

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL
DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA DE 46 M
DE ESLORA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTADO POR :

RAUL GALDO RIVAROLA

PROMOCION 90 - I

**LIMA - PERU
2003**

CONTENIDO

PROLOGO.

1.- INTRODUCCION.

**2.- DESCRIPCION DE LA EMBARCACION Y FUNDAMENTACION
TEORICA.**

2.1.- Descripción de la embarcación.

2.2.- Fundamento teórico.

2.2.1.- Cargas en el buque.

2.2.2.- Perfil de ola.

2.2.3.- Construcción del diagrama de momentos flectores.

2.2.4.- La corrección de Smith.

3.- CALCULO DEL MODULO DE SECCION DE LA EMBARCACION.

**3.1.- Módulo de sección según regla ABS para embarcaciones
pesqueras.**

3.2.- Módulo de sección según regla de Lloyd's Register.

3.3.- Módulo de sección según regla de Germanischer Lloyd.

**4.- DESARROLLO DE LA CURVA DE DISTRIBUCION DE PESOS Y
CARGAS.**

4.1.- Curvas de pesos de aceros y sistemas.

4.2.- Curvas de cargas en tanques.

5.- DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA EL CALCULO DE FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES.

5.1.- Programa para entrada de datos.

5.1.1.- Definición de variables.

5.1.2.- Diagrama de flujo y redacción del programa.

5.2.- Programa para el cálculo de fuerzas cortantes y momentos flectores.

5.2.1.- Definición de variables.

5.2.2.- Diagrama de flujo y redacción del programa.

5.3.- Corrida del programa.

5.3.1.- Entrada de datos.

5.3.2.- Resultados de la aplicación del programa.

6.- ANALISIS DE RESULTADOS.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

PLANOS.

APENDICES.

PROLOGO

Este estudio nace del interés por conocer los niveles de seguridad con que trabajan las Sociedades Clasificadoras, en especial en lo relativo a la resistencia longitudinal para una embarcación pesquera.

Es así como en el capítulo 1 se hace una breve descripción de los antecedentes y del objetivo del trabajo.

En el capítulo 2 hacemos una descripción de la embarcación tomada como base para este estudio y damos el fundamento teórico, explicando los tipos de cargas que afectan al buque, el modelo matemático del perfil de ola, el método de construcción de los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores y una explicación del concepto de la corrección de Smith.

El capítulo 3 está dedicado al cálculo del módulo de sección mínimo requerido por las Sociedades Clasificadoras American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping y Germanischer Lloyd. También calculamos el módulo de sección real existente en la embarcación.

En el capítulo 4 se construyen las curvas de pesos y cargas actuando sobre el buque.

En el capítulo 5 se desarrolla un programa para computador escrito en lenguaje Quickbasic 4.0, el cual realiza el cálculo las fuerzas cortantes y momentos flectores que se presentan en el barco bajo las diversas condiciones de carga. El programa está dividido en dos módulos:

- 1.- Programa de entrada de datos, donde definimos las variables y presentamos el diagrama de flujo.
- 2.- Programa de cálculo de fuerzas cortantes y momentos flectores, siendo definidas las variables, siendo definidas las variables y el diagrama de flujo.

Así mismo se efectúa la entrada de datos, la corrida del programa y presentación de resultados.

El capítulo 6 está dedicado al análisis de resultados, haciendo un análisis estático y otro por fatiga.

Finalmente presentamos las conclusiones.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1.- ANTECEDENTES.

Las embarcaciones se encuentran sometidas a tensiones debido a las fuerzas generadas por el oleaje y el peso propio. Cuando la embarcación navega enfrentando el oleaje habrá momentos en que el centro del buque se encuentre en el seno de la ola y luego en una cresta y así sucesivamente. Estas situaciones son análogas a una viga (el buque) apoyada en sus extremos (crestas de ola) y a una viga apoyada en su centro (cresta).

Es así como diversos autores han ido desarrollando métodos de análisis para estas situaciones. Se han hecho análisis para diversas embarcaciones. Todos estos análisis conllevan a cálculos sumamente engorrosos, los cuales debían realizarse manualmente.

El surgimiento de las computadoras y de diversos lenguajes de programación permite desarrollar programas capaces de realizar estos cálculos.

1.2.- OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo averiguar qué factor de seguridad nos brindan las Reglas de las Compañías Clasificadoras en lo referente a la resistencia longitudinal para una embarcación pesquera, para lo cual tomaremos como modelo de análisis una embarcación pesquera de 46 metros de eslora, la que se encuentra operando actualmente en la Costa Peruana.

El cálculo de esfuerzos se realiza para la región media (0.4L dentro del centro del buque) y se basa en la relación del momento flector y el módulo de sección en dicha zona.

Para ello es necesario, en primer lugar, una descripción de la embarcación, tanto de su estructura como de las situaciones de carga a las que está sometida. Así mismo explicaremos todos los tipos de esfuerzos que se presentan en el buque, los tipos de ola que se consideran para el análisis, la metodología empleada para la construcción de los diagramas de momentos flectores y una explicación del concepto de corrección de Smith.

Para poder calcular los esfuerzos que se presentan en la sección media, debemos calcular previamente el módulo de sección mínimo requerido en la sección maestra. Este cálculo lo haremos según las reglas de tres Compañías Clasificadoras (American Bureau of

Shipping, Lloyd's Register of Shipping y Germanscher Lloyd), de tal manera que podamos comparar los valores resultantes. Así mismo calcularemos todos los elementos longitudinales de la sección maestra según regla de Germanischer Lloyd y finalmente calcularemos el módulo de sección maestra resultante real.

Será necesario desarrollar curvas que representen las cargas actuantes sobre el buque, tanto las generadas por el peso del casco y máquinas (aceros y sistemas), como las generadas por el peso de los líquidos en los tanques (cargas en los tanques).

Dado lo laborioso y tedioso que resultan los cálculos de los diagramas de momentos flectores para diferentes condiciones de oleaje, cargas y posiciones del barco, tendremos que desarrollar un programa para computador que realice los cálculos. El programa será escrito en Quickbasic y estará dividido en dos módulos: un primer módulo para la entrada de todos los datos de la embarcación y uno segundo para que realice el cálculo de valores para la construcción de los diagramas. En general el método de integración numérica empleado será el de los trapecios. Los valores de fuerzas cortantes y momentos flectores se presentarán en cuadros, así como se presentan los diagramas de momentos flectores correspondientes.

En este punto es bueno anotar que si bien existen programas en el mercado tales como el Autoship que pueden realizar cálculo de

momentos, sólo hacen el cálculo en aguas tranquilas y sin considerar cargas dinámicas como lo haremos aquí.

Finalmente analizaremos los resultados para encontrar las condiciones más críticas, realizando un cálculo del factor de seguridad referido al límite elástico y un análisis del factor de seguridad considerando los esfuerzos por fatiga.

Es necesario aclarar que el análisis realizado tiene como limitación el tamaño de la embarcación, la cual es pequeña para un análisis de este tipo. Así por ejemplo la regla de Germanischer Lloyd para embarcaciones pesqueras, pide un cálculo de momentos flectores en aguas tranquilas sólo para embarcaciones de más de 90 metros de eslora. Analizaremos esta embarcación al no disponer de información detallada de embarcaciones de mayor eslora.

Otra limitación, aunque de menor importancia, es el uso del método de los trapecios para la integración, pero lo usaremos porque simplifica el algoritmo del programa. En realidad el uso de este método no debe dar diferencias mayores al 3% respecto de otros métodos más exactos como el de Simpson.

Para cumplir nuestro objetivo analizaremos la embarcación en dos situaciones de carga:

- 1) Condición 1.- Es la condición de salida de puerto, es decir, bodegas vacías y tanques de consumibles al 100%. Esta condición es teórica, puesto que normalmente este tipo de barcos con bodegas RSW zarpan con bodegas al 25%. Sin embargo esta situación teórica es la más desfavorable cuando se analiza barco en posición de quebranto (con la cresta de la ola al centro).

- 2) Condición 2. -Es la condición de llegada a puerto, es decir, bodegas llenas y tanques vacíos. Esta condición por supuesto es teórica, ya que para dicha condición se consideran los tanques al 10%. Sin embargo esta situación, para efectos de analizar el barco en posición de arrufo (seno de ola al centro), es la más desfavorable.

Para el análisis usaremos como modelo la ola trocoidal, con una altura igual a un veinteavo de su longitud, que es lo que recomiendan diversos autores.

Consideraremos además aumentos o disminuciones del orden del 20% en los desplazamientos a partir de la posición de equilibrio, esto debido a que se trata de una embarcación de formas finas y que desarrolla velocidades de hasta 13 nudos. Así mismo consideraremos ángulos de cabeceo del orden de 5° a partir de la posición de equilibrio. Estos valores se han tomado teniendo como referencia el capítulo de Resistencia Longitudinal del libro "Cálculo de Estructura de Buques "

de Ricardo Martín Domínguez (ref. 1). Se efectuará también la corrección de Smith en los casos más desfavorables.

No está demás recordar que todas las consideraciones anteriores son teóricas, sobre todo en lo referente al comportamiento de las olas, pero nos darán una buena referencia del nivel de esfuerzos que se presentan, que es lo que aquí nos interesa.

CAPITULO 2

DESCRIPCION DE LA EMBARCACION Y FUNDAMENTACION TEORICA

2.1.- DESCRIPCION DE LA EMBARCACION.

La embarcación tomada como base para el análisis está clasificada por Germanischer Lloyd, tiene 46.5 metros de eslora total, 9.95 metros de manga moldeada y 4.88 metros de puntal moldeado. Está construída de acero naval grado A íntegramente soldado y tiene una estructura longitudinal, con cuadernas y mamparos transversales así como mamparos longitudinales adecuadamente reforzados. Posee seis bodegas con aislamiento perimetral, comprendidas entre los mamparos 7 y 17, las que son refrigeradas por un sistema RSW. El volumen de bodegas es 525 m³ y posee una capacidad total de combustible 40 m³ y 10 m³ de agua dulce. Los aparejos de pesca y la arboladura son para la pesca por cerco, por lo que lleva panga y red para dicho fin. La red húmeda pesa 26 ton.

Presenta sala de máquinas en popa, donde aloja a la unidad propulsora que es un motor CAT 3516 de 1410 BHP de potencia, lo que le permite

desarrollar una velocidad de 13 nudos en condición de zarpe. Esta unidad arrastra la bomba hidráulica de gobierno, así como las bombas hidráulicas que sirven al sistema hidráulico de pesca. La unidad CAT posee un sistema de arranque neumático y está enfriado por keel cooler.

La energía eléctrica es suministrada por dos grupos electrógenos CAT 3304B. El sistema RSW usa un compresor de amoníaco marca Vilter arrastrado por un motor CAT 3304.

El desplazamiento en liviano se obtuvo de la prueba de inclinación arrojando 446 toneladas y un centro de gravedad 4.36 metros sobre la línea base y a 18.44 metros de la cuaderna 0.

Esta embarcación es de las más grandes en su tipo que operan en nuestro litoral, es por esto que la hemos tomado como base para el análisis aunque estamos conscientes que un análisis de este tipo es mucho más crítico en embarcaciones de mayor tamaño como los buques tanque.

Para apreciar la distribución de tanques, bodegas y equipamiento en la embarcación ver el plano de Disposición General.

2.2.- FUNDAMENTACION TEORICA

El desarrollo del presente análisis es básicamente el análisis de una viga de sección variable sometida a fuerzas cortantes y momentos flectores.

Las fuerzas cortantes y momentos flectores son generados por los pesos distribuidos a lo largo del buque y por las fuerzas de empuje producidas por el oleaje.

Las dos condiciones analizadas básicamente son dos: arrufo y quebranto. Se dice que la embarcación se encuentra navegando en arrufo cuando el seno de la ola se ubica en la sección media del barco; así mismo se encuentra en quebranto cuando la cresta de la ola se ubica en la sección media.

Al encontrarse navegando el barco nunca se encontrará en equilibrio, presentando aceleración vertical y angular. Se ha observado que la embarcación puede desarrollar cabeceo de hasta 5° tanto a proa como a popa, lo que origina la aceleración angular. Así mismo el desplazamiento puede ser hasta 20% mayor o menor que el peso lo que origina la aceleración vertical.

2.2.1.- Cargas en el buque:

El buque es una viga sometida a cargas distribuidas dirigidas hacia abajo constituidas por las curvas de pesos de aceros y sistemas y la

curva de cargas (líquidos) y además por cargas distribuidas dirigidas hacia arriba constituidas por la curva de empujes.

La curva de pesos de aceros y sistemas es la superposición de la curva de aceros y la curva de sistemas. Si bien la curva de aceros puede considerarse como una curva continua a lo largo de toda la eslora, la curva de sistemas tendrá puntos de concentración y curvas por tramos, pero para simplificar nuestro análisis consideraremos una sola curva continua que será la suma de los pesos de aceros y de sistemas y que constituirá la curva de pesos de aceros y sistemas. Las curvas de cargas son curvas continuas por tramos que se deben al peso de los líquidos de los diversos tanques y bodegas, siendo utilizadas las de tanques de proa y popa para el análisis de la embarcación en condición de quebranto y las de bodegas para el análisis en condición de arrufo.

La construcción de la curva de pesos de aceros y sistemas se explicará más adelante. En cuanto a las curvas de carga, la magnitud en cada punto está dada por $C = \rho A$, donde ρ es la densidad del líquido en el tanque y A es la sección del tanque en ese punto.

La curva de empujes generada en cada punto está dada por la relación $E = \rho A$, siendo E el empuje, ρ la densidad del agua de mar y A el área sumergida en la sección del casco bajo el perfil de ola.

De esta manera obtenemos las fuerzas cortantes Q y momentos flectores M :

$$Q = \int (E-W) dx \quad 2.1.1$$

$$M = \int Q dx \quad 2.1.2$$

siendo W la suma de cargas dirigidas hacia abajo incluida la de pesos de aceros y sistemas.

2.2.2.- El perfil de ola:

Como ya dijimos anteriormente usaremos la ola trocoidal. Para graficarla usaremos el sistema coordenado cuyo origen coincide con la sección media (cuaderna 12) del buque. Esto está ilustrado en la figura 1:

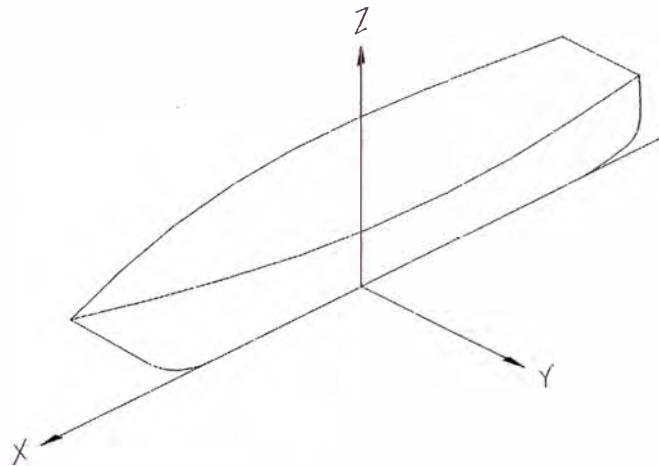


FIGURA 1
SISTEMA COORDENADO

La ola trocoidal tiene como ecuación paramétrica la siguiente:

$$X' = L \theta / 2\pi - (A \operatorname{sen} \theta) / 2 + C \quad 2.2.1$$

$$Z' = A (\cos \theta - 1) / 2 \quad 2.2.2$$

siendo:

L = longitud de ola

A = altura de ola, siendo el parámetro de la curva.

C = L / 2 ó 0, para condición arrufo ó quebranto respectivamente

(ver figura 2):

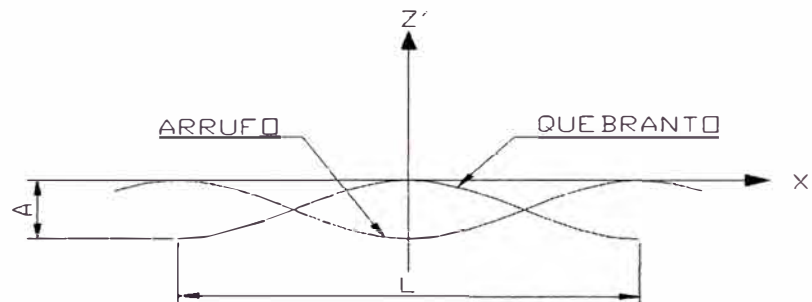


FIGURA 2
OLA TROCOIDAL

Como ya se indicó anteriormente el barco presenta ángulos de cabeceo de hasta 5° , por lo que consideraremos para el desarrollo del programa que lo que gira es la ola alrededor del punto (0, 0).

Si el sistema $X'Z'$ es el que gira con la ola y el sistema XZ es el fijo al barco, estas coordenadas estarán relacionadas por:

$$X = X' \cos \alpha - Z' \sin \alpha \quad 2.2.3$$

$$Z = X' \sin \alpha + Z' \cos \alpha \quad 2.2.4$$

siendo α el ángulo de cabeceo. (ver figura 3).

