma implícita o explícita de la Sociedad de Clasificación.

Cada Sociedad actualmente, tiene reglas específicas para buques de distinto tipo como: pesqueros, buques de transporte fluvial, tanqueros, buques de menos de 61 m. de eslora, de más de 61 metros, de servicio oceánico en acero, etc. Así mismo cada una tiene sus respectivos símbolos de clasificación y reglas especiales, [13].

2.5 REGLAS DE CONSTRUCCION Y CLASIFICACION.

Las reglas de clasificación contienen en gran detalle información útil relacionada al diseño y construcción de los distintos componentes estructurales de los buques, de modo que el lector puede determinar algunas reglas de escantillado directamente de las tablas dadas en estas publicaciones. La posibilidad de encontrar miembros estructurales directamente de tablas ha sido reducida en años recientes a la actuación de las Sociedades de Clasificación al presentar sus requerimientos en términos de propiedades de la sección más que en términos del escantillado actual requerido. En algunos casos, para varios componentes estructurales, las Reglas de Clasificación son indicadas con el auxilio de esquemas y material descriptivo, lo cual ayuda mucho al diseñador.

En los últimos años, se ha permitido modificaciones a las reglas en lo que a espesor se refiere, cuando se usa acero de alta tensión o revestimientos de preservantes especiales. En tales casos, son dadas cuidadosas consideraciones para placas de espesores estables, dado que están basadas en reglas para paneles de tamaño

estandar, [8].

La información técnica general que proveen las Sociedades a los armadores, aseguradores y usuarios del servicio marítimo (Compañías Navieras, Autoridades Portuarias, Agencias Navieras, etc.), es presentada bajo la forma de libro de registro (Register Book).

Por otra parte las Sociedades tienen sus libros de Reglas de Construcción en los que viene especificado: la forma de construcción, escantillones e instalación de maquinaria para todos los tipos de buques. Cuando la construcción de un nuevo buque ha sido completada y los informes de los expertos han sido revisados, la Sociedad asigna una clase al buque. La clase viene expresada bajo la forma de un grupo de símbolos y frases, la misma que da información concerniente a las condiciones de inspección a la que fue sometido el buque por su construcción, el tipo de servicio al que será destinado y las particularidades del buque relativos a su operación o seguridad.

2.6 PRINCIPALES SOCIEDADES DE CLASIFICACION.

Existen más de una veintena de Sociedades de Clasificación actualmente, pero sólo unas pocas son reconocidas a nivel mundial y son aún menos las que tienen representantes en cada uno de los países a los que llega su radio de acción. En el cuadro I se enumeran algunas de las más conocidas, (6).

CUADRO I

PRINCIPALES SOCIEDADES DE CLASIFICACION				
Sociedad	Iniciales	Fundada en	País	Oficina Princ.
Lloyd's Register of Shipping	LR	1760	Reino Unido	Londres
Bureau Veritas	BV	1828	Francia	París
Registro Italiano Navale	RINA	1861	Italia	Génova
American Bureau of Shipping	ABS	1862	U.S.A.	New York
Det Norske Veritas	DNV	1864	Noruega	Oslo
Germanischer Lloyd	GL	1867	Alemania	Hamburgo
Nippon Kaiji Kyokai	NKK	1899	Japón	Tokyo
Register of Shipping of the USSR	RS	1914	Rusia	S. Peterburgo
Polish Register of Shipping	PRS	1936	Polonia	Gdansk

2.7 NUMERALES, SIMBOLOS, MARCAS, MENCIONES Y CERTIFICADOS DE CLASIFICACION.

NUMERALES.- Son los números o parámetros que se obtienen en función de las tres dimensiones principales del buque, definiendo previamente cómo y donde se miden; estas dimensiones son: eslora, manga y puntal.

Una vez obtenido el numeral, se entra a las tablas para obtener los escantillones correspondientes, [12].

Los buques de pesca cuya construcción cumple de manera satisfactoria, las prescripciones del Reglamento de determinada Sociedad Clasificadora, o que presenten consideraciones de solidez y de seguridad que se juzguen suficientes, se registrarán con símbolos de clasificación, marcas y menciones especiales.

SIMBOLOS.- Los símbolos de clasificación expresan el grado de confianza que merece el buque.

Los buques que corresponden en todas sus partes a los reglamentos de construcción de las Sociedades

Clasificadoras, o que pueden ser considerados como equivalentes, reciben el símbolo de la clase más alta.

Los buques que no corresponden en todas sus partes a los reglamentos de la respectiva Sociedad Clasificadora, podrán obtener un símbolo de clase inferior, por ejemplo, en lugar de 100A recibirán 90A. En este caso los números 100 y 90 caracterizan el estado de mantenimiento y la resistencia del buque en relación a los reglamentos de construcción.

Cuando son construídos buques para un calado inferior al máximo admisible para buques de escantillonado completos el símbolo de clase recibirá el adicional "con francobordo", [7].

MARCAS.- Para la clasificación de los buques existen además las llamadas marcas, las mismas que pueden ser: marcas de vigilancia de construcción y las marcas especiales.

Marcas de vigilancia de construcción: De modo general, solo con ciertas variaciones para cada Sociedad

Clasificadora, las marcas son:

- La Cruz de Malta  significa que el buque ha sido construido bajo vigilancia especial de la respectiva Sociedad Clasificadora.
- La marca  será atribuida a los buques construidos bajo vigilancia de la Sociedad, pero que no cumplan algunas de las condiciones exigidas por el Reglamento correspondiente para obtener la marca .
- La marca  será atribuida a los buques cuya construcción no satisfaga las condiciones exigidas para la atribución de una de las dos marcas anteriores, pero que cumplan de manera aceptable las prescripciones del correspondiente Reglamento.

Marcas Especiales: Para que un buque pueda obtener una de las marcas especiales como pueden ser las marcas para la navegación entre hielos o marcas de las instalaciones frigoríficas; el armador o el constructor, deberá solicitarla por escrito, utilizando un impreso que puede obtener en las representaciones de la respectiva Sociedad Clasificadora, para llenar y firmar, además deberá



presentar los planos y documentos exigidos por el Reglamento de dicha Sociedad para la marca solicitada.

MENCIONES:- Existen para la Clasificación de buques menciones de servicio, de navegación o restrictivas.

Las menciones de servicio, se las da de acuerdo al trabajo que desempeñan las embarcaciones, así por ejemplo, los servicios que nos corresponde tratar que son los de pesca.

Las menciones de navegación, pueden ser:

- De alta mar: se atribuye a los buques que se considere pueden navegar y pescar en cualquier zona.

- De servicio costero: se atribuye a los buques que no pueden alejarse de las costas más que a una distancia que les permita resguardarse en un puerto o en un fondeadero abrigado en un tiempo aproximado de 6 horas de navegación.

Las menciones restrictivas: Aunque un buque satisfaga de

una manera general las prescripciones exigidas por el respectivo Reglamento para la atribución de una de las menciones de navegación antes indicadas, si ha sido objeto de restricciones o de derogaciones como consecuencia de disposiciones particulares relativas a la explotación o a la construcción, se hará mención de ello en el certificado de clasificación y en el registro.

Las marcas y menciones informan sobre el modo en que, se ha vigilado la construcción, el tipo de navegación y el servicio para los que se ha clasificado el buque, así como acerca de la existencia a bordo de ciertas disposiciones o instalaciones especiales que contribuyan a la seguridad del buque para condiciones particulares de explotación, [13].

CERTIFICADO DE CLASIFICACION:- Los símbolos de clasificación, marcas y menciones que se atribuyen a cada buque clasificado, dan lugar a certificados que se entregan al armador y son publicados en el Registro que la Sociedad edita cada año. En el lapso que transcurre entre dos ediciones del Registro, las inscripciones se publican en uno de los suplementos al mismo, que se

editan mensualmente.

Entonces, un certificado de clasificación propiamente es el acta de clasificación, que es una copia del Registro de la Sociedad y que tiene uno el armador y otro hay en el buque en poder del Capitán, para ser presentado a las autoridades del puerto, y en general como justificación de su clasificación.

Habrà un certificado del casco, de la máquina, de equipo (anclas y cadenas) y de algunas características especiales del buque, por ejemplo, equipo de congelación, etc., [14].

Los certificados de clasificación deben renovarse después de transcurrido un cierto tiempo, denominado plazo. Para la renovación de los certificados y la conservación de la clasificación durante el transcurso del plazo, es necesario que el buque sea sometido a visitas, en las condiciones que prescriba el correspondiente Reglamento a que se ha sometido el diseño de la embarcación, [13].

2.8 ELECCION DE LAS REGLAS DE CLASIFICACION A UTILIZARSE.

Todo buque, cualquiera sea el trabajo a que esté destinado ó el producto que deba transportar, debería ser asegurado contra todo tipo de riesgo y accidente; su casco, maquinaria, tripulación, etc., así como también su carga.

En los actuales momentos y gracias a la libertad de colocación de reaseguro con que cuenta el Mercado Asegurador local, las naves de la Flota Pesquera Ecuatoriana están en situación de contar con lo más utilizado en amparo de Seguro Marítimo. En todo caso y en vista de la gran diferencia que existe entre las naves, dependiendo del tipo y servicio que presten, es que el mismo mercado local ha puesto limitaciones en los amparos otorgados por el Mercado Internacional).

Así tenemos que, debido a que los mercados sudamericanos no rinden las garantías necesarias o más bien dicho no existe una conciencia de responsabilidad mayor en los tripulantes, las Compañías de Seguro se han visto en la necesidad de, en la gran mayoría de los casos excluir

amparos como daños a la maquinaria por negligencia de la tripulación, defecto latente de la maquinaria, negligencia de reparadores y otros, ya que de la siniestralidad actual más del 30% de los casos son debidos a averías parciales por negligencia de la tripulación, siendo que la técnica nos da un parámetro máximo del 70% de los siniestros por averías parciales, pero no por casos fortuitos o negligencia.

En vista de lo anterior se ha generalizado en el mercado ecuatoriano la inclusión de cláusulas de garantías respecto de las seguridades a que deben estar sometidas tanto la nave como la tripulación. Entre otras las de garantía de mantenimiento de navegabilidad, de tripulación licenciada, de tripulación mínima permanente, de inspección de obra viva o de dique, etc.

La gran mayoría de estas cláusulas o garantías eran implícitas en el concepto original del Seguro de Casco y Maquinaria de Buque; pero en vista de la mala experiencia que se ha tenido por situaciones en las cuales no se respetaron las mismas, en la actualidad han pasado a tomar forma explícita en las condiciones particulares de la póliza, [11].

Con todos estos antecedentes, en nuestro medio naviero, y especialmente para el sector pesquero, ninguna Compañía de Seguros se arriesgará a extender una póliza de la embarcación sin someterla al cobro de una alta prima, en el mejor de los casos, si esta no se encuentra debidamente clasificada, tanto en su diseño, construcción y operación, de ahí la importancia de este trabajo.

Esto en cuanto a la necesidad de clasificar la embarcación, en lo que respecta a criterios para elegir determinada Sociedad de Clasificación, creo que argumento siempre válido y más aún en nuestra época es el costo que implicarán los honorarios cobrados por ella, la facilidad de tener una oficina representativa de la referida Sociedad y también es importante, si la nave va a realizar tráfico internacional, averiguar si la Casa Clasificadora escogida es reconocida en el país cuyo puerto va a tocar dicha embarcación, claro está que asimismo se tomará en consideración las preferencias del Armador y como es lógico la sugerencia del diseñador.

En nuestro caso, la Sociedad de Clasificación elegida es la DNV, cuya reglamentación aunque no es tan utilizada en nuestro medio como la de la ABS, Bureau Veritas o Lloyd's

Register of Shipping, ha merecido nuestra preferencia pues utiliza un método de diseño coherente y con una base técnica establecida fundamentada en criterios de flexión y pandeo para barcos pequeños como nuestro camaronero y además criterios de vibración para buques grandes, sumándose a todo esto que considera ya el criterio de confiabilidad estructural, es decir, "la probabilidad de falla de la estructura en un determinado tiempo". Además existe la facilidad de que en nuestro país en la ciudad de Guayaquil, existe una oficina con un representante de dicha sociedad de clasificación.

Si bien, su utilización no se justifica, tal vez, por razones de costo de honorarios cobrados por sus representantes, en relación a lo que cobran otras Casas de Clasificación más utilizadas en nuestro país, sin embargo, siendo este un trabajo más de tipo investigativo y cuyo objetivo es también dar un método a seguir para cálculo estructural utilizando las reglas de clasificación, se justifica suficientemente su utilización.

CAPITULO III

INTRODUCCION AL DISEÑO ESTRUCTURAL

3.1 CONSIDERACION ESTRUCTURAL DEL BUQUE-VIGA.

Un buque que se encuentra flotando en aguas tranquilas, está sometido a fuerzas de empuje que actúan hacia arriba (presión ejercida por el agua) y a las fuerzas de los pesos que actúan hacia abajo.

Estas fuerzas están representadas en la figura # 1, la cual muestra un buque dividido en cinco secciones por medio de mamparos estancos, numerados de uno al cinco desde la proa. Entre cada una de estas secciones se considera los pesos (representados por flechas sobre la cubierta y de signo negativo) y los empujes (representados por flechas en el fondo y de signo

positivo) uniformemente repartidos. La diferencia entre peso y empuje en cada sección, se representa mediante una flecha grande central, con las toneladas resultantes indicadas en la punta de la misma. El signo positivo indica un exceso de empuje en la sección y el negativo de peso.

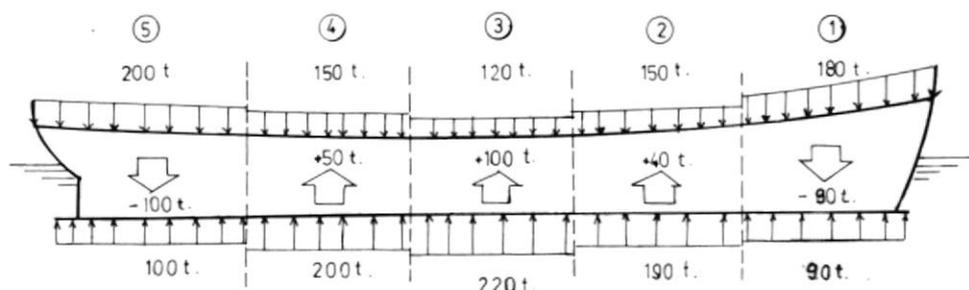


Fig. # 1.- Fuerzas que actúan en un barco flotando en aguas tranquilas.

Si bien las fuerzas de peso y empuje se equilibran entre ellas en todo el barco, no existe un equilibrio punto a punto, como se ve en la fig. # 1, y si se llegase a cortar el buque en los cuatro mamparos transversales estancos, cada una de las secciones flotaría a un calado distinto, como se muestra en la fig. # 2 donde la línea de puntos representa, la línea de flotación original.

Esto se debe a las fuerzas actuando hacia arriba y hacia abajo en sentido vertical que son las llamadas "fuerzas cortantes" que tienden a cortar el buque en secciones verticales.

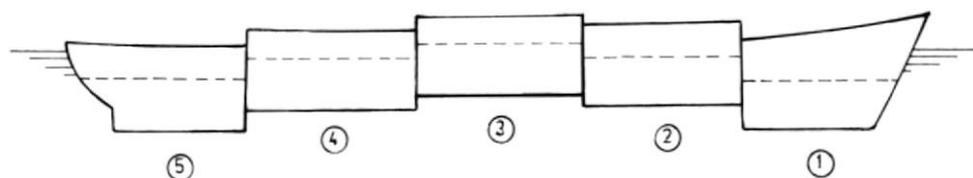


Fig. # 2.- Calados relativos de cinco secciones de un barco flotando en agua tranquila.

La condición de carga del buque de la Fig. # 1, puede representarse por analogía como en la Fig. # 3, donde éste ha sido reemplazado por una viga sólida horizontal.

Es obvio que para esta condición de carga, la viga floctará hacia abajo en los extremos. Como resultado de esta acción las fibras superiores de la viga se alargarán, y las fibras inferiores se contraerán, o adoptando definiciones dadas anteriormente, las fibras superiores estarán sometidas a tensiones de tracción y las inferiores de compresión.

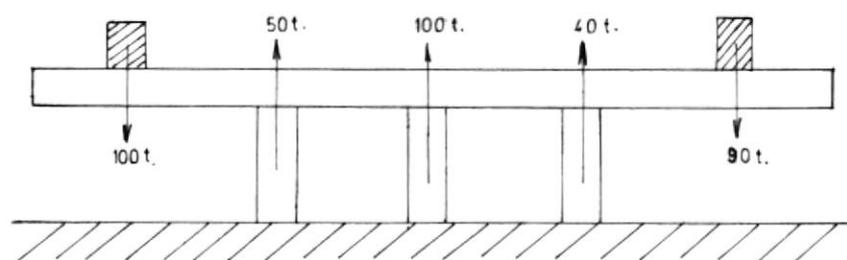


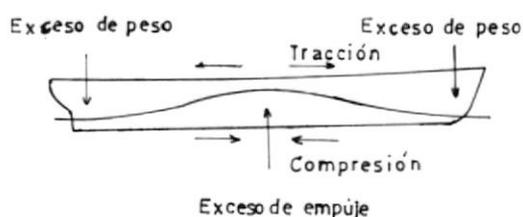
Fig. # 3.- Analogía de carga viga-buque.

Entonces, siempre que una viga similar a la viga de la Fig. # 3, sea sometida a una carga que produzca tensiones de signo contrario en las fibras superiores e inferiores, se dirá que ha sido aplicado un "momento flector", o que la viga está en flexión, o lo que es lo mismo, que está bajo la influencia de tensiones de flexión. Por analogía, lo mismo puede decirse de un buque bajo condiciones similares. Para el caso de un buque navegando en el mar, en que las olas con sus crestas y sus senos producen una mayor diferencia entre pesos y empujes, se obtiene consecuentemente, mayores momentos flectores y tensiones de flexión. Los efectos dinámicos debidos al movimiento del buque en el mar, pueden también incrementar dichas tensiones.

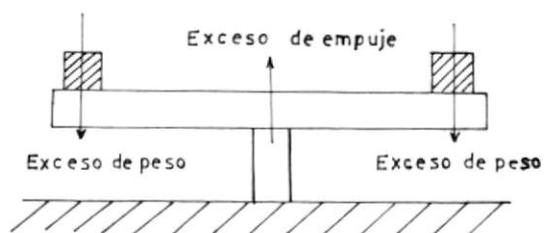
En la Fig. # 4, se representa el buque centrado en la cresta de una ola, produciéndose tracción en cubierta



compresión en el fondo (condición de quebranto). En la Fig. # 5, se representa el buque contrado en el seno de una ola produciéndose compresión en cubierta y tracción en el fondo (condición de arrufo). Además se representan las correspondientes analogías con la viga. La ola se considera de longitud igual a la eslora del buque.

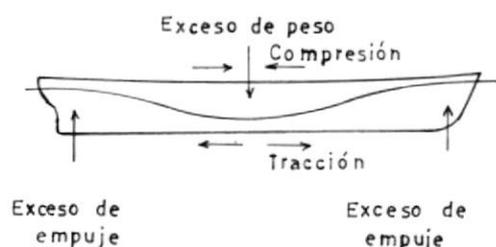


a) Barco en la cresta de una ola.

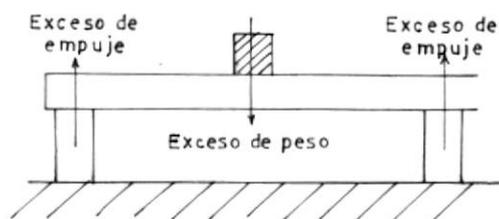


b) Analogía viga-buque.

Fig. # 4.- Buque en condición de quebranto.



a) Barco en el seno de una ola.



b) Analogía viga-buque.

Fig. # 5.- Buque en condición de arrufo.

La misma tendencia de corte que se presenta en el plano transversal vertical se presentará en el plano horizontal de una barra sólida o de un buque sometido a flexión.

Esta tendencia a cortar el buque en rebanadas longitudinales se denomina "corte longitudinal", y es impedido por las capas horizontales del metal de unión, sea por el material de la placa original o por el material de unión horizontal.

Para explicar como sería la distribución de las tensiones longitudinales consideraremos una viga de sección transversal rectangular sometida a flexión, como se representa en la fig. # 6, donde las fuerzas actuantes "P" y "2P" hacen que la viga se deforme de esa manera, debido a la flexión; se muestra además una sección transversal "FF" de la viga. Se demuestra también claramente que las fibras superiores de la viga deben alargarse (en tracción) y las inferiores contraerse (en compresión), por lo tanto, en alguna parte intermedia, alguna fibra no se alargará ni se contraerá.

La posición de la fibra no deformada se denomina "eje neutro" que corresponde a la línea EN.

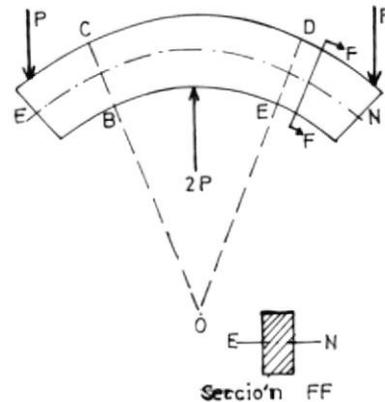


Fig. # 6.- Viga rectangular sometida a flexión.

En la Fig. # 7 se muestra a una escala mayor, la porción "BCDE" de la viga de la Fig. # 6. El momento flector producido por las fuerzas "P" y "2P", da como resultado las tensiones que se muestran en la Fig. # 7.

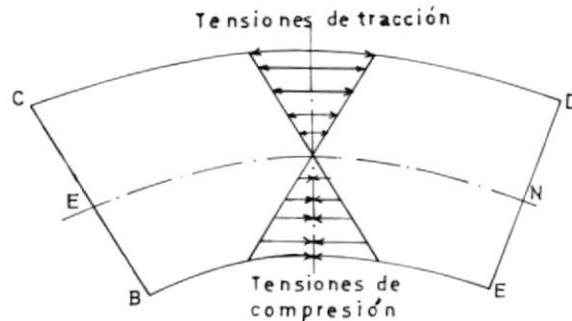


Fig. # 7.- Distribución de tensiones longitudinales en una viga sometida a flexión.

Además del eje neutro existen otras dos propiedades geométricas importantes de los miembros estructurales,

que son el momento de inercia y el módulo resistente de su sección transversal.

El "momento de inercia" de una sección transversal, es una medida de la capacidad que tiene la viga para resistir deflexiones.

La otra propiedad geométrica de una viga, es el "módulo resistente" de su sección transversal, y que se obtiene de la relación del momento de inercia de la sección transversal con la distancia de la fibra más alejada de dicha sección al eje neutro (suponiendo el eje neutro horizontal). El menor valor de los dos calculados para las dos alas de la viga, es generalmente el crítico y permite obtener la máxima tensión de flexión impuesta a las mismas, cuando se conoce el valor del momento flector longitudinal. El valor de la tensión se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{Momento Flector}}{\text{Módulo Resistente}}$$

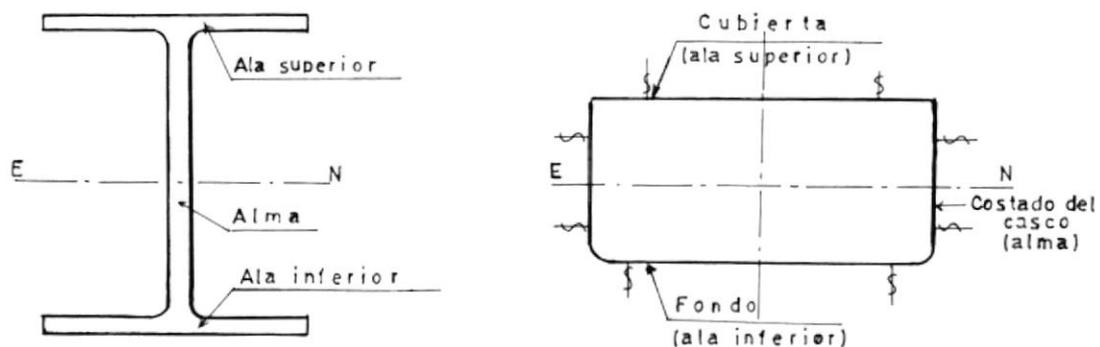
Si el momento flector está expresado en Kg.cm ó Kg.m (pie-libras) y el módulo resistente en cm³ ó m.cm³ (pulgada cuadrada por pie), la tensión resultante estará dada en Kg/cm² (libra por pulgada cuadrada).

Cada material, está asociado con un determinado valor admisible de tensión, que, según la expresión anterior, si es muy elevado para un momento flector dado, el módulo resistente deberá ser incrementado para disminuirlo. Esto puede hacerse ya sea redistribuyendo o aumentando el área de la sección.

Si utilizamos la ecuación anterior con un valor dado y admisible de tensión de flexión, con un momento flector dado y un determinado material en una sección, se puede calcular el módulo resistente. El módulo resistente es independiente del tipo de material utilizado.

Considerando ahora más claros los conceptos necesarios, para fines de nuestra explicación, planteamos nuevamente la sección transversal de una viga "H" comparada con la sección transversal de un buque: el primero, se compone de dos alas, superior e inferior unidas por el alma, fig. # 8(a); análogamente la parte principal del casco de un buque, es en su forma más simple, una viga cajón donde el fondo y la cubierta son las alas y el forro del costado el alma, lo que frecuentemente se denomina "envuelta resistente", Fig. # 8(b). Su diferencia respecto a la viga "H" es que ésta tiene solamente un alma central y el

buque una a cada costado.



a) Sección Transversal de una viga "H".

b) Sección Transversal de un buque.

Fig. # 8.- Comparación entre la sección transversal de una viga "H" y la de un buque de una sola cubierta.

Cuando la viga-buque está cargada con las fuerzas que produce el mar y la carga del buque, éste se flectará como una viga y las alas superior e inferior serán sometidas a tensiones de tracción y compresión respectivamente, cuando esté en condición de quebranto. Estas tensiones se invertirán cuando el buque esté en condición de arrufo.

Las fuerzas de empuje que ejerce el mar sobre el casco, cambian continuamente, sometiendo a las estructuras del

fondo y cubierta a sucesivas inversiones de tensión. En cada instante dado, la tensión resultante a través de una cualquiera de las alas (cubierta y fondo) es bastante uniforme, mientras que las tensiones en el costado del casco varían uniformemente, desde cero en el eje neutro al valor que exista en las alas, Fig. # 9 (suponiendo el buque adrizado, aunque realmente está sujeto a balanceo).

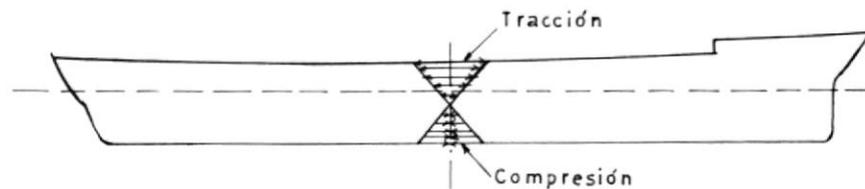


Fig. # 9.- Distribución en la viga-buque de las tensiones de flexión en el costado del casco.

Cuando el buque está escorado, la posición del eje neutro cambia y la distancia entre éste y el material que se encuentra en las esquinas de la viga cajón que forma el casco se incrementa, esto conduce a un módulo resistente menor y corresponderá a mayores tensiones longitudinales en el enchapado, en zonas tales como la del trancanil, traca de cinta y pantoque. Como este material es de mayor espesor que el resto del enchapado del casco, el módulo resistente para el buque escorado puede

ocasionalmente ser mayor que el del buque adrizado, en cuyo caso las tensiones para la condición de escorado serán menores que para la de adrizado, [14].

Además, cabe considerar el pandeo originado por las fuerzas axiales actuando en la estructura, y para simplificar de la explicación tomaremos solamente una plancha rectangular de largo a , ancho b y espesor t ; supongamos dicha plancha simplemente soportada en los lados cortos (ver Fig. # 10).

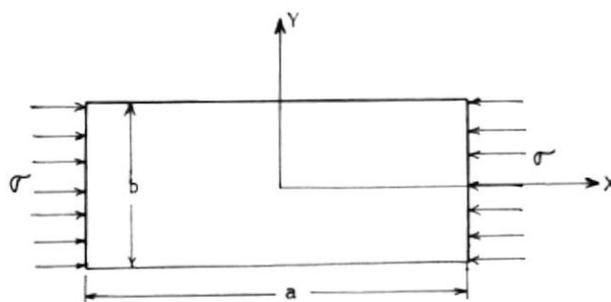


Fig. # 10.- Plancha sometida a esfuerzos de compresión puros.

Si se considera 2 alternativas de apoyo para los lados largos:

- 1.- considerando estos lados elásticamente restringidos;
- 2.- considerando el un lado elásticamente restringido y

el otro libre.

Al aplicar esfuerzos compresivos σ , perpendicularmente sobre los lados cortos, al inicio de la compresión, la plancha mantendrá su condición de equilibrio; y a medida que se incrementa llegará al punto que alcanzará un cierto valor de esfuerzo σ_{cr} , en el que el equilibrio no se mantenga más presentándose una condición de inestabilidad, produciéndose el pandeo, [15].

3.2 FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL BUQUE.

El buque como toda estructura está sometido a fuerzas, pero, puesto que se encuentra operando en un medio líquido, dichas fuerzas son debidas a la acción de causas externas e internas y el casco tiene que estar diseñado y construido para soportarlas con un margen razonable de seguridad tomando en consideración la magnitud de estas cargas.

Las fuerzas que actúan sobre el buque son muy variadas tanto en carácter como en importancia pero pueden clasificarse en dos categorías principales: fuerzas

estáticas y fuerzas dinámicas.

(FUERZAS) ESTÁTICAS: Pueden considerarse imaginando al buque flotando en agua tranquila. En este caso las fuerzas actuantes son dos:

- el peso del buque y todo lo que él lleva, actuando verticalmente hacia abajo; y,
- la presión hidrostática.

Dado que el buque está flotando en equilibrio, dicha presión hidrostática debe producir primeramente una componente vertical exactamente igual al peso y tendrá componentes longitudinal y transversal; pero la resultante de ellas será igual a cero dado que el buque está en reposo. Estas componentes podrían causar distorsión local en la estructura.

Entonces, la fuerza total de boyantez es igual al peso, pero esto no necesariamente afirma que la distribución de ella a lo largo de la eslora será similar. Así, la boyantez por unidad de longitud estará dada por:

$$b = \delta \times \int \times g_0$$

donde:

b = fuerza de boyantez por unidad de longitud.

ρ = densidad del fluido.

A = área de la sección transversal sumergida del buque.

Esta expresión corresponde a una curva cuyas ordenadas son simplemente proporcionales a las áreas de la sección sumergida del buque (en agua tranquila), como se muestra en la Fig. # 11.

El peso por unidad de longitud depende principalmente de cómo los varios items que hacen el total están distribuidos en el buque y solamente en mínima medida de la forma del buque. Dependerá también de la densidad de la carga, combustible, etc. y de dónde estos espacios estén situados, por todo esto la curva de peso será bastante irregular, como se ve en la Fig. # 11.

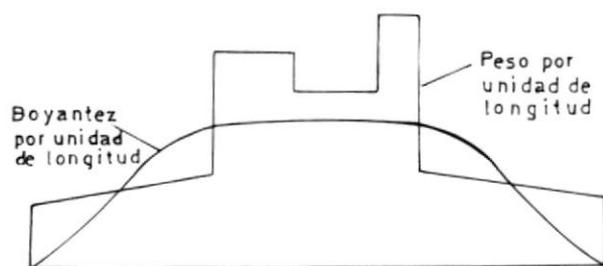


Fig. # 11.- Curva de Boyantez y Peso en agua tranquila.

Si, b = boyantez por pie de longitud; y,

w = peso por pie de longitud, entonces:

$$\text{Boyantez total} = \Delta = \int_0^L b \cdot dx$$

$$\text{Peso total} = \Delta = \int_0^L w \cdot dx$$

$$\therefore \int_0^L b \cdot dx = \int_0^L w \cdot dx$$

Si integramos para algún punto de distancia x , digamos, de popa, entonces:

Fuerza en la parte de

$$\text{la estructura de } 0 \text{ a } x = \int_0^x b \cdot dx - \int_0^x w \cdot dx$$

Esto representa la fuerza cortante en el buque que tiende a empujar la porción a la izquierda de x hacia arriba o abajo, relativa a la porción a la derecha, de acuerdo si es mayor la boyantez o el peso.

Calculando esta diferencia para varios puntos a lo largo de la eslora del buque, es posible dibujar la curva de fuerza cortante como se muestra en la Fig. # 12.

El momento del peso alrededor de la sección en x viene dado por:

$$M_w = \iint w \cdot dx \cdot dx$$

y el momento de boyantez correspondiente es:

$$M_b = \iint b \cdot dx \cdot dx$$

$$\text{Momento neto} = \iint b \cdot dx \cdot dx - \iint w \cdot dx \cdot dx$$

Esta expresión representa el momento flector que tiende a curvar el buque en el plano vertical longitudinal semejante a una viga como consecuencia de la diferente distribución de peso y boyantez a lo largo de la eslora del buque.

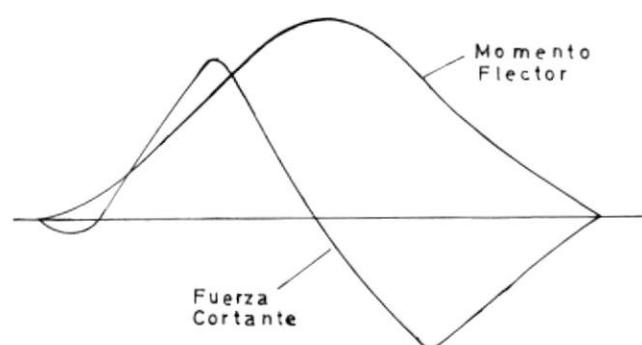


Fig. # 12.- Curvas de Fuerza Cortante
y Momento Flector.

Esta figura muestra también la curva de momento flector. La explicación dada es aplicada a un buque en agua

tranquila pero es igualmente válida con el buque en olas. En este caso, la distribución de peso permanece invariable, pero debido a que la superficie libre del agua no es completamente plana, la distribución de la boyantez a lo largo de la eslora del buque es alterada. El buque puede imaginarse en primera instancia equilibrado estáticamente en el sistema de olas, de modo que aparte de cualquier efecto dinámico, la fuerza de boyantez estática, igualará al peso del buque con una distancia diferente a lo largo de su longitud.

La Fig. # 13 muestra el tipo de distribución de boyantez esperada cuando un buque se encuentra en equilibrio en una ola regular de longitud igual a la eslora del buque,

- a) Con cresta en proa y popa.
- b) Con cresta en la sección media.

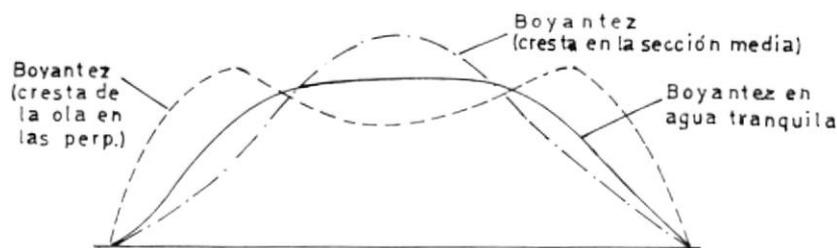


Fig. # 13.- Curvas de Boyantez en olas y en agua tranquila.

Esta modificación de la distribución de la boyantez, implica modificación en las fuerzas y momentos actuantes sobre el buque, que serán distintos a las fuerzas y momentos actuando sobre él en agua tranquila. Entonces es posible dividir la fuerza total y momentos actuantes, en dos componentes, así:

Fuerza cortante total = fuerza cortante en agua tranquila
+ fuerza cortante debida a olas.

Momento flector total = momento flector en agua tranquila
+ momento flector en olas.

La fuerza y momento en agua tranquila son cantidades constantes para una condición particular de carga.

FUERZAS DINAMICAS: Cuando un buque se mueve en un sistema de olas, dos factores adicionales deben tomarse en cuenta para valorar las fuerzas actuando sobre su estructura:

El primero concierne a las olas en sí. En primera instancia respecto a la boyantez del buque en olas, podemos decir que la presión en algún punto sobre la superficie del casco es proporcional a la distancia

vertical hacia abajo de la superficie libre hasta el punto considerado, como sería el caso de aguas tranquilas. Debido al movimiento de las partículas de agua en las olas, sin embargo, esto no es así, y a fin de hacer un cálculo realista de las fuerzas de boyantez, es necesario hacer una corrección para este efecto, que es llamado "Efecto Smith" y que básicamente es para reducir la boyantez del buque en presencia de una cresta y para incrementarla en presencia de un seno. Esto a menudo es despreciado en el cálculo de esfuerzos.

El otro efecto dinámico se origina del movimiento del buque en sí, que es un sistema de olas y tiene seis grados de libertad: tres lineales y tres de rotación.

Los movimientos lineales son:

- el movimiento vertical llamado arfada (heaving);
- el movimiento transversal llamado vaivén (swaying); y,
- el movimiento de proa a popa llamado largada ó estrepada (surging).

Los movimientos rotacionales son:

- rotación alrededor del eje x llamado balanceo (rolling)

- rotación alrededor del eje transversal llamado cabezada (pitching)
- rotación alrededor del eje vertical llamado guiñada (yawing).

Todos estos movimientos involucran aceleraciones que son comunicadas a cada masa en el buque creando fuerzas dinámicas, que pueden ser, adicionadas a las fuerzas estáticas debido a los pesos de los distintos ítems. En lo concerniente al buque, estas aceleraciones son muy pequeñas usualmente una fracción de g (aceleración de la gravedad). Las fuerzas dinámicas, aunque apreciables son mucho menores que las fuerzas estáticas.

Cuando los movimientos del buque son grandes como en el caso de cabezada y arfada, fuerzas dinámicas pueden crearse en la estructura cuando el buque se zambulle en el agua. En casos severos el movimiento del buque puede ser suficientemente grande que puede separarse del agua totalmente y cuando hace contacto nuevamente con ella pueden generarse grandes fuerzas dinámicas. Esto puede ocurrir especialmente cerca de la proa y popa del buque y se lo conoce como golpeo (slamming). Las fuerzas generadas son de carácter local, pero son capaces

de causar vibraciones a la estructura del buque y de esta manera transmitir tensiones a otras partes.

Aparte del movimiento en olas, la otra causa de cargas dinámicas sobre la estructura flotante es el viento, que aunque ejerce altas presiones, las fuerzas son pequeñas excepto en casos especiales. En todo caso, es obvio que al viento se lo puede hallar responsable de todas las fuerzas dinámicas dado que las olas son generadas por él.

Ahora bien, el estudio de las fuerzas estáticas del buque nos mostró que él puede flexionarse en el plano longitudinal vertical como una viga. Este es uno de los tipos más importante de distorsión del buque y es tal, que involucra la estructura completa, pero también es posible que flecte en el plano horizontal. Consideremos el movimiento del buque diagonalmente a través del sistema de olas regulares de la Fig. # 14.

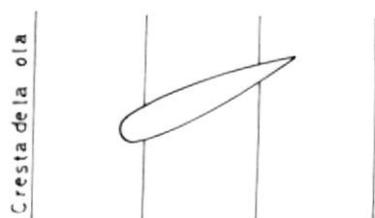


Fig. # 14.- Barco moviéndose diagonalmente a través de las olas.

En este caso, las crestas no son perpendiculares a la línea de centro del buque y como se ve en la Fig. # 15 la pendiente de las olas en varios puntos en la eslora del buque también varía. Esto significa que hay fuerzas laterales actuando sobre el buque, lo que no solamente causa vaivén sino también flexión en el plano horizontal. Pero esta flexión usualmente fue despreciada en el pasado y con certeza podemos decir que las fuerzas y momentos generados son bastante pequeños.

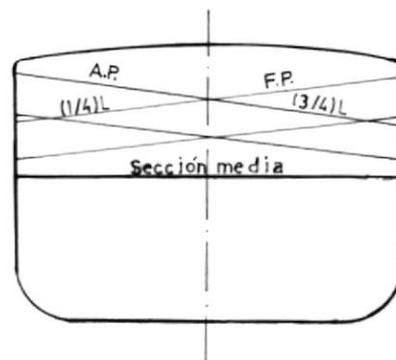


Fig. # 15.- Superficie de ola en varias posiciones a lo largo de la eslora.

Refiriéndonos nuevamente a la Fig. # 14 es evidente que la variación en la pendiente de onda a diferentes secciones a lo largo de la eslora, no sólo causará fuerzas laterales sino también que habrá momentos aplicados en varias secciones. Como este puede cambiar de

signo a lo largo de la eslora del buque, es posible la aparición de torceduras con la consecuente generación de tensiones torsionales. Actualmente este tipo de distorsión es de algún interés debido a la tendencia de agrandar las escotillas lo que disminuye la rigidez torsional de la estructura.

Considerando ahora, la sección transversal de la Fig. # 16, ella está sujeta a presión estática debida al agua circundante, a cargamento interno debido al peso de la estructura en sí y al peso de la carga que lleva. El efecto de estas fuerzas estáticas es causar distorsión transversal de la sección (representada por las líneas punteadas), la misma que ocurrirá independientemente de la flexión longitudinal.

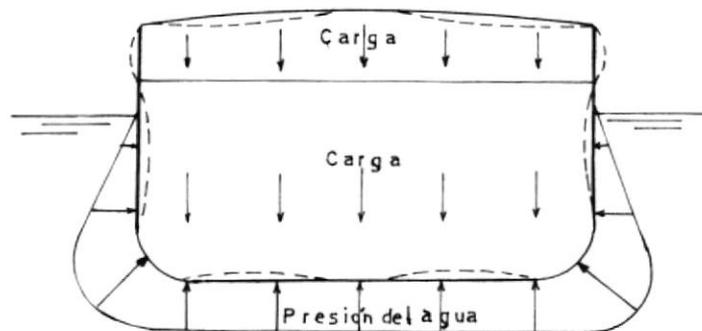


Fig. # 16.- Distorsión de la sección transversal debido a la carga estática.



No solamente la presión del agua y las cargas locales internas causan flexión transversal, es posible tener deformaciones locales de la estructura debido a estas fuerzas. Por ejemplo: en el planchaje de fondo del buque, entre los longitudinales, como se muestra en la Fig. # 17. La tendencia es que el planchaje flerte como una viga entre estos miembros.

Otras partes de la estructura que pueden deformarse por cargas locales son las planchas de los tanques, mamparos, vigas gigantes sometidas a grandes pesos como maquinaria, etc. Entonces, se aprecia que hay otros aspectos de la resistencia de la estructura, la cual puede ser definida como deformación local.

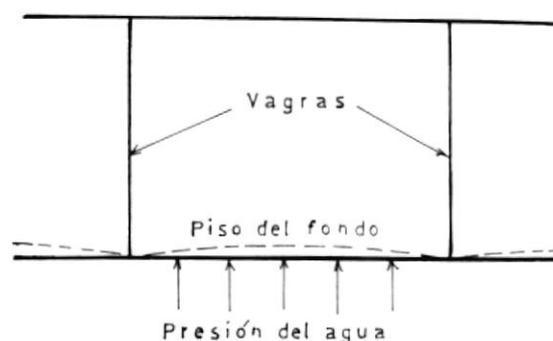


Fig. # 17.- Distorsión del planchaje de fondo debida a la presión del agua.

Resumiendo esta sección es claro que el problema total de la resistencia de la estructura del buque puede dividirse en:

- a) Resistencia longitudinal (flexión y pandeo).
- b) Resistencia transversal (cabezales de presión sobre el buque).
- c) Resistencia local (elementos sometidos a cargas locales).
- d) Análisis dinámico (vibración global y local).

Dado que alguna parte de la estructura del buque, puede estar sometida a uno ó más de los modos de distorsión, es lógico pensar que el estado de tensión resultante en esa parte será más complejo. Por ello, como un primer estudio de la resistencia estructural del buque, la flexión longitudinal, transversal y local son tratadas totalmente independientes, de modo que cada una de las resistencias correspondientes puede ser investigada separadamente, pues esta es la única forma realista de atacar el problema.

3.3 LA ESTRUCTURA DEL BUQUE.

Se vio que el buque es capaz de flectar en un plano longitudinal vertical, por lo tanto debería existir a lo largo de la estructura del buque el material necesario para que resista esta flexión. Items que se pueden incluir en esta categoría son el planchaje del casco de costados, fondo, techo del doble fondo y algunas cubiertas como se muestra en la Fig. # 18. En lo que a las cubiertas concierne, es usual considerar en las aberturas el material al lado de la línea de aberturas, tal como en escotillas y entradas a máquinas.

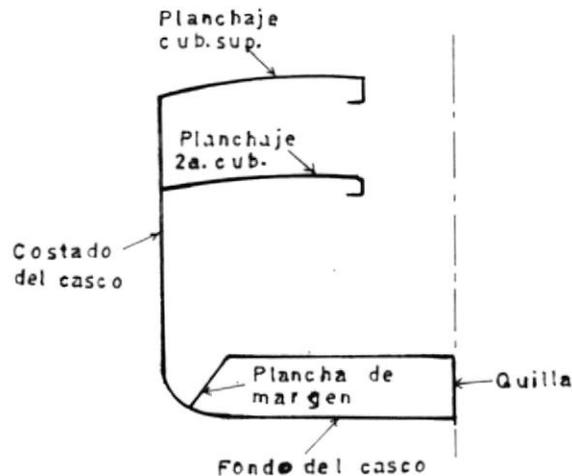


Fig. # 18.- Sección transversal del buque mostrando el material resistente a la flexión longitudinal.

Esta configuración del material longitudinal forma una viga tubular de grandes dimensiones en relación a su espesor, consecuentemente, a menos que sea reforzado en alguna forma, éste será incapaz de resistir cargas compresivas. Por esta razón, algunas veces es necesario colocar anillos transversales más fuertes, de material, espaciados de 60 a 90 cm. a lo largo de toda la eslora del buque, dependiendo de la eslora de éste último. Se dice entonces que el buque tiene cuadernaje transversal.

El reforzamiento transversal consiste en tres partes:

En el fondo, en el espacio del doblefondo (cuando el barco lo posee), hay planchas verticales llamadas varengas provistas de aligeramientos y agujeros de acceso en ellas, en los costados del buque secciones laminadas llamadas cuadernas laterales, son soldadas al planchaje como se muestra en la Fig. # 19; las cubiertas son soportadas también por secciones laminadas soldadas al planchaje, llamadas baos. Las varengas, cuadernas laterales, baos y las distintas cubiertas están conectadas por escuadras de modo que se forma un anillo de material transversal continuo, cuyo espaciamiento como se mencionó antes, es de 60 a 90 centímetros y depende de

la eslora del buque, esto se hace para reducir el espacio no soportado y así aumentar la resistencia al pandeo de dicho planchaje y soportar mejor las cargas compresivas. Además previenen la distorsión transversal de la estructura de modo que varengas, cuadernas y vigas son los items principales que contribuyen a la resistencia transversal de la estructura del buque.

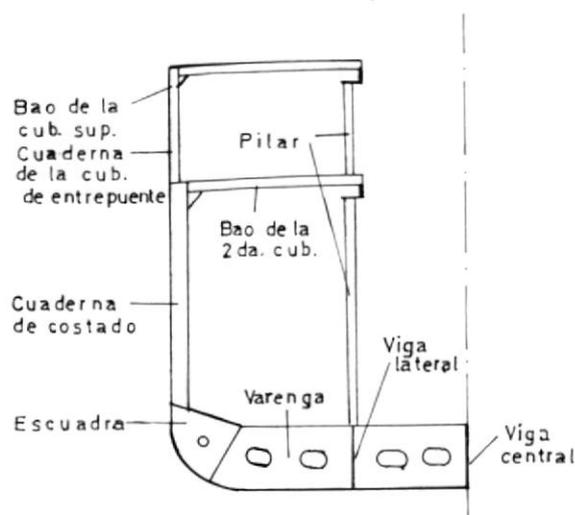


Fig. # 19.- Sección transversal de un buque mostrando estructura transversal.

La principal fuerza involucrada aquí es aquella debida a la presión del agua y que es mayor en el fondo del buque, por tanto la estructura de éste sector deberá ser muy pesada. De hecho esto es así, vigas bastantes pesadas se formarán por la plancha de la varenga junto con el planchaje del fondo. Los lados del buque están también

sujetos a la presión del agua cuya magnitud será menor que en el fondo, en este caso se proveen de un reforzamiento adecuado que consiste en vigas formadas por la cuaderna soldada al planchaje de costado del casco. En lo que a las cubiertas concierne, aquí nuevamente el bao con su planchaje de cubierta asociado forman una viga de refuerzo efectivo. El factor principal que determina el tamaño de las vigas es las cargas que deben soportar, estas pueden ser debido al cargamento que lleva, a los pasajeros, al agua embarcada, etc.

Otros items de la estructura que contribuyen a la resistencia transversal son los mamparos estancos, cuyo primer objetivo es, obviamente dividir el buque en una serie de compartimientos estancos, pero dado que un mamparo está formado de planchaje reforzado por láminas transversales que tienen una muy considerable rigidez transversal, él contribuirá mucho a la prevención de la deformación transversal de la estructura.

La estructura mostrada en la Fig. # 19 es un ejemplo típico del cuadernaje transversal en un buque. Es práctica común actualmente adoptar una forma diferente de construcción en la cual los costados del buque son

reforzados transversalmente mientras cubierta y fondo lo son longitudinalmente, como se muestra en la Fig. # 20.