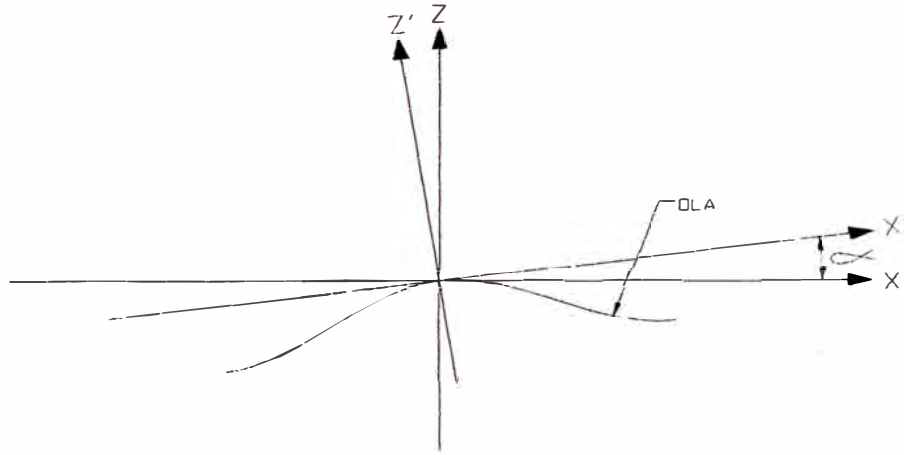


FIGURA 3
OLA TROCoidal

Reemplazando 2.2.1 y 2.2.2 en 2.2.3 y despejando θ :

$$\theta = (X / \cos \alpha + (A (\cos \alpha - 1) \tan \alpha) / 2 + A \sin \theta / 2 - C) 2 \pi / L$$

De esta manera podemos evaluar θ por iteración para una posición X determinada (posición de cuaderna), ya que α , A , L y C son conocidos. Con θ conocido evaluamos X' y Z' con las ecuaciones 2.2.1 y 2.2.2 respectivamente y luego Z con 2.2.4. Así obtenemos el perfil de ola cuando esta gira. Bastará subir la ola una cantidad determinada para obtener la posición final de la ola.

2.2.3.- Construcción del diagrama de momentos flectores:

La evaluación de fuerzas cortantes y momentos flectores se realiza mediante las ecuaciones 2.1.1 y 2.1.2 respectivamente.

Sin embargo, como ya dijimos anteriormente, se pueden presentar aumentos o disminuciones de los desplazamientos de hasta un 20%, con lo que la embarcación no está en equilibrio, presentando una aceleración vertical en el centro de gravedad y una aceleración angular. Esto último conlleva a que al construirse el diagrama de fuerzas cortantes este no se anule en la perpendicular de proa. El exceso de empuje origina unas fuerzas de aceleración que en cada punto son proporcionales a la masa por unidad por longitud que deberían haberse sumado en cada punto a las ordenadas de la curva de pesos antes de determinar los esfuerzos cortantes. Alexander resuelve este problema (ver "Cálculo de Estructuras de Buques" de Ricardo Martín Domínguez páginas 357-358 (ref. 1)) determinando primero la curva integral D' , de la diferencia de la curva de pesos G y la curva real de empujes O' . Luego determina la primera integral de la curva de pesos (curva I) y deforma la curva D' de la siguiente manera:

$$D'(x)_{\text{ corregido}} = D'' = D'(x) - I(x) (D'_{\text{proa}} / I_{\text{proa}})$$

Esto puede observarse en la figura 4.

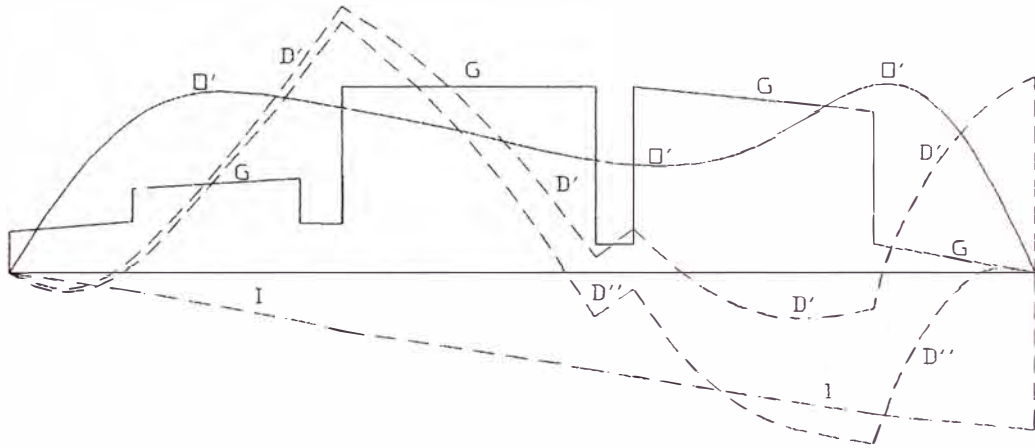


FIGURA 4
CONSTRUCCION DE DIAGRAMAS DE FUERZAS CORTANTES

Después efectuamos la integración de la curva D' corregida, obteniendo el diagrama de momentos flectores M' . Este diagrama no se cerrará en proa si hubiese cabeceo o sea aceleración angular.

Alexander corrige esto calculando primero la segunda integral de la curva de pesos (curva l') y luego:

$$M'(x)_{\text{corregido}} = M'(x) - l'(x) (M'_{\text{proa}} / l'_{\text{proa}})$$

Con esto finaliza el cálculo de diagramas (no se muestra en la fig. 4).

2.2.4.- La corrección de Smith:

Anteriormente dijimos que el empuje en cada punto es $E = \rho A$, donde A = área sumergida y ρ es densidad del agua de mar. Esto no es

estrictamente cierto cuando analizamos la embarcación sobre el oleaje porque en la ola no se cumple presión = $\rho \times$ profundidad. La ola presenta bajo su superficie curvas isobaras que son también trocoides, cuya altura va decreciendo con la profundidad, por lo que en diferentes puntos bajo la ola a igual distancia de la superficie no encontramos la misma presión.

Este problema lo solucionamos con el concepto de área efectivamente sumergida A' , que proviene de corregir el área sumergida A , para luego calcular el empuje real E .

Tenemos en consecuencia:

$$A' / A = K + 0.4 pC / L$$

donde:

p = profundidad de inmersión

L = longitud de ola

K y C = coeficientes que dependen de la relación altura de ola / longitud y de la posición a lo largo de ola (ver "Basic Ship Theory" página 203 (ref. 2)).

Nosotros consideraremos una relación altura / longitud = 0.05, obteniendo del gráfico:

Estación	0 seno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 cresta
C	1.172	1.116	1.023	0.837	0.614	0.316	0.000	-0.326	-0.605	-0.781	-0.856
K	1.163	1.144	1.130	1.102	1.065	1.019	0.972	0.926	0.879	0.856	0.842

Por tratarse de posiciones igualmente espaciadas los valores intermedios los obtendremos por interpolación (ver figura 5).

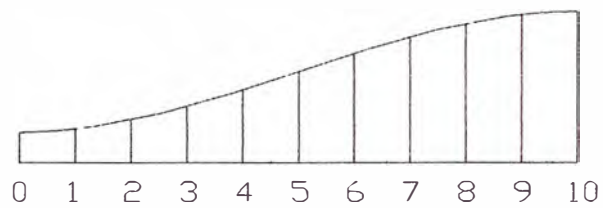


FIGURA 5

ESTACIONES PARA INTERPOLAR

CAPITULO 3

CALCULO DEL MODULO DE SECCION DE LA EMBARCACION

En este capítulo calcularemos el módulo de sección mínimo requerido en la zona central según las Sociedades Clasificadoras American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping y Germanischer Lloyd. Así mismo cuando calculemos el módulo de sección según Germanischer Lloyd calcularemos también todos los elementos longitudinales de esa sección así como también el módulo real con el que trabaja dicha embarcación.

En este punto anotaremos que la embarcación tiene en su condición de máxima carga un coeficiente de bloque $C_b = 0.58$ y una eslora entre perpendiculares $L_{pp} = 41$ metros, que será igual a L para todo el capítulo.

3.1.- Módulo según regla ABS para embarcaciones pesqueras:

ABS propone la fórmula para el módulo de sección mínimo dentro de $0.4 L$:

$$SM = f B (C_b + 0.5)$$

donde:

$$f = 132.8 \text{ de tabla (ver apéndice 1).}$$

$$B = \text{manga} = 9.95 \text{ m.}$$

C_b = coeficiente de bloque que no debe tomarse menor que 0.60

Operando:

$$SM = 132.8 \times 9.95 \times (0.60 + 0.50)$$

$$SM = 1453.5 \text{ m-cm}^2 = 145350 \text{ cm}^3$$

3.2.- Módulo de sección según regla de Lloyd's Register:

Lloyd's propone la formula:

$$Z_{\min} = f k_L C_1 L^2 B (C_b + 0.7) \times 10^{-6} \text{ cm}^3$$

donde:

f = factor de servicio = 1.0 para mar abierto (ver apéndice 2).

k_L = factor que depende del material. Al utilizarse acero naval grado A

lo tomaremos igual a 1.0

C_1 = de tabla para $L < 90 \text{ m.} = 0.0412 L + 4.0 = 5.6892$

Operando:

$$Z_{\min} = 1.0 \times 1.0 \times 5.6892 \times 41^2 \times 9.95 \times (0.6 + 0.7) \times 10^{-6}$$

$$Z_{\min} = 123705 \text{ cm}^3$$

3.3.- Módulo de sección según regla de Germanischer Lloyd:

Las Reglas de Germanischer Lloyd se presentan en el apéndice 3.

Germanischer Lloyd propone la fórmula:

$$W_{\min} = k C L^2 B (C_b + 0.7) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

donde:

$$k = \text{factor de material} = 1.0$$

$$C = L / 25 + 4.1 = 41 / 25 + 4.1 = 5.74$$

Operando:

$$W_{\min} = 1.0 \times 5.74 \times 41^2 \times 9.95 \times (0.6 + 0.7) \times 10^{-6}$$

$$W_{\min} = 124809 \text{ cm}^3$$

Aquí calcularemos los elementos longitudinales en la sección media.

(ver las Reglas en el apéndice).

Para ello es necesario definir las cargas de proyecto:

$$p_0 = 10.5 \text{ c,}$$

$$c_0 = L/25 + 4.1 = 5.74$$

$$n = 8.0 - 0.05 L = 5.95$$

$$c_1 = c_0 / n = 0.965$$

$$p_0 = 10.13 \text{ KN / m}^2$$

Las cargas sobre la cubierta de intemperie:

$$p_D = p_0 (10T / (10 + z-T)) C_a$$

donde:

$$T = \text{calado} = 4.35 \text{ m.}$$

z = distancia entre el centro de carga y la línea base

$$z = 4.90 \text{ m.}$$

$$H = \text{puntal} = 4.88 \text{ m.}$$

$$C_a = \text{factor de tabla} = 1.0$$

Operando:

$$p_D = 10.13 \times (10 \times 4.35 / (10 + 4.90 - 4.35)) \times 1.0$$

$$p_D = 8.56 \text{ KN / m}^2$$

Las cargas sobre los costados:

Para elementos cuyo centro de carga esté por debajo de la línea de flotación el mayor valor de:

$$p_s = 10(T - z) + p_0(0.5 - z / 2T + b)$$

$$p_s = p_0(1 + b)k \quad (\text{KN / m}^2)$$

donde:

$$b = 0 \text{ en el centro del buque}$$

$$z = 3.2 \text{ m.}$$

Evaluando:

$$p_s = 10 \times (4.35 - 3.20) + 10.13 \times (0.5 - 3.20 / (2 \times 4.35) + 0)$$

$$p_s = 12.83 \text{ KN / m}^2 \quad \text{ó}$$

$$p_s = 10.13 \times (1 + 0) \times 1.0 = 10.13 \text{ KN / m}^2$$

Entonces:

$$p_s = 12.83 \text{ KN / m}^2$$

Las cargas que actúan en el fondo del buque:

$$p_B = 10T + p_0 (0.5 + b)$$

$$p_B = 10 \times 4.35 + 10.13 \times (0.5 + 0)$$

$$p_B = 48.57 \text{ KN / m}^2$$

Con esto podemos calcular la plancha del fondo:

$$t = n_1 a \sqrt{p_B k} + t_k \quad (\text{mm})$$

donde:

$$n_1 = 1.6 \text{ (estructura longitudinal)}$$

$$a = 0.5 \text{ (clara entre cuadernas)}$$

$$k = 1.0 \text{ (factor de material)}$$

$$t_k = 1.5 \text{ mm. (adicional por corrosión)}$$

Operando:

$$t = 1.6 \times 0.5 \sqrt{48.57 \times 1.0} + 1.5$$

$$t = 7.08 \text{ mm.}$$

tomaremos $t = 5 / 16''$ (ídem para la traca de pantoque)

Las planchas de costado serán:

$$t = n_2 a \sqrt{T k} + t_k + 0.5 \quad (\text{mm})$$

$$n_2 = 4.8 \text{ (estructura longitudinal)}$$

Operando:

$$t = 4.8 \times 0.5 \sqrt{4.35 \times 1.0} + 1.5 + 0.5$$

$$t = 7 \text{ mm.}$$

tomaremos $t = 5 / 16''$

El espesor de la plancha de cubierta no será menor que:

$$t = (5.5 + 0.02L) \sqrt{k} \quad (\text{mm})$$

donde L no será inferior a 50 m:

$$t = (5.5 + 0.02 \times 50) \sqrt{1}$$

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

tomaremos $t = 5 / 16''$

En lo referente a la quilla la altura no será inferior a:

$$h = 350 + 45B \quad (\text{mm})$$

$$h_{\min} = 600 \text{ mm.}$$

Como existen mamparos longitudinales tomaremos $B = 2.82 \text{ m.}$

$$h = 477 \text{ mm.}$$

tomaremos $h = 975 \text{ mm.}$ con un espesor de $\frac{3}{4}''$

Para las vagras o intercostales el espesor del alma no será inferior a:

$$t = 0.04L + 5.0 \quad (\text{mm})$$

$$t = 6.64 \text{ mm.}$$

El área de la platabanda no será inferior a:

$$f = 0.2L + 6.0 \quad (\text{cm}^2)$$

$$f = 14.2 \text{ cm}^2$$

Por esto tomaremos como vagra una viga angular $300 \times 100 \times 5 / 16''$.

Para las cuadernas longitudinales tendremos como módulo de sección:

$$W = k 0.8 a l^2 p \quad (\text{cm}^3)$$

siendo:

$$a = \text{espaciado entre longitudinales} = 0.5 \text{ m.}$$

$$l = \text{luz entre cuadernas transversales} = 2.0 \text{ m.}$$

$$p = p_B \text{ para el fondo o sea}$$

$$W = 1.0 \times 0.8 \times 0.5 \times 2^2 \times 48.57$$

$$W = 77.7 \text{ cm}^3$$

La longitudinal va asociada a al plancha de fondo (5/16"). En consecuencia tomaremos como longitudinal platina de 140 x 3/8" (el módulo real con plancha asociada es 76 cm³).

Para longitudinales de costado:

$$p = p_S = 12.83 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$W = 1.0 \times 0.8 \times 0.5 \times 2^2 \times 12.83$$

$$W = 20.53 \text{ cm}^3$$

Tomaremos platinas de 120 x 1/2" y 100 x 3/8" (módulo real 59.8 y 32.6 cm³ respectivamente).

Para longitudinales de cubierta:

$$p = p_D = 8.56 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$W = 1.0 \times 0.8 \times 0.5 \times 2^2 \times 8.56$$

$$W = 13.70 \text{ cm}^3$$

Tomaremos platinas de 80 x 5/16" (módulo real 21.6 cm³)

Los mamparos longitudinales son de plancha de 5/16".

El plano de Sección Maestra muestra la disposición final (ver planos).

Ahora podemos calcular el módulo de sección de la sección maestra.

Para el cálculo intervienen los elementos continuos longitudinales dentro 0.4L en el centro del buque y que disminuyen gradualmente más allá de estos límites.

Hacemos el cálculo de manera tabulada según la tabla mostrada en la siguiente página, lo que arroja un módulo de 420238 cm³, mientras el módulo mínimo requerido es 143350, 123705 y 124809 cm³, según las tres sociedades clasificadoras. Vemos que existe una gran diferencia entre el mínimo requerido y el valor real. Esto se debe en parte a la inclusión de elementos sobredimensionados como la quilla, los intercostales y las planchas del quillote. Los mamparos longitudinales son también un importante aporte al módulo de sección. Si prescindimos de los mamparos longitudinales, del quillote, de la zapata e intercostal de quilla el módulo baja a 331000 cm³.