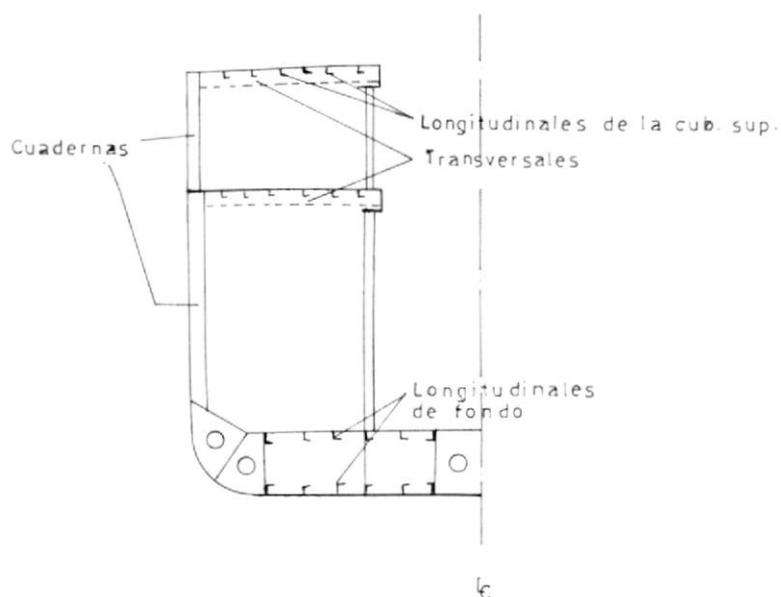


Fig. # 20. Sección transversal de un buque con cubierta y fondo reforzados longitudinalmente.

El objetivo de reforzar la cubierta y fondo con miembros longitudinales en vez de transversales es para incrementar la resistencia al pandeo de la placa, razón por la cual este método de construcción es adoptado comúnmente y dado que los longitudinales son efectivamente colocados en el planchaje, ellos contribuyen también a la resistencia longitudinal de la estructura.

Los longitudinales tienen que soportar carga, resistir presión de agua, etc.; para reducir sus oscilaciones ellos deberán ser soportados en otras secciones además de los mamparos. Esto se logra introduciendo vigas transversales espaciadas entre sí una distancia igual a las correspondientes varanpas en el fondo. Estas estructurales más espaciadas junto con aquellos menos espaciados le proporcionan la resistencia transversal a la estructura.

Además de la función de resistir flexión longitudinal y transversal, muchas de las partes de la estructura referida soporta también cargas locales. Así, baos y longitudinales estarán frecuentemente sujetos a cargas debidas a maquinaria, equipo de arboladura. El planchaje exterior del buque tiene que soportar también la presión del agua y esta podría provocar flexión local del planchaje entre los miembros de refuerzo tales como varanpas y cuadernas.

En general se puede decir que próximo a cada miembro estructural principal en el buque está un miembro de reforzamiento local. (153)

CAPITULO 4

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BUQUE PESQUERO CAMARONERO

4.1 INTRODUCCION.

Hasta hace muy poco tiempo, la mayor parte del diseño estructural de buques pesqueros, se realizaba en gran medida, usando relaciones empíricas y en base a la tradición; desarrollándose consecuentemente los requisitos de resistencia y los factores de seguridad para los distintos buques tomando en consideración la experiencia en servicio.

Esto puede resultar satisfactorio donde el desarrollo de un determinado tipo de embarcación se lleve a cabo durante un período prolongado utilizando los materiales tradicionales, pero cuando se desea ensayar nuevos tipos

de barcos o nuevos materiales, o ambos a la vez, entonces es preciso conceder especial atención al estudio de las cargas básicas transportadas por las estructuras navales. En nuestro proyecto de trabajar con acero como material básico de construcción, nos referiremos con la denominación de pequeñas embarcaciones, a aquellas de eslora total menor a 30 metros, cuyo equipo y facilidades de construcción requeridas son modestas y se pueden comparar, mas bien, a las tradicionales de los astilleros para barcos de madera y no a los altamente automatizados que construyen grandes barcos de acero.

Cabe anotar además que no se considera ventajosa la construcción en acero de embarcaciones de eslora menor a 12 metros debido a su peso, ni tampoco en las menores de 15 metros cuando van a operar en condiciones tropicales, a causa del elevado grado de corrosión que actúa sobre la fina plancha de acero utilizada.

En base a esto, podemos proseguir nuestro trabajo con la confianza de que no estamos alejados de la realidad y las necesidades del medio, puesto que la embarcación prototipo que vamos a considerar en nuestro estudio, tiene las siguientes características:

Eslora total	= 24.72 m.
Eslora entre perpendiculares	= 23.50 m.
Manga máxima	= 7.14 m.
Puntal	= 4.78 m.
Calado a L.A.D.	= 3.57 m.

Y el plano de líneas de forma de dicho prototipo (figs. 21a y 21b) nos muestran el aspecto de la estructura que deberemos calcular.

En cuanto al acero como material para la construcción de barcos, podemos mencionar entre sus propiedades y características: es un material fuerte, fácil de trabajar, las juntas soldadas se consideran de igual resistencia a la materia básica (siempre y cuando los soldadores dispongan de suficiente experiencia), es fácil de reparar (si se dispone de facilidades para cortar y soldar), es incombustible y de larga duración (si se le da el mantenimiento adecuado y protección contra la oxidación). Sin embargo, antes de decidirnos a construir un buque pesquero en acero, sería muy conveniente tomar en consideración los elevados costos que resultan del mantenimiento del casco en un medio tropical como es el nuestro, [17].

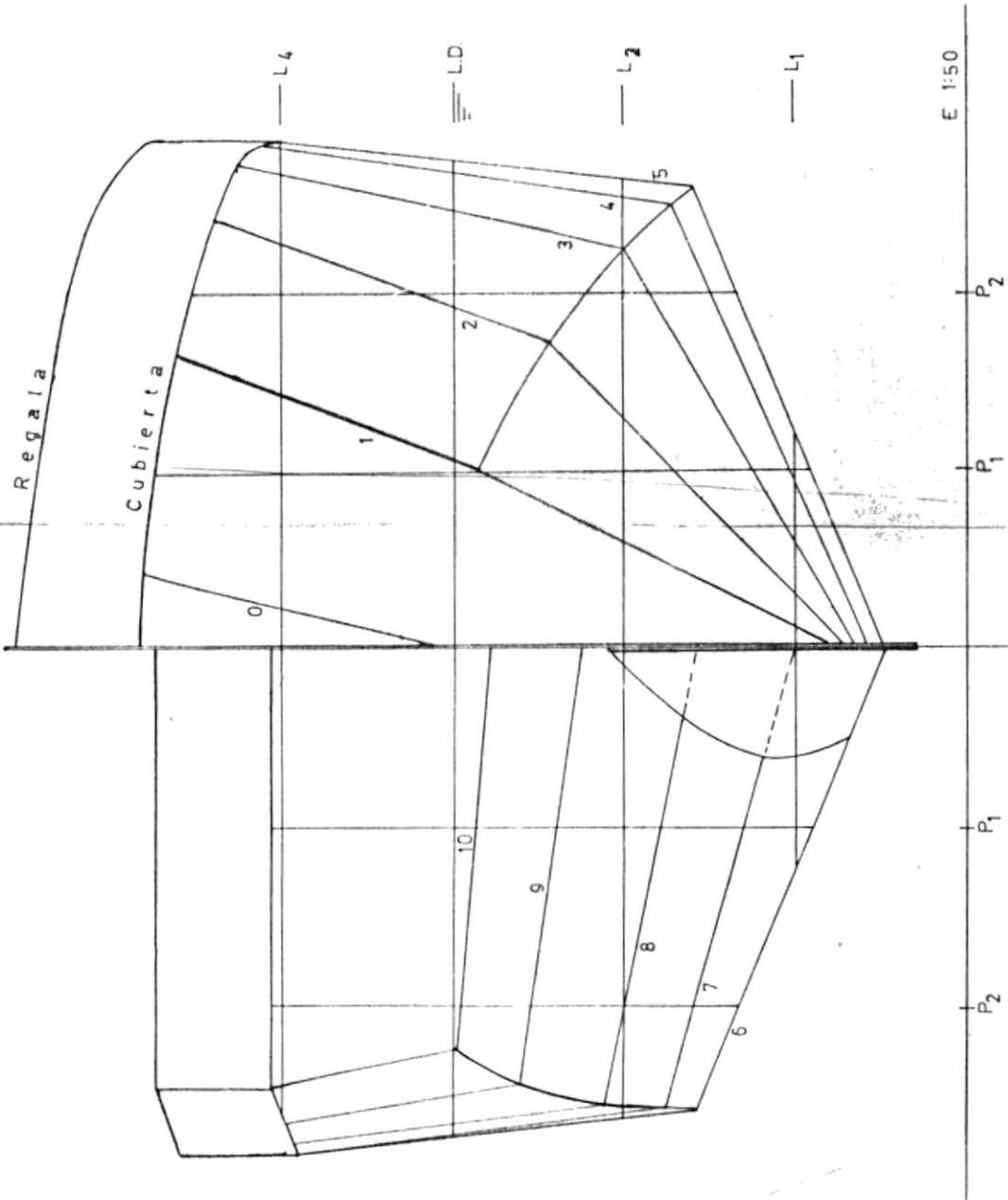


Fig. # 21a.- Plano de cuerpo de banco camaronero prototipo.

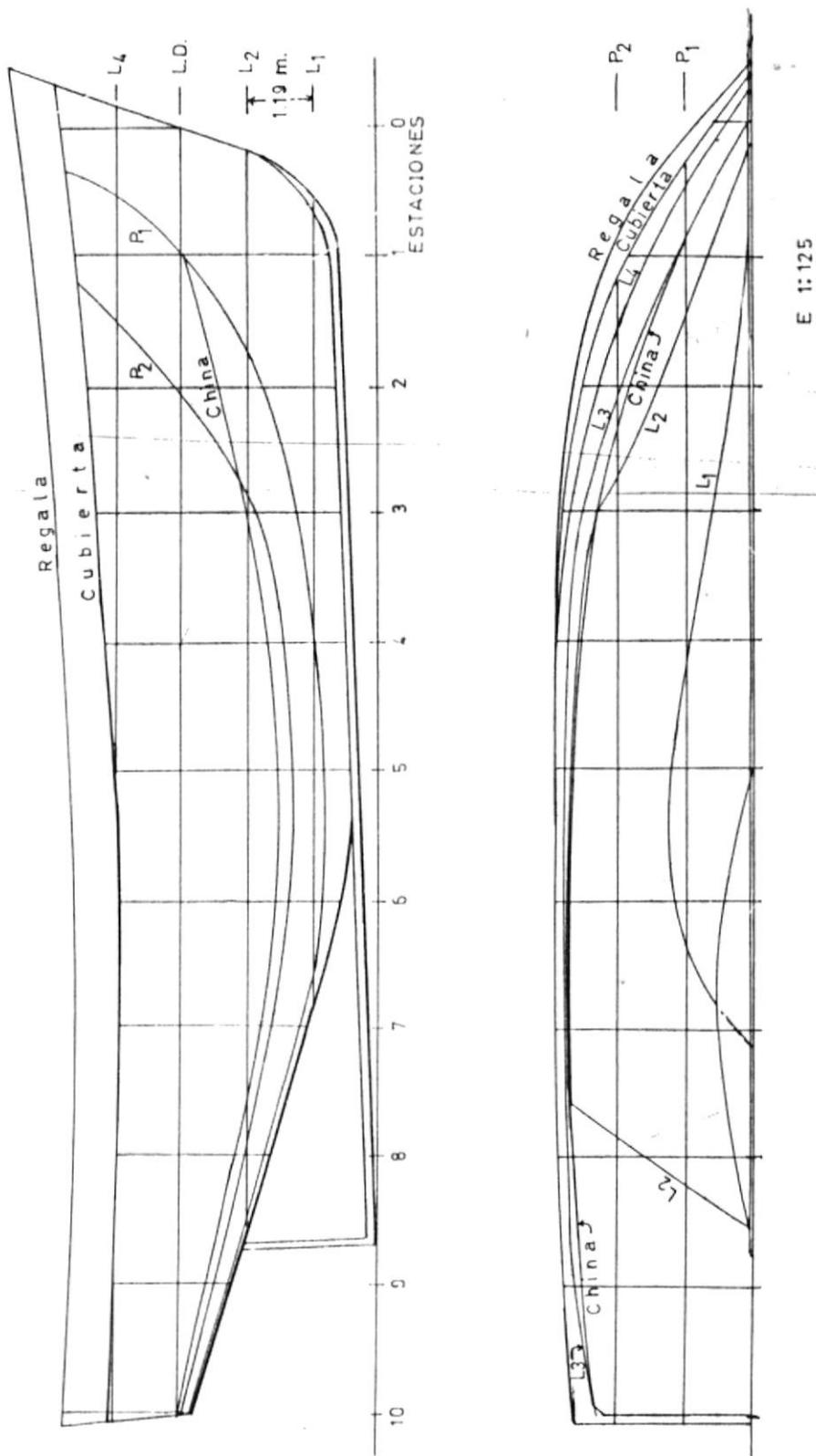


Fig. # 21b.- Plano de líneas de forma de barco camaronero prototipo.



La información para el escantillonado para buques pesqueros pequeños se obtiene generalmente muy rápido de las normas de las Sociedades de Clasificación, de las normas gubernamentales y de las distintas publicaciones. La mayoría de estas normas son aplicables a los buques con una relación velocidad/eslora (V/\sqrt{L}) de menos de 2.5, teniendo la velocidad en nudos y la eslora en metros. Sin embargo, un sólido conocimiento de las principales fuerzas experimentadas por las estructuras navales es imperativo para que el diseñador pueda apreciar las normas de escantillonado empíricas y especificar los detalles estructurales correctamente para el caso de reglas que no puedan adaptarse a las condiciones de nuestro medio.

También se debe considerar al proyectar un buque sobre las reglas de una Sociedad Clasificadora o autoridad reguladora en particular, que esta debe ser claramente mencionada en el pedido de material, ya que éste debe reunir las propiedades químicas y físicas requeridas por dichas reglas.

Además estas normas deben ser observadas durante la proyección, construcción y pruebas de la embarcación.

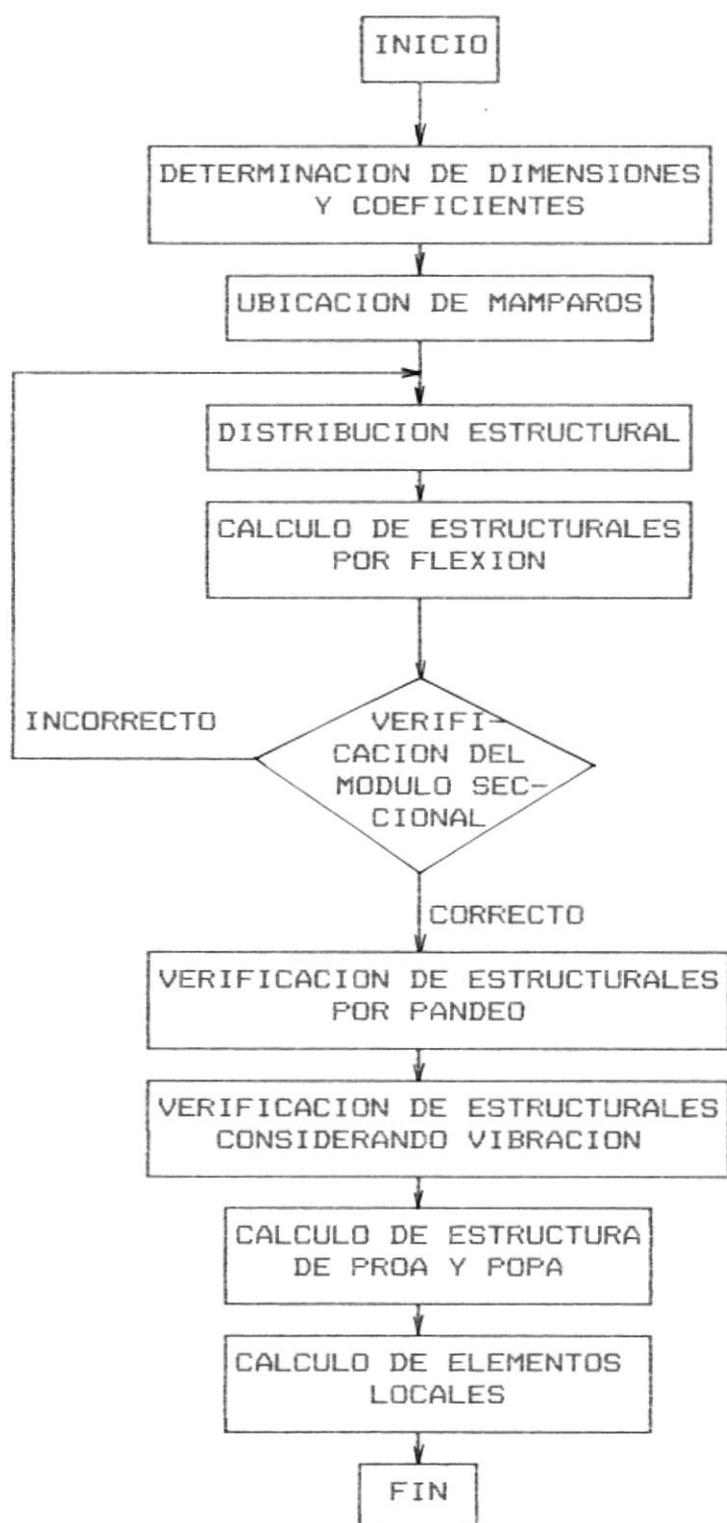
En cuanto a las características de los buques camaroneros operando en nuestro medio, podemos mencionar las siguientes: por regla general son de madera, poseen tres o cuatro divisiones transversales dependiendo del tamaño de la embarcación; la sala de máquinas aloja además de la maquinaria principal, dos boyas para combustible (una para cada banda), maquinaria auxiliar (generadores, bomba de achique y de sentina, principal, etc.) y está ubicada a proa de la sección media; poseen caseta simple ubicada hacia proa, así como también un pañol para cabos y aparejos en este sector (cubichetes). Están dotados de un sistema de agua dulce para el consumo humano y de agua salada para uso sanitario del barco. El producto de la captura es recolectado en tinajas simétricamente distribuidas en la bodega del buque, trabajan casi siempre con tangones y dos redes de arrastre y de vez en cuando una red más pequeña de prueba, winche con tres tambores, plumas y poleas, [18]. Estas características serán respetadas pues lo que perseguimos es enmarcarlas en las reglas de Clasificación, con el fin de mejorar las embarcaciones dándoles la resistencia adecuada y consecuentemente aumentando su tiempo de vida media, puesto que, gran número de accidentes de estas se debe a una inadecuada compartimentación o situación de mamparos

estancos, [19].

Es fundamental también atender los requerimientos del armador, y por ende, muchas veces, utilizar los materiales y equipos de que éste disponga para de este modo, minimizar los costos de construcción. En nuestro caso el armador requiere que:

- se utilice un motor Detroit diesel 12V71N de 335 BHP y 1800 r.p.m. con su reductor 5:1, que posee;
- la autonomía mínima sea 22 días;
- la tripulación sea de máximo 7 personas.

Antes de proseguir, vale la pena acotar que las dimensiones principales aquí escogidas, pueden no ser las óptimas para este tipo de embarcación, puesto que la elección de dimensiones óptimas es algo que escapa al alcance de esta tesis, únicamente lo que se hizo es utilizar dimensiones semejantes a las de los barcos pesqueros camaroneros operando actualmente en nuestro país y con ellas elegir un prototipo que reúna dichas características. Dicho esto, presentamos a continuación el diagrama de flujo del proceso secuencial a seguir basado en el que plantean las reglas de la DNV:



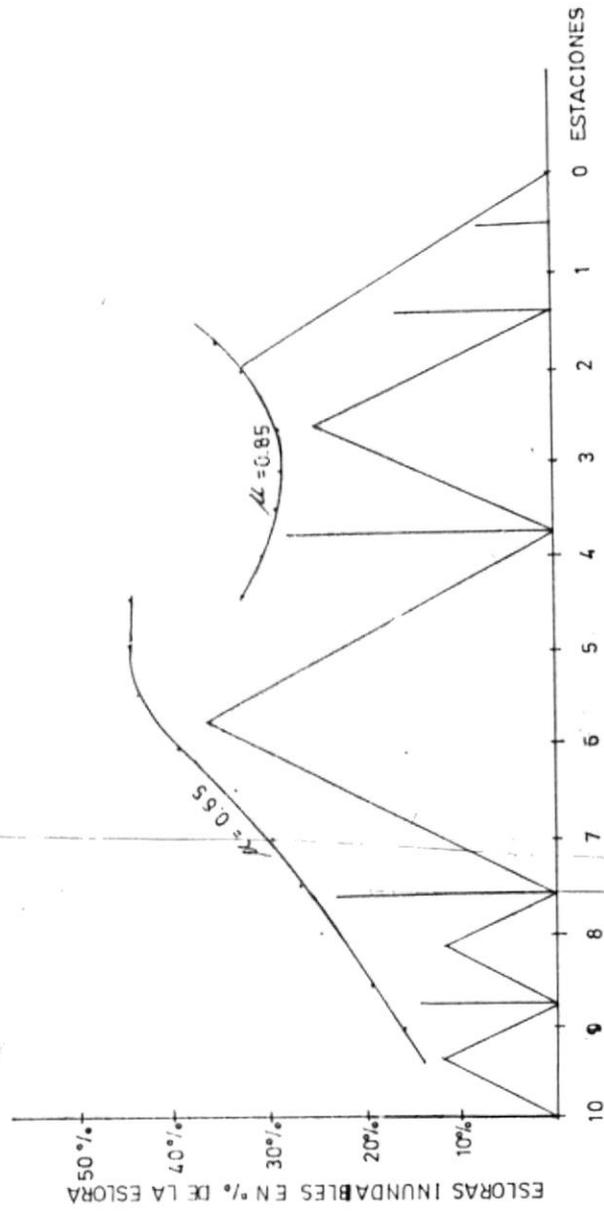


Fig. # 22.- Curva de esloras inundables del camarero.

Pues bien, siguiendo el diagrama de flujo precedente, nosotros contamos ya con las dimensiones básicas y el plano de líneas de forma de un camaronero prototipo. El desplazamiento, coeficientes de forma y curva de eslora inundable (Fig. # 22), fueron obtenidos utilizando el programa SHCP (Ship Hull Characteristics Program), disponible en la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la ESPOL, cuya ejecución se incluye en el apéndice 1 de la presente tesis, como referencia para quienes estén interesados en completar este proyecto, y de ser posible llevarlo a cabo.

En cuanto a la compartimentación estanca, podemos decir que se hará en base a la curva de eslora inundable pero, claro está, tomando en consideración los requerimientos de la DNV.

Cabe anotar que a partir de aquí nos referiremos a las reglas de la Parte 3 Capítulo 2 de la DNV que se refieren al "Diseño Estructural del Casco de Buques con Eslora Menor a 100 Metros", a menos que otra cosa se indique, puesto que en las reglas de la Parte 5 Capítulo 6 Sección 2 que corresponden a Barcos de Pesca se recomienda consultar las primeras para realizar el escantillonado de

la embarcación cuidando siempre de mantenernos enmarcados en lo que recomiendan también las reglas para pesqueros de la Parte 5, tomando estas últimas como requerimientos suplementarios, y que, lógicamente no podemos dejar de considerar en nuestro cálculo estructural.

Así pues, en la reglas de la DNV se definen las dimensiones a ser consideradas en las fórmulas de esta Sociedad de Clasificación:

L = eslora del barco, definida como la distancia longitudinal en m. entre perpendiculares. L no debe ser tomada menor que el 96% de la eslora máxima en la línea de carga de verano. La sección media es definida como la mitad de L medida desde F.P.

= 23.50 m.

F.P.= perpendicular de proa, que es la perpendicular en la intersección de la línea de carga de verano con el lado a proa de la roda.

A.P.= perpendicular de popa, que es la perpendicular en la intersección de la línea de carga de verano con el eje del barón del timón.

L_F = eslora del barco como se define en la

Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966 (LL3): la eslora debe ser tomada como el 96% de la eslora total en la línea de agua al 85% del menor puntal moldeado medido desde el canto superior de la quilla, o como la eslora desde el lado a proa de la roda al eje del barón del timón a esa línea de agua, si es que esa es mayor.

B = mayor manga moldeada en m. medida en la línea de agua de verano.

= 7.14 m.

D = puntal moldeado definido como la distancia vertical en m. desde la línea base a la línea de cubierta moldeada en la cubierta continua superior medido en la sección media.

= 4.78 m.

T = calado moldeado de verano promedio en m.

= 3.00 m.

Δ = desplazamiento moldeado en ton. en agua salada (densidad 1.025 ton/m³) en calado T.

= 232.6 ton.