CALCULO DEL MODULO DE SECCIÓN EN LA CUADERNA

12

NOMBRE	Ai (cm ²)	yi (cm)	li (cm ⁴)	Ai x yi	Ai x (y-yi) ²
zapata	50.80	-43.00	27.31	-2184.40	3564199.85
quilla	137.16	-2.80	59253.12	-384.05	6923988.01
intercostal quilla	38.10	31.00	11.52	1181.10	1388180.14
quillote	86.36	-8.00	29600.00	-690.88	4563678.17
planchaje 3/8"	304.80	17.00	31000.00	5181.60	12794228.23
planchaje 5/16" (*)	438.15	63.00	132000.00	27603.45	11060156.66
planchaje 5/16" (**)	95.25	114.00	14290.00	10858.50	1108528.49
planchaje costado 5/16"	581.03	316.00	6420000.00	183605.48	5147097.48
cubierta	466.73	504.00	20000.00	235231.92	37147831.53
mamparos longitudinales	762.00	271.00	14630000.00	206502.00	1838534.09
longitudinales 1	26.27	18.00	416.00	472.86	1091966.52
longitudinales 2	26.27	28.00	416.00	735.56	987474.97
longitudinales 3	26.27	49.00	416.00	1287.23	785144.48
longitudinales 4	26.27	60.00	416.00	1576.20	688408.88
longitudinales 5	26.27	80.00	416.00	2101.60	528813.38
longitudinales 6	26.27	90.00	416.00	2364.30	456896.62
longitudinales 7	26.27	96.00	416.00	2521.92	416268.49
longitudinales 8	26.27	117.00	218.00	3073.59	288965.12
longitudinales 9	30.48	150.00	4.10	4572.00	157482.06
longitudinales 10	30.48	198.00	4.10	6035.04	17381.35
longitudinales 11	30.48	249.00	4.10	7589.52	22417.87
longitudinales 12	30.48	298.00	4.10	9083.04	176608.87
longitudinales 13	19.05	346.00	1.44	6591.30	293480.00
longitudinales 14	19.05	396.00	1.44	7543.80	577553.60
longitudinales 15	19.05	446.00	1.44	8496.30	956877.20
longitudinales 16	12.70	494.00	67.73	6273.80	940426.04
longitudinales 17	12.70	496.00	67.73	6299.20	954300.53
longitudinales 18	12.70	499.00	67.73	6337.30	975302.78
longitudinales 19	12.70	501.00	67.73	6362.70	989431.27
longitudinales 20	12.70	503.00	67.73	6388.10	1003661.37
longitudinales 21	12.70	504.00	67.73	6400.80	1010814.52
intercostal de fondo	47.63	78.00	3571.88	3715.14	986010.27
intercostal de fondo	15.88	93.00	0.83	1476.84	263767.66
TOTALES	3489.32	221.88	21343311.77	774202.86	100105876.54

$$I = 21343312 + 100105877 = 1211449189 \text{ cm}^4$$

$$y^+ = 289 \text{ cm.}$$

$$y^- = 265 \text{ cm.}$$

$$Z = 1211449189 / 289 = 420238 \text{ cm}^3$$

CAPITULO 4

DESARROLLO DE LA CURVA DE DISTRIBUCION DE CARGAS

4.1.- Curvas de pesos de aceros y sistemas:

El peso de la embarcación en liviano, es decir, peso del casco (aceros) más peso del equipamiento (sistemas) puede presentarse como una curva de carga distribuida.

La curva de pesos de aceros puede presentarse como una curva continua a lo largo de eslora, pese a que se presentan zonas de concentración de pesos como el castillo de proa con caseta y puente de mando.

La curva de pesos de sistemas es necesariamente una curva discontinua con diversas zonas de concentración.

Para realizar nuestro análisis consideraremos una sola curva continua, que incluirá pesos de aceros y sistemas. Esto se debe a que no disponemos de una distribución detallada de pesos, sólo del peso en liviano con su centro de gravedad, indicados en el capítulo 2.1.

Para la construcción de curvas de pesos existen diversos métodos sugeridos por los autores. Nosotros consideraremos una curva continua desarrollada para una embarcación de formas finas (ver ref. 2).

El método se explica en el gráfico "Curva de pesos de aceros y sistemas", donde:

$$W = \text{peso de la embarcación} = 472.06 \text{ ton}$$

$$L = \text{eslora} = 46.56 \text{ m.}$$

$$b = 3W / 4L = 7604 \text{ Kg / m.}$$

$$x_g = 2.44 \text{ m. (centro de gravedad respecto a la sección media).}$$

Así mismo para construir la parábola de amarillo tenemos la flecha b , que de acuerdo a las escalas indicadas, nos permite desarrollar la ecuación mostrada en el gráfico. Después construimos la curva celeste con el método explicado en el gráfico. De esta manera obtenemos la curva de pesos de aceros y sistemas.

4.2.- Curvas de cargas en tanques:

Las curvas de cargas se presentan en los tanques, cuyas ordenadas son:

$$C = \rho A$$

donde:

$$\rho = \text{densidad del líquido en el tanque}$$

$$A = \text{área seccional del tanque en el punto considerado}$$

Para calcular las áreas seccionales construimos el gráfico "Vista de secciones para el programa", basándonos en el Plano de Líneas.

Para el caso de tanques de combustible consideraremos

$\rho = 850 \text{ Kg / m}^3$ y un factor correctivo por refuerzos de 0.98 dándonos:

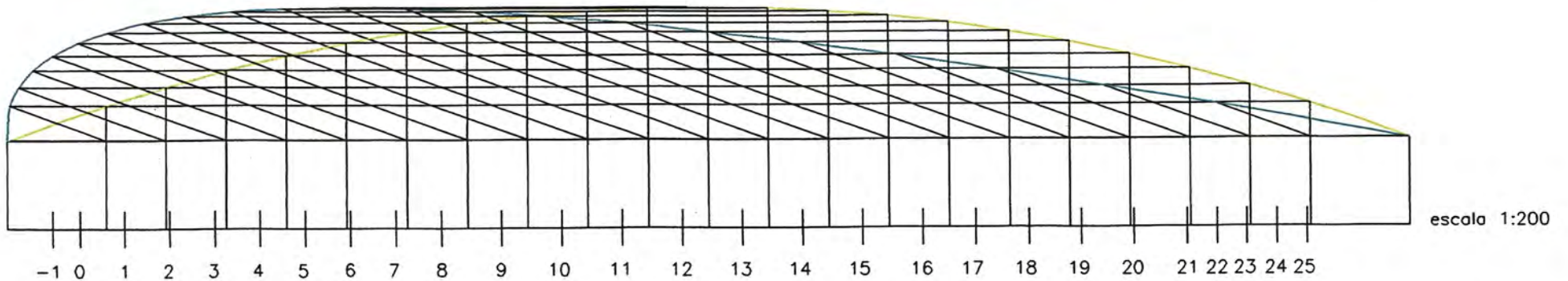
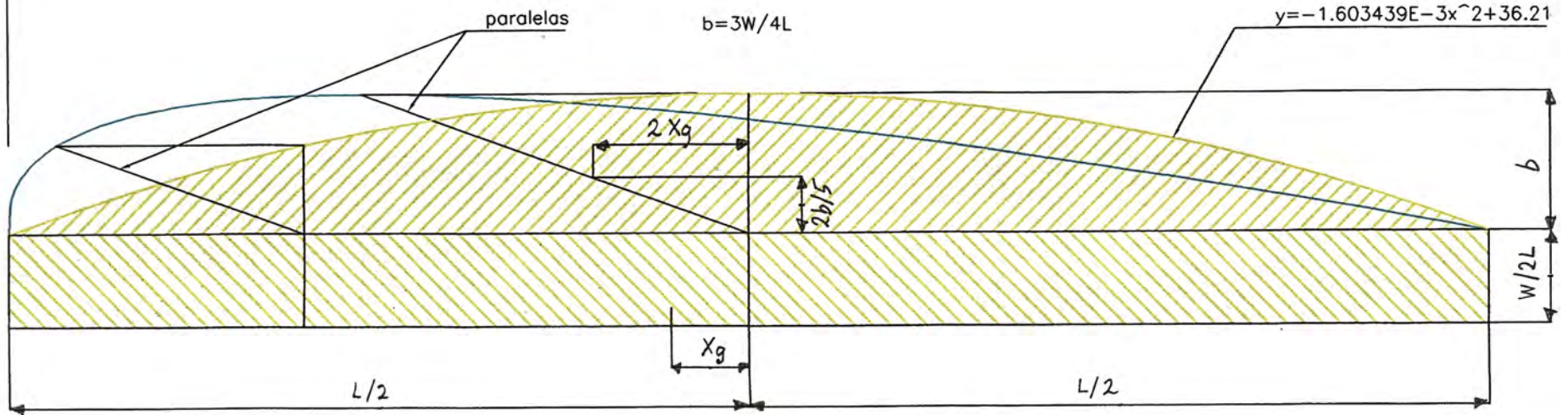
$$\rho = 850 \times 0.98 = 833 \text{ Kg / m}^3.$$

Para el caso de bodegas consideramos un $\rho = 1000 \text{ Kg / m}^3$ para la mezcla de agua de mar y pescado y un factor correctivo de 0.82 al descontarse 18% del volumen por aislamiento.

Para el caso de tanques de agua dulce tomamos $\rho = 1000 \text{ Kg / m}^3$ y un factor correctivo por refuerzos de 0.98. De esta manera calculamos las ordenadas de las curvas de cargas.

Los resultados se presentan en el gráfico "Curva de pesos y cargas".

escala 1mm=350 Kg/m



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO

"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."

CURVA DE PESOS DE ACEROS Y SISTEMAS

Dibujado: Raúl Galdo R.

Diseñado: Raúl Galdo R.

Fecha : 10.10.99

CAPITULO 5

DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA EL CÁLCULO DE FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES

El programa estará escrito en lenguaje Quickbasic 4.2 y constará de dos módulos: un primer módulo para el ingreso de datos y almacenamiento en un fichero secuencial y un segundo módulo para el cálculo de fuerzas cortantes y momentos flectores, que leerá los datos del fichero anteriormente formado.

En general el método de integración numérica empleado será el método de los trapecios. El sistema coordenado empleado será el descrito en la figura 1 del capítulo 2.

5.1.- Programa para entrada de datos:

5.1.1.- Definición de variables:

Se definen las variables:

K = número de cuadernas

N(I) = número de puntos en la i-ésima cuaderna.

$X(I)$ =coordenada longitudinal de la i-ésima cuaderna .

$G(I)$ =componente de la curva de pesos de aceros en la i-ésima cuaderna.

$Y(I,J)$ =i-ésima coordenada en la j-ésima cuaderna.

$Z (I,J)$ =i-ésima coordenada en la j-ésima cuaderna.

$C1(I)$ =componente de carga en condición 1 en la i-ésima cuaderna.

$C2(I)$ =componente de carga en condición 2 en la i-ésima cuaderna.

$A\$$ =nombre de la embarcación.

L = eslora

B =manga

D =puntal

El programa pide primero todas las variables a excepción de $C1$ y $C2$, y luego presenta una pantalla gráfica donde muestra una vista de secciones para detectar posibles errores al ingresar los puntos para su posterior corrección si fuese necesario. Obsérvese que el ingreso de puntos empieza en crujía en la parte inferior va ascendiendo y termina en la intersección de crujía con cubierta, efectuándose el ingreso de popa a proa. Inmediatamente después pide los valores de $C1$ y $C2$. Luego pasa a formar el archivo secuencial con el nombre de $A\$$.

Un factor importante de resaltar es la existencia de cuadernas que ocupan una misma posición lo largo de la eslora y sin embargo se hace una distinción al momento de ingresarlas como datos, lo que se puede apreciar en el Plano de Líneas de Forma (señaladas con números

azules, ver Planos). Esto se debe a que si bien físicamente son la misma cuaderna, existen saltos en las curvas de cargas que llevan a este artificio matemático, dándoles los mismos puntos pero diferentes C1 ó C2.

5.1.2.- Diagrama de flujo y redacción del programa:

En las siguientes páginas se muestra la redacción del programa y el diagrama de flujo.

La redacción del programa se ha realizado respetando la correcta sintaxis mediante un proceso de depuración y seguimiento de valores de las variables que lo conforman. Este procedimiento se ha visto facilitado por las características del lenguaje Quickbasic.

```

CLS: PRINT: "*****PROGRAMA DE ENTRADA DE DATOS*****"
PRINT: PRINT
DIM N(30), X(30), G(30), Y(30,30), Z(30), C1(30), C2(30)
INPUT "NOMBRE DE LA EMBARCACION="; A$
INPUT "ESLORA="; L
INPUT "MANGA="; B
INPUT "PUNTAL="; D
INPUT "NUMERO DE CUADERNAS="; K
FOR J = 1 TO K
PRINT "NUMERO DE PUNTOS EN LA CUADERNA "; J ; "=" :: INPUT N(J)
PRINT "X("; J; ") ="; : INPUT X(J) : PRINT "PESO ("; J; ") ="; : INPUT G(J)
  FOR I = 1 TO N(J)
    PRINT "Y("; I; ") ="; : INPUT Y(I,J) : LOCATE , 20 : PRINT "Z("; I; ") ="; : INPUT Z(I,J)
  NEXT I
NEXT J
PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR" : X$ = INPUT$(1)
5 CLS: SCREEN 1,0 '320X200
COLOR 9,1 'fondo azul claro, paleta 1
LINE (15,179) - (304,179), 1
LINE (160,193) - (160,15), 1 'dibujando ejes cian
max = 0
FOR J = 1 TO K
  IF Z(N(J),J) > max THEN
    max = Z(N(J),J)
  END IF
NEXT J
FEY = 164 / max : FEX = 4 * FEY / 3 'definiendo escalas
FOR J = 1 TO K
Y = INT (Z(I,J) * FEY) : PSET (160,179-Y), 3 'punto inicial de blanco
  FOR I = 2 TO N(J)
    X = INT (Y(I,J) * FEX) : Y = INT (Z(I,J) * FEY) : Y1=179-Y
    IF X(J)<=0 THEN X1=160-X ELSE X1=160 + X
    LINE -(X1,Y1), 3
  NEXT I
NEXT J
PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR": X$ =INPUT$(1): CLS
SCREEN 0, 0: WIDTH 80
10 INPUT "DESEA CORREGIR (S/N) "; B$
IF B$="-N" THEN 20
IF B$="S" THEN
INPUT "CUADERNA #"; C
FOR I= 1 TO N(C)
PRINT "Y("; I; ") ="; : INPUT Y(I,C) : LOCATE, 20 : PRINT "Z("; I; ") ="; : INPUT Z(I,C)
NEXT I
PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR": X$ = INPUT$(1)
GOTO 10
ELSE GOTO 10
END IF
20 CLS
PRINT: PRINT "****CARGAS POR CUADERNA****": PRINT
FOR J = 1 TO K
PRINT "CARGA 1 EN CUADERNA "; J; : INPUT C1(J)
PRINT "CARGA 2 EN CUADERNA "; J; : INPUT C2(J)
PRINT
NEXT J

```

```
OPEN A$ FOR OUTPUT AS # 1
FOR J = 1 TO K
WRITE #1, N(J), X(J), G(J), C1(J), C2(J)
  FOR I= 1 TO N(J)
  WRITE # 1, Y(I,J) , Z(I,J)
  NEXT I
NEXT J
CLOSE #1
END
```


****PROGRAMA DE ENTRADA DE DATOS****

Definición de variables:

K=número de cuadernas

N(I)=número de puntos en la i-ésima cuaderna.

X(I)=coordenada longitudinal en la i-ésima cuaderna.

G(I)=componente de la curva de pesos de aceros en la i-ésima cuaderna.

Y(I,J)=i-ésima coordenada Y de la j-ésima cuaderna.

Z(I,J)=i-ésima coordenada Z de la j-ésima cuaderna.

C1(I)=componente de carga en condicion 1 en la i-ésima cuaderna.

C2(I)=componente de carga en condicion 2 en la i-ésima cuaderna.

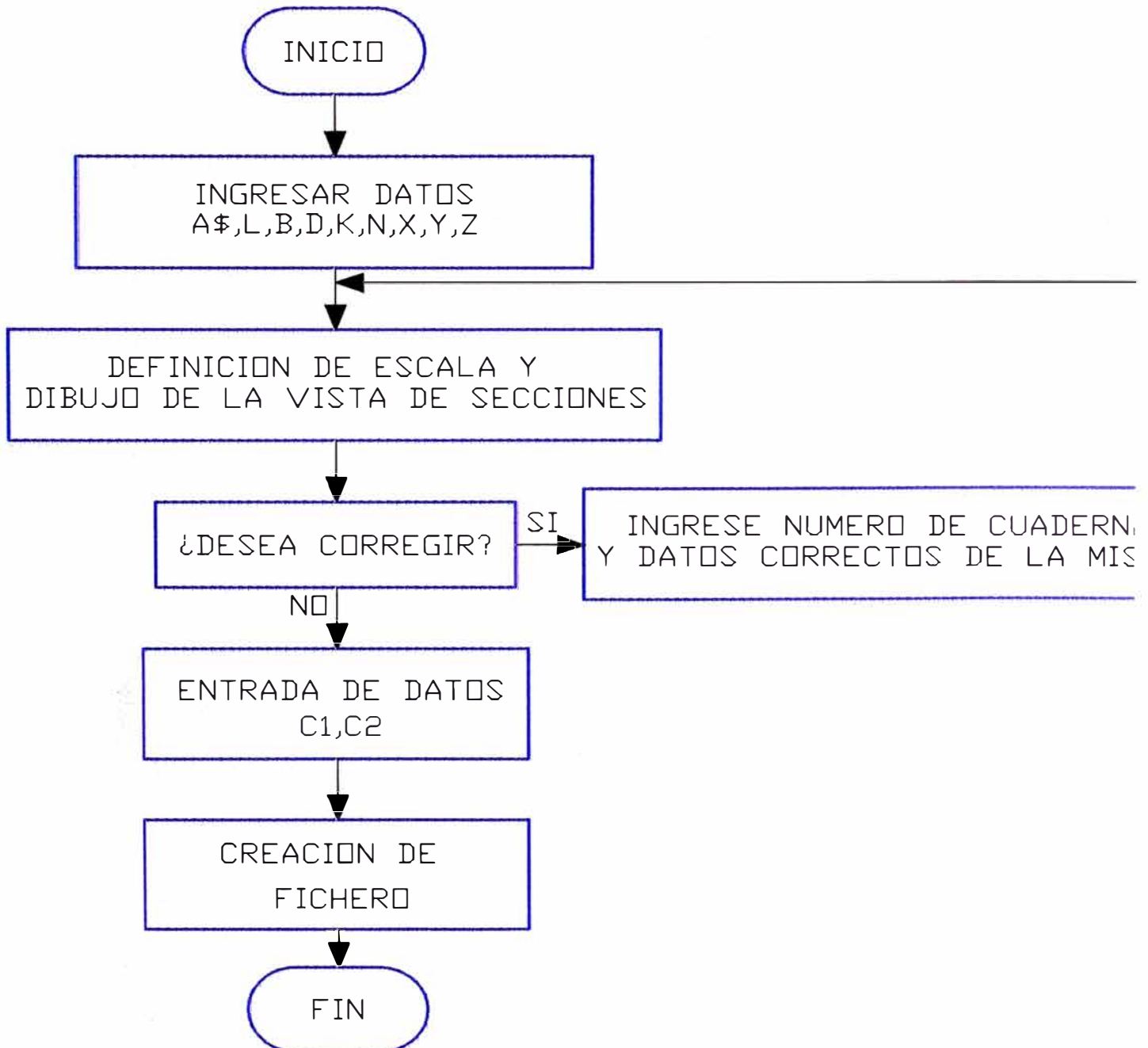
A\$=nombre de la embarcación

L=eslora

B=manga

D=puntal

DIAGRAMA DE FLUJO



5.2.- Programa para el cálculo de fuerzas cortantes y momentos

flectores:

5.2.1.- Definición de variables:

Se usan las variables antes definidas : A , $L_1 = L$, B , D , K , $N(I)$, $X(I)$, $Y(I,J)$, $Z(I,J)$, $G(I)$, $C_1(I)$, $C_2(I)$.