C_b = coeficiente block

= $\Delta / 1.025LBT$

(utilizando unidades del Sistema Métrico)

- Decimal), $= 0,45$.
- C_{mf} = coeficiente block como se define en la Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966 (I.C.).
- V = volumen de desplazamiento moldeado, tomado al calado moldeado V_m .
- V_m = 85% del menor puntal moldeado.
- V = velocidad de servicio máxima en nudos. V se define como la mayor velocidad que el barco está diseñado para mantener en servicio a su calado en mar abierto.
- g_0 = aceleración de la gravedad estandar $= 9,81m/s^2$.
- γ_x = factor de material dependiente del grupo resistente de material.
- II = Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966. El símbolo es usado en referencias cruzadas junto con el número de regulación, por ej.: I.C.3.
- E = módulo de elasticidad del material, $= 2,05 \times 10^8 N/mm^2$ para el acero.
- H_p = perpendicular de proa de acuerdo a I.C.
- D_r = menor puntal moldeado a la cubierta de francobordo en m .

- l = luz del refuerzo en metros (a determinarse según el elemento considerado). Ver C 100 Pt. 3 Cap 2 Secc. 3.
- s_e = espaciamiento entre cuadernas estandar en m,
 = $0.48 + 0.002L = 0.52$; máximo 0.61 m. a proa del mamparo de colisión y a popa del peak de popa.
- s = espaciamiento entre refuerzos en m. = 0.60 m.
- S = luz de la viga en m. (a determinarse según el elemento considerado).
- b = ancho de la carga en m. (a determinarse según la viga ó refuerzo considerados).
- σ = esfuerzo de flexión nominal permisible en N/mm^2 debido a la presión lateral (dado en las tablas según el elemento considerado).
- t_k = adición por corrosión (tabla D1 de la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 2 de las reglas).
- w_k = factor del módulo seccional por corrosión en tanques de carga y lastre (D 400 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 2).

En conocimiento ya de estos parámetros, podemos comenzar a usar la reglamentación de la DNV, así, según la regla A 301 de la Pt.3 Cap. 2 Secc. 3, todo buque debe poseer los siguientes mamparos estancos:

- 1 mamparo de colisión;
- 1 " " peak de popa;
- 1 " a cada extremo del espacio de máquinas; y, cada uno de ellos participará de la resistencia transversal de la embarcación.

De A 400 en la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3, obtenemos la posición del mamparo de colisión que viene dado entre los valores límites:

$$X_C \text{ (mín.)} = 0.05 L_F - X_R \text{ (m)}$$

$$X_C \text{ (máx.)} = 0.08 L_F - X_R \text{ (m)}$$

donde:

X_C = distancia desde la perpendicular de proa (P_F) al mamparo de colisión

X_R = 0, para barcos con roda curva ordinaria (sin bulbo)

L_F = eslora del barco como se define en la Convención Internacional de Líneas de Carga de 1966

= 22.87 m. (eslora de flotación a L.A.D.);

reemplazando obtendremos:

$$X_C \text{ (mín.)} = 1.14 \text{ m.}$$

$$X_C \text{ (máx.)} = 1.83 \text{ m.}$$

Y de la misma parte, regla A 900, comprobamos que la "altura de proa" H_B , de nuestro prototipo que es de 2.17 m. es apropiada, pues el mínimo valor que debe tener es:

$$H_B = 56 L_F \left(1 - \frac{L_F}{500} \right) \frac{1.36}{C_{BF} + 0.68} \text{ (mm)}$$

C_{BF} = coeficiente block, no debe tomarse menor que 0.68, /
reemplazando:

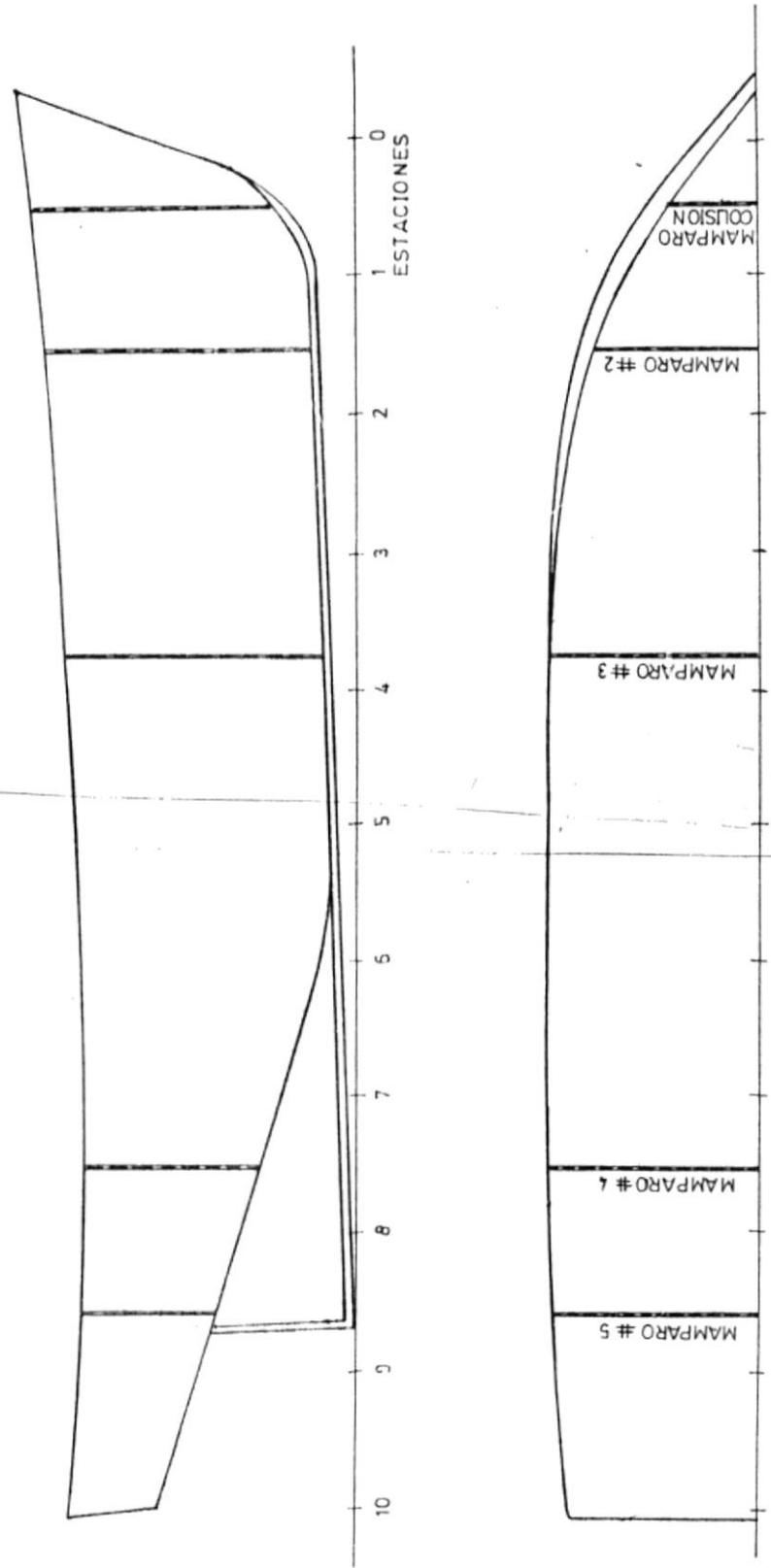
$$H_B = 56 \times 22.87 \left(1 - \frac{22.87}{500} \right) \frac{1.36}{0.68 + 0.68}$$

$$H_B = 1222 \text{ mm.}$$

Con estos requerimientos y en base al gráfico de eslora inundable obtenido de la ejecución del programa SHCP, llegamos a una compartimentación de compromiso como se muestra en el cuadro II y la figura # 23.

CUADRO # II

COMPARTIMENTAJE PRELIMINAR		
MAMPAROS TRANSVERSALES ESTANCOS	MAMPARO # 1	DISTANCIA A P _F (m)
DE COLISION	1	1.22
A PROA DE SALA DE MAQ.	2	3.42
A PROA DE BODEGA	3	8.74
A POPA DE BODEGA	4	17.77
DE PEAK DE POPA	5	20.26



E 11125

Fig. # 23.- Compartimentación estanca preliminar del casco del barco camarero.

CUADRO III

UBICACION DE CUADERNAS Y MAMPAROS TRANSVERSALES	
CUADERNA #	DISTANCIA A P _F (m)
1	0.40 a proa
2	0.00
3	0.40 a popa
4	0.80 " "
5	1.20 " " (mamparo # 1)
6	1.70 " "
7	2.20 " "
8	2.70 " "
9	3.20 " "
10	3.70 " " (mamparo # 2)
11	4.22 " "
12	4.74 " "
13	5.26 " "
14	5.78 " "
15	6.30 " "
16	6.82 " "
17	7.34 " "
18	7.86 " "
19	8.38 " "
20	8.90 " " (mamparo # 3)
21	9.42 " "
22	9.94 " "
23	10.46 " "
24	10.98 " "
25	11.50 " "
26	12.02 " "
27	12.54 " "
28	13.06 " "
29	13.58 " "
30	14.10 " "
31	14.62 " "
32	15.14 " "
33	15.66 " "
34	16.18 " "
35	16.70 " "
36	17.22 " "
37	17.74 " " (mamparo # 4)
38	18.24 " "
39	18.74 " "
40	19.24 " "
41	19.74 " "
42	20.24 " " (mamparo # 5)
43	20.64 " "
44	21.04 " "
45	21.44 " "
46	21.84 " "
47	22.24 " "
48	22.64 " "
49	23.04 " "
50	23.44 " "

Teniendo como base este cuadro, determinaremos la ubicación de las cuadernas y luego reubicamos los mamparos en el cuadro III, de modo que coincidan con ellas, consultando como es lógico el gráfico de eslora inundable y considerando que el espaciamiento entre cuadernas debe ser menor en proa y popa que en el resto del barco por razones de mayor resistencia en estos sectores debido a los violentos esfuerzos que ellos sufren cuando la embarcación navega.

Comparando la posición de los mamparos en los cuadros II y III, notamos que estos se movieron relativamente poco de su posición inicial.

Una vez determinada la ubicación definitiva de los mamparos, podemos ya complementar las características de la embarcación calculando las capacidades, dimensiones y ubicación de los tanques de agua, combustible y aceite así como también de las tinajas de almacenamiento del camarón.

Capacidad de bodega:

El volúmen disponible entre mamparos estancos que limitan

el sector de bodega es aproximadamente 98 metros cúbicos, se calculó que pueden disponerse perfectamente 8 tinas de 6 metros cúbicos cada una (aprox. 2 m.x2 m.x1.7 m.), quedando espacio suficiente a los costados para tuberías del sistema de refrigeración de la carga y en el fondo (debajo de las tinas), para disponer 2 tanques de combustible (uno a cada banda). Un pasillo a lo largo de la línea de crujía de la embarcación de por lo menos 1 m. de ancho, con estiba removible permitirá chequear la línea de ejes si es preciso. En este punto, es necesario acotar lo siguiente: siendo actualmente la captura promedio de camarón de unas 3.000 libras cada 22 días, esto es, aproximadamente 1.5 ton. (asumiendo que se dispone de artes y aparejos de pesca modernos y eficientes), nos damos cuenta haciendo un cálculo rápido que podrían sobrnos tinas; estas se justifican si consideramos que pueden ser llenadas con pesca blanca cuando esto ocurra, que es lo que comúnmente se hace para que la operación de la embarcación sea rentable.

Capacidad de combustible:

El consumo de combustible para un motor Detroit diesel 12V71N es 63.73 Kg/hora. Para 22 días de autonomía será:

$$22 \times 24 \times 63.73 = 33649.44 \text{ Kg. de diesel}$$

$$33649.44 \text{ Kg} \times \frac{1 \text{ m}^3}{827 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ Gal}}{3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3} =$$

$$\text{Cap. de combustible} = 10568 \text{ Gal.}$$

A este valor le sumamos un 25% por razones de mayor consumo de combustible al realizar la operación de arrastre y por eventualidades, por tanto:

$$\text{Cap. total de combustible} = 50 \text{ m}^3 = 13210 \text{ Gal.}$$

Este volumen puede distribuirse colocando tanques bajo las tinas, 15 metros cúbicos a cada banda, y en la zona de popa, entre el espejo y el último mamparo estanco, un tanque a cada banda de 10 metros cúbicos cada uno.

Capacidad de agua dulce:

$$7 \text{ hombres} \times 45 \text{ lt./día} \times 22 \text{ días} = 6930 \text{ lt.} = 1831 \text{ Gal.}$$

Son aproximadamente 7 metros cúbicos de agua que se pueden disponer en un tanque de 2 m.x3 m.x2.4 m. en el espacio a popa del mamparo de peak de proa, quedando

dicho peak para pañol de cadenas.

Capacidad de aceite del motor:

Considerando las dimensiones del cárter del motor y el consumo aproximado de éste obtenido del catálogo del fabricante:

$$0.3 \times 1.524 \times 1.168 \times 1.448 = 0.77 \text{ m}^3$$

Que por imprevistos puede aproximarse a 1 metro cúbico y puede ser dispuesto en un tanque para el efecto en la sala de máquinas.

Viveres:

Siendo el consumo diario de 3 Kg. por cada tripulante, tendremos:

$$3 \times 7 \times 22 = 462 \text{ Kg.} = 0.46 \text{ tons.}$$

Línea de ejes y propulsor:

12.5 metros de eje de 110 milímetros de diámetro de acero

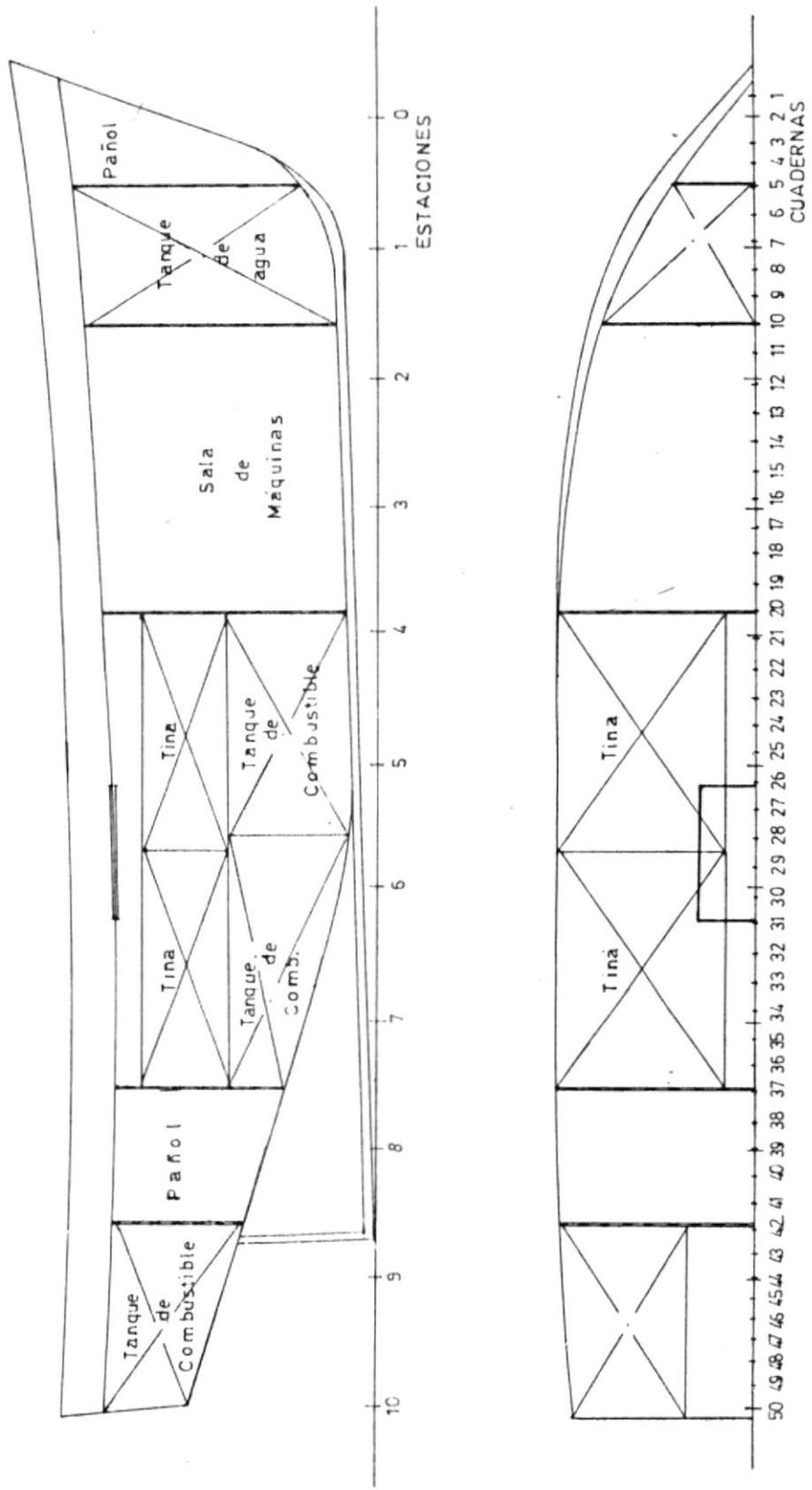


Fig. # 24.- Plano de distribución de la embarcación.



inoxidable pesa aproximadamente : 0.875 tons.

Propulsor (D aprox. 1.80 m): 0.550 tons

1.425 tons

Con estos datos elaboramos la figura # 24, en el que se muestra la distribución de la embarcación y podemos ya proceder a su escantillonado, pero antes haremos una breve explicación sobre las fuerzas a que estará sometida al navegar para un mejor enfoque de las características estructurales que vamos a darle.

4.2 FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL BARCO PESQUERO CAMARONERO.

Tradicionalmente, los cálculos de resistencia para buques grandes estaban basados en una consideración estática del buque como una viga balanceada sobre una ola estandar de igual longitud a la eslora del buque, determinando las tensiones de flexión resultantes y las fuerzas de corte en quebranto y arrufo.

En los últimos años se ha considerado un enfoque dinámico, habiéndose desarrollado teorías que predicen

las cargas de olas esperadas en un buque para una condición de mar dada. Estas, toman en cuenta datos tomados del mar, como longitud y altura de ola, junto con las pruebas sobre modelo de la respuesta del buque a dichas olas, y proporcionan un medio para calcular las cargas supuestas que resultan del buque al moverse entre las olas. Tales teorías han mostrado comparaciones satisfactorias con las cargas medidas en los buques y son consideradas confiables, en particular, para buques de más de 100 metros de eslora. En el caso de esloras menores, existe inexactitud especialmente por la falta de datos sobre la menor longitud de ola.

El uso del cálculo estático del momento flector de ola estandar, es aún válido para los buques pesqueros de más de 20 metros de eslora, y podría examinarse como una precaución cuando no se dispone de requisitos de escantillonado, digamos hasta 15 metros de eslora, pues los barcos más chicos, debido a su forma y requisitos de resistencia local, son más fuertes en relación a los buques más grandes. Un barco pesquero chico típico, con escantillonado tradicional, al ser sometido a un cálculo estático de momento flector de ola, presentaría factores de seguridad muy altos.

Las fuerzas que actúan sobre un barco pesquero camaronero, son básicamente las mismas que actúan sobre un pesquero cualquiera, ellas son:

a) Fuerzas estáticas, es decir, aquellas fuerzas constantes debidas a la disposición de la estructura del barco, al aislamiento y al equipo o a las cargas transportadas por él.

b) Fuerzas dinámicas, es decir, aquellas fuerzas periódicas o fluctuantes provocadas por la acción de las olas o debido al viento, al impacto de otras cargas externas o las fuerzas fluctuantes de la maquinaria.

Para una mejor comprensión del origen de estas fuerzas hemos incluido el cuadro IV.

Las fuerzas dinámicas enumeradas en este cuadro son de enorme importancia en el diseño de barcos pesqueros, requiriéndose un cuidado muy especial en el detalle de diseño estructural local para adaptarlas, [19], pues de la experiencia se sabe que no es recomendable derivar los escantillones de barcos pesqueros chicos a partir de una consideración de flexión longitudinal únicamente.

CUADRO IV

FUERZAS ACTUANTES SOBRE EL BARCO CAMARONERO	
ESTATICAS (Constantes)	DINAMICAS (Fluctuantes)
Estructurales: Distribución de peso.	Golpeteo, resiliencia, vibración: debido al movimiento del barco en olas, por cabeceo, balanceo, etc.
Flotación: Distribución de presiones.	Impacto: en el casco, cubierta, etc., provocado por las olas, la descarga y la tirada de los aparejos de pesca, la descarga del camarón, contacto con otros barcos y muelles, etc.
Peso en viaje: Distribución de agua, aceite, combustible, camarón, pañoles, etc.	Abrasivas: provocadas por el manejo de aparejos, anclas, etc.
Cargas locales: Maquinaria, equipo de cubierta, etc.	Vibratorias: provocadas por la maquinaria principal y auxiliar.

4.3 CALCULO DE LA SECCION MEDIA DEL BARCO CAMARONERO.

Como introducción al cálculo de la sección media de nuestra embarcación, preliminarmente posicionaremos los

longitudinales de cubierta, fondo y costados, para lo cual sabemos que la separación estándar entre refuerzos, s_r , es de 0.60 metros, como fue determinada al inicio del presente capítulo, distribuidos a lo largo de la manga y puntal de la embarcación, obteniendo los siguientes cuadros:

CUADRO V

DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS LONGITUDINALES DE CUBIERTA	
ELEMENTO	DISTANCIA A L_c (m)
Estora central	0.00
" 1 _a	0.17
" 2 _a	1.17
" 3 _a	1.67
" 4 _a	2.17
" 5 _a	2.77
" 6 _a	3.20
Estora lateral	3.37

CUADRO VI

UBICACION DE ELEMENTOS LONGITUDINALES DE FONDO	
ELEMENTO	DISTANCIA A L_c (m)
Vagra central	0.00
Longitudinal L_1	0.55
" L_2	1.10
" L_3	1.65
" L_4	2.20
" L_5	2.75

CUADRO VII

UBICACION DE ELEMENTOS LONGITUDINALES DE COSTADO	
ELEMENTO	DISTANCIA A L. B. (m)
Longitudinal L_6	2.50
" L_7	3.10
" L_8	3.67
" L_9	4.28
Cubierta	4.78

Nótese en el cuadro V, que el espaciamiento se redujo desde la eslora l_s hasta el costado para aumentar la resistencia en la zona del trancañil.

Como es de suponer, esta ubicación será simétrica para la otra banda y los longitudinales seguirán la curvatura del casco, por tanto, estas posiciones sólo son referenciales a lo largo de la embarcación.

Los refuerzos de los mamparos transversales serán verticales extendiéndose desde la cubierta al fondo para mantener la continuidad de la estructura y contribuir para una mejor distribución de los esfuerzos, siendo correspondientes con los elementos longitudinales de cubierta y fondo.

Para mejor comprensión de los cuadros anteriores, sírvase revisar la figura # 25.

De forma similar haremos la distribución de las tracas del casco, considerando la disponibilidad de ancho de planchas comerciales (cuadro VIII), y necesidades estructurales tales como: que las uniones soldadas entre tracas no coincidan con la posición de los refuerzos.

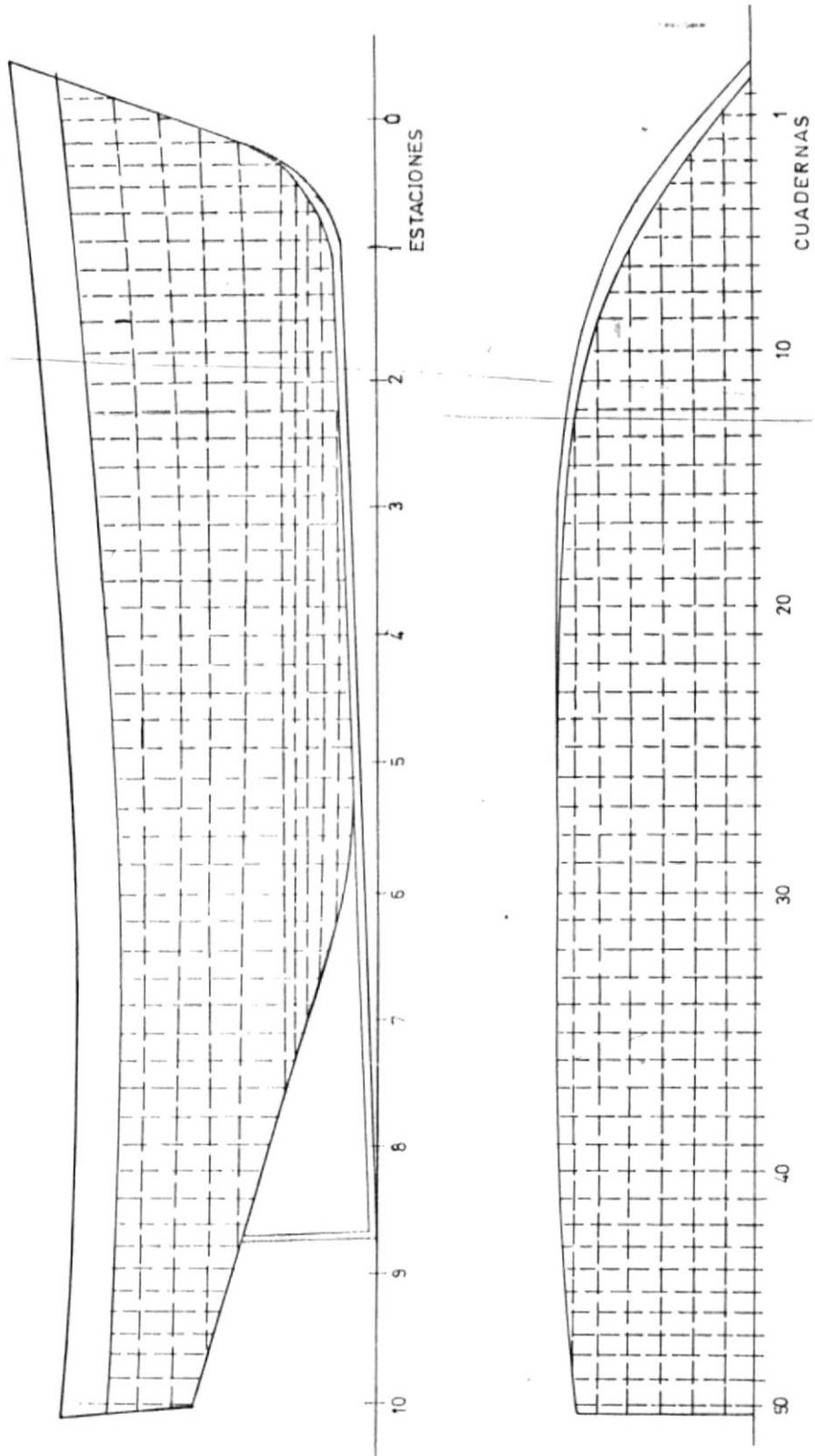


Fig. # 25.- Ubicación preliminar de refuerzos del casco. 1:125

CUADRO VIII

ANCHOS COMERCIALES DE PLANCHAS	
pies	metros
4	1.20
5	1.50
8	2.50

CUADRO IX

POSICIONAMIENTO DE TRACAS			
	TRACA:	ANCHO (m)	DISTANCIA A L _c (m)
FONDO:	A (APARADURA)	1.00	0.92
	B	2.50	3.24
			DISTANCIA A L. B. (m)
COSTADO:	C	1.50	3.40
	D (CINTA)	1.40	4.78
			DISTANCIA A L _c (m)
CUBIERTA:	A (CENTRAL)	2.50	1.25
	B	1.20	2.45
	C (TRANCANIL)	1.14	3.57

Todas estas distancias corresponden a las fibras más alejadas de la braca en cuestión; las del fondo y cubierta con respecto a la línea de crujía (L.C.), y las del costado con respecto a la línea base (L.B.). Ver figura # 26.

Ahora bien, a continuación calcularemos los escantillones según las reglas de la DNV de los elementos estructurales, espesor y ancho de planchaje del casco de la embarcación, módulo seccional de cada uno o inmediatamente calcularemos el módulo seccional de la sección media del barco, que, como sabemos es el parámetro estimativo de su resistencia estructural.

Para comenzar hallaremos como valor referencial, el espesor mínimo de planchaje de fondo y costados del casco hasta una altura de 2 metros sobre la línea de carga, dado en la Pt. 5 Cap. 6 Sect. 1, regla B 10²:

$$\begin{aligned}
 t &= 6 + 0.05 L && \text{(mm)} && (1) \\
 &= 6 + 0.06(73.5) \\
 &= 7.41 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

†, según las reglas, no debe ser tomado mayor que 10 mm.

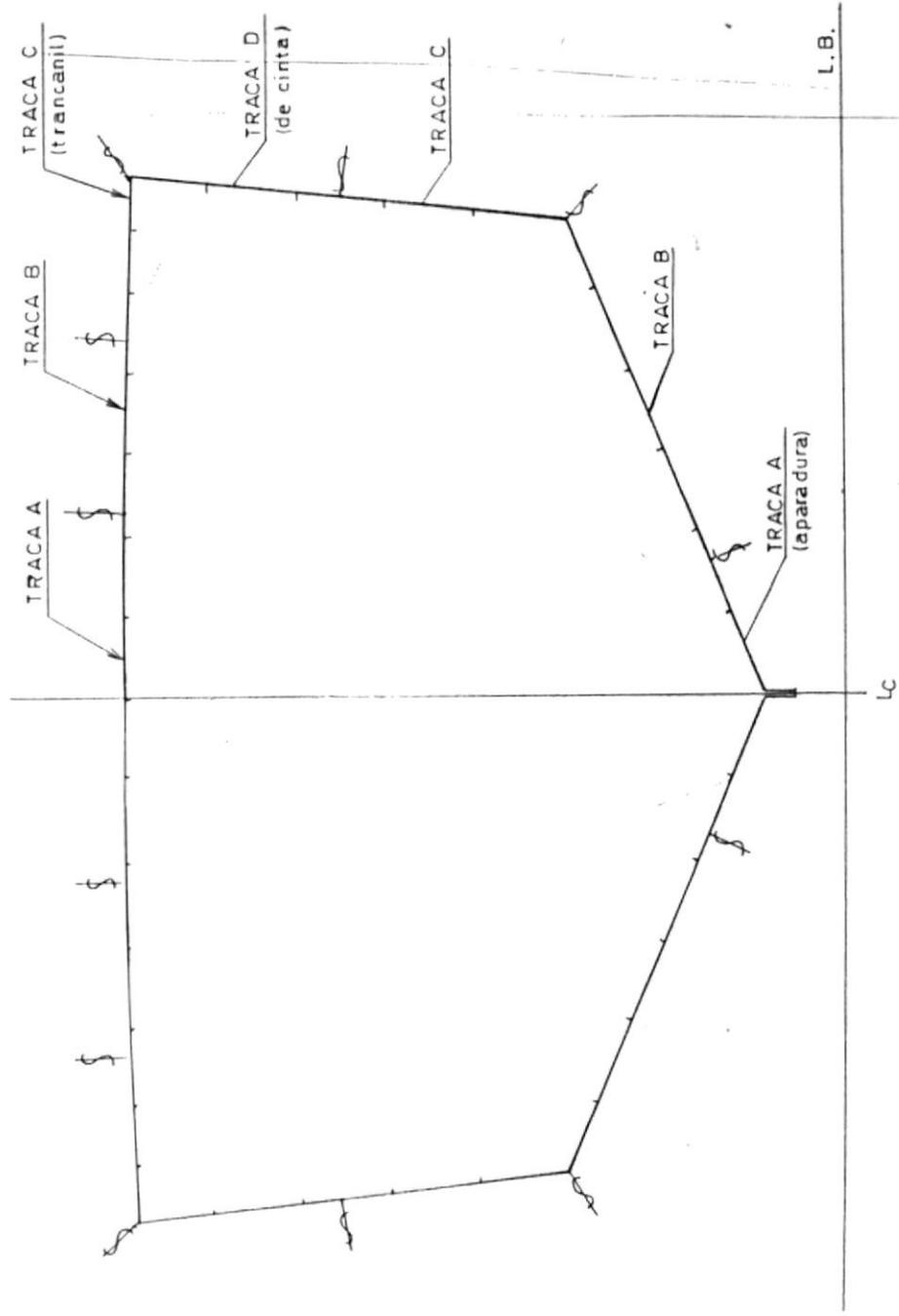


Fig. # 26.- Ubicación preliminar de refuerzos y tracas en la sección maestra.

ESTRUCTURA DE FONDO (Pt.3 Cap. 2 Secc. 5):

(A partir de aquí, todos los literales se referirán a la parte 3, capítulo 2, sección 5, a menos que otra cosa se indique.)

C 101.- La traca de aparadura (traca A), deberá extenderse a lo largo de toda la eslora del barco. Su ancho mínimo será:

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5 L \quad (\text{mm}) & (2) \\ &= 800 + 5 (23.5) \\ &= 917.5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Comprobando de esta forma que nuestra estimación inicial del ancho de la traca de aparadura de 1 metro, está cumpliendo con las reglas.

C 102.- El espesor mínimo de dicha traca será:

$$t = 7.0 + 0.05 L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

donde:

$$t_k = 0.5 \text{ mm.}$$

entonces:

$$\begin{aligned} t &= 7.0 + 0.05 (23.5) + 0.5 \\ &= 8.67 \text{ mm} \end{aligned}$$

Este espesor no debe ser menor que el de la traca adyacente.

Comparando con los requerimientos mínimos para el espesor de planchaje en barcos pesqueros, valor dado en (1), concluimos que un espesor de 10.0 mm para la traca de aparadura (traca A), está de acuerdo a lo estipulado en las reglas.

C 201.- El espesor requerido para la traca adyacente a la de aparadura, es decir la traca B de fondo, será:

$$t = \frac{15.8 s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

$$s = 0.60 \text{ m.}$$

$$p = 32.82 \text{ KN/m}^2, \text{ de tabla B1 de la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 5.}$$

(El punto de carga se obtuvo de la figura # 27).

$$\sigma = 60 \text{ N/mm}^2. \text{ Asumiendo } Z_B = Z_R \text{ (tabla C1).}$$

$$t_k = 0.5 \text{ mm.}$$

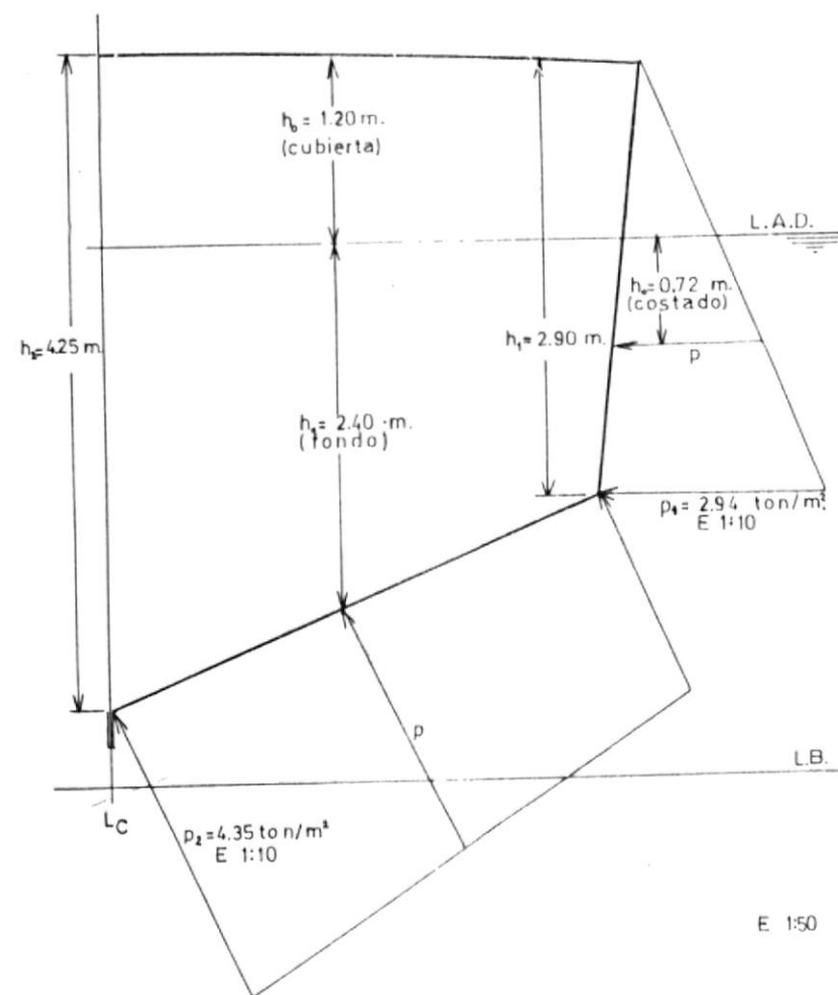


Fig. # 27.- Ubicación del punto de carga en costados y fondo de la embarcación.

TABLA C1

	Esfuerzo permisible σ
Estructura transversal	$60 \frac{Z_B}{Z_B}$, máx. 120 en 0.4 L 160 en 0.1 L desde las perpendiculares
Estructura longitudinal	120 en 0.4 L 160 en 0.1 L desde las perpendiculares

Entonces:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{15.8 (0.60) \sqrt{32.82}}{\sqrt{60}} + 0.5 \\
 &= 7.51 \text{ mm.} \\
 &\approx 8.0 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

C 202.- Con esta fórmula comprobaremos si el espesor de las tracas de fondo cumplen con los requerimientos mínimos para barcos de eslora menor a 100 metros:

$$\begin{aligned}
 t &= 5.0 + 0.04 L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (5) \\
 &= 5.0 + 0.04(23.5) + 0.5 \\
 &= 6.44 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

De aquí se deduce que debemos incrementar el espesor del planchaje de la traca B hasta los 8 mm. Y este espesor también cumple con los requerimientos mínimos para el caso de barcos pesqueros, como se da en (1).

C 204.- El espesor del planchaje de fondo debe también cumplir con los requisitos de resistencia al pandeo dados en la Secc. 13, comprobación que realizaremos más adelante.

C 401.- El espesor requerido para el elemento estructural formando la parte del fondo, a continuación de las bulárcamas (y el contorno de tanques de fondo), será:

$$t = \frac{15.8 s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (6)$$

$$s = 2.60 \text{ m.}$$

$$p = 18.08 \text{ KN/m}^2 \text{ (tabla B1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 5).}$$

$$t_k = 0.5 \text{ mm.}$$

$$\sigma = 130 \text{ en } 0.4 L \text{ para vigas longitudinales}$$

$$= 160 \text{ en } 0.1 L \text{ desde las perpendiculares}$$

$$= 160 \text{ para varengas.}$$

Entre los valores especificados σ varía linealmente.



$$t = \frac{15.8(2.60)\sqrt{18.08}}{\sqrt{160}} + 0.5$$

$$= 14.0 \text{ mm.}$$

C 402.- El espesor mínimo de vigas longitudinales, varengas y escuadras será:

$$t = 6 + k L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (7)$$

$k = 0.04$ para viga de crujía

$= 0.02$ para otras vigas.

$$t = 6 + (0.02)(23.5) + 0.5$$

$$= 6.97 \text{ mm.}$$

En base a esto, deberemos incrementar el espesor requerido de las varengas hasta $t = 8.0 \text{ mm.}$ para cumplir con las reglas.

C 501.- El módulo seccional requerido para las varengas será:

$$Z = 0.63 l^2 s p w_k \quad (\text{cm}^3) \quad (8)$$

$l = 3.50 \text{ m.}$ (asumido preliminarmente hasta calcular la

longitud de las escuadras de unión).

$$s = 0.52 \text{ m.}$$

$$p = 32.82 \text{ KN/m}^2 \text{ (tabla B1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 5).}$$

$$w_k = 1.05.$$

Entonces:

$$\begin{aligned} Z &= 0.63 (3.50)^2 (0.52)(32.82)(1.05) \\ &= 138 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

Usando este mismo criterio podemos encontrar el módulo seccional aproximado al requerido para la varenga a continuación de las bulárcamas. Así:

$$Z = 0.63 S^2 b p w_k \quad (\text{cm}^3) \quad (9)$$

$$S = 3.50 \text{ m.}$$

$$b = 2.60 \text{ m. (asumiendo bulárcamas cada cinco cuadernas como establece D 102 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6).}$$

$$p = 32.82 \text{ KN/m}^2 \text{ (como en C 201).}$$

$$w_k = 1.05.$$

$$\begin{aligned} Z &= 0.63 (3.50)^2 (2.60)(32.82)(1.05) \\ &= 690 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

C 503.- El espesor mínimo del alma y ala de la varenga será:

$$\begin{aligned} t &= 5.0 + 0.02 L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (10) \\ &= 5.0 + (0.02)(23.5) + 0.5 \\ &= 5.97 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Podemos entonces considerar como el espesor requerido del alma y ala de las varengas $t = 8.0$ mm. puesto que 6.0 mm. estaría muy cercano al valor mínimo encontrado.

C 601.- El módulo seccional requerido para los longitudinales de fondo será:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \quad (11)$$

$l = 2.60$ m. (asumiendo los extremos del longitudinal empotrados a las bulárcamas situadas cada quinta cuaderna según D 102 en Pt. 3 Cap. 2 Secc.6).

$s = 0.60$ m.

$p = 32.82$ KN/m² (como en C 201).

$w_k = 1.05$ (como en C 501).

$\sigma = 95$ en $0.4L$ cuando $Z_B = Z_R$

$= 160$ en $0.4L$ cuando $Z_B \geq 2Z_R$

= 160 en 0.1L desde las perpendiculares;
entre las regiones especificadas, el valor de σ cambia linealmente. Nosotros asumiremos preliminarmente $Z_B = Z_R$, hasta tener un valor de Z_R de referencia, entonces:

$$Z = \frac{83 (2.60)^2 (0.60)(32.82)(1.05)}{95}$$

$$= 122 \text{ mm.}$$

C 602.- El mínimo espesor del alma y ala será:

$$t = 5.0 + 0.02L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (12)$$

$$= 5.0 + 0.02(23.5) + 0.5$$

$$= 5.97 \text{ mm.}$$

De lo cual se deduce que podemos considerar $T = 8.0 \text{ mm.}$ como el espesor requerido puesto que 6.0 mm. estaría muy próximo al valor mínimo.

C 202.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de escuadra de unión entre longitudinales de fondo y varengas, incluyendo el alto del elemento considerado, será:

$$a = C \sqrt{(Z/t)} \quad (\text{mm}) \quad (13)$$

$C = 70$ para escuadras con reborde

$= 75$ " " sin " .

$Z =$ módulo seccional de la regla en cm^3 del refuerzo.

$t =$ espesor de la escuadra en mm. (no debe ser menor que el espesor del refuerzo).

$$a = 75 \sqrt{(12278.0)}$$

$$= 293 \text{ mm.}$$

Escogemos 250 mm como la longitud del lado de la escuadra, (descontando aproximadamente el alto del refuerzo).

G 101.- Los escantillones mínimos de la quilla de barra serán:

$$\text{Alto: } 100 + 1.5L \quad (14)$$

$$100 + 1.5(23.5) = 135.25 \text{ mm.}$$

$$\text{Espesor: } 10 + 0.6L \quad (15)$$

$$10 + 0.6(23.5) = 24.1 \text{ mm.}$$

Consultando el plano de formas y el bosquejo preliminar de la cuaderna maestra, establecemos que la quilla deberá tener las siguientes dimensiones en la sección maestra:



Alto: 400 mm

Espesor: 25 mm

G 300.- En lo que respecta al reforzamiento contra el "slamming" (golpeteo) en la parte plana del fondo, a proa, según la regla no debemos ponerlo pues la presión de "slamming" debe ser tomada a $0.2L = 0.2(23.5) = 4.7$ m. a proa de la perpendicular de proa, y nuestro punto más alejado a proa de P_F está mucho antes de este valor, y con la regla G 302 confirmamos esto, pues dice que si la elevación de la varenga es mayor que 15° , el reforzamiento contra el "slamming" puede omitirse.

ESTRUCTURA DE COSTADOS (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6):

C 101.- El espesor requerido para el planchaje de los costados correspondiente a la presión lateral viene dado por:

$$t = \frac{15.8 s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (16)$$

$s = 0.60$ m.

$p = 18.28$ KN/m² (tabla B1 en la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6).

$t_k = 0.5$ mm.

$\sigma = 120$ en $0.4L$ en el eje neutro
 $= 60 Z_B/Z_R$, máx. 120 en $0.4L$
 $= 160$ en $0.1L$ desde las perpendiculares.

Escogemos $\sigma = 60 \text{ KN/m}^2$, asumiendo preliminarmente
 $Z_B = Z_R$, entonces:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{15.8(0.60) \sqrt{18.28}}{\sqrt{60}} + 0.5 \\
 &= 5.73 \text{ mm} \\
 &\approx 6.0 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

C 102.- El espesor mínimo del planchaje del costado será:

$$t = 5.0 + k L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (17)$$

$k = 0.04$ hasta 4.6 m sobre la línea de carga de verano
 $= 0.06$ para el planchaje conectado al codaste.

$$\begin{aligned}
 t &= 5.0 + (0.04)(23.5) + 0.5 \\
 &= 6.44 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Entonces estamos cumpliendo con un espesor de 8.0 mm los
 requerimientos mínimos para barcos de eslora menor a 100
 metros de eslora y con los requerimientos mínimos para

barcos pesqueros, valor dado en (1).

C 201.- El ancho mínimo de la traca de cinta (traca D de costado), será:

$$\begin{aligned} t &= 800 + 5L \quad (\text{mm}) & (18) \\ &= 800 + 5(23.5) \\ &= 917.5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Siendo el ancho escogido preliminarmente de la traca de cinta de 1400 mm., comprobamos que estamos dentro de lo que estipulan las reglas.

C 202.- El espesor mínimo de la traca de cinta será:

$$t = \frac{t_1 + t_e}{2} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (19)$$

t_1 = espesor de planchaje de costado requerido en mm.

$$= 8.0 \text{ mm.}$$

t_e = espesor requerido de planchaje de cubierta resistente en mm.

$$= 4.0 \text{ mm.}$$

$$t_k = 0.5 \text{ mm.}$$

$$t = \frac{8.0 + 4.0}{2} + 0.5$$

$$= 6.5 \text{ mm.}$$

Entonces con un espesor de 8.0 mm para la traca de cinta estaremos cumpliendo los requerimientos mínimos para barcos de pesca.

C 301.- El módulo seccional requerido para longitudinales de costado será:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \quad (20)$$

$l = 2.60 \text{ m.}$ (asumiendo lo mismo que para los longitudinales de fondo).

$s = 0.60 \text{ m.}$

$p = 18.28 \text{ KN/m}^2$ (tabla B1 en Pte. 3 Cap. 2 Secc. 6).

$w_k = 1.05.$

$\sigma = 95$ en cubierta o fondo en $0.4L$ cuando $Z_A = Z_R$
 $= 160$ en " " " " $0.4L$ cuando $Z_A \geq 2Z_R$
 $= 160$ en $0.25D$ sobre o bajo el eje neutro
 $= 160$ en $0.1L$ desde las perpendiculares.

$$Z = \frac{83(2.60)^2 (0.60)(18.28)(1.05)}{160}$$

$$= 40.4 \text{ cm}^3.$$

$$\approx 41.0 \text{ cm}^3.$$

C 302.- El espesor mínimo del alma y ala será:

$$t = 5.0 + kL + t_k \quad (\text{mm}) \quad (21)$$

k = 0.01 en tanques de peak

= 0.02 en otros sectores.

$$t = 5.0 + k(23.5) + 0.5$$

$$= 5.73 \text{ mm.}$$

C 202.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de escuadras de unión entre longitudinales de costado y bulárcamas tomando en cuenta el alto del elemento considerado, será:

$$a = 75 \sqrt{(41/6.0)}$$

$$= 196 \text{ mm.}$$

Escogemos preliminarmente 180 mm.

C 401.- Las cuadernas principales son aquellas localizadas fuera de los tanques de peak, conectadas a varengas y se extienden a la parte más baja de la cubierta o trancañil en el costado del buque, y su módulo seccional viene dado por:

C 402.- El módulo seccional requerido de las cuadernas principales será el mayor valor entre:

$$Z = 0.5 l^2 s p w_k \quad (\text{cm}^3) \quad (22 \text{ a})$$

$$Z = 6.5 \sqrt{L} \quad (\text{cm}^3) \quad (22 \text{ b})$$

$$l = 2.90 \text{ m.}$$

$$s = 0.52 \text{ m.}$$

$$p = 18.28 \text{ KN/m}^2 \text{ (tabla B1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6)}$$

$$w_k = 1.05 \text{ (D 400 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 2)}$$

$$Z = 0.5(2.9)^2 (0.52)(18.28)(1.05) = 42.0 \text{ cm}^3$$

$$Z = 6.5 \sqrt{23.5} = 32.0 \text{ cm}^3$$

Escogemos el mayor valor: 42 cm³.

C 403.- El espesor mínimo del alma y ala de las cuadernas principales será el dado en 302, es decir: $t = 5.73 \text{ mm.}$

C 404.- Los requerimientos dados en C 402 están basados en la asunción que escuadras son colocadas a ambos extremos de la cuaderna. La longitud de las escuadras no deber ser menor que:

$0.12 l = 0.12(2.90) = 0.348 \text{ m}$ para la escuadra inferior.

$0.07 l = 0.07(2.90) = 0.203 \text{ m}$ para la escuadra superior.

C 202.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de escuadras de unión entre varengas y cuadernas principales, no tomando parte en la resistencia longitudinal, puede normalmente tomarse como en (13):

$$\begin{aligned} a &= C \sqrt{(Z/t)} \quad (\text{mm}) \\ &= 75 \sqrt{(138/8.0)} \\ &= 311.4 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tomando en cuenta que la longitud a considera (según se aprecia en C 101 Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3), el alto del alma de los elementos de unión, podemos perfectamente tomar como longitud del lado de las escuadras de unión de varengas y cuadernas principales, el valor de 350 mm, puesto que así estaremos cumpliendo a la vez las dos regulaciones aquí referidas.