Se definen las variables:

$P_1(I)$ = peso total por metro en condición 1 en la i -ésima cuaderna.

$P_2(I)$ = peso total por metro en condición 2 en la i -ésima cuaderna.

W_1 = peso total de la embarcación en la condición 1.

W_2 = peso total de la embarcación en la condición 2.

XG_1 = centro de gravedad de la embarcación en la condición 1.

XG_2 = centro de gravedad de la embarcación en la condición 2.

L = longitud de ola.

A = altura de ola.

$P(I)$ = $P_1(I)$ ó $P_2(I)$ según condición de carga considerada.

$H(J)$ = coordenada Z del perfil de ola en la j -ésima cuaderna al colocar la ola por debajo de la línea base y tangente a esta.

$A(J)$ = área sumergida en la j -ésima cuaderna .

W = W_1 ó W_2 según condición analizada.

XG = XG_1 ó XG_2 según condición analizada.

V = volumen de carena.

TG = momento del empuje respecto al centro de gravedad.

IG = momento de inercia del barco respecto al centro de gravedad.

CC = centro de carena.

C(S) = factor C en s-ésima estación (0 al 10) leído de tabla.

K(S) = factor K en s-ésima estación (0 al 10) leído de tabla.

CR(J) = factor C interpolado para j -ésima cuaderna.

KR(J) = factor K interpolado para j-ésima cuaderna.

FC(J) = fuerza cortante en la j -ésima cuaderna.

MASA(J) = masa desde popa hasta j-ésima cuaderna = $\int p(x)dx =$

masa(x).

MOMA(J) = momento de masa desde popa hasta j -ésima cuaderna =

$\int \text{masa}(x) dx$

MF(J) = momento flector en la j-ésima cuaderna.

El programa empieza con la definición de variables dimensionadas y luego el ingreso de datos provenientes de archivo secuencial antes formado por el programa de entrada de datos. A continuación pregunta si se imprimen los datos ingresados.

Posteriormente el programa calcula el peso de la embarcación y su centro de gravedad para la condición de carga 1 y 2 (W1 con XG1 y W2 con XG2 respectivamente). Luego pide la longitud de ola L y la altura de ola A, así como la condición de carga (1 ó 2). Pregunta a continuación si el cálculo se hará para arrufo o quebranto y el ángulo de cabeceo.

Con estos datos ya se puede definir el perfil de ola a través de la subrutina OLA, que usa los criterios expuestos en el fundamento teórico, dándole además un calado obtenemos la posición final de la ola. De esta manera podemos calcular las áreas sumergidas mediante la subrutina AREAS.

La subrutina AREAS divide la sección en trapecios cuyos lados son las abscisas de puntos contiguos y donde la altura es la diferencia entre las ordenadas de dichos puntos.

El algoritmo de la subrutina averigua si la ordenada del punto considerado es mayor que la línea de agua, en cuyo caso termina el cálculo. Luego averigua si la ordenada del punto y del siguiente son iguales, en este caso el área de este trapecio es nula. A continuación ve si la línea de agua está entre el punto considerado y el siguiente, y si es cierto halla la intersección de la línea que une ambos puntos con la línea de agua, calculando el área del trapecio resultante. Finalmente considera el caso en que la línea de agua está por encima del trapecio, calculando el área del trapecio completo. Todas las áreas calculadas se van acumulando en la variable AREA que al final tendrá el valor del área sumergida.

Se presenta ahora la corrección de SMITH. Esta subrutina está desarrollada para una relación altura de ola / longitud igual a 0.05. Lo

que hace el algoritmo es interpolar los valores de K y C, obteniendo los valores corregidos KR y CR para así evaluar el área corregida.

Con estos resultados el programa evalúa el volumen de carena V, el momento de empuje respecto al centro de gravedad TG, el momento de inercia del barco respecto al centro de gravedad IG, el centro de carena CC, la aceleración vertical del centro de gravedad y la aceleración angular del barco. Con estos valores se puede decidir si calculamos las fuerzas cortantes y los momentos flectores. Si deseamos modificar los valores de calado, ángulo de cabeceo o condición de carga lo podemos hacer a través del menú presentado.

El cálculo de fuerzas cortantes y momentos flectores se realiza de acuerdo a los criterios expuestos en el capítulo 2. También presenta una pantalla gráfica mostrando el diagrama de momentos flectores y pregunta luego si se imprimen los resultados.

5.2.2.- Diagrama de flujo y redacción del programa:

En las páginas siguientes se muestra la redacción del programa y el diagrama de flujo.

```

CLS : PRINT "*****PROGRAMA DE CALCULO DE MOMENTOS FLECTORES*****"
PRINT : PRINT
DIM N(30), X(30), G(30), Y(30,30), Z(30,30), C1(30), C2(30), H(30), C(10), K(10)
DIM A(30), FC(30), MASA(30), MF(30), MOMA(30), P1(30), P2(30), P(30), CR(30), KR(30)
INPUT "NOMBRE DE ARCHIVO =" ; B$
OPEN B$ FOR OUTPUT AS # 1
INPUT # 1, A$, L1, B, D, K
FOR J = 1 TO K
    INPUT # 1, N(J), X(J), G(J), C1(J), C2(J)
    FOR I =1 TO N(J)
        INPUT # 1, Y(I,J), Z(I,J)
    NEXT I
NEXT J
CLOSE #1
INPUT "DESEA IMPRIMIR DATOS (S/N)" ; C$
IF C$ = "S" THEN
PRINT "PREPARE IMPRESORA" : PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
X$ = INPUT$(1) : LPRINT TAB(28); " ***EMBARCACION "; A$; " **** ": LPRINT: LPRINT
LPRINT TAB(15); "ESLORA =" ; L1; "m": LPRINT TAB(15); " MANGA =" ; B; "m"
LPRINT TAB(15); "PUNTAL =" ; D ; "m"
LPRINT TAB(15) "NUMERO DE CUADERNAS =" ; K: LPRINT
LPRINT TAB(15); "=====
FOR J=1 TO K
LPRINT TAB(15); "X(" ; J ; ") =" ;X(J); " m": LPRINT TAB(15); "G(" ; J; ") =" ; G(J); " Kg/m"
LPRINT TAB(15); "C1(" ; J; C1(J); " )=" ; " Kg/m": LPRINT TAB(15); "C2(" ; J;") =" ; C2(J); " Kg/m"
LPRINT
    FOR I = 1 TO N(J)
        LPRINT TAB(15); "Y(" ; I ; ") =" Y(I,J); TAB(40); "Z(" ; I; " ) =" ; Z(I,J)
    NEXT I: LPRINT: LPRINT: TAB(15); "-----"
NEXT J
PRINT TAB(15); "*****"
ENDIF
FOR J = 1 TO K: P1(J) = G(J)+C1(J): P2 (J) = G(J) +C2(J): NEXT J
W1=0: M1=0: W2=0: M2=0
FOR J =1 TO K-1
W1 =W1+(P1(J)+P1(J+1)) * (X(J+1)-X(J)) * 0.5
M1 = M1+(P1(J) * X(J) +P1(J+1) * X(J+1)) * (X(J+1) -X(J)) * 0.5
W2 = W2+(P2(J)+P2(J+1)) * (X(J+1)-X(J)) * 0.5
M2 = M2 +(P2(J) *X(J) +P2(J+1) * X(J+1)) * (X(J+1)-X(J)) * 0.5
NEXT J: XG1= M1/W1 : XG2= M2/W2
PRINT "W1=" ; W1; " Kg"; " Xg1="; XG1 ; " m"
PRINT "W2=" ; W2; "Kg"; " Xg2="; XG2; "m"
FOR S = 0 TO 10: READ C(S), K(S): NEXT S
DATA 1.172,1.163,1.116,1.144,1.023,1.130, 0.837,1.102, 0.614,1.065, 0.316,1.019
DATA 0, 0.972, -0.326, 0.926, -0.605, 0.879, -0.781, 0.856, 0.856, 0.842
10 INPUT "LONGITUD DE OLA =" ; L: INPUT "ALTURA DE OLA =" ; A
INPUT "CONDICION DE CARGA (1 o 2) "; Q
SELECT CASE Q
CASE 1
XG = XG1: FOR J = 1 TO K: P(J) =P1(J): NEXT J: W =WI
CASE 2
XG = XG2: FOR J = 1 TO K: P(J) =P2(J) : NEXT J: W =W2

```

```

CASE ELSE
GOTO 10
END SELECT
20 INPUT "ARRUFO 0 QUEBRANTO (1 O 2)=", R
  IF R = 1 THEN TETA0 = 6.2832: C = L / 2
  IF R = 2 THEN TETA0 = 3.1416: C = 0
  IF R <> 1 AND R <> 2 THEN 20
25 INPUT "ANGULO DE CABECE0 ="; A5: alfa = A5 * 3.1416 / 180
  FOR J = 1 TO K
    X = X(J)
    GOSUB OLA
    H(J) = Z
  NEXT J
30 INPUT 'CALADO ='; calado
  IF calado < 0 THEN 30
  FOR J = 1 TO K
    H = H(J) + calado
  GOSUB AREAS
  A(J) = AREA
  NEXT J
  V = 0: M3 = 0: TG = 0: IG = 0
31 INPUT "DESEA CORRECCION DE SMITH (h / L = 0.05) (s/n)"; T$
  SELECT CASE T$
    CASE "s"
      GOSUB SMITH: GOTO 33
    CASE "n"
      GOTO 33
    CASE ELSE
      GOTO 31
  END SELECT
33 FOR I = 1 TO K-1
  V = V + (A(J) + A(J+1)) * (X(J+1) - X(J)) * 0.5
  M3 = M3 + (X(J) * A(J) + X(J+1) * A(J+1)) * (X(J+1) - X(J)) * 0.5
  TG = TG + 10045 * (A(J) * (X(J) - XG) + A(J+1) * (X(J+1) - XG)) * (X(J+1) - X(J)) * 0.5
  IG = IG + (P(J) * (XG - X(J))^2 + P(J+1) * (XG - X(J+1))^2) * (X(J+1) - X(J)) * 0.5
  NEXT J
  CC = M3 / V: aceleración = (V * 10045 - W * 9.8) / W: angular = TG / IG
  PRINT "DESPLAZAMIENTO ="; V * 1.025; "ton"
  PRINT "CENTRO DE CARENA ="; CC; "m"
  PRINT "ACELERACION ="; aceleración; " m/s2"
  PRINT "ACELERACION ANGULAR ="; angular; " rad / s2"
35 PRINT: PRINT "SELECCIONE OPCION"
  PRINT "1.-CAMBIAR SITUACION DE OLEAJE Y/O CONDICION DE CARGA"
  PRINT "2.-VARIAR ANGULO DE CABECE0"
  PRINT "3.-VARIAR CALADO"
  PRINT "4.-CALCULAR FUERZAS CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES"
  PRINT "5.-FINALIZAR"
  INPUT "OPCION"; N
  ON GOTO 10, 25, 30, 50, 40
40 PRINT: PRINT "FIN DEL PROGRAMA": END
50 FOR J = 1 TO K
  FC(J) = 0: MASA(J) = 0: IF T=1 THEN 60
  FOR I = 1 TO J-1
    FC(J) = FC(J) + (10045 * (A(I) + A(I+1)) - 9.8 * (P(I) + P(I+1)) * (X(I+1) - X(I))) * 0.5
    MASA(J) = MASA(J) + (P(I) + P(I+1)) * (X(I+1) - X(I)) * 0.5
  
```

```

        NEXT I
60 NEXT J: CLS
    FOR J =1 TO K
        FC(J) =(FC(J)-MASA(J) * (FC(K) / MASA(K)) * COS(alfa) / 9800
        IF J =22 THEN PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
        X$ = INPUT$(1)
        PRINT "FUERZA CORTANTE EN "; J; " "; FC(J); " ton"
    NEXT J
    PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR": X$=INPUT$(1): PRINT
    CLS
    FOR J =1 TO K
        MF(J) =0: MOMA(J)=0: IF J =1 THEN 70
            FOR I = 1 TO J-1
                MF(J) =MF(J)+(FC(I)+FC(I+1)) * (X(I+1) - X(I)) * 0.5
                MOMA(J) =MOMA(J)+(MASA(I)+MASA(I+1)) * (X(I+1)-X(I)) * 0.5
            NEXT I
70 NEXT J
        FOR J = 1 TO K
            MF(J) =MF(J)-MOMA(J) * (MF(K) / MOMA(K))
            IF J = 22 THEN
                PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
                X$=INPUT$(1)
            END IF
            PRINT "MOMENTO FLECTOR EN "; J; " "; MF(J); " ton*m"
        NEXT J
        PRINT: PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR": X$=INPUT$(1)
    PRINT: CLS
    SCREEN 1,0                                '320*200
    COLOR 9,1
    LINE (10,100) - (309,100),1                'dibujando ejes cian
    FEX =299 / (X(K) - X(1)): max =0           'escala para eje X
    FOR J =1 TO K
        X =10 +INT((X(J)-X(1)) * FEX)         'dibujando escala
        LINE (X,90) -(X,110), 1
        IF ABS(MF(J))>max THEN max = ABS(MF(J))
    NEXT J
    IF max =0 THEN 75
    FE =80 / max: PSET (10, 100), 3            'escala para momentos flectores
        FOR J=1 TO K
            X =10+INT((X(J)-X(1)) * FEX): Y =100+INT(MF (J) * FE)
            LINE -(X, Y), 3
        NEXT J
75 X$ =INPUT$(1)
    SCREEN 0,0: WIDTH 80
    INPUT "DESEA IMPRIMIR RESULTADOS (S/N)"; R$
    IF R$ ="s" THEN
        PRINT "PREPARE IMPRESORA Y PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
        X$ =INPUT$(1)
        LPRINT TAB(15); "LONGITUD DE OLA ="; L; " m"; TAB(50); "ALTURA DE OLA ="; A; " m"
        LPRINT TAB(15); "CONDICION";
        IF R = 1 THEN LPRINT "ARRUFO" ELSE LPRINT "QUEBRANTO"
        LPRINT TAB(15); "ANGULO DE CABECEO="; A5; CHR$(248)
        LPRINT TAB(15); "CALADO ="; calado; " m"
        LPRINT TAB(15); "DESPLAZAMIENTO ="; V * 1.025; " ton."
        LPRINT TAB(15); "aceleración="; aceleracion; "m/s2"; TAB(50); "angular="; angular; "rad/s2"

```



```

IF T$ ="s" THEN LPRINT TAB(15); "****Incluye correccion de Smith****"
FOR J =1 TO K
LPRINT TAB(1 5); "FUERZA CORTANTE EN"; J; "="; FC(J)
NEXT J: LPRINT
FOR J =1 TO K
LPRINT TAB(1 5); "MOMENTO FLECTOR EN" ;J; "="; MF(J)
NEXT J
END IF
GOTO 35

```

OLA:

```

100 TETA1=(X/COS(alfa)+A*(COS(TETA0)-1)*0.5*TAN(alfa)+A*SIN(TETA0)*0.5-C)*6.2832 / L
IF ABS(TETA1-TETA0)<=0.001 THEN
X1 = L * TETA1/ 6.2832-A *SIN(TETA1) * 0.5+C: Z1 =A (COS(TETA1)-1)* 0.5
Z =X1*SIN(alfa)+Z1 *COS(alfa)
ELSE TETA0 =TETA1: GOTO 100
END IF
RETURN

```

AREAS:

```

AREA1 =0: AREA =0
FOR I = 1 TO N(J)-1
IF Z(1,J)>=H THEN I =N(J)-1: GOTO 200
IF Z(I+1,J) =Z(1,J) THEN 200
IF Z(I,J)<=H AND H<= Z(I+1,J) THEN
IF Y(I,J)<>Y(I+1,J) THEN
m= (Z(I+1,J)-(Z(I,J)) / (Y(I+1,J)-Y(I,J)): Y2= (H+m*Y(I,J)-Z(I,J)) / m: Y1= Y(I,J)
Z1 =Z(I,J): Z2=H
ELSE Y1=Y(I,J): Y2= Y(I+1,J): Z2= H: Z1= Z(I,J)
END IF
ENDIF
IF H>Z(I+1,J) THEN Y2 =Y(I+1,J): Y1 =Y(I,J): Z2= Z(I+1,J): Z1= Z(I,J)
AREA1= (Y2+ Y1) * (Z2-Z1) * 0.5
AREA= AREA +AREA1