D 101.- El espesor mínimo de la plancha de la bulárcama, refuerzos y escuadras será:

$$t = t_o + kL + t_k \quad (\text{mm}) \quad (25)$$

$t_o = 7.0$ para almas de tanques de peak y trancanil

= 5.0 en otros sectores.

$k = 0.02$ para vigas en tanques de peak y en áreas de

tanques de carga líquida

= 0.01 en otros sectores.

$$t = 5.0 + 0.02(23.5) + 0.5$$

$$= 5.97 \text{ mm.}$$

Escogemos como espesor para el alma y ala de las bulárcamas $t = 8.0$ mm., puesto que 6.0 mm. estaría muy cercano al valor mínimo.

D 102.- Deberán colocarse vigas en los costados del peak de popa y cuarto de máquinas, normalmente cada quinta cuaderna.

Entonces, tendremos bulárcamas (cuadernas reforzadas) a partir de la cuaderna número cuarenta y cinco del peak de

popa, cada cinco cuadernas hasta la cuaderna número diez, que coincide con el mamparo de proa de sala de máquinas.

D 201.- El módulo seccional requerido para las bulárcamas será:

$$Z = \frac{100 S^2 b p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \quad (26)$$

$$S = 2.90 \text{ m.}$$

$$b = 2.60 \text{ m.}$$

$$p = 18.28 \text{ KN/m}^2 \text{ (tabla B1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6).}$$

$$\sigma = \text{como se da en C 300 para vigas longitudinales continuas}$$

$$= 160 f_1 \text{ para otras vigas.}$$

$$w_k = 1.05$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{100 (2.90)^2 (2.60) (18.28) (1.05)}{160} \\ &= 262 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

C 300.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de escuadra de unión entre varengas reforzadas y bulárcamas (incluyendo el alto del elemento considerado) será:

$$a = 63 \sqrt{(Z/t)}$$



Z = módulo seccional de la regla en cm^3 de la viga.

t = espesor de la escuadra en mm. (no debe ser menor que el espesor de la viga).

$$\begin{aligned} a &= 63 \sqrt{(690/14.0)} \\ &= 442 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Descontando el alto aproximado de la varenga, la longitud del lado de la escuadra será unos 360 mm.

ESTRUCTURA DE CUBIERTA (Pt.3 Cap. 2 Secc. 7):

C 101.- El ancho mínimo de la plancha de la traca del trancañil (traca C de cubierta), será:

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5L \quad (\text{mm}) \quad (28) \\ &= 800 + 5(23.5) \\ &= 917.5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Entonces el ancho preliminar asumido de 1140 mm. está dentro de lo requerido por las reglas.

C 102.- El espesor requerido correspondiente a presión

lateral será:

$$t = \frac{15.8 s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (29)$$

$s = 0.55 \text{ m.}$

$p = 2.37 \text{ KN/m}^2$ (tabla B1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 7).

Mínimo 15 KN/m^2 a proa de $0.15L$ desde F.P. ó a proa del frente de la caseta y 5 KN/m^2 en otros sectores. Escogemos 10 KN/m^2 preliminarmente para la zona de la sección maestra.

$\sigma = 60 \text{ N/mm}^2$ asumiendo $Z_D = Z_R$ (tabla C1 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 7).

$t_k =$ no hay adición por corrosión según la tabla D1.

$$\begin{aligned} t &= \frac{15.8(0.55) \sqrt{10.0}}{\sqrt{60.0}} \\ &= 3.55 \text{ mm.} \\ &\approx 4.0 \text{ mm.} \end{aligned}$$

C 103.- El espesor mínimo del planchaje de cubierta resistente será:

$$t = t_o + kL + t_k \quad (\text{mm}) \quad (30)$$

$t_o = 5.5$ para cubiertas a la interperie y cubiertas de

carga.

$k = 0.02$ para barcos con cubierta continua simple.

$t_k =$ no hay adición por corrosión según tabla D1.

$$\begin{aligned} t &= 5.5 + (0.02)(23.5) \\ &= 3.87 \text{ mm.} \end{aligned}$$

De acuerdo a este requerimiento mínimo determinamos que el espesor de planchaje de cubierta resistente será 5.0 mm., para que dicho espesor no esté muy próximo al valor mínimo; excepto en el sector del trancañil que el espesor se incrementará a 6.0 mm. con la finalidad de darle mayor resistencia a esta zona.

C 105.- El espesor de la cubierta resistente deberá cumplir con los requerimientos de pandeo como se da en la Secc. 13.

C 301.- El módulo seccional requerido para longitudinales de cubierta viene dado por:

$$Z = \frac{83 l^2 s p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3), \text{ mín. } 15 \text{ cm}^3 \quad (31)$$

$l = 2.60 \text{ m.}$

$$s = 0.55 \text{ m.}$$

$$p = 10 \text{ KN/m}^2 \text{ (ver C 102)}$$

$$w_k = 1 \text{ (pues no hay adición por corrosión)}$$

$$\sigma = 95 \text{ en } 0.4 \text{ L cuando } Z_D = Z_R$$

$$= 160 \text{ en } 0.4 \text{ L cuando } Z_D \geq 2 Z_R$$

$$= 160 \text{ en } 0.1 \text{ L desde las perpendiculares;}$$

entre las regiones especificadas, el valor de σ varía linealmente. Nosotros asumiremos $Z_D = Z_R$ preliminarmente.

$$\begin{aligned} Z &= \frac{83 (2.60)^2 (0.55)(10.0)}{95} \\ &= 32.5 \text{ cm}^3 \\ &\approx 33.0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

C 302.- El espesor mínimo del alma y ala será:

$$t = 5.0 + kL + t_k \quad (32)$$

$$k = 0.02 \text{ en tanques de peak}$$

$$= 0.01 \text{ 2n cualquier otro lugar.}$$

t_k = no hay adición por corrosión según tabla D1 (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 2).

$$\begin{aligned} t &= 5.0 + (0.01)(23.5) + 0.5 \\ &= 5.24 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Entonces, un espesor de 6.0 mm. para el alma y ala de los longitudinales de cubierta es aceptable.

D 201.- El módulo seccional requerido para la eslor central de cubierta será:

$$Z = \frac{100 S^2 b p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \quad (33)$$

$$S = 2.60 \text{ m.}$$

$$b = 3.57 \text{ m.}$$

$$p = 10 \text{ KN/m}^2.$$

$$w_k = 1$$

σ = para vigas longitudinales:

- 95 en 0.4 L cuando $Z_D = Z_R$

- 160 en 0.4 L cuando $Z_D \geq Z_R$

- 160 en 0.1 L desde las perpendiculares

= 160 para otras vigas

$$Z = \frac{100 (2.60)(3.57)(10)}{95}$$

$$= 254 \text{ cm}^3.$$

C 202.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de

escuadras de unión entre longitudinales de cubierta y los baos reforzados será como en (13):

$$a = \sqrt{(33/6.0)}$$

$$= 176 \text{ mm.}$$

Escogemos preliminarmente 150 mm.

C 401.- El módulo seccional requerido para baos será:

$$Z = 0.63 l^2 s p w_k \quad (\text{cm}^3), \text{ mínimo } 15 \text{ cm}^3. \quad (34)$$

$$l = 3.57 \text{ m.}$$

$$s = 0.52 \text{ m.}$$

$$p = 10.0 \text{ KN/m}^2 \text{ (ver C 102)}$$

$$w_k = 1$$

$$Z = 0.63 (3.57)^2 (0.52)(10.0)$$

$$= 42 \text{ cm}^3.$$

C 402.- El espesor mínimo del alma y ala es el dado en C 302, es decir: $t = 5.24 \text{ mm.}$

En vista de esto, consideramos que un espesor de 6.0 mm. para el alma y ala de los baos es aceptable.

C 403.- Los escantillones de las escuadras de unión en los extremos de los baos son indicadas en C 202 (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3).

C 202.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de escuadras no tomando parte en la resistencia longitudinal puede ser tomada como en (13):

$$a = 75 \sqrt{(42/6.0)} \quad (\text{mm})$$

$$= 198.4 \text{ mm.}$$

La regla C 404 de la sección anterior nos indica que podemos escoger escuadras de 210 mm de longitud, esta debe ser como mínimo la altura del alma del refuerzo y no llevará reborde pues no excede el valor de $40 t = 240 \text{ mm.}$

D 201.- El módulo seccional requerido para los elementos transversales de cubierta (baos reforzados) que se unen a las bulárcamas será:

$$Z = \frac{100 S^2 b p w_k}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \quad (35)$$

$$S = 3.57 \text{ m.}$$

$$b = 2.60 \text{ m.}$$

$$p = 10.0 \text{ KN/m}^2.$$

$$w_k = 1$$

σ = esfuerzo permisible como se da en C 301 para longitudinales.

$$= 160 \text{ N/mm}^2 \text{ para otras vigas.}$$

$$= 160 \text{ N/mm}^2 \text{ en este caso.}$$

$$Z = \frac{100 (3.57)^2 (2.60)(10.0)}{160}$$

$$= 207 \text{ cm}^3.$$

D 101.- El espesor mínimo del alma y ala de baos reforzados será:

$$t = t_o + kL + t_k \quad (\text{mm}) \quad (36)$$

$$t_o = 7.0 \text{ en tanques de peak}$$

$$= 5.0 \text{ en cualquier lugar.}$$

$k = 0.02$ para vigas de tanques de peak, en tanques de lastre y en áreas de tanques de carga líquida

$$= 0.01 \text{ para otras vigas.}$$

t_k = no hay adición por corrosión (tabla D1)

$$t = 5.0 + (0.01)(23.5)$$

$$= 5.735 \text{ mm.}$$

Escogemos $t = 8.0$ mm. para baos reforzados, puesto que 6.0 mm. estaría muy cercano al valor mínimo.

D 104.- El espesor de refuerzos de vigas y escuadras no debe ser menor que el dado en 101.

D 105.- Las conecciones en los extremos y reforzamiento de vigas es dado en la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3 C.

C 303.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). La longitud del brazo de la escuadra, uniendo baos a bulárcamas, incluyendo la profundidad de la viga puede ser tomada como en (27):

$$a = 63 \sqrt{262/8.0}$$

$$= 360.5 \text{ mm.}$$

Escogemos preliminarmente 300 cm. como la longitud del lado de la escuadra de unión de baos reforzados con bulárcamas.

Con los escantillones obtenidos y para refinar nuestros cálculos, corregiremos el valor del módulo seccional de los elementos estructurales considerando la disminución de su luz debido a las escuadras. Para ello de la regla C

101 en la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3, obtenemos el valor a restar de la longitud total del refuerzo o de la viga considerada. El cuadro X nos servirá de referencia para calcular dichos valores:

CUADRO X

ESCANTILLONADO DE LAS ESCUADRAS		
ELEMENTOS A SER UNIDOS	LADO (mm)	t (mm)
Varengas ref. con longit. de fondo	250	8
Bulárcamas con longit. de costado	180	6
Bao ref. con longit. de cubierta	150	6
Varengas ref. con bulárcamas	360	14
Bulárcamas con baos reforzados	300	8
Varengas con cuadernas principales	350	8
Cuadernas principales con baos	210	6

Recalcularemos entonces, los módulos seccionales para los distintos elementos estructurales:

De (8), para varengas:

$$Z = 0.63 (3.5 - 0.26)^2 (0.52)(32.82)(1.05)$$



$$= 118 \text{ cm}^3.$$

De (9), para varengas reforzadas:

$$\begin{aligned} Z &= 0.63 (3.5 - 0.27)^2 (2.60)(32.82)(1.05) \\ &= 589 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

De (11), para los longitudinales de fondo:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{83 (2.60 - 0.28)^2 (0.60)(32.82)(1.05)}{95} \\ &= 97 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

De (20), para los longitudinales de costado:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{83 (2.60 - 0.24)^2 (0.60)(18.28)(1.05)}{160} \\ &= 33 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

De (22 a) y (22 b), para las cuadernas principales (el mayor valor):

$$\begin{aligned} Z &= 0.5 (2.90 - 0.14 - 0.26)^2 (0.52)(18.28)(1.05) \\ &= 31.2 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

$$Z = 6.5 \sqrt{23.5}$$

$$= 32 \text{ cm}^3.$$

De (26), para las bulárcamas:

$$Z = \frac{100 (2.90 - 0.2 - 0.27)^2 (2.60)(18.28)(1.05)}{160}$$

$$= 184 \text{ cm}^3.$$

De (31), para los longitudinales de cubierta:

$$Z = \frac{83 (2.60 - 0.2)^2 (0.55)(10)}{95}$$

$$= 28 \text{ cm}^3.$$

De (33), para la vagra central de cubierta:

$$Z = \frac{100 (2.60 - 0.2)^2 (3.57)(10)}{95}$$

$$= 216 \text{ cm}^3.$$

De (34), para baos:

$$Z = 0.63 (3.57 - 0.28)^2 (0.52)(10)$$

$$= 36 \text{ cm}^3.$$

De (35), para baos reforzados:

$$Z = \frac{100 (3.57 - 0.4)^2 (2.60)(10)}{160}$$

$$= 160 \text{ cm}^3.$$

Con estos valores elaboramos los cuadros a seguir:

CUADRO XI

ANCHOS Y ESPESORES PRELIMINARES DE TRACAS DEL CASCO Y CUBIERTA			
	TRACA	t (mm)	Ancho (m)
FONDO:	A (APARADURA)	10	1.00
	B	8	2.50
COSTADOS:	C	8	1.50
	D (DE CINTA)	8	1.40
CUBIERTA:	A (CENTRAL)	5	2.50
	B	5	1.20
	C (TRANCANIL)	6	1.14



CUADRO # XII

MODULOS SECCIONALES Y ESPESORES PRELIMINARES			
ELEMENTO	Z (cm ³)	t (mm)	DIMENSIONES (mm)
Quilla			400x25
Varengas	118	8	L 135x75x8
Longit. de fondo	97	8	L 110x75x8
Varengas ref.	589	14	L 200x150x14
Cuadernas	32	6	L 75x50x6
Longit. de costado	33	6	L 65x65x6
Bulárcamas	184	8	L 150x100x8
Baos	36	6	L 70x65x6
Longit. de cubierta	28	6	L 60x50x6
Baos ref.	164	8	L 150x90x8
Vagra central	254	10	L 150x100x10

Basándonos en los dos cuadros anteriores, en la fig. # 28 y asumiendo que el eje neutro pasa por el punto de unión de la traca de cinta con la traca B, calcularemos del momento de inercia de la sección maestra y con ella el módulo seccional para luego compararlo con el requerido por las reglas de la DNV.

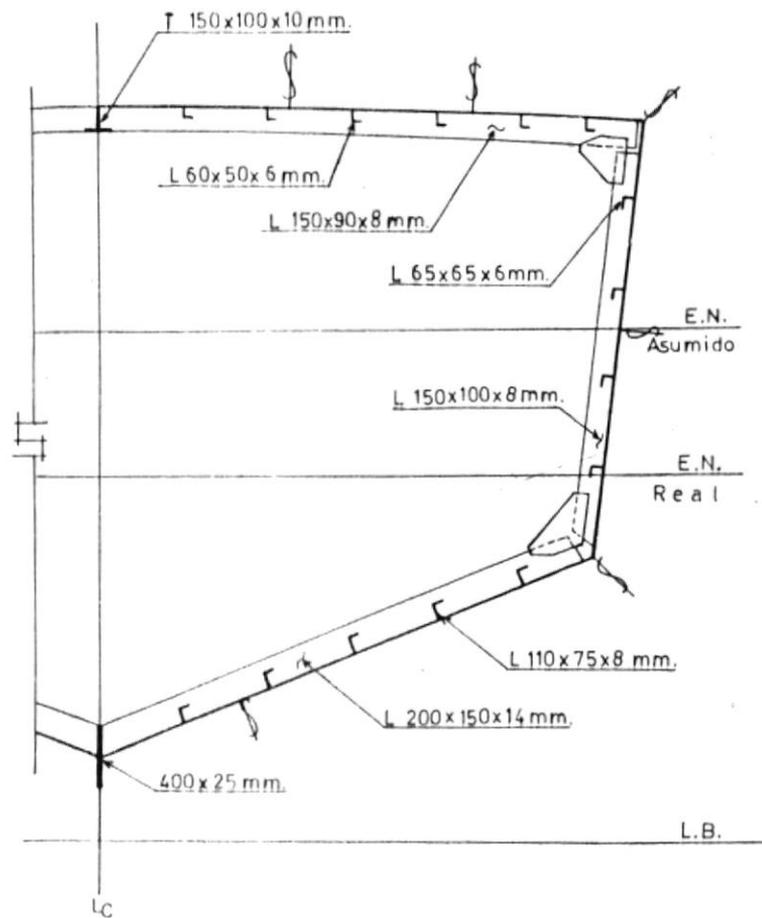


Fig. # 28.- Elementos estructurales obtenidos del cálculo con las reglas (1a. tentativa).

CUADRO XIII

CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA MAESTRA						
POR DEBAJO DEL EJE ASUMIDO:						
ELEMENTO	DIM. (mm)	AREA (cm ²)	y (cm)	A _i y (cm ³)	A _i y ² (cm ⁴)	I(prop.) (cm ⁴)
Quilla	400x25	100.0	285	28500	8122500	13333.3
Traca A	1000x10	200.0	265	53000	14045000	19079.4
" B	2500x8	400.0	200	80000	16000000	305797.1
" C	1500x8	240.0	124	29760	3690240	450000.0
L ₁	110x75x8	28.3	254	7188	1825803	195.0
L ₂	110x75x8	28.3	230	6509	1497070	195.0
L ₃	110x75x8	28.3	209	5915	1236172	195.0
L ₄	110x75x8	28.3	184	5207	958125	195.0
L ₅	110x75x8	28.3	162	4585	742705	195.0
L ₆	65x65x6	15.0	90	1350	121500	49.4
L ₇	65x65x6	15.0	30	450	13500	49.4
		1111.6		222464	48252615	789283.6
SOBRE EL EJE NEUTRO ASUMIDO:						
T. Cinta	1400x8	224.0	67	15008	1005536	365866.6
Trancanil	1140x6	137.0	142	19454	2762468	4.1
Traca B	1200x5	120.0	151	18120	2736120	2.5
L ₈	65x65x6	15.0	27	405	10935	49.4
L ₉	65x65x6	15.0	87	1305	113535	49.4
l ₂	60x50x6	12.5	143	1787	255612	44.0
l ₃	60x50x6	12.5	140	1750	245000	44.0
l ₄	60x50x6	12.5	137	1712	234612	44.0
l ₅	60x50x6	12.5	136	1700	231200	44.0
l ₆	60x50x6	12.5	133	1662	221112	44.0
		573.5		62904	7816131	366192.0

Cabe anotar que en el cálculo no se consideraron: ni la vagra ni la traca central de cubierta, ni los longitudinales l_1 , debido a que se encuentran muy próximos a la abertura de la escotilla de bodega. Además, las áreas e inercias propias de cada uno de los elementos estructurales de la tabla están multiplicadas por dos considerando la simetría del casco, excepto la quilla.

	AREA	MOMENTO	$A \times y^2$	$I(\text{prop.})$
	(cm^2)	(cm^3)	(cm^4)	(cm^4)
Porc. bajo eje asum.:	1111.6	222464	48252615	789283.6
" sobre " " :	573.5	62904	7816131	366192.0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1685.1	159560	56068746	1155475.6

I total al eje asum.: $56068746 + 1155475.6 = 57224222 \text{ cm}^4$.

$$\begin{aligned} \text{Corrección al eje asum.: } h &= \frac{159560.0}{1685.1} \\ &= 94.7 \text{ cm. (Bajo eje asumido).} \end{aligned}$$

I total al eje neutro verdadero:

$$I_{E.N.} = 57224222 - 1685.1 (94.7)^2$$

$$= 42112093 \text{ cm}^4.$$

$$= 0.42 \text{ m}^4.$$

Del gráfico 4.2.5. tenemos:

Distancia del E.N. al canto inferior del fondo : 137 cm.

" " " " " superior de cubierta: 245 cm.

$$\text{Módulo seccional al fondo: } Z = \frac{42112093}{187} = 225198 \text{ cm}^3.$$

$$\text{" " a cubierta: } Z = \frac{42112093}{245} = 171886 \text{ cm}^3.$$

Y de la Pt. 3 Cap. 2 Secc. 4 de las reglas, literal C 104, el módulo seccional en la sección media alrededor del eje neutro no debe ser menor que:

$$Z_o = C_{wo} L^2 B (C_B + 0.7) \quad (\text{cm}^3) \quad (37)$$

donde:

$$C_{wo} = 5.7 + 0.022 L \quad \text{mín. } 7.0$$

$C_B = 0.45$; pero no debe tomarse menor que 0.50.

Como $C_{wo} = 6.217$ y $C_B = 0.45$, tomaremos los valores mínimos para nuestro caso.

$$\begin{aligned} Z_o &= 7.0 (23.5)^2 (7.14)(0.5 + 0.7) \\ &= 33122 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

En vista de que el módulo seccional de la sección maestra obtenido de nuestros cálculos por medio del cuadro XIII tiene un valor muy elevado comparado con el módulo seccional calculado directamente de la fórmula anterior, que para el efecto nos indican las reglas de la DNV, y habiendo comprobado que: $Z_D > 2Z_R$ y $Z_B > 2Z_R$, tenemos ya un criterio más acertado para la elección de los esfuerzos de flexión permisibles tal como se dan en las mencionadas reglas.

Por ello recalcularemos los módulos seccionales de los elementos estructurales sujetos a cambios en su escantillonado por esta causa y así tendremos valores más reales.

Así, de (11), el módulo seccional requerido para los

longitudinales de fondo será:

$$Z = \frac{83 (2.60 - 0.28)^2 (0.60)(32.82)(1.05)}{160}$$

$$= 58 \text{ cm}^3.$$

De (31), el módulo seccional para los longitudinales de cubierta será:

$$Z = \frac{83 (2.60 - 0.2)^2 (0.55)(10)}{160}$$

$$= 16.5 \text{ cm}^3.$$

$$\approx 17 \text{ cm}^3.$$

De (33), el módulo seccional requerido para la vagra central de cubierta será:

$$Z = \frac{100 (2.60 - 0.2)^2 (3.57)(10)}{160}$$

$$= 128.52 \text{ cm}^3.$$

$$\approx 129 \text{ cm}^3.$$

CUADRO XIV

MODULOS SECCIONALES Y ESCANTILLONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
ELEMENTO	Z (cm ³)	DIMENSIONES (mm)
Quilla		400x25
Varengas	118	L 135x75x8
Longitudinales de fondo	58	L 75x75x8
Varengas reforzadas	589	L 200x150x14
Cuadernas	32	L 75x50x6
Longitudinales de costado	33	L 65x65x6
Bulárcamas	184	L 150x100x8
Baos	36	L 70x65x6
Longitudinales de cubierta	17	L 50x50x6
Baos reforzados	164	L 150x90x8
Vagra central	129	T 100x100x10

Con los escantillones obtenidos elaboramos la figura # 29 y el cuadro XV y siguiendo un proceso idéntico al anteriormente descrito recalculamos el módulo seccional.

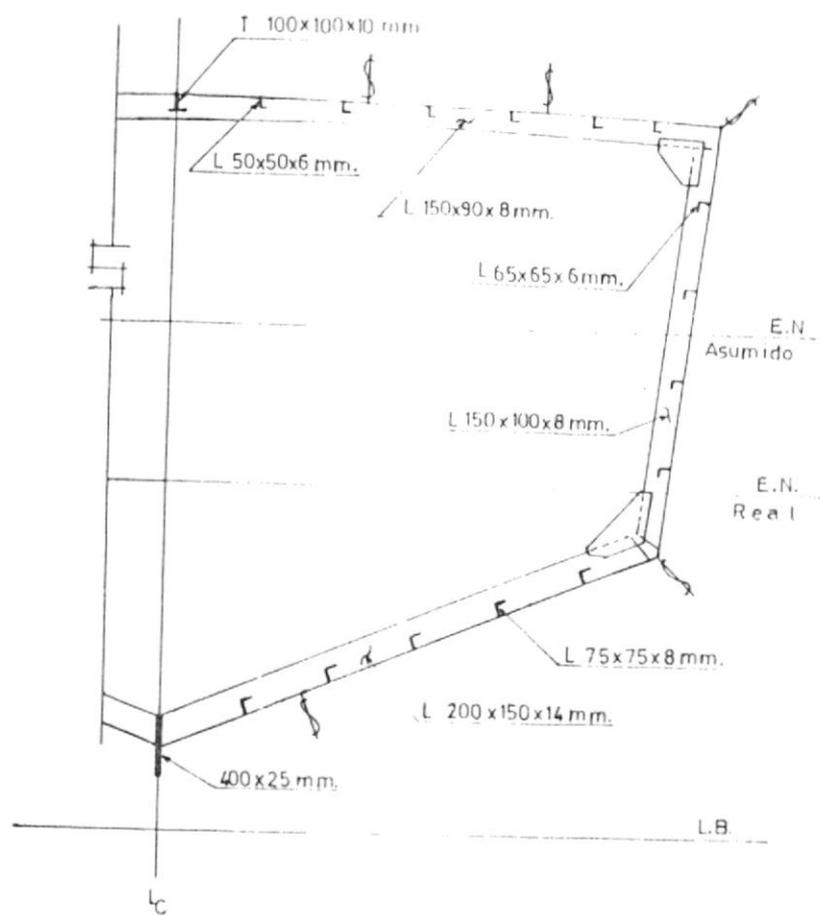


Fig. # 29.- Elementos estructurales obtenidos del cálculo con las reglas (2a. tentativa).

CUADRO XV

CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DE LA CUADERNA MAESTRA						
POR DEBAJO DEL EJE ASUMIDO						
ELEMENTO	DIM. (mm)	AREA (cm ²)	y (cm)	A.y (cm ³)	A.y ² (cm ⁴)	I(prop.) (cm ⁴)
Quilla	400x25	100.0	285	28500	8122500	13333.3
Traca A	1000x10	200.0	265	53000	14045000	19079.4
" B	2500x8	400.0	200	80000	16000000	305797.1
" C	1500x8	240.0	124	29760	3690240	450000.0
L ₁	75x75x8	22.7	257	5834	1499312	160.0
L ₂	75x75x8	22.7	232	5266	1221805	160.0
L ₃	75x75x8	22.7	210	4767	1001070	160.0
L ₄	75x75x8	22.7	185	4199	776907	160.0
L ₅	75x75x8	22.7	163	3700	603116	160.0
L ₆	65x65x6	15.0	90	1350	121500	49.4
L ₇	65x65x6	15.0	30	450	13500	49.4
		1083.5		216826	47094950	789108.6
SOBRE EL EJE NEUTRO ASUMIDO						
T. Cinta	1400x8	224.0	67	15008	1005536	365866.6
Trancanil	1140x6	137.0	142	19454	2762468	4.1
Traca B	1200x5	120.0	151	18120	2736120	2.5
L ₈	65x65x6	15.0	27	405	10935	49.4
L ₉	65x65x6	15.0	87	1305	113535	49.4
l ₂	50x50x6	11.3	143	1616	231074	26.2
l ₃	50x50x6	11.3	140	1582	221480	26.2
l ₄	50x50x6	11.3	137	1548	212090	26.2
l ₅	50x50x6	11.3	136	1537	209005	26.2
l ₆	50x50x6	11.3	133	1503	199886	26.2
		567.5		43958	7172129	366103.0

	AREA	MOMENTO	A x y ²	I(prop.)
	(cm ²)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ⁴)
Porc. bajo eje asum.:	1083.5	216826	47094950	789108.6
" sobre " " :	567.5	43958	7702129	366103.0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1651.0	172868	54797079	1155211.6

I tot. al eje asum.: $54797079 + 1155211.6 = 55952291 \text{ cm}^4$.

Corrección al eje asumido: $h = \frac{172868.0}{1651.0}$

$h = 104.7 \text{ cm. (Bajo eje asumido).}$

I total al eje neutro verdadero:

$$\begin{aligned} I_{E.N.} &= 55952291 - 1651 (104.7)^2 \\ &= 37853880 \text{ cm}^4. \\ &= 0.37 \text{ m}^4. \end{aligned}$$

De la figura # 29, tenemos:

Distancia del E.N. al canto inferior del fondo : 177 cm.

" " " " " superior de cubierta: 255 cm.



BIBLIOTECA

$$\text{Módulo seccional al fondo: } Z = \frac{37853880}{177} = 213864 \text{ cm}^3.$$

$$\text{" " a cubierta: } Z = \frac{37853880}{255} = 148446 \text{ cm}^3.$$

Tomando estos módulos seccionales como aceptables, basándonos en el hecho de que es una embarcación pequeña con relación al rango que consideran las reglas de clasificación de la DNV, a pesar que estas reglas no lo dicen explícitamente, pues únicamente se las denomina como aplicables a embarcaciones de menos de 100 metros de eslora, procederemos ahora a hacer la verificación por pandeo.

CONTROL DE PANDEO (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 13).-

Al hablar de control de pandeo, nos estamos refiriendo a la resistencia que opone el planchaje y elementos estructurales de la viga-buque a los esfuerzos axiales, en que proporción lo hace, y si es suficiente dicha resistencia para evitar que fallen por pandeo. Para comprobarlo, las reglas plantean tres condiciones:

a) El planchaje sometido a esfuerzos de flexión compresiva longitudinal.-

En este caso debemos asumir la viga-buque sometida a momentos flectores ocasionados por condiciones de arrufo y quebranto, para de esta manera tener esfuerzos de flexión compresivos longitudinales en cubierta (condición de arrufo, y en el fondo (condición de quebranto).

Para ello, debemos conocer como vienen definidos en las reglas los parámetros involucrados en esta parte:

De B 101, el esfuerzo de flexión longitudinal viene dado por:

$$\sigma_1 = \frac{M_{sw} + 1.7 M_w}{Z_e} \times 10^9 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (38)$$

donde:

M_{sw} = momento flector en agua tranquila en KN/m.

M_w = " " " olas en KN/m.

$$= f C_w L^2 B (C_B + 0.7). \quad (39)$$

C_w = 0.0792 L.

f = 0.063 en arrufo

= 0.057 en quebranto (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 4, lit. B 201).

$Z_A = Z_D \text{ ó } Z_B.$

$Z_R =$ módulo seccional de la regla en $\text{cm}^3.$

$Z_D =$ " " en la sección media en cm^3 a la cubierta.

$Z_B =$ módulo seccional en la sección media en cm^3 al fondo.

De B 102. la resistencia al pandeo σ_{cr} de una plancha transversal reforzada será:

$$\sigma_{cr} = \sigma_e \text{ cuando } \sigma_e < 0.5 \sigma_y \quad (40)$$

$$= \sigma_y [1 - (\sigma_y / 4\sigma_e)] \text{ cuando } \sigma_e > 0.5 \sigma_y \quad (41)$$

donde:

$\sigma_y =$ esfuerzo de fluencia

$= 235 \text{ N/mm}^2; \gamma.$

$$\sigma_e = 2.3 [1 + (s/l)^2]^{0.2} [(t - t_k) / (1000 s)]^{1.5} \text{ (N/mm}^2) \quad (42)$$

donde:

$\sigma_e =$ esfuerzo elástico de flexión en $\text{N/mm}^2.$

De B 103, tanto el espesor del planchaje de cubierta y

fondo en la sección media deberá cumplir el requerimiento de que:

$$\sigma_{cr} \geq \sigma_1 \quad (43)$$

De modo que aunque la viga-buque flexa, no falle pues el esfuerzo de flexión longitudinal no sobrepasa la resistencia crítica al pandeo de la embarcación.

Entonces, para la condición de arrufo, en la cual tendremos el planchaje de cubierta sometido a esfuerzos de compresión axial, consideramos B 203 y hacemos en este caso $M_{sw} = 0$ para el control de pandeo del planchaje de cubierta.

Y para la condición de quebranto, en la cual tendremos el planchaje de fondo sometido a esfuerzos de compresión axial, consideramos B 302 en que $M_{sw} = M_{so}$, M_{so} dado en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 4.

$$\begin{aligned} M_{sw} &= 0.006 L^3 B (C_B + 0.7) \quad (\text{KN/m}) \quad (44) \\ &= 0.006 (23.5)^3 (7.14)(0.5 + 0.7) \\ &= 28.39 \text{ KN/m.} \end{aligned}$$

De (39):

$$M_w = 0.063 (1.86)(23.5)^2 (7.14)(1.2)$$

$$= 554.46 \text{ KN/m. para la condición de arrufo.}$$

$$M_w = 0.057 (1.86)(23.5)^2 (7.14)(1.2)$$

$$= 501.65 \text{ KN/m. para la condición de quebranto.}$$

De los cálculos anteriores:

$$Z_R = 33122 \text{ cm}^3.$$

$$Z_D = 148446 \text{ cm}^3.$$

$$Z_B = 213864 \text{ cm}^3.$$

Entonces, de (38):

$$\sigma_1 = [28.39 + 1.7 (554.46)] 10^3 / 148446$$

$$= 6.54 \text{ N/mm}^2 \text{ en cubierta.}$$

$$\sigma_1 = [28.39 + 1.7 (501.65)] 10^3 / 213864$$

$$= 4.12 \text{ N/mm}^2. \text{ en el fondo.}$$

Y de (42):

$$\sigma_e = 2.3 [1 + (.52/0.55)^2] [5/1000(0.52)]^2 10^5$$

$$= 76.27 \text{ N/mm}^2. \text{ en cubierta.}$$

$$\sigma_e = 2.3 [1 + 90.52/0.60)^2] [8/1000(0.52)]^2 10^5$$

$$= 166.93 \text{ N/mm}^2. \text{ en el fondo.}$$

Dado que: $\sigma_y = 235 \text{ N/mm}^2$.

Entonces en cubierta $\sigma_e < 0.5\sigma_y$, por lo cual de (40):

$$\sigma_{cr} = 76.27 \text{ N/mm}^2.$$

Y para el fondo, $\sigma_e > 0.5 \sigma_y$, por lo cual de (41):

$$\begin{aligned} \sigma_{cr} &= 235 [1 - (235/4(166.93))] \\ &= 152.3 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Por lo tanto, el planchaje de cubierta no pandeará pues, se cumple la condición dada en (43):

$$76.27 \text{ N/mm}^2 > 6.54 \text{ N/mm}^2$$

y tampoco va a pandear el planchaje de fondo, pues:

$$152.3 \text{ N/mm}^2 > 4.12 \text{ N/mm}^2.$$

Además también se cumplen las condiciones dadas en B 203 y B 302:

$$t \geq 2.2 s \sqrt{L} \sqrt{(Z_R/Z_D)} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (45)$$

$$t \geq 2.8 s \sqrt{L} \sqrt{(Z_R/Z_B)} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (46)$$

es decir: 5 mm \geq 2.62 mm. para el planchaje de cubierta;

8 mm \geq 2.78 mm " " " " fondo.

b) El planchaje de cubierta actuando como ala efectiva para las vigas de cubierta.-

Las reglas de la DNV exigen que la vagra central de cubierta, en nuestro caso, que soporta refuerzos atravesados, tenga una resistencia al pandeo satisfactoria (C 101).

C 102.- Los esfuerzos compresivos en el planchaje de cubierta debido ala carga local de vigas, deben ser menores que el 80% de la resistencia crítica al pandeo. Es decir:

$$\sigma_1 < 0.8 \sigma_{cr} \quad (47)$$

Cuando se calcula los esfuerzos compresivos, el módulo seccional de la viga puede basarse en un ancho de ala efectiva de plancha de cubierta, igual a al distancia entre vigas (100% del ala efectiva).



C 103.- La resistencia crítica al pandeo con $l =$ luz del refuerzo será como en B 102 en Pt. 3 Cap. 2 Secc. 13.

$$\begin{aligned}\sigma_{\bullet} &= 2.3 [1 + (0.52/3.57)^2]^2 [5/1000(0.52)]^2 10^5 \\ &= 22.18 \text{ N/mm}^2.\end{aligned}$$

Como $\sigma_{\bullet} < \sigma_y$, entonces: $\sigma_{cr} = 22.18 \text{ N/mm}^2$; y,

$$0.8 \sigma_{cr} = 17.74 \text{ N/mm}^2.$$

Dado $\sigma_1 = 6.54 \text{ N/mm}^2$ para el planchaje de cubierta, consecuentemente se cumple (47), pues: $6.54 < 17.74$; comprobándose de esta manera que el planchaje de cubierta no va a pandear al estar actuando como ala efectiva para vagra central de cubierta.

c) Elementos longitudinales sometidos a esfuerzos compresivos longitudinales.-

D 101.- La resistencia al pandeo de longitudinales debería cumplir con los requerimientos dados en B 101 y 102, siendo:

$$\sigma_{\bullet} = 210 I_A / A l^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (48)$$

I_A = momento de inercia en cm^4 del longitudinal.

A = área seccional transversal en cm^2 del longitudinal.

l = luz en metros de los longitudinales.

Cuando se calcule I_A y A , un ala de plancha correspondiente a 0.8 veces el espaciamiento entre longitudinales es incluido. Considerando esta acotación obtuvimos para los longitudinales de cubierta:

$$I_A = 77.75 \text{ cm}^4.$$

$$A = 27.64 \text{ cm}^2.$$

Y para los longitudinales de fondo:

$$I_A = 1770.0 \text{ cm}^4.$$

$$A = 52.56 \text{ cm}^2.$$

D 102.- La resistencia al pandeo de longitudinales deberá cumplir el requerimiento de que:

$$\sigma_{cr} \geq 1.2 \sigma_1 \quad (49)$$

Comprobaremos estos requerimientos para los longitudinales de cubierta primero y luego para los de

fondo, así tenemos, de (48):

$$\sigma_{cr} = 210[77.75/((27.64)(2.4)^2)] = 102.55 \text{ N/mm}^2, \text{ cubierta.}$$

$$\sigma_{cr} = 210[(1769.3)/((52.56)(2.4)^2)] = 1227.27 \text{ N/mm}^2, \text{ fondo.}$$

Como para longitudinales de cubierta se cumple (40), entonces, $\sigma_{cr} = 102.55 \text{ N/mm}^2$, y dado que $\sigma_1 = 6.54 \text{ N/mm}^2$, se cumple también la condición (49), consecuentemente, los longitudinales de cubierta no van a pandear.

Para los longitudinales de fondo, en cambio se cumple (41), entonces:

$$\begin{aligned} \sigma_{cr} &= 235 [1 - (235/4(1227.27))] \\ &= 223.75 \text{ N/mm}^2. \end{aligned}$$

Se cumple también en este caso la condición (49) y por lo tanto, los longitudinales de fondo tampoco van a pandear.

VERIFICACION DE ESTRUCTURALES CONSIDERANDO VIBRACION.

Este ítem fue considerado en nuestro diagrama de flujo,

únicamente debido a que, la elaboración de dicho diagrama está basada en el procedimiento general de diseño estructural dado por las reglas de la DNV, el cual hemos tratado de adaptar al caso que nos concierne que son embarcaciones de eslora menor a 100 metros. Al respecto de este ítem nos dicen las reglas:

B 901.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 3). Las reglas no dan ningún requerimiento para prevenir vibraciones dañinas en elementos estructurales locales o globales. Análisis y/o evaluaciones para prevenir tales vibraciones dañinas deberían incluir consideraciones de las líneas del cuerpo de popa, el diseño del propulsor y las fuerzas de masa impulsada del propulsor, maquinaria de propulsión y auxiliar para determinar las fuerzas de excitación así como la masa estructural, refuerzos y condiciones de carga para determinar la respuesta estructural.

CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE PROA Y POPA.

En lo que respecta al espesor del planchaje de las zonas de proa y popa, este se mantiene, debido a que el espesor mínimo requerido en las reglas para pesqueros de la DNV,

en nuestro caso, están por encima del valor calculado con las reglas de esta misma sociedad para embarcaciones de eslora menor a 100 metros que hemos utilizado básicamente.

Por su lado, los escantillones de los elementos longitudinales y transversales los conservaremos a lo largo de toda la eslora de la embarcación puesto que, aunque algunos parámetros varían su valor en el sector de la sección media al sector de $0.1L$ de las perpendiculares de proa y de popa, como en las reglas se considera, siendo la eslora de nuestro pesquero pequeña entonces el ahorro de peso y consecuentemente de dinero también es pequeño, por lo tanto no se justifica el cálculo de escantillones especiales para los elementos estructurales de estos sectores.

CALCULO DE ELEMENTOS LOCALES.

Entre los elementos locales considerados en las reglas tenemos:

C 402.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 5). El espesor de la placa

superior de asiento del motor y máquina reductora, debería no ser menor que:

$$t = 25 \text{ mm para } P_m \leq 1000 \text{ Kw.}$$

P_m = máxima salida continua de la máquina propulsora (Kw).
 = 340 HP.
 = 253.5 Kw.

Las reglas estipulan claramente que el espesor de las vigas de soporte del motor deberá ser preferiblemente no menor que el 40% de este espesor, es decir, 10 mm. Esto se cumple pues las varengas reforzadas son de 14 mm de espesor.

F 101.- En el peak de popa de barcos monohélice, las varengas deben tener una altura tal que su canto superior esté más arriba del túnel del eje.

F 102.- El espesor mínimo de las varengas será:

$$\begin{aligned} t &= 7 + 0.02 L + t_k \quad (\text{mm}) \quad (50) \\ &= 7 + 0.02(23.5) + 0.5 \\ &= 7.97 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Este requerimiento mínimo se cumple con varengas iguales a las del resto de la embarcación.

E 100.- (Pt. 3 Cap. 2 Secc. 6). Los escantillones mínimos de la roda de barra serán:

Alto: $90 + 1.2L = 118.2 \text{ mm.}$, bajo línea de carga de verano.

$70 + 0.9L = 91.15 \text{ mm.}$, en la parte superior de la roda.

Espesor: $12 + 0.48L = 23.28 \text{ mm.}$

El alto de la roda puede disminuir gradualmente desde el ancho mayor hasta el menor en la parte superior de ella.

En vista de estos requerimientos mínimos podemos establecer los escantillones de la roda así:

Alto : 120 mm.

Espesor: 25 mm.

4.4 CALCULO DE LOS MAMPAROS.

En el subcapítulo 4.1 de este trabajo establecimos que nuestro barco estaría subdividido por cinco mamparos transversales estancos (cuadro II), y también determinamos su ubicación a lo largo de su eslora con respecto a la perpendicular de proa (cuadro III).

En el presente capítulo ayudándonos con el plano de líneas de forma, elaboramos el cuadro XVI para determinar las dimensiones y posición respectiva de las tracas que constituyen dichos mamparos, los mismos que van a estar reforzados verticalmente, coincidiendo dichos refuerzos con los elementos longitudinales de cubierta y fondo para mantener la continuidad estructural.

Todas las distancias en el cuadro XVI corresponden a la fibra más cercana de la traca con respecto al fondo.

Las reglas que utilizaremos en esta parte de los cálculos, pertenecen a la Pt. 3 Cap. 2 Secc.8 para barcos de eslora menor a 100 metros.

A continuación incluimos el cuadro anteriormente mencionado:

POSICION DE TRACAS EN MAMPAROS			
MAMPARO NO.	TRACA	ANCHO (m)	DIST. A L. E. (m)
1	A CURPIERTA	2.50	1.45
	B CURPIERTA	1.60	3.98
		----	5.58
2	A CURPIERTA	2.50	0.80
	B CURPIERTA	2.10	3.30
		----	5.40
3	A CURPIERTA	2.50	0.60
	B CURPIERTA	2.00	3.10
		----	5.10
4	A CURPIERTA	2.50	1.60
	B CURPIERTA	0.69	4.10
		----	4.79
5	A CURPIERTA	2.30	2.35
		----	4.70

CUADRO XVI

A 301.- El número y localización de los mamparos de acuerdo a los requerimientos dados en la Secc. 3 de esta parte y capítulo, así como también atendiendo a la curva de eslora inundable, los tenemos calculados en la Secc. 4.1 de esta tesis (cuadro II).

A 302.- La distancia libre entre mamparos transversales de tanques, normalmente no debe exceder los 10 metros para barcos con $L \leq 50$ metros. Nosotros estamos cumpliendo perfectamente esta regla pues nuestra máxima distancia en este caso es 4.70 m.

C 101.- El espesor requerido correspondiente a presión lateral para el planchaje de los mamparos transversales viene dado por:

$$t = \frac{15.8 s \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_k \quad (\text{mm}) \quad (51)$$

$s = 0.55 \text{ m.}$

$p = 10 h_b$ (de Tabla B1), en KN/m^2 . (52)

$h_b =$ distancia vertical en metros desde el punto de carga al tope del mamparo.

$\sigma =$ como se da en la Tabla C1. (N/mm^2)

C 102.- El espesor mínimo será:

$$t = t_o + kL + t_k \quad (\text{mm}) \quad (53)$$

t_o y k con constantes como se dan en el cuadro a seguir.

CUADRO XVII

ESPESORES MÍNIMO Y REQUERIDO DEL PLANCHAJE DE MAMPAROS								
MAMPARO	h_b	p	σ	t_k	t_o	k	t_{min}	t_{req}
colisión	3.83	38.3	160	1.0	5.0	0.02	6.47	5.25
# 2	4.30	43.0	220	1.0	5.0	0.02	6.47	4.84
# 3	4.20	42.0	220	0.5	5.0	0.01	5.97	4.30
# 4	2.89	28.9	220	0.5	5.0	0.01	5.73	3.65
peak pp.	2.05	20.5	220	0.5	7.0	0.02	7.97	3.15

De acuerdo al cuadro XVII, y tomando en consideración los valores mínimos obtenidos en él, establecemos los espesores de planchaje de los mamparos transversales como sigue:

CUADRO XVIII

ESPESOR DEL PLANCHAJE DE LOS MAMPAROS	
MAMPARO	ESPESOR (mm)
de colisión	8.0
# 2	8.0
# 3	6.0
# 4	6.0
de peak de popa	8.0

C 401.- Los módulos seccionales requeridos para refuerzos de mamparos estancos vienen dados por:

$$Z = \frac{1000 l^2 s p}{m \sigma} \quad (\text{cm}^2) \quad (54)$$

$$s = 0.55 \text{ m.}$$

$$p = 10 h_b \text{ (como en el literal C 101).}$$

$$\sigma = 160 \text{ para el mamparo de colisión}$$

$$= 220 \text{ para otros mamparos estancos.}$$

$$m = 16.$$

C 402.- El espesor del alma y ala no será menor de:

$$t = 5.0 + kl + t_k \quad (\text{mm}) \quad (55)$$

$k = 0.02$ en tanques de peak
 $= 0.01$ en cualquier otro lugar.

CUADRO XIX

MODULO SECCIONAL Y ESPESOR MINIMO DE REFUERZOS EN MAMPAROS						
MAMPARO	p (KN/m ²)	σ (N/mm ²)	Z (cm ³)	k	t_k (mm)	t_{min} (mm)
colisión	38.3	160	69	0.02	1.0	6.47
# 2	43.0	220	97	0.01	1.0	6.23
# 3	42.0	220	107	0.01	0.5	5.73
# 4	28.9	220	39	0.01	0.5	5.73
# 5	20.5	220	17	0.02	0.5	5.97

CUADRO XX

ESCANTILLONES DE LOS REFUERZOS DE MAMPAROS			
MAMPARO	Z (cm ³)	t (mm)	DIMENSIONES (mm)
colisión	69	8.0	L 90x75x8
# 2	97	8.0	L 110x75x8
# 3	107	8.0	L 120x75x8
# 4	39	8.0	L 75x50x8
peak popa	17	8.0	Pt 75x8

Cabe anotar que para el cálculo se tomó solamente la longitud del refuerzo vertical más largo del mamparo, puesto que las pequeñas dimensiones de la embarcación no justifican tomar la longitud de cada uno de los refuerzos.

CAPITULO 5

ALTERNATIVAS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1 ANALISIS DE LOS TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Siempre que pensamos en alternativas de diseño estructural, es obvio que las que intentemos considerar deberán cumplir con los requisitos básicos de resistencia estructural adecuada para la embarcación, pero inevitablemente debe contarse también con otros factores que en la actualidad inciden notablemente en la estimación del escantillonado más aconsejable, o del tipo de elemento que usaremos en la construcción de dicha embarcación, ellos son: facilidad de construcción, disponibilidad de mercado, menor peso y principalmente menor costo. En cuanto a estos últimos, la referencia [P1], hace una explicación muy objetiva y precisa, basada

en que, siendo la tensión en las proximidades del eje neutro de una viga de sección recta rectangular o una circular, de pequeña magnitud en relación a las fibras más alejadas del eje neutro (es decir, aquellas de la parte más alta o baja de los extremos de la viga), lo ideal sería tener repartida el área total de la viga de sección rectangular hacia los extremos.

Pero esto no es posible, pues es necesario destinar una porción del área como medio de unión de las áreas de los extremos, lo cual aunque nos disminuirá el valor del momento de inercia que fue aumentado por esta distribución de área hacia los extremos y consecuentemente también el momento flector que dicha viga podrá soportar, en cambio, permitirá a la viga soportar las fuerzas cortantes verticales a las que pudiera estar sometida.

De esta explicación se puede deducir que una sección H es uno de los perfiles más eficientes, ya que además de caracterizarse por su magnífica resistencia a la flexión (por el hecho de tener gran parte de su área repartida a los extremos del área transversal de la viga), también es útil para ser usada como columna o puntal.

El perfil similar, pero con las alas menos anchas, denominado perfil I, se ha comprobado que no es muy eficiente y en ciertos países está tendiendo a ser reemplazado por el anterior, a pesar de que la elección también está limitada por la disponibilidad de uno u otro en el mercado local, la diferencia en cuanto al costo, necesidad de utilización, etc.