```

200 NEXT I

```

IF H>=Z(N(J),J) THEN PRINT "AGUA SOBRE CUBIERTA EN "; J
AREA =AREA * 2
RETURN

```

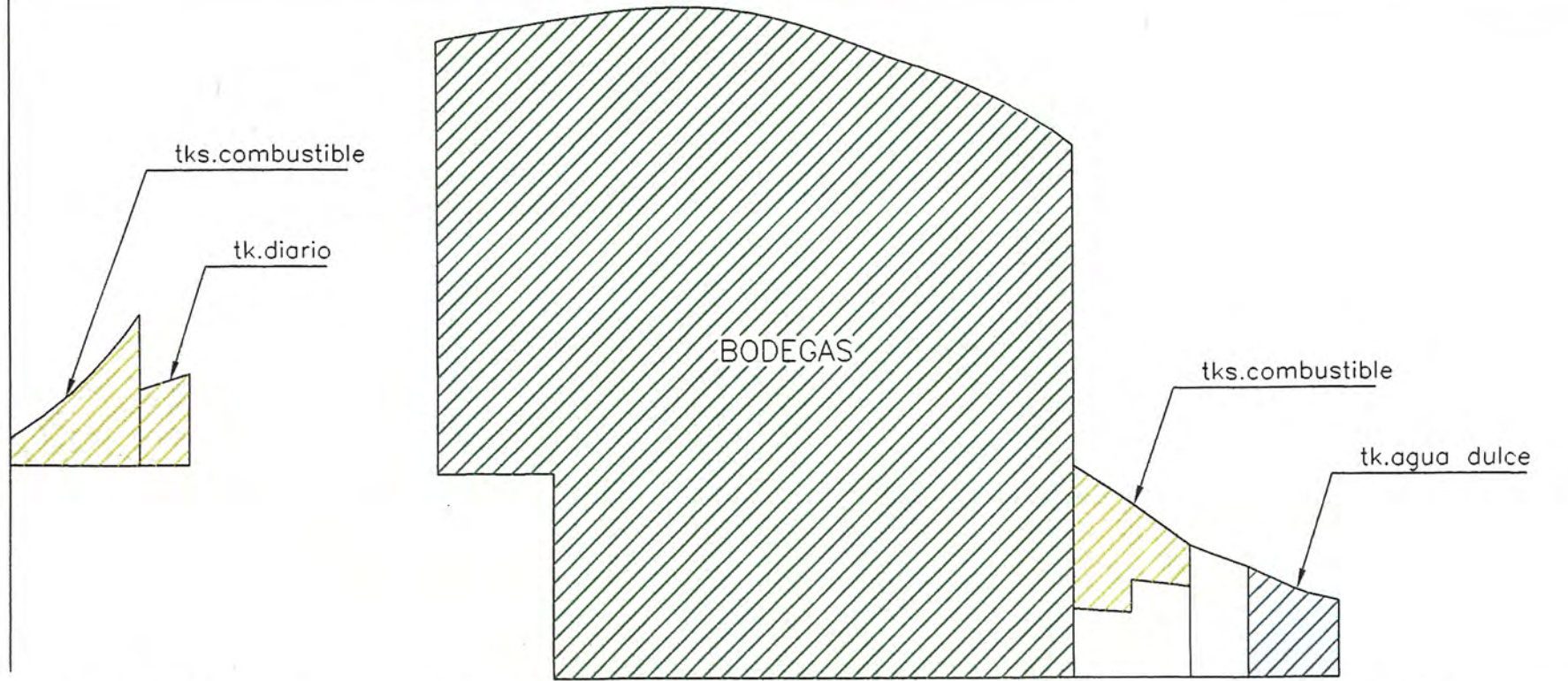
SMITH:

```

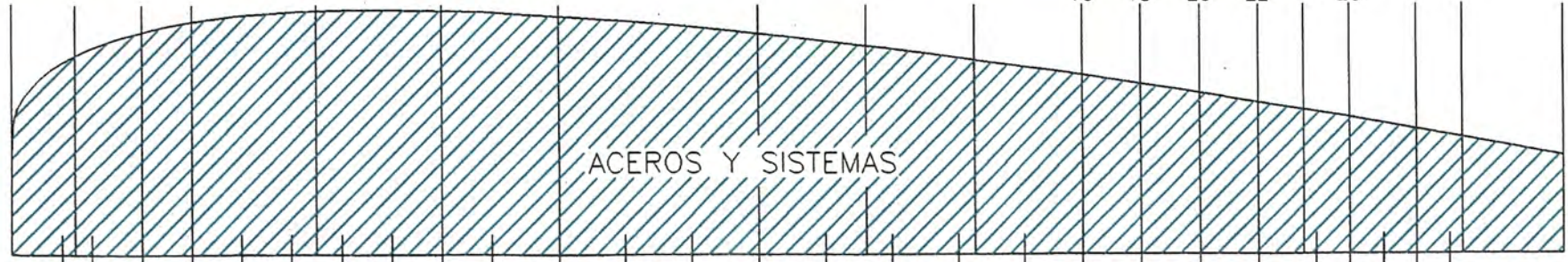
FOR J =1 TO K
X= ABS(X(J)*2/L)
IF X>I THEN X =2-X
FOR S =0 TO 10
IF 10*X>= S AND 10*X<= S+1 THEN
SELECT CASE R
CASE 1
CR(J) =C(S)-((C(S)-C(S+1))*(10*X-S)
KR(J) =K(S)-((K(S)-K(S+1))*(10*X-S)
CASE 2
CR(J) =C(9-S)-(C(9-S)-C(10-S))*(S+1-10*X)
KR(J) =K(9-S)-(K(9-S)-K(10-S))*(S+1-10*X)
END SELECT
END IF
NEXT S
A(J)= A(J)*(KR(J)+0.4*((H(J)+calado-Z(I,J))*CR(J)/L))
NEXT J
RETURN

```

escala 1mm=350 Kg/m



1 2 3,4 5,6 7 8,9 10,11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28



escala 1:200

-1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

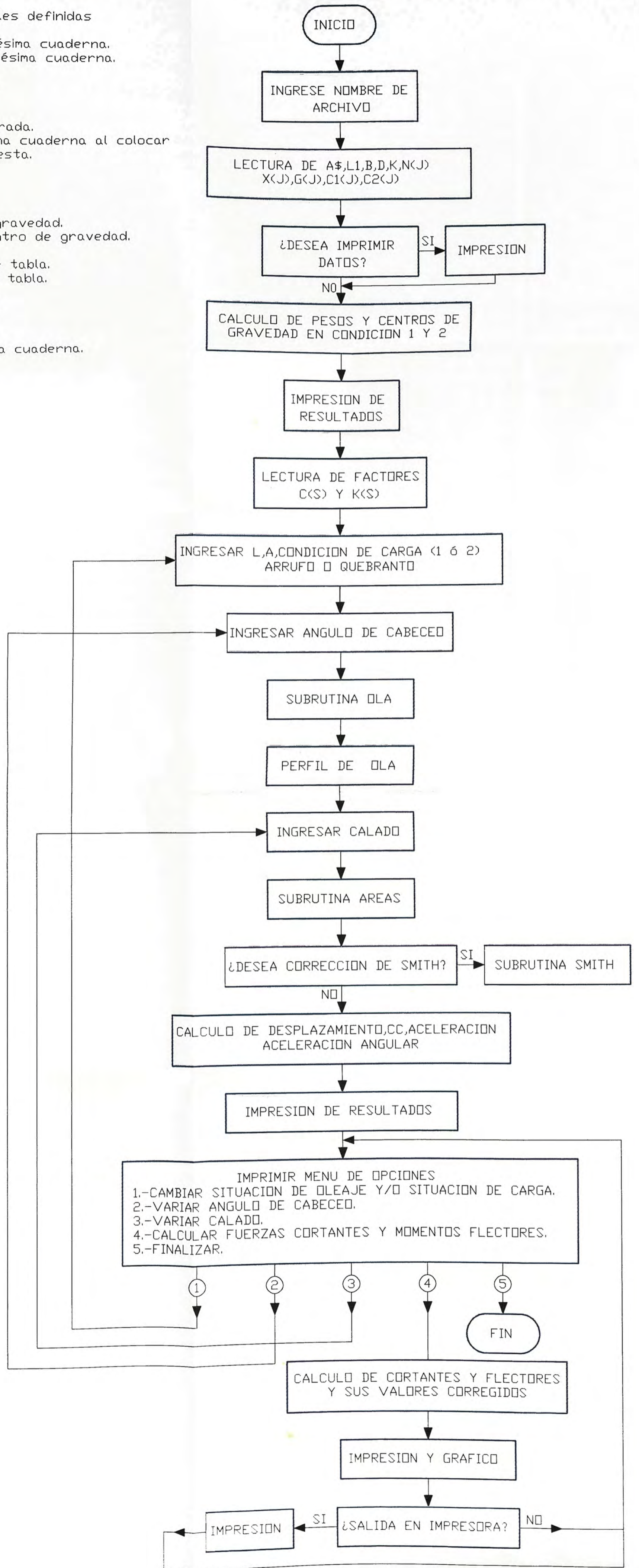
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO		
"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."		
CURVA DE PESOS Y CARGAS		
Dibujado: Raúl Galdo R.	Diseñado: Raúl Galdo R.	Fecha : 10.10.99

****PROGRAMA DE CALCULO DE MOMENTOS FLECTORES****

Definición de variables:

- A\$,L1=L,B,D,K,N(I),X(I),Y(I,J),Z(I,J),G(I),C1(I),C2(I),variables definidas en el programa anterior.
- P1(I)=peso total por metro en condición 1 en la i-ésima cuaderna.
- P2(I)=peso total por metro en condición 2 en la i-ésima cuaderna.
- W1=peso total de la embarcación en condición 1.
- W2=peso total de la embarcación en condición 2.
- L=longitud de ola.
- A=altura de ola.
- P(I)=P1(I) ó P2(I) según condición de carga considerada.
- H(J)=coordenada Z del perfil de la ola en la j-ésima cuaderna al colocar la ola por debajo de la línea base y tangente a esta.
- A(J)=area sumergida en la j-ésima cuaderna.
- W=W1 ó W2 según condición analizada.
- Xg=Xg1 ó Xg2 según condición analizada.
- V=volumen de carena.
- TG= momento de empuje respecto al centro de gravedad.
- IG=momento de inercia del barco respecto al centro de gravedad.
- CC=centro de carena.
- C(S)=factor C en s-ésima estación (0 a 10),leído de tabla.
- K(S)=factor K en s-ésima estación (0 a 10),leído de tabla.
- CR(J)=factor C interpolado para j-ésima cuaderna.
- KR(J)=factor K interpolado para j-ésima cuaderna.
- MASAJ)=masa desde popa hasta j-ésima cuaderna.
- FC(J)=fuerza cortante en j-ésima cuaderna.
- MOMA(J)=momento de masa desde popa hasta j-ésima cuaderna.
- MF(J)=momento flector en j-ésima cuaderna.

DIAGRAMA DE FLUJO



5.3.- Corrida del programa:

La corrida del programa consta de dos partes:

La primera es el ingreso de datos a través del programa de entrada de datos y la segunda el cálculo de fuerzas cortantes y momentos flectores mediante el programa desarrollado para este fin.

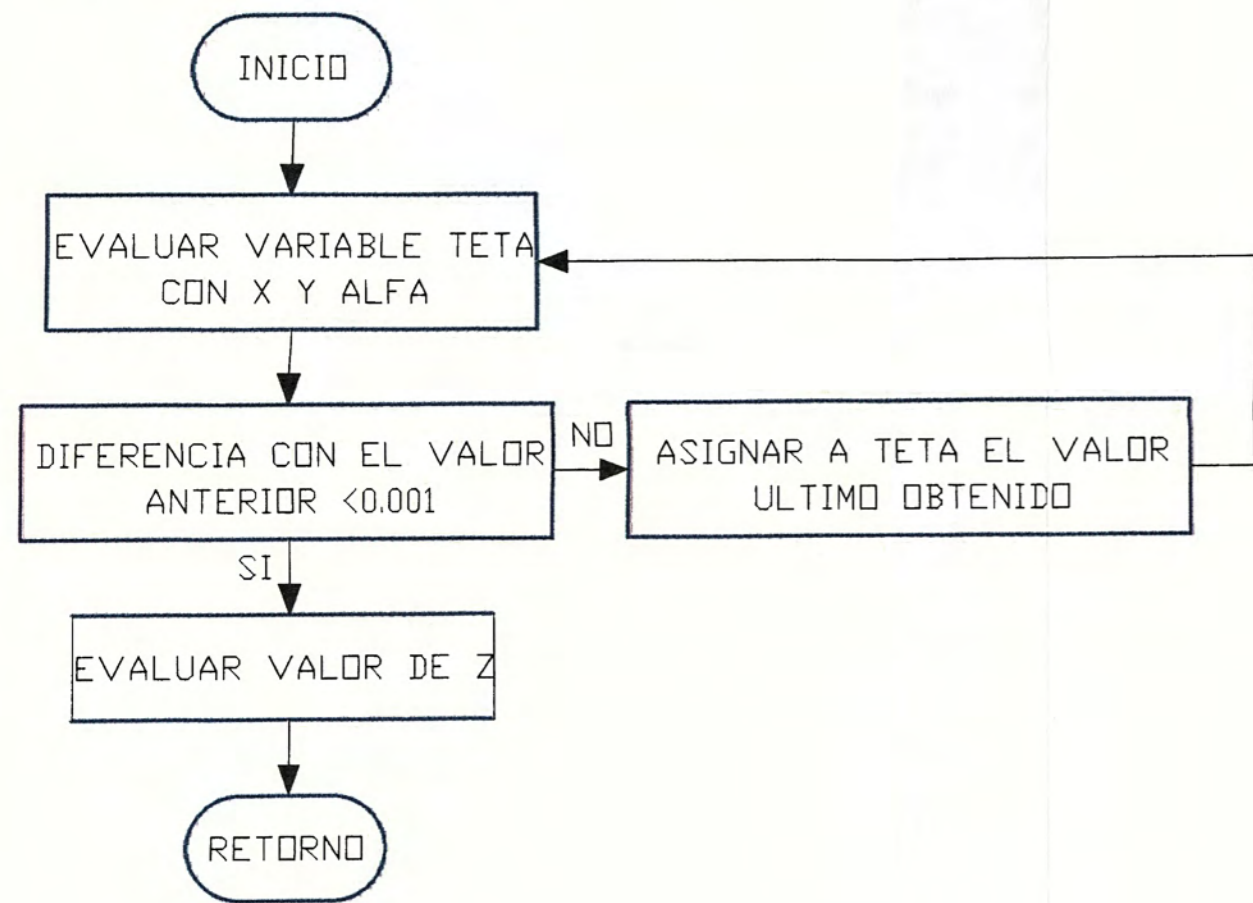
5.3.1.- Entrada de datos:

Los datos que ingresan son los datos generales de la embarcación (nombre, eslora, manga, puntal), los puntos del casco en cada sección (que se obtienen del gráfico "Vista de secciones para el programa"), las componentes de la "Curva de pesos de aceros y sistemas" así como las componentes de las curvas de cargas en condición 1 y 2 (que se obtienen del gráfico "Curva de pesos y cargas").

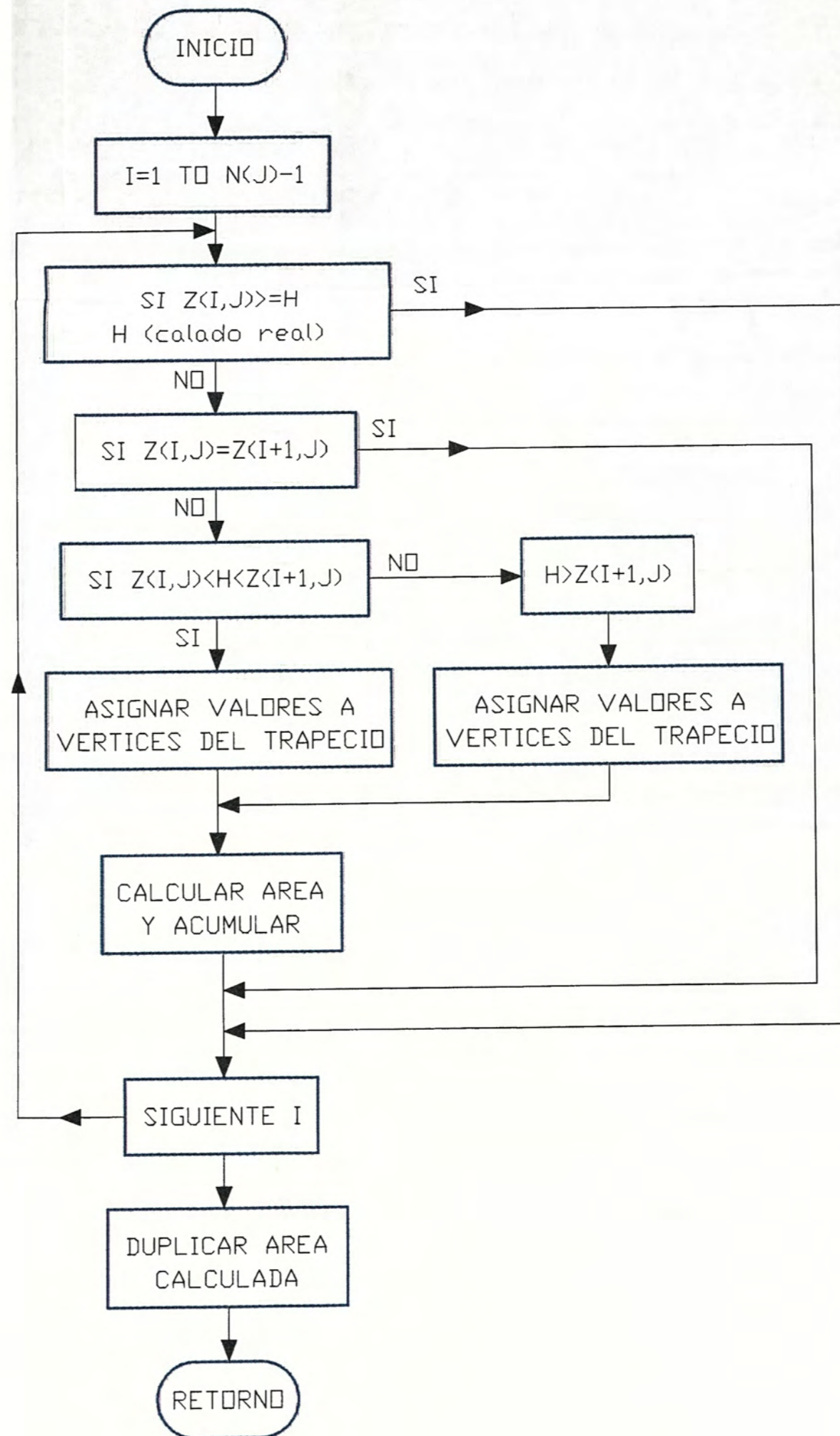
Las cuadernas son numeradas del 1 al 28, aunque físicamente las cuadernas 3 y 4, 5 y 6, 8 y 9, 10 y 11, 15 y 16, 17 y 18, 19 y 20, 21 y 22, 24 y 25, son la misma cuaderna. La razón de esto ya se explicó anteriormente.