En nuestro caso, preliminarmente, habíamos elegido ángulos antes de considerar otras alternativas de diseño estructural, puesto que dadas las dimensiones de la embarcación no se justificaría poner los tipos de perfiles descritos anteriormente, aunque los hayamos calificado como los más eficientes.

A continuación se hace el análisis propuesto en el presente capítulo de esta tesis.

Para ello se incluye el cuadro XXI, en el que constan las respectivas dimensiones de los elementos alternativos cuyos módulos seccionales son correspondientes con los módulos seccionales obtenidos mediante la utilización de las reglas de clasificación de la DNV.

CUADRO XXI

ELEMENTOS ALTERNATIVOS PARA LA ESTRUCTURA DEL CAMARONERO				
ELEMENTO	Z (cm ²)	(1) PLATINA (mm)	(2) ANGULO (mm)	(3) BUELO (mm)
Varengas	118	160x14	135x75x8	160x8.5
long. fondo	58	130x10	75x75x8	170x7
Varengas ref.	589	-----	200x150x14	----
Cuadernas	32	90x11	65x65x6	100x6
long. costado	33	100x10	65x65x6	100x6
Bujárcamas	184	-----	150x100x8	180x11
Raas	36	115x8	70x65x6	100x6
long. cubierta	17	80x7	50x50x6	80x5
Raas ref.	164	-----	150x90x8	180x9

5.1.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES TIPO PLATINA.

CUADRO XXII

(1) ELEMENTOS ESTRUCTURALES TIPO PLATINA			
ELEMENTO	DIMENSIONES (mm)	PESO/M (Kg/m)	COSTO/M (sucres/m)
Varengas	160x14	17.2	20229.4
long. fondo	130x10	11.5	9350.0
Varenga ref.	-----	-----	-----
Cuadernas	100x10	7.6	6235.5
long. costado	100x10	7.6	6235.5
Bujárcamas	-----	-----	-----
Raas	115x8	6.5	5196.2
long. cubierta	80x7*	4.8	-----
Raas ref.	-----	-----	-----

* No hay disponibilidad en el mercado local.

CUADRO XXIII

(2) ELEMENTOS ESTRUCTURALES TIPO ANGLIO			
ELEMENTO	DIMENSIONES (mm)	PESO/M (Kg/m)	COSTO/M (sucres/m)
Varengas	135x75x8	13.10	14750.60
long. fondo	75x75x8	9.10	10246.66
Varenga ref.	200x150x14	39.30	44251.80
Cuadernas	65x65x6	6.48	7296.48
long. costado	65x65x6	6.48	7296.48
Bujárcamas	150x100x8	15.59	17554.34
Raas	70x65x6	6.74	7589.24
long. cubierta	50x50x6	5.00	5630.00
Raas ref.	150x90x8	14.97	16856.22

CUADRO XXIV

(3) ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON BUELO			
ELEMENTO	DIMENSIONES (mm)	PESO/M (Kg/m)	COSTO/M (sucres/m)
Varengas	160x8.5*	14.6	-----
long. fondo	120x7*	8.2	-----
Varenga ref.	-----	-----	-----
Cuadernas	100x6*	6.1	-----
long. costado	100x6*	6.1	-----
Bujárcamas	180x11*	18.8	-----
Raas	100x6*	6.1	-----
long. cubierta	80x5*	4.2	-----
Raas ref.	180x9*	15.7	-----

* No hay disponibilidad en el mercado local.

Basándonos en estos cuadros, podemos hacer un análisis comparativo considerando costo y peso de platinas y

ángulos, sabiendo que en cuanto a facilidad de construcción, las platinas le llevan ventaja a los ángulos y conociendo de las restricciones en cuanto a variedad de elementos en el mercado local, como es el caso de los elementos con bulbo, los que descartamos debido a la carencia de ellos en nuestro medio y considerando que para una construcción de la envergadura que se plantea, y donde se trata de aprovechar al máximo los recursos locales, no se justificaría su importación.

De este análisis se deduce que las alternativas a considerar serían: cambiar las cuadernas y baos por platinas y mantener ángulos para los longitudinales de costado y cubierta como en la distribución estructural preliminar. Con estos cambios, el costo de la estructura del casco se reduciría, pues el costo de 1 Kg. de material por metro es menor en el caso de platinas; en cuanto al peso, también será menor si consideramos platinas para los baos, y si las cuadernas también son elementos tipo platina, aunque hay aumento de peso, este no es apreciable. Además, en ambos casos, los elementos transversales son más altos que los longitudinales (continuos), por lo cual estos últimos los atraviesan sin ningún problema.

En lo que se refiere a la conformación de la estructura del fondo, esta se mantiene como la habíamos estimado preliminarmente, puesto que si consideráramos platinas para sustituir los ángulos tomados inicialmente, estas aumentarían el peso de la estructura, y en el caso específico de las varengas, también aumentaría el costo, lo se puede deducir al comparar los pesos y costos en los cuadros XXII y XXIII (como dato adicional, el precio del dólar: 1100 sucres).

5.1.4 ESPESOR DE PLANCHAJE.

El espesor de planchaje, se mantiene en los valores estimados hasta ahora, por las razones explicadas detalladamente a lo largo de la sección 4.3.

5.2 SELECCION DEFINITIVA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.

Considerando el análisis realizado en la sección anterior, tenemos criterios suficientes para determinar definitivamente los elementos que van a conformar la estructura de nuestro casco.

5.2.1 ESTRUCTURA DE CUBIERTA.

CUADRO XXV

ESTRUCTURA DE CUBIERTA	
ELEMENTO	DIMENSIONES
BARRAS	Pt. 115 x 8
LONG. DE CUBIERTA	1 50 x 50 x 6
BARRAS REFORZADOS	1 150 x 90 x 8

5.2.2 ESTRUCTURA DE FONDO.

CUADRO XXVI

ESTRUCTURA DE FONDO	
ELEMENTO	DIMENSIONES
VARENGAS	1 135 x 75 x 8
LONG. DE FONDO	1 75 x 75 x 8
VARENGAS REF.	1 200 x 150 x 14

ANCHOS Y ESPESORES DE TRACAS DEL CASCO Y CUBIERTA			
SECTOR	TRACA	t (mm)	ANCHO (m)
FONDO:	A (APARADURA)	10	1.00 2.50
COSTADOS:	B	8	1.50 1.40
	C (DE CINTA)	8	2.50 1.20
CUBIERTA:	A (CENTRAL)	5	1.14
	B	5	
	C (TRANSVRSI)	6	

CUADRO XXVIII

5.2.4 EL ANCHAZO DEL CASCO.

ESTRUCTURA DE COSTADO	
ELEMENTO	DIMENSIONES
CUADERNAS	Pt. 100 x 10
LONG. DE COSTADO	1 65 x 65 x 6
BIL ARCAMAS	1 150 x 100 x 8

CUADRO XXVII

5.2.3 ESTRUCTURA DE COSTADO.

CONCLUSIONES

1. La Det Norske Veritas contempla en relación a buques pesqueros una serie de requerimientos específicos, agrupados en una sección bajo el título de "Fishing Vessels". Estos requerimientos adicionales, lo que hacen es dar mayor reforzamiento local a aquellas zonas del barco que estarán sometidas a determinada condición de carga. Por lo demás, el dimensionamiento estructural del buque pesquero, sigue el mismo procedimiento que da la reglamentación para buques de esloras menores a cien metros.
2. Estas reglas de clasificación están sujetas a un proceso de diseño coherente y su formulación obedece a una combinación de elementos teóricos y empíricos; esta es posiblemente la razón por la que se usan factores de seguridad amplios.

3. Las reglas de la Det Norske Veritas son aplicables para el escantillonado de los barcos pesqueros locales pues considero que los valores obtenidos se encuentran dentro de márgenes aceptables comparándolos con los escantillones de elementos estructurales de embarcaciones similares a la nuestra, razón que nos llevó a emplearlas para tener una guía de cálculo empleando criterios técnicos.

4. De 226 barcos camaroneros registrados en la DIBMER, según estadísticas al 9 de Septiembre de 1991, sólo 3 son de acero naval y 2 son de fibra de vidrio, el resto son de madera y como se puede apreciar en el cuadro a continuación, el primero de los de acero tiene 19 años de construido, el segundo tiene 22 años y el último tiene 28 años, lo que permite deducir que será necesario reemplazarlos a corto plazo y esto justifica razonablemente el objetivo de este trabajo, y con mayor razón aún el resto de la flota pesquera que como se mencionó anteriormente está compuesta casi íntegramente de barcos de madera obsoletos o que no guardan las mínimas condiciones de seguridad para la tripulación o que por costos de mantenimiento ya no se pueden considerar rentables.

CUADRO XXIX

BUQUES PESQUEROS CAMARONEROS DE ACERO		
NOMBRE DEL BARCO	AÑO DE CONST.	L x B x D (metros)
BUFFO	1972	19,60x6,25x2,93
JAMELI I III	1969	43,83x7,62x3,35
LAURE	1963	10,50x5,75x3,12

5. Para buques de eslora pequeña como el considerado en esta tesis, los esfuerzos primarios, secundarios y terciarios se reducen drásticamente, esta es otra razón por la que aparentemente los factores de seguridad de las reglas resultan grandes.
6. Conforme la eslora del buque aumenta, se presentan mayores problemas en la respuesta de su estructura a los esfuerzos a que está sometido, y la teoría que era usada para buques de menos de cien metros de eslora (teoría de viga), deja de ser apropiada. En este caso, las reglas de la DNV, para buques mayores de cien metros, introducen el moderno concepto de la Confiabilidad Estructural en su formulación.

7. Las reglas de la DNV para esloras menores de 100 metros, más bien están contempladas para esloras desde los 50 ó 60 metros hasta los 100 metros. En nuestro caso en que la eslora es menor de 50 metros, hemos tenido que considerar muchas veces los valores mínimos que dan las reglas para los cálculos, en lugar de los valores por nosotros obtenidos que estuvieron por debajo de esos mínimos.
8. Consecuencia directa de esto, son los altos factores de seguridad que se tienen al hacer el control de pandeo.
9. Para barcos de esloras pequeñas, la verificación por pandeo es algo que se puede obviar si utilizamos para su escantillonado las mencionadas reglas, pues con seguridad estaremos cumpliendo estos requerimientos también.
10. El análisis vibracional, en el caso de esloras pequeñas también puede obviarse, pues las reglas de la DNV, no dan ningún requerimiento para prevenir vibraciones dañinas en elementos estructurales locales o globales; en caso de considerarlo

necesario a criterio del diseñador podría hacerse cálculos locales en el sector del sistema propulsor.

11. La DNV contempla reglas específicas para buques pesqueros solamente para el caso de reforzamiento local de ciertos tipos de pesqueros, más no para la estructura íntegra de la embarcación.
12. La aplicación de las reglas de clasificación para el escantillonado de una estructura determinada, en nuestro caso una embarcación pesquera, no es simplemente un proceso mecánico sencillo, como muchas personas piensan, pues esto conlleva el conocimiento y cabal comprensión de las bases teóricas de la formulación utilizada en la estimación del dimensionamiento de los estructurales a diseñarse.
13. Las reglas de cualquiera de las Sociedades de Clasificación de buques implican una formulación teórica completa que convierte el cálculo estructural de un buque en algo complejo y caro de ejecutar en relación con el que se realiza sin considerar ninguna de las reglas de clasificación.

RECOMENDACIONES

1. Al diseñar la estructura de la embarcación, se debe evitar tener refuerzos cuya luz sea excesiva. Para lograrlo, podemos colocar escuadras, cuyas dimensiones las indica la Casa Clasificadora, de este modo disminuirémos un poco la luz y consecuentemente tendremos estructuras menos robustas y economizaremos en peso redundando esto en ahorro en el costo total. Además con la colocación de escuadras estaremos garantizando el empotramiento asumido para el cálculo de ciertos elementos estructurales como por ejemplo los longitudinales.
2. Si se desea hacer la complementación de esta tesis, sería recomendable rehacer el cálculo estructural para un barco de eslora mayor, digamos entre 50 y 60 metros de eslora (lógicamente, esta será una barca sencilla siguiendo esta guía).

para obtener valores que sean factibles de ser interpolados dentro de los rangos considerados en las tablas y cuadros de las reglas de la DNV.

3. Para poder alcanzar el objetivo de esta Tesis, debe contarse con una política crediticia bien establecida para el sector pesquero, especialmente en los que se refiere a nuevas construcciones de barcos, pues se ha comprobado que las políticas de crédito para este sector son escasas.
4. Se recomienda que los barcos pesqueros sean clasificados, de esta manera las primas a pagarse por concepto de seguro serán menores pues las compañías aseguradoras tendrían la certeza de que la embarcación guarda las mínimas seguridades y que tiene la resistencia estructural necesaria en estas circunstancias para continuar a flote.
5. El Instituto Nacional de Pesca debería intensificar sus programas evaluativos del potencial pesquero y determinar los niveles sostenibles de captura, pues no existe suficiente información científica que indique si los recursos capturados por los

pescaadores son susceptibles de un mayor esfuerzo de explotación o si se está llegando al máximo rendimiento sostenible.

6. Se debe dar facilidades a los pescadores artesanales para el desembarque, servicios de hielo y combustible baratos, así como lugares adecuados para conservar su carga en época de abundancia.
7. Se deben mejorar las artes de pesca para las embarcaciones locales que se piense construir, lograr su financiamiento y lógicamente adiestrar a la tripulación en el uso de estas.

APENDICES

A P E N D I C E 1

SALIDA DEL PROGRAMA SHCP PARA CALCULOS HIDROSTATICOS Y
LONGITUD INUNDABLE



3.57	3.44	13.05	2.58	1.52	4.88
4.04	3.56	20.54	3.13	1.60	5.95

CIUN 8.000 LOCALIZACION 18.805METRO DESDE PPR

Z	Y	AREA	VCG	TCG	CONT
1.88	0.03	0.00	1.88	0.02	0.03
2.58	2.19	1.11	2.21	0.73	2.25
3.15	3.30	5.88	2.68	1.40	3.85
3.57	3.35	8.05	2.90	1.49	4.27
4.08	3.48	16.23	3.47	1.59	5.39

CIUN 9.000 LOCALIZACION 21.155METRO DESDE PPR

Z	Y	AREA	VCG	TCG	CONT
2.08	0.03	0.00	2.68	0.02	0.03
3.15	3.11	1.64	2.99	1.14	3.18
3.57	3.18	4.27	3.22	1.40	3.61
4.72	3.38	11.83	3.82	1.56	4.78

CIUN 10.000 LOCALIZACION 23.506METRO DESDE PPR

Z	Y	AREA	VCG	TCG	CONT
3.50	0.03	0.00	3.30	0.02	0.03
3.57	2.54	0.73	3.48	0.87	2.54
4.76	3.76	11.45	4.15	2.22	6.98
4.78	3.65	11.59	4.15	2.21	7.09

HIDROSTATICAS

UNIDADES Y DEFINICIONES

CAMBIO DE DESPLAZAMIENTO POR PIE DE ASIENTO POR POPA (TCNELADAS DESPLAZAMIENTO

CALADO

ALTO DEL CENTRO DE BOYANTEZ SOBRE LB

CENTRO DE BOYANTEZ LONGITUDINAL DESDE SECCION MEDIA

CENTRO DE FLUTACION LONGITUDINAL DESDE SECCION MEDIA (+PRCA)

RADIO METACENTRICO LONGITUDINAL

METACENTRO LONGITUDINAL

MOMENTO PARA CAMBIAR EL ASIENTO UN CM

COEFICIENTE PRISMATICO LONGITUDINAL

TUNELADAS POR CM. DE INMERSION

RADIO METACENTRICO TRANSVERSAL

METACENTRO TRANSVERSAL

VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO (METROS CUBICOS)

SUPERFICIE MOJADA (METROS CUADRADOS)

AREA PLANO DE AGUA (METROS CUADRADOS)

COEFICIENTE PLANO DE AGUA-Aw/(LBPXB*)

COEF. INERCIA PLANO AGUA - INERCIA TRANSV.P.AGUA/(LBPXB*3/12)

* Y MANGA* SON PROPIEDADES QUE SE DAN EN LA ESTACION

MAXIMA AREA AL CALADO DE DISENO

USTATICAS - PARTE I ASIENTO 0.750MTS

H	VOL	DESP	LCB	KB	SM	CP	CW	CIW
1.19	7.	7.3	-0.75	1.03	30.	0.175	0.402	0.350
2.58	86.	37.0	-0.30	1.84	124.	0.422	0.680	0.585
3.15	176.	177.0	-0.76	2.34	175.	0.540	0.819	0.697
3.57	231.	232.0	-1.00	2.60	197.	0.589	0.853	0.789



4.76	379.	382.0	-0.95	3.20	251.	0.658	0.442	0.353
4.78	380.	383.4	-0.93	3.21	251.	0.660	0.443	0.354

ESTADÍSTICAS - PARTE II ASIENTO 0.750M.

H	Aw	LCF	TP1	CD/P	BML	BMT	KML	KMT	MT1
1.19	28.	-0.40	0.29	0.04	34.7	2.43	35.8	3.47	2.3
2.38	104.	-0.74	1.07	0.31	29.2	3.69	31.1	5.53	22.9
3.15	130.	-1.50	1.33	0.78	25.4	2.40	27.7	4.74	40.4
3.57	137.	-1.72	1.41	0.94	21.8	2.14	24.4	4.75	45.6
4.76	74.	3.92	0.76	-1.16	2.1	0.66	5.3	3.86	7.4
4.78	74.	3.93	0.76	-1.16	2.1	0.66	5.4	3.87	7.4

SECCIONALES EN MTS. CUADRADOS - PARTE I 1 ASIENTO 0.750M.

TACION CALADO	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
1.2	0.00	0.00	0.02	0.16	0.48	0.91	1.26	0.20
2.4	0.00	0.57	1.89	3.89	6.05	7.50	8.16	6.04
3.2	0.00	1.66	4.67	8.30	11.04	12.68	13.36	11.22
3.6	0.00	2.53	6.56	10.82	13.81	15.54	16.23	14.09
4.8	0.16	6.01	12.67	18.40	21.98	23.90	23.38	20.54
4.8	0.16	6.07	12.77	18.53	22.11	24.03	23.38	20.54

SECCIONALES EN MTS. CUADRADOS - PARTE I 2 ASIENTO 0.750M.

TACION CALADO	8.00	9.00	10.00
1.2	0.00	0.00	0.00
2.4	2.32	0.00	0.00
3.2	7.57	3.52	0.52
3.6	10.17	6.19	3.53
4.8	16.23	11.83	12.15
4.8	16.23	11.83	12.15



220
CESERCOMP-ESPOL

15.942	10.300	130.546	13.726	7.176	24.918
15.945	10.300	130.598	13.727	7.175	24.921
15.947	10.300	130.649	13.728	7.174	24.923
15.950	10.300	130.701	13.729	7.173	24.926
7.0686493	77.0999908		0.313329697E-01		11
D	MATILDE		NUMERO DE SERIE	717	FECHA 11/01/90

LAZAMIENTO DE DISEÑO 232.637 TONS SW
 DE DISEÑO -3.296 PIES DESDE LA SECCION MEDIA (+FWD)
 DU DE DISEÑO 11.710 PIE
 NTU DE DISEÑO 2.460 PIE (+BY STERN)
 ITUD TOTAL 77.100 PIE
 TH BETWEEN PERPENDICULARS 77.100 PIE
 TH UN DESIGN WATERLINE 77.069 PIE
 CIUN DE MAXIMA AKEA (AT DWL) 40.799 PIE DESDE FP
 A EN LA ESTACION DE MAXIMA AKEA 22.442 PIE
 ION AREA COEFFICIENT 0.6787
 ICIENTE PRISMATICO 0.5885
 ICIENTE DE BLOCK 0.3994
 IEA DE MARGEN ASUMIDA 3 PULGADAS BAXO LA Z MAS ALTA DE LA ESTACION.
 IUS DE ENTRADA INDICADOS POR **

ACION	DISTANCIA DESDE FP EN PIES	ALTURA SOBRE LA LINEA BASE EN PIES
000	0.00	18.55
000	7.71	17.79
000	15.42	16.94
000	23.13	16.35
000	30.84	15.83
000	38.55	15.43
000	46.26	15.04
000	53.97	14.97
000	61.68	15.10
000	69.39	15.24
000	77.10	15.70

PERMEABILIDAD MINIMA 0.353

PERMEABILIDADES DE ENTRADA 0.850 0.650

NUMERO DE SERIE 717 FECHA 11/01/90

SITUACION INUNDABLE A 0.850 PERMEABILIDAD

ACION DESDE FP	ESTACION	LONG. INUND. PIES	CALADO A PR PIES	CALADO A PP PIES
13.005	PUNTO EXT.	26.009	18.550	10.099
15.420	2.000	23.398	18.550	10.253
19.275	2.500	21.941	18.497	10.713
23.130	3.000	21.924	18.342	11.332
26.985	3.500	22.883	18.158	12.070
30.840	4.000	24.174	17.747	12.954
34.695	4.500	24.488	16.750	13.900
38.550	5.000	23.911	15.419	14.778
42.405	5.500	21.877	13.844	15.395
46.260	6.000	18.352	12.319	15.565
50.115	6.500	15.940	11.217	15.687



221
CESERCOMP-ESPOL

3.970	7.000	14.144	10.387	15.700
7.825	7.500	13.261	9.804	15.700
1.680	8.000	13.042	9.374	15.700
5.535	8.500	13.034	9.032	15.700
9.390	9.000	12.702	8.749	15.700
0.922	PUNTO EXT.	12.356	8.653	15.700
U			NUMERO DE SERIE	717

FECHA 11/0MATI

ITUD INUNDABLE A 0.650 PERMEABILIDAD

ACION DE FP	ESTACION	LONG. INUND. PIES	CALADO A PR PIES	CALADO A PP PIES
6.853	PUNTO EXT.	33.705	18.485	10.761
9.275	2.500	31.345	18.436	10.957
3.130	3.000	30.564	18.300	11.499
6.965	3.500	31.534	18.123	12.207
0.840	4.000	32.853	17.672	13.066
4.695	4.500	32.387	16.662	13.959
8.350	5.000	32.042	15.382	14.793
2.405	5.500	29.355	13.861	15.393
6.260	6.000	24.611	12.353	15.561
0.115	6.500	21.360	11.259	15.682
3.970	7.000	18.928	10.432	15.700
7.825	7.500	17.706	9.845	15.700
1.680	8.000	17.210	9.404	15.700
5.535	8.500	16.897	9.050	15.700
8.920	PUNTO EXT.	16.359	8.789	15.700
U				

BIBLIOGRAFIA

1. AGUIÜERA, J. Revista Pesca Ecuador, Guayaquil, 1989, págs. 1-11-20.
2. PROGRAMA COOPERATIVO DE FAO/BID. Proyecto de desarrollo pesquero artesanal, FAO/BID, Guayaquil, 1977, pág. 2.
3. MARTINEZ, MONTAÑO, WOOD Y JARA. La Pesca Artesanal en el Ecuador, CEFPLACS, Quito, 1987, págs. 11-30-130.
4. MINISTERIO DE INDUSTRIAS, COMERCIO, INTEGRACION Y PESCA. Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, Guayaquil, 1976.
5. FAO/BID, PROGRAMA DE APOYO A LA INVERSION. Informe sobre el sector pesquero, 1986, pág. 4.
6. VARGAS, A. Puertos, Guayaquil, 1988, págs. 36-35.
7. RODRIGUEZ, S. Construcción Naval II, ESPOL, Guayaquil, 1979, págs. 146-147.
8. GANNBERMAN, D. y LITTLE, R. Ship Design and Construction, New York, 1969, págs. 183-192.

2. NUÑEZ, J. Apuntes sobre buques pesqueros, Madrid, 1984, pág. 19.
10. DICHER, Leyes Fortuarias y Máximas. Ecuatorianas, DICHER, Guayaquil, 1981.
11. ARCOIS, M. Revista Puertos, Guayaquil, 1987, págs. 10-26-27.
12. BONILLA DE LA CORTE, A. Teoría del Buque, A.B. Galicia, Vigo, 1972, pág. 629.
13. BUREAU VERITAS, Reglamento para la construcción y la clasificación de buques de pesca de acero, BUREAU VERITAS, París, 1976, págs. 1-3.
14. D'ARCIANGELI, A. Guía para Estructuras de Buques, Cornell Maritime Press Inc., Centerville, 1979, págs. 3-11.
15. BLEICH, F. Buckling Strength of Metal Structures, Mac Graw Hill Book Co., New York, 1952.
16. BUCKLE, W. Strength of Ships' Structures, Edward Arnold Ltd. London, Londres, 1967, págs. 1-12.
17. LECCIONES DE LA FAO, FAO, Guayaquil.
18. DOCUMENTO DE PESCA, FAO.
19. MARISCAL, C. y ORTEGA, V. Descripción de la Flota Pesquera Nacional, CEPOL, Guayaquil, pág. 14.
20. DET NORRGE VERITAS, Reglas de Clasificación y Construcción, DET NORRGE VERITAS, Oslo, 1980.

23. SINGER, J. Resistencia de Materiales, EMMO S., México D.F., 1971, págs. 152-153.