Los datos que ingresan se muestran en las siguientes páginas.

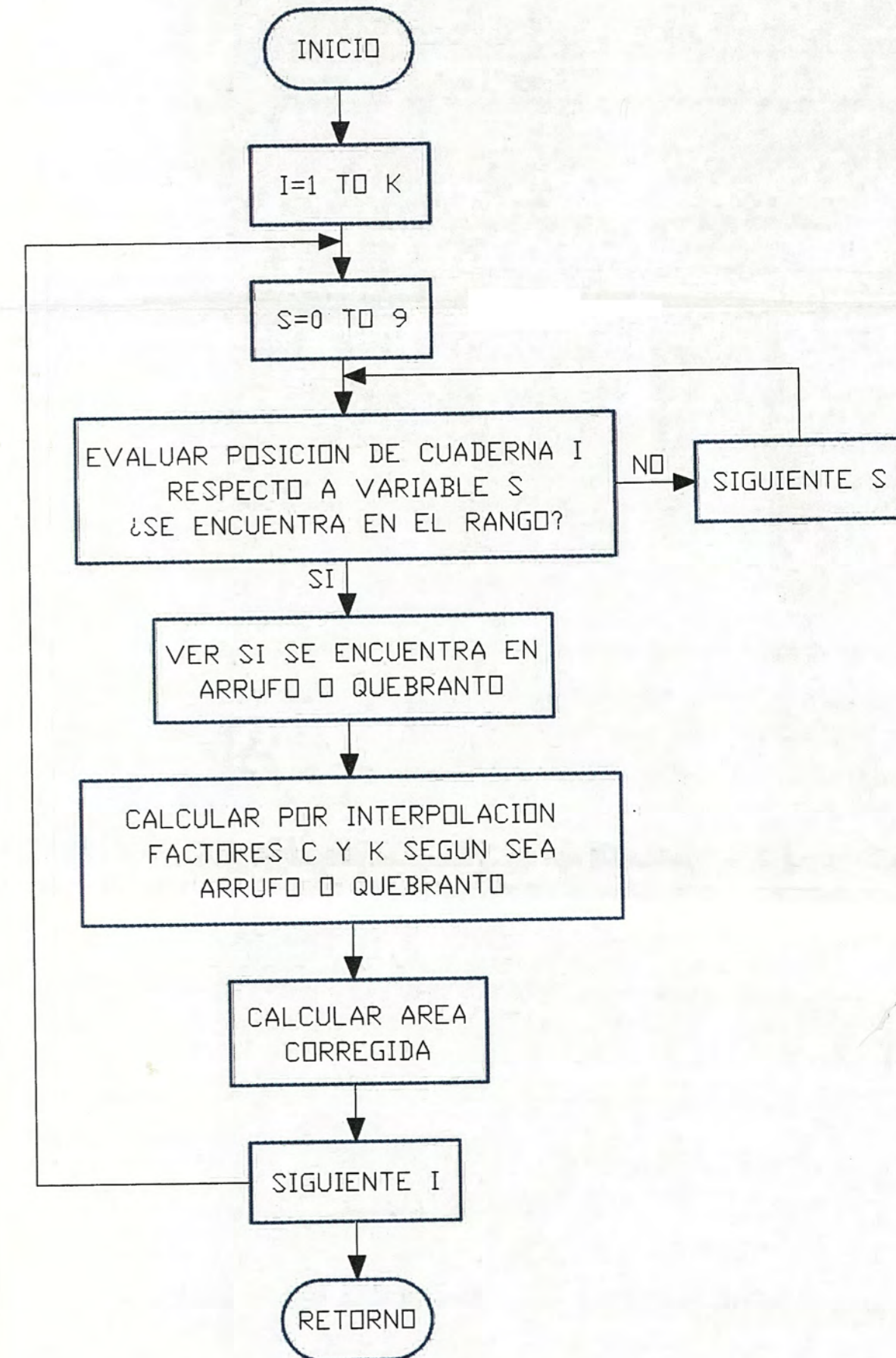
SUBROUTINA OLA



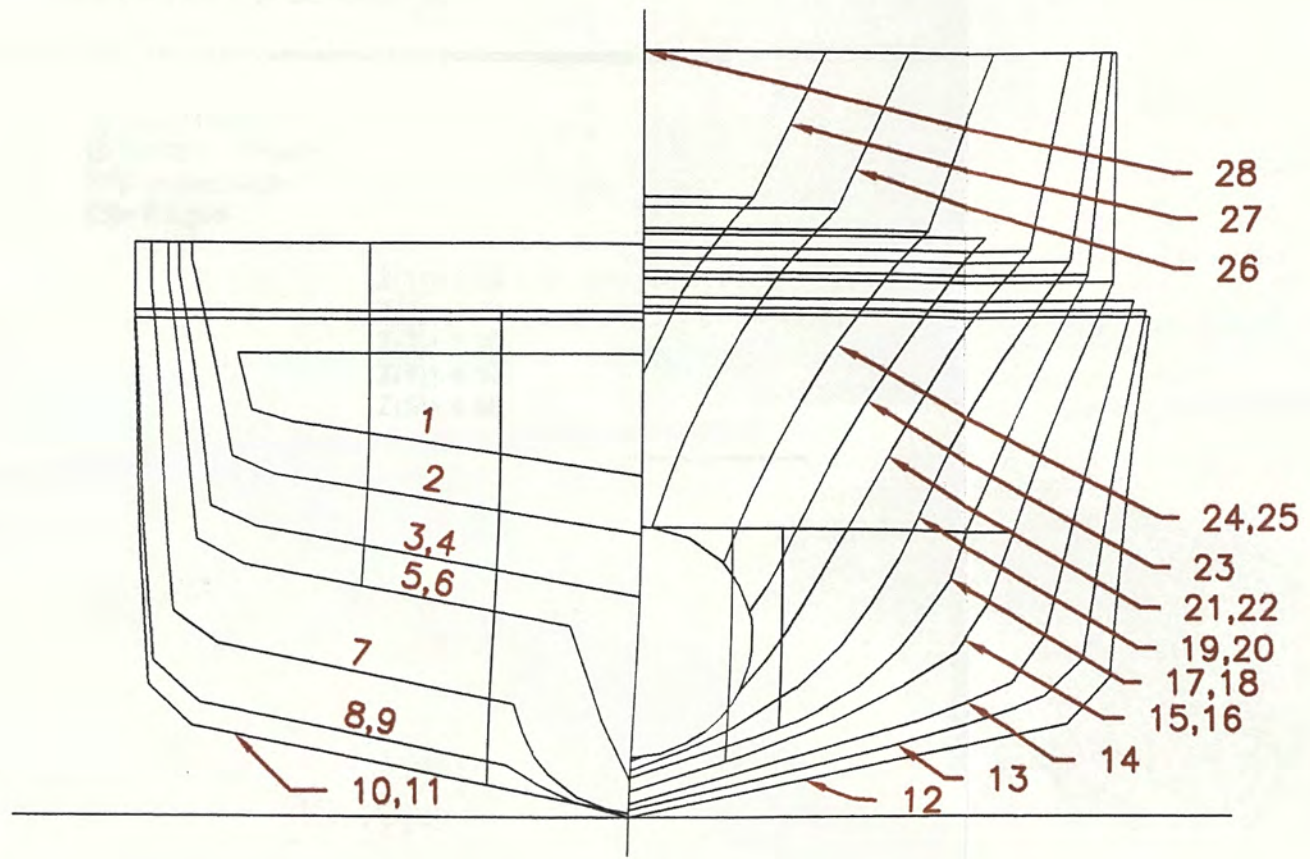
SUBROUTINA AREAS



SUBROUTINA SMITH

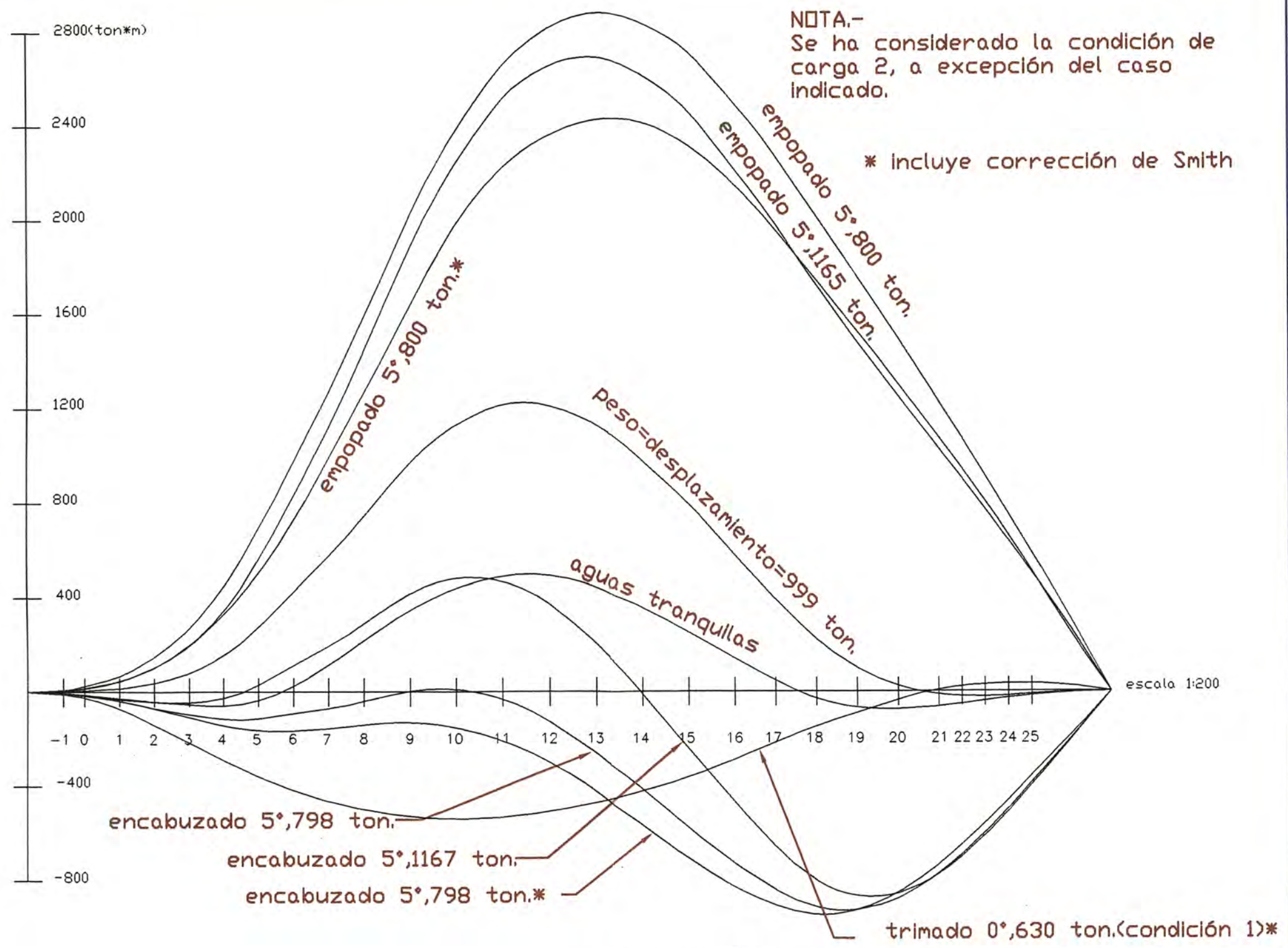


ESLORA= 46,55 m
MANGA= 10,12 m
PUNTA= 4,01 m



escala 1:75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO		
"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."		
VISTA DE SECCIONES PARA EL PROGRAMA		
Dibujado: Raúl Galdo R.	Diseñado: Raúl Galdo R.	Fecha : 10.10.99



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO
 "Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."
 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES (condición ARRUF0, ola de 2m.)
 Dibujado: Raúl Galdo R. | Diseñado: Raúl Galdo R. | Fecha : 10.10.99

****EMBARCACION maru1****

ESLORA= 46.55 m
 MANGA= 10.12 m
 PUNTAL= 4.91 m
 NUMERO DE CUADERNAS= 28

=====

X(1)= 22.40 m
 G(1)= 5071.5 Kg/m
 C1(1)=1380 kg/m
 C2= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 3.33
Y(2)= 3.45	Z(2)= 3.83
Y(3)= 3.85	Z(3)= 3.95
Y(4)= 4	Z(4)= 4.50
Y(5)=0	Z(5)= 4.50

X(2)= -20.50 m
 G(2)=10307.5 Kg/m
 C1(2)= 4165 Kg/m
 C2(3)=0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 2.73
Y(2)= 3.60	Z(2)= 3.32
Y(3)= 4.02	Z(3)= 3.50
Y(4)= 4.44	Z(4)= 5.42
Y(5)= 4.44	Z(5)= 5.59
Y(6)= 0	Z(6)= 5.59

X(3)= -18.50 m
 G(3)= 11532.50 Kg/m
 C1(3)=7872 Kg/m
 C2(3)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 2.12
Y(2)= 3.74	Z(2)= 2.82
Y(3)= 4.19	Z(3)= 3.02
Y(4)= 4.57	Z(4)= 5.30
Y(5)= 4.57	Z(5)= 5.59
Y(6)= 0	Z(6)= 5.59

X(4)= -18.50 m
 G(4)= 11532.50 Kg/m
 C1(4)= 3936Kg/m
 C2(4)= 0 kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 2.12
---------	------------

Y(2)= 3.74
 Y(3)= 4.19
 Y(4)= 4.57
 Y(5)= 4.57
 Y(6)= 0

Z(2)= 2.82
 Z(3)= 3.02
 Z(4)= 5.30
 Z(5)= 5.59
 Z(6)= 5.59

X(5)= -17.00 m
 G(5)= 12043.5 Kg/m
 C1(5)= 78724748 Kg/m
 C2(5)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0.29
 Y(3)= 0.66
 Y(4)= 3.85
 Y(5)= 4.30
 Y(6)= 4.68
 Y(7)= 4.68
 Y(8)= 0

Z(1)= 0.35
 Z(2)= 0.90
 Z(3)= 1.84
 Z(4)= 2.46
 Z(5)= 2.70
 Z(6)= 5.22
 Z(7)= 5.59
 Z(8)= 5.59

X(6)= -17.00 m
 G(6)=12043.50 Kg/m
 C1(6)= 0 Kg/m
 C2(6)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0.29
 Y(3)= 0.66
 Y(4)= 3.85
 Y(5)= 4.30
 Y(6)= 4.68
 Y(7)= 4.68
 Y(8)= 0

Z(1)= 0.35
 Z(2)= 0.90
 Z(3)= 1.84
 Z(4)= 2.46
 Z(5)= 2.70
 Z(6)= 5.22
 Z(7)= 5.59
 Z(8)= 5.59

X(7)= -13.25 m
 G(7)=12617.50 Kg/m
 C1(7)= 0 Kg/m
 C2(7)= 0Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0.52
 Y(3)= 0.78
 Y(4)= 0.94
 Y(5)= 1.05
 Y(6)= 1.13
 Y(7)= 1.16
 Y(8)= 4.09
 Y(9)= 4.51
 Y(10)= 4.84
 Y(11)= 4.84
 Y(12)= 0

Z(1)= 0
 Z(2)= 0.20
 Z(3)= 0.40
 Z(4)= 0.60
 Z(5)= 0.80
 Z(6)= 1.00
 Z(7)= 1.09
 Z(8)= 1.60
 Z(9)= 2.00
 Z(10)= 5.15
 Z(11)= 5.59
 Z(12)= 5.59

X(8)= -9.50 m
G(8)= 12631.5 Kg/m
C1(8)= 0 Kg/m
C2(8)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0
Y(2)= 0.52	Z(2)= 0.14
Y(3)= 0.86	Z(3)= 0.30
Y(4)= 1.21	Z(4)= 0.50
Y(5)= 4.25	Z(5)= 1.11
Y(6)= 4.70	Z(6)= 1.52
Y(7)= 5.00	Z(7)= 4.92
Y(8)= 5.00	Z(8)= 5.59
Y(9)= 0	Z(9)= 5.50

X(9)= -9.50 m
G(9)= 12043.50 Kg/m
C1(9)= 0 Kg/m
C2(9)= 22640 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0
Y(2)= 0.52	Z(2)= 0.14
Y(3)= 0.86	Z(3)= 0.30
Y(4)= 1.21	Z(4)= 0.50
Y(5)= 4.25	Z(5)= 1.11
Y(6)= 4.70	Z(6)= 1.52
Y(7)= 5.00	Z(7)= 4.92
Y(8)= 0	Z(8)= 4.92

X(10)= -6.00 m
G(10)= 12351.50 Kg/m
C1(10)= 0 Kg/m
C2(10)= 23706 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.04
Y(2)= 4.32	Z(2)= 0.88
Y(3)= 4.75	Z(3)= 1.28
Y(4)= 5.00	Z(4)= 4.84
Y(5)= 0	Z(5)= 4.84

X(11)= -6 m
G(11)= 12351.50 Kg/m
C1(11)= 0 Kg/m
C2(11)= 34415 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.04
Y(2)= 4.32	Z(2)= 0.88
Y(3)= 4.75	Z(3)= 1.28
Y(4)= 5.00	Z(4)= 4.-84
Y(5)= 0	Z(5)= 4.84

X(12)= 0 m
G(12)= 11438 Kg/m
C1(12)= 0 Kg/m
C2(12)= 34776 Kg/m

Y(1)= 0
Y(2)= 4.26
Y(3)= 4.68
Y(4)= 5.06
Y(5)= 0

Z(1)= 0
Z(2)= 0.90
Z(3)= 1.35
Z(4)= 4.91
Z(5)= 4.91

X(13)= 3.25 m
G(13)= 10794 Kg/m
C1(13)= 0 Kg/m
C2(13)= 33046 K-Wm

Y(1)= 0
Y(2)= 1.26
Y(3)= 2.49
Y(4)= 3.28
Y(5)= 3.70
Y(6)= 4.04
Y(7)= 4.42
Y(8)= 5.02
Y(9)= 0

Z(1)= 0.07
Z(2)= 0.37
Z(3)= 0.67
Z(4)= 0.90
Z(5)= 1.04
Z(6)= 1.18
Z(7)= 1.55
Z(8)= 4.97
Z(9)= 4.97

X(14)= 6.50 m
G(14)= 10066 Kg/m
C1(14)= 0 Kg/m
C2(14)= 10066 Kg/m

Y(1)= 0
Y(2)= 2.77
Y(3)= 3.23
Y(4)= 3.72
Y(5)= 4.05
Y(6)= 4.90
Y(7)= 0

Z(1)= 0.13
Z(2)= 0.92
Z(3)= 1.10
Z(4)= 1.31
Z(5)= 1.78
Z(6)= 5.07
Z(7)= 5.07

X(15)= 9.75 m
G(15)= 9261 Kg/m
C1(15)= 0 Kg/m
C2(15)= 27814 Kg/m

Y(1)= 0
Y(2)= 1.08
Y(3)= 1.97
Y(4)= 2.63
Y(5)= 3.17

Z(1)= 0.25
Z(2)= 0.59
Z(3)= 0.93
Z(4)= 1.27
Z(5)= 1.61

Y(6)= 3,49
 Y(T)= 4.07
 Y(8)= 4.28
 Y(9)= 4.70
 Y(10)= 0

Z(6)= 2.09
 Z(7)= 3.68
 Z(8)= 4.22
 Z(9)= 5.25
 Z(10)= 5.25

X(16)= 9.75 m
 G(16)= 9261 Kg/m
 C11(6)= 7451 Kg/m
 C2(16)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 1.08
 Y(3)= 1.97
 Y(4)= 2.63
 Y(5)= 3.17
 Y(6)= 3.49
 Y(7)= 4.07
 Y(8)= 4.70
 Y(10)= 4.70
 Y(11)= 0

Z(1)= 0.25
 Z(2)= 0.59
 Z(3)= 0.93
 Z(4)= 1.27
 Z(5)= 1.61
 Z(6)= 2.09
 Z(7)= 3.68
 Z(9)= 5.25
 Z(10)= 7.50
 Z(11)= 7.50

X(17)= 11.50 m
 G(17)= 8802.50 Kg/m
 C1 (17)= 5710 Kg/m
 C2(17)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 1.18
 Y(3)= 1.56
 Y(4)= 1.79
 Y(5)= 2.00
 Y(6)= 2.18
 Y(7)= 2.40
 Y(8)= 2.58
 Y(9)= 2.75
 Y(10)= 3.10
 Y(11)= 3.29
 Y(12)= 3.75
 Y(13)= 4.05
 Y(14)= 4.45
 Y(15)= 4.65
 Y(16)= 0

Z(1)= 0.38
 Z(2)= 0.77
 Z(3)= 0.91
 Z(4)= 1.02
 Z(5)= 1.15
 Z(6)= 1.26
 Z(7)= 1.45
 Z(8)= 1.62
 Z(9)= 1.82
 Z(10)= 2.31
 Z(11)= 2.80
 Z(12)= 3.85
 Z(13)= 4.50
 Z(14)= 5.32
 Z(15)= 7.50
 Z(16)= 7.50

X(18)=11.50 m
 G(18)= 8802.50 Kg/m
 C1(18)= 4014 Kg/m
 C2(18)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 1.18

Z(1)= 0.38
 Z(2)= 0.77

$Y(3)= 1.56$
 $Y(4)= 1.79$
 $Y(5)= 2.00$
 $Y(6)= 2.18$
 $Y(7)= 2.40$
 $Y(8)= 2.58$
 $Y(9)= 2.75$
 $Y(10)= 3.10$
 $Y(11)= 3.29$
 $Y(12)= 3.75$
 $Y(13)= 4.05$
 $Y(14)= 4.45$
 $Y(15)= 4.65$
 $Y(16)= 0$

$Z(3)= 0.91$
 $Z(4)= 1.02$
 $Z(5)= 1.15$
 $Z(6)= 1.26$
 $Z(7)= 1.45$
 $Z(8)= 1.62$
 $Z(9)= 1.82$
 $Z(10)= 2.31$
 $Z(11)= 2.80$
 $Z(12)= 3.85$
 $Z(13)= 4.50$
 $Z(14)= 5.32$
 $Z(15)= 7.50$
 $Z(16)= 7.50$

$X(19)= 13.25 \text{ m}$
 $G(19)= 8326.50 \text{ Kg/m}$
 $C1(19)= 2166 \text{ Kg/m}$
 $C2(19)= 0 \text{ Kg/m}$

$Y(1)= 0$
 $Y(2)= 0.52$
 $Y(3)= 0.95$
 $Y(4)= 1.57$
 $Y(5)= 2.00$
 $Y(6)= 2.29$
 $Y(7)= 2.59$
 $Y(8)= 3.11$
 $Y(9)= 3.65$
 $Y(10)= 4.28$
 $Y(11)= 4.55$
 $Y(12)= 0$

$Z(1)= 0.45$
 $Z(2)= 0.65$
 $Z(3)= 0.85$
 $Z(4)= 1.25$
 $Z(5)= 1.65$
 $Z(6)= 2.05$
 $Z(7)= 2.53$
 $Z(8)= 3.60$
 $Z(9)= 4.50$
 $Z(10)= 5.45$
 $Z(11)= 7.50$
 $Z(12)= 7.50$

$X(20)= 13.25 \text{ m}$
 $G(20)= 8326.50 \text{ Kg/m}$
 $C1(20)= 0 \text{ Kg/m}$
 $C2(20)= 0 \text{ Kg/m}$

$Y(1)= 0$
 $Y(2)= 0.52$
 $Y(3)= 0.95$
 $Y(4)= 1.57$
 $Y(5)= 2.00$
 $Y(6)= 2.29$
 $Y(7)= 2.59$
 $Y(8)= 3.11$
 $Y(9)= 3.65$
 $Y(10)= 4.28$
 $Y(11)= 4.55$
 $Y(12)= 0$

$Z(1)= 0.45$
 $Z(2)= 0.65$
 $Z(3)= 0.85$
 $Z(4)= 1.25$
 $Z(5)= 1.65$
 $Z(6)= 2.05$
 $Z(7)= 2.53$
 $Z(8)= 3.60$
 $Z(9)= 4.50$
 $Z(10)= 5.45$
 $Z(11)= 7.50$
 $Z(12)= 7.50$

X(21)= 15.00 m
 G(21)= 7833 Kg/m
 C1(21)= 0 Kg/m
 C2(21)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.54
Y(2)= 0.12	Z(2)= 0.59
Y(3)= 0.27	Z(3)= 0.61
Y(4)= 0.52	Z(4)= 0.71
Y(5)= 0.69	Z(5)= 0.82
Y(6)= 0.83	Z(6)= 0.95
Y(7)= 0.94	Z(7)= 1.09
Y(8)= 1.00	Z(8)= 1.20
Y(9)= 1.26	Z(9)= 1.52
Y(10)= 1.46	Z(10)= 1.80
Y(11)= 2.50	Z(11)= 3.75
Y(12)= 3.12	Z(12)= 4.56
Y(13)= 3.53	Z(13)= 5.12
Y(14)= 3.89	Z(14)= 5.56
Y(15)= 4.26	Z(15)= 7.50
Y(16)= 0	Z(16)= 7.50

X(22)= 15.00 m
 G(22)= 7833 Kg/m
 C1(22)= 5764 Kg/m
 C2(22)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.54
Y(2)= 0.12	Z(2)= 0.59
Y(3)= 0.27	Z(3)= 0.61
Y(4)= 0.52	Z(4)= 0.71
Y(5)= 0.69	Z(5)= 0.82
Y(6)= 0.83	Z(6)= 0.95
Y(7)= 0.94	Z(7)= 1.09
Y(8)= 1.00	Z(8)= 1.20
Y(9)= 1.26	Z(9)= 1.52
Y(10)= 1.46	Z(10)= 1.80
Y(11)= 2.50	Z(11)= 3.75
Y(12)= 3.12	Z(12)= 4.56
Y(13)= 3.53	Z(13)= 5.12
Y(14)= 3.89	Z(14)= 5.56
Y(15)= 4.26	Z(15)= 7.50
Y(16)= 0	Z(16)= 7.50

X(23)= 16.375 m
 G(23)= 7437.50 Kg/m
 C1(23)= 4662 Kg/m
 C2(23)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.57
Y(2)= 0.27	Z(2)= 0.61
Y(3)= 0.52	Z(3)= 0.71
Y(4)= 0.69	Z(4)= 0.82

Y(5)= 0.83
 Y(6)= 0.94
 Y(7)= 1.01
 Y(8)= 1.05
 Y(9)= 1.09
 Y(10)= 1.11
 Y(11)= 1.11
 Y(12)= 1.10
 Y(13)= 1.25
 Y(14)= 1.36
 Y(15)= 1.62
 Y(16)= 1.87
 Y(17)= 2.24
 Y(18)= 2.51
 Y(19)= 2.88
 Y(20)= 3.22
 Y(21)= 3.47
 Y(22)= 3.98
 Y(23)=0

Z(5)= 0.95
 Z(6)= 1.09
 Z(7)= 1.22
 Z(8)= 1.35
 Z(9)= 1.47
 Z(10)= 1.61
 Z(11)= 1.80
 Z(12)= 1.98
 Z(13)= 2.23
 Z(14)= 2.43
 Z(15)= 2.96
 Z(16)= 3.43
 Z(17)= 4.04
 Z(18)= 4.44
 Z(19)= 4,95
 Z(20)= 5.40
 Z(21)= 5.69
 Z(22)= 7.50
 Z(23)= 7.50

X(24)= 17.75 m
 G(24)= 7042 Kg/m
 C1(24)= 4016 Kg/m
 C2(24)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0.27
 Y(3)= 0.52
 Y(4)= 0.69
 Y(5)= 0.83
 Y(6)= 0.94
 Y(7)= 1.01
 Y(8)= 1.05
 Y(9)= 1.09
 Y(10)= 1.11
 Y(11)= 1.11
 Y(12)= 1.10
 Y(13)= 1.06
 Y(14)= 0.97
 Y(15)= 0.81
 Y(16)= 1.10
 Y(17)= 1.33
 Y(18)= 1.58
 Y(19)= 1.86
 Y(20)= 2.19
 Y(21)= 2.54
 Y(22)= 2.88
 Y(23)= 3.53
 Y(24)= 0

Z(1)= 0.57
 Z(2)= 0.61
 Z(3)= 0.71
 Z(4)= 0.82
 Z(5)= 0.95
 Z(6)= 1.09
 Z(7)= 1.22
 Z(8)= 1.35
 Z(9)= 1.47
 Z(10)= 1.61
 Z(11)= 1.80
 Z(12)= 1.91
 Z(13)= 2.03
 Z(14)= 2.25
 Z(15)= 2.46
 Z(16)= 3.15
 Z(17)= 3.60
 Z(18)= 4.05
 Z(19)= 4.50
 Z(20)= 4.95
 Z(21)= 5.40
 Z(22)= 5.75
 Z(23)= 7.50
 Z(24)= 7.50

X(25)= 17.75 m
 G(25)= 7042 Kg/m
 C1(25)= 0 Kg/m

C2(25)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.57
Y(2)= 0.27	Z(2)= 0.61
Y(3)= 0.52	Z(3)= 0.71
Y(4)= 0.69	Z(4)= 0.82
Y(5)= 0.83	Z(5)= 0.95
Y(6)= 0.94	Z(6)= 1.09
Y(7)= 1.01	Z(7)= 1.22
Y(8)= 1.05	Z(8)= 1.35
Y(9)= 1.09	Z(9)= 1.47
Y(10)= 1.11	Z(10)= 1.61
Y(11)= 1.11	Z(11)= 1.80
Y(12)= 1.10	Z(12)= 1.91
Y(13)= 1.06	Z(13)= 2.03
Y(14)= 0.97	Z(14)= 2.25
Y(15)= 0.81	Z(15)= 2.46
Y(16)= 1.10	Z(16)= 3.15
Y(17)= 1.33	Z(17)= 3.60
Y(18)= 1.58	Z(18)= 4.05
Y(19)= 1.86	Z(19)= 4.50
Y(20)= 2.19	Z(20)= 4.95
Y(21)= 2.54	Z(21)= 5.40
Y(22)= 2.88	Z(22)= 5.75
Y(23)= 3.53	Z(23)= 7.50
Y(24)= 0	Z(24)= 7.50

X(26)= 19.75 m
 G(26)= 6450.50 Kg/m
 C1(26)= 0 Kg/m
 C2(26)= 0 Kg/m

Y(1)= 0	Z(1)= 0.57
Y(2)= 0.27	Z(2)= 0.61
Y(3)= 0.52	Z(3)= 0.71
Y(4)= 0.69	Z(4)= 0.82
Y(5)= 0.93	Z(5)= 0.95
Y(6)= 0.94	Z(6)= 1.09
Y(7)= 1.01	Z(7)= 1.22
Y(8)= 1.05	Z(8)= 1.35
Y(9)= 1.09	Z(9)= 1.47
Y(10)= 1.11	Z(10)= 1.61
Y(11)= 1.11	Z(11)= 1.80
Y(12)= 1.10	Z(12)= 1.91
Y(13)= 1.06	Z(13)= 2.03
Y(14)= 0.97	Z(14)= 2.25
Y(15)= 0.81	Z(15)= 2.46
Y(16)= 0.46	Z(16)= 2.70
Y(17)= 0.10	Z(17)= 2.80
Y(18)= 0.28	Z(18)= 3.33
Y(19)= 0.43	Z(19)= 3.70
Y(20)= 0.66	Z(20)= 4.17
Y(21)= 0.97	Z(21)= 4.71
Y(22)= 1.33	Z(22)= 5.26

Y(23)= 1.58
 Y(24)= 1.95
 Y(25)= 2.67
 Y(26)= 0

Z(23)= 5.57
 Z(24)= 5.96
 Z(25)= 7.50
 Z(26)= 7.50

X(27)= 21.15 m
 G(27)= 6020 Kg/m
 C1(27)= 0 Kg/m
 C2(27)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0.27
 Y(3)= 0.52
 Y(4)= 0.69
 Y(5)= 0.83
 Y(6)= 0.94
 Y(7)= 1.01
 Y(8)= 1.05
 Y(9)= 1.09
 Y(10)= 1.11
 Y(11)= 1.11
 Y(12)= 1.10
 Y(13)= 1.06
 Y(14)= 0.97
 Y(15)= 0.81
 Y(16)= 0.46
 Y(17)= 0.10
 Y(18)= 0
 Y(19)= 0
 Y(20)= 0.22
 Y(21)= 0.38
 Y(22)= 0.58
 Y(23)= 0.74
 Y(24)= 0.90
 Y(25)= 1.10
 Y(26)= 1.82
 Y(27)= 0

Z(1)= 0.57
 Z(2)= 0.61
 Z(3)= 0.71
 Z(4)= 0.82
 Z(5)= 0.95
 Z(6)= 1.09
 Z(7)= 1.22
 Z(8)= 1.35
 Z(9)= 1.47
 Z(10)= 1.61
 Z(11)= 1.80
 Z(12)= 1.91
 Z(13)= 2.03
 Z(14)= 2.25
 Z(15)= 2.46
 Z(16)= 2.70
 Z(17)= 2.80
 Z(18)= 2.81
 Z(19)= 4.31
 Z(20)= 4.77
 Z(21)= 5.10
 Z(22)= 5.38
 Z(23)= 5.64
 Z(24)= 5.84
 Z(25)= 6.06
 Z(26)= 7.50
 Z(27)= 7.50

X(28)= 24.15 m
 G(28)= 5071.5 Kg/m
 C1(28)= 0 Kg/m
 C2(28)= 0 Kg/m

Y(1)= 0
 Y(2)= 0

Z(1)= 7.50
 Z(2)= 7.50

5.3.2.- Resultados de la aplicación del programa:

Para la corrida del programa llamamos al archivo **maru1** con lo que ingresan todos los datos.

El programa calcula primero el peso de la embarcación así como su centro de gravedad respecto a la sección maestra (cuaderna 12) para la condición de carga 1, dando $W1= 522353$ Kg con $Xg1= -1.41$ m., para luego obtener en la condición 2 el $W2= 998979$ Kg con $Xg2= -0.923$ m. Estos valores nos servirán para conocer en qué instante la embarcación se encuentra en equilibrio y cuando el desplazamiento sufre variaciones del orden del 20 %.

La longitud de de ola empleada será de 40 m. y su altura 2 m. a excepción de cuando se analice la embarcación en aguas tranquilas, cuando tomaremos una longitud de ola de 40 m. y una altura igual a 0 m. Esto se debe a que los autores recomiendan analizar para una longitud de ola igual a la eslora entre perpendiculares.

De esta manera variando la condición de carga (1 ó 2), situación de oleaje (arrufo ó quebranto), calado y ángulo de cabeceo, podemos obtener infinidad de situaciones.

En los siguientes cuadros se muestran distintos juegos de valores de fuerzas cortantes y momentos flectores para diferentes situaciones y los gráficos "Diagrama de momentos flectores (condición arrufo, ola de 2

m.) " y "Diagrama de momentos flectores (condición quebranto, ola 2 m)" están contenidos en las siguientes páginas.

Es necesario anotar aquí que si bien los valores de fuerzas cortantes y momentos flectores son presentados en toneladas y toneladas por metro respectivamente, esto debido a que el programa los arroja así, estos valores deberán ser convertidos a unidades del Sistema Internacional, es decir, KN y KN x m respectivamente. Esta conversión se realiza en el capítulo 6 con el fin de evaluar resultados y para lo cual se usará las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ ton} = 9.81 \text{ KN}$$

$$1 \text{ ton} \times \text{m} = 9.81 \text{ KN} \times \text{m}$$

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUF0

ALTURA DE OLA = 0 mts. (aguas tranquilas)

ANGULO DE CABECE0 = 1° (encabuzado)

CALADO = 4.04 mts.

DESPLAZAMIENTO = 998.9 ton. (igual al peso de la embarcación)

aceleración vertical = -6.30×10^{-4} m/seg²

aceleración angular = 4.48×10^{-3} rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0.0	-9.1	-15.4	-13.9	15.2	72.7	61.4	-12.2	-49.4	-52.2	-55.8	-30.5	-10.7	2.8	9.3	12.7	12.9	10.7	0.0
MOMENTOS FLECTORES (ton x m)	0.0	-8.6	-33.2	-55.3	-53.0	111.3	345.4	491.4	389.9	223.1	45.7	-30.9	-67.9	-75.9	-68.4	-54.1	-29.7	-14.1	0.0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUFO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 1.9° (encabuzado)

CALADO = 5.175 mts.

DESPLAZAMIENTO = 999.45 ton. (igual al peso de la embarcación)

aceleración vertical = $4.66 \times 10 \text{ m/seg}^2$

aceleración angular = $-1.386 \times 10^{-3} \text{ rad/seg}^2$

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0.00	2.20	9.91	21.90	68.55	126.71	100.08	-18.85	-81.85	-102.3	-110.7	-81.85	-54.61	-30.65	-14.85	-2.48	7.55	8.79	0.00
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0.00	2.07	74-12	37.90	207.15	572.71	968.74	1209.6	1043.5	741.28	391.89	221.56	100.30	23.80	-8.99	-22.43	-19.58	-9.73	0.00

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUFUO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (encabuzado)

CALADO = 5.68 mts,

DESPLAZAMIENTO = 1167 ton. (igual al peso +17%)

aceleración vertical = 1.65 m/seg²

aceleración angular = 0.328 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0.00	-10.07	-15.69	-12.92	14.98	61.31	17.12	-127.6	-196.1	-210.1	-206.7	-163.5	-120.8	-80.7	-52.31	-28.11	-3.68	4.46	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0.00	-7.97	-27.84	-41.45	-4.16	192.55	414.67	368.64	76.95	-301.9	-661.1	-802.7	-866.2	-854.2	-795.8	-699.5	-508.2	-349.6	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUFUO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (empopado)

CALADO = 5.68 mts.

DESPLAZAMIENTO = 1164.5 ton. (igual al peso +17%)

aceleración vertical = 1.624 m/seg²

aceleración angular = -0,439 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	10.36	34.08	58.52	144.9	253.5	250.3	137.2	60.33	20.87	-15.73	-0.44	11.27	18.48	21.05	21.16	17.52	13.41	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	7.67	44.12	102.9	439.1	1113	1879	2655	2659	2409	1986	1725	1483	1254	1078	901.5	637,6	445	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUF0

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECE0 = 5° (empopado)

CALADO= 4.32 mts.

DESPLAZAMIENTO = 800.3 ton. (igual al peso -20%)

aceleración vertical = -1.95 m/seg²

aceleración angular = -0.506 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	15.66	47.32	78.19	167.34	253.22	253.48	160.19	93.56	51.41	11.89	15.34	17.08	16.61	14.97	12.84	9.81	7.96	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	12.40	66.27	148.27	556.90	1262.3	2017.7	2667.5	2867.1	2667.1	2278.1	2019.8	1761.2	1499.2	1289	1073.6	750.8	518,8	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUF0

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECE0 = 5° (empopado)

CALADO = 4.32 mts.

DESPLAZAMIENTO = 801 ton. (igual al peso -20%) (INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = -1.94 m/seg²

aceleración angular = -0.450 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	10.80	33.60	56.65	131.08	215.26	223.64	149.79	91.79	55.0	17.91	21.51	22.74	21.38	18.91	15.91	11.59	8.86	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	8,05	74.33	101.21	407.13	982.53	1633.6	2360.8	2430.4	2281.4	1961.4	1744.6	1527.8	1306.9	1127.9	942.95	662.88	459.4	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUF0

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECE0 = 5° (encabuzado)

CALADO = 4.72 mts.

DESPLAZAMIENTO = 798 ton. (igual al peso -20%)

aceleración vertical = - 1.97 m/seg²

aceleración angular = 0.321 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 6	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-11.4	-23.8	-27.0	-15.9	12.90	-18.7	-118	-164	-169	-160	-126	-92.8	-61.7	-39.8	-21.2	-2.93	2.97	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-9.2	-38.7	-69.5	-118.	-71.0	2.16	-128.	-356	-621	-844	-915	-925	-875	-798	-691	-496	-341	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN ARRUFO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (encabuzado)

CALADO = 4.66 mts.

DESPLAZAMIENTO = 800 ton. (igual al peso -20%) (INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = - 1.96 m/seg²

aceleración angular = 0.294 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-11.57	-25.37	-31.19	-26.19	0	-28.51	-112.9	-148	-145.1	-131.1	-97.8	-67.16	-4 0.79	-23.64	-10.05	2.18	5.23	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-9.56	41.25	-76.69	-154.5	-155.9	-130.3	-300.4	-515.7	-741.6	-907.2	-945.2	-924.4	-851.1	-761.9	-650.1	-459.2	-313.3	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN ARRUF0

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECE0 = 0°

CALADO = 4.05 mts.

DESPLAZAMIENTO = 631 ton. (igual al peso +20%)

(INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = 2.04 m/seg²

aceleración angular = -0.055 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-15.36	-38.6	-49.1	-41.63	-21.8	-1.43	26.28	37.0	47.2	58.28	49.64	46.56	47.25	37.21	27.2	20.74	15.21	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-15.27	-71.88	-141.2	-324.9	-463.8	-528.8	-508.5	-441.3	-344.3	-216.4	-147.3	-90.0	-35.8	-0.49	20.23	32.84	32.73	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 0 mts. (aguas tranquilas)

ANGULO DE CABECEO = 0.72° (empopado)

CALADO = 2.56 mts.

DESPLAZAMIENTO = 522.8 ton. (igual al peso de la embarcación)

aceleración vertical = 9.57×10^{-3} m/seg²

aceleración angular = 9.53×10^{-4} rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-19.85	-51.23	-68.6	-75.31	-59.48	-33.3	17.01	40.97	58.53	68.35	58.11	50.85	46.05	33.80	22.64	15.83	11.72	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-18.87	-90	-180	-150.1	703.2	-866	-915.8	-822.2	-661.2	-455.7	-345.5	-250.6	-166.3	-111.8	-73.35	-35.49	-16.63	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 1.1° (empopado)

CALADO = 3.44 mts.

DESPLAZAMIENTO = 522.8 ton. (igual al peso de la embarcación)

aceleración vertical = $9.81 \times 10^{-3} \text{ m/seg}^2$

aceleración angular = $4.29 \times 10^{-3} \text{ rad/seg}^2$

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-19.89	-53.80	-77.2	-105.1	-102.6	-71.92	16.38	65.15	96.55	106	90.77	77.23	66.53	50.41	35.70	23.62	15.75	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-18.94	92.77	-191.2	-533.7	-924.3	-1231	-1400	-1270	-1009	-682.3	-511.5	-365.9	-241.6	-162.4	-104.4	-46.92	-20.70	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (encabuzado)

CALADO = 2.98 mts.

DESPLAZAMIENTO = 420.6 ton. (igual al peso -20%)

aceleración vertical = -1.909 m/seg^2

aceleración angular = 0.228 rad/seg^2

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-15.9	-43.1	-12.5	-99.4	-130	-135	-80.3	-33.9	5.61	31.62	29.77	28.38	27.55	19.52	12.12	8.96	7.43	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-12.4	-60.9	-126	-375	-726	-1094	-1525	-1568	-1455	-1221	-1066	-907	-747	-624	-508	-345	-233	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (empopado)

CALADO = 2.87 mts.

DESPLAZAMIENTO = 420 ton. (igual al peso -20%)

aceleración vertical = -1.926 m/seg^2

aceleración angular = -0.127 rad/seg^2

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17y 18	19y 20	21y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-15.9	-42.2	-582	-66.0	-46.9	-9.10	71.13	105.4	116.9	106.4	85.6	69.3	57.98	43.84	31.10	20.30	13.31	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-16.7	-81.1	-164	-430	-689	-845	-787	-584	-317	-57.5	50.5	122.6	167.9	184.1	179.9	147.8	111.5	0

CONDICION DE CARGA 2 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 0° (trimado)

CALADO = 4.55 mts.

DESPLAZAMIENTO = 800 ton. (igual al peso -20%) (INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = 1.948 m/seg^2

aceleración angular = -0.030 rad/seg^2

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-11.7	-27.	-36.4	-27.0	21.2	24.6	-7.79	-24.7	-17.9	-19.5	-2.61	7.43	11.12	10.89	9.52	7.57	6.74	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-11.0	-50.2	-97.9	-214	-222	-135	-63.1	-98.7	-147	-185	-191	-172	-142	-116	-90.8	-57.2	-35.5	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (empopado)

CALADO = 3.60 mts.

DESPLAZAMIENTO = 628 ton. (igual al peso +20%)

aceleración vertical = 1.981 m/seg²

aceleración angular = -0.209 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-20.77	-52.53	-69.34	-70.89	-44.24	1.55	97.12	140.08	159.38	152.47	125.83	103.39	86.76	65.60	46.54	30.38	19.92	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-22.38	-106.0	-211.3	-27.4	-821	-990.6	-905.7	-659.2	-327.4	9.70	154.63	250.76	308.46	324.75	310.16	249.58	186.36	0 1

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 50 (empopado)

CALADO = 3.72 mts.

DESPLAZAMIENTO = 628 ton. (igual al peso +20%) (INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = 1.994 m/seg^2

aceleración angular = -0.259 rad/seg^2

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 Y11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-18.63	-46.66	-59.65	-49.4	-13.48	32.44	109.2	140.3	155.6	150.1	124.8	103.2	86.84	65.67	46.59	30.41	19.95	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-20.94	-98.85	-195.5	-465	-677.9	-760.8	-593.9	-358.0	-66.17	223.3	343.4	415.3	448.7	445.5	410.6	319.5	234.4	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (encabuzado)

CALADO = 3.80 mts.

DESPLAZAMIENTO = 628 ton. (igual al peso +20%)

aceleración vertical = 1.989 m/seg²

aceleración angular = 0.290 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-23.82	-64.42	-93.41	-145.8	-178.5	-173.4	-97.66	-39.26	11.94	48.16	46.12	45.73	46.51	35.78	25.13	18.74	14.02	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-19.16	-93.85	-194.1	-72.9	-1079	-1570	-2106	-2147	-1988	-1668	-1456	-1239	-016	-843	-680.9	-456.7	-304.6	0

CONDICION DE CARGA 1 Y EN QUEBRANTO

ALTURA DE OLA = 2 mts.

ANGULO DE CABECEO = 5° (empopado)

CALADO = 3.98 mts.

DESPLAZAMIENTO = 628 ton. (igual al peso +20%) (INCLUYE CORRECCION DE SMITH)

aceleración vertical = 2.012 m/seg²

aceleración angular = 0.317 rad/seg²

CUADERNA	1	2	3 y 4	5 y 6	7	8 y 9	10 y 11	12	13	14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23	24 y 25	26	27	28
FUERZAS CORTANTES (ton)	0	-23.9	-64.6	-93.6	-145	-173	-165	-104	-58.3	-13.0	25.82	27.66	31.66	36.06	28.68	20.34	16.44	12.94	0
MOMENTOS FLECTORES (tonxm)	0	-18.8	-92.2	-191	-561	-1043	-1496	-1995	-2057	-1949	-1682	-1492	-1289	-1072	-897	-732	-496	-333	0

CAPITULO 6

ANALISIS DE RESULTADOS

Primero estableceremos las propiedades mecánicas del material del que está construida la embarcación, es decir del acero naval grado A:

Límite elástico: $\sigma_e = 250 \text{ N/mm}^2$

Esfuerzo de fluencia a la tracción que da $\epsilon_{\text{residual}} = 0.2\%$:

$$\sigma_{ft} = 280 \text{ N/mm}^2$$

Límite de resistencia a la fatiga. Para un ciclo simétrico la probeta dura 10^8 ciclos:

$$\sigma_{-1} = 235 \text{ N/mm}^2$$

Esfuerzo límite a la rotura:

$$\sigma_{rt} = 530 \text{ N/mm}^2$$

Es importante anotar que sobretodo en el caso de las propiedades relativas al estudio de fatiga (σ_{-1} y σ_{rt}), existe una considerable dispersión en los datos, por lo que se ha tomado valores promedio.

Observando el “Diagrama de momentos flectores (condición arrufo, ola de 2 m.)” (ver capítulo 5), encontramos que para la situación de empopado 5° con 800 ton. de desplazamiento y 999 ton. de peso, se obtiene el mayor momento

flector en la cuaderna 13, cuyo valor asciende a 28670 KN x m. Para poder evaluar debemos recurrir a la curva corregida por la relación de Smith, obteniendo para la cuaderna 13 un momento flector de 24300 KN x m. Es interesante observar que existe una disminución del 15% entre los valores del momento no corregido y el corregido por la relación de Smith.

Vemos también en la curva calculada estáticamente para la cuaderna 12 un momento flector de 12100 KN x m contra 28170 KN x m para la condición empopado 5° con 800 ton. de desplazamiento, es decir un aumento del 132%, lo que representa un incremento de considerable importancia. Otro hecho de importancia es el aumento del momento flector en la proa al estar la embarcación encabuzada, lo que no debe preocuparnos puesto que el modulo de sección en esa zona es bastante alto debido a la presencia del castillo de proa. Vemos en este punto que para el barco encabuzado y desplazando 798 ton., el valor corregido resulta mayor que el valor inicial, contrariamente a lo que podría esperarse.

Observemos ahora el “Diagrama de momentos flectores (condición quebranto ola de 2 m.)” (ver capítulo 5). El máximo momento flector se obtiene para la condición encabuzado 5° desplazando 628 ton. con un peso de 523 ton., dando para la cuaderna 13 un valor de 21470 KN x m. Si observarnos la curva corregida obtenemos 20570 KN x m., es decir una disminución de sólo 4%. La curva calculada estáticamente da para la cuaderna 12 un valor de 14000 KN x m. contra un valor de 21470 KN x m. para la condición antes considerada, es decir un aumento del 53%. Aquí también vemos que para el

barco empopado, el momento flector aumenta en la proa como en el gráfico anterior.

Calculemos ahora el esfuerzo máximo el cual se presenta en arrufo en condición empopado 5° con 800 ton. de desplazamiento como ya dijimos anteriormente, con un momento flector de 24300 KN x m. = 243×10^8 N x mm y un módulo de sección mínimo requerido de 124×10^6 mm³ :

$$\sigma_{\text{máx}} = 243 \times 10^8 / 124 \times 10^6$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 196 \text{ N/mm}^2$$

Si hacemos un cálculo del factor de seguridad referido al límite elástico del material:

$$n = 250/196 = 1.27$$

Si consideramos la embarcación navegando con carga en condición 1, esta pasará de quebranto a arrufo de manera alternante, lo que nos lleva a hacer un análisis de fatiga. En el gráfico de quebranto vemos que el mayor momento en valor absoluto se da en la cuaderna 13 para la embarcación encabuzada 5° con un desplazamiento de 629 ton., dando la curva corregida un valor de 20570 KN x m. Así mismo observando el gráfico de arrufo, para la condición de carga 1 con el barco trimado y desplazando 630 ton., obtenemos en la cuaderna 13 un momento flector de 4410 KN x m.

Con estos valores podemos evaluar $\sigma_{\text{máx}}$ y $\sigma_{\text{mín}}$ para la condición de carga 1:

$$\sigma_{\text{máx}} = 20570 \times 10^6 / 124 \times 10^6$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 166 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{mín}} = 4410 \times 10^6 / 124 \times 10^6$$

$$\sigma_{\text{mín}} = 35.6 \text{ N/mm}^2$$

Así mismo podemos calcular el esfuerzo alternante σ_a y el esfuerzo medio σ_m necesarios para el estudio de fatiga:

$$\sigma_a = (\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}) / 2$$

$$\sigma_a = (166 - 35.6) / 2$$

$$\sigma_a = 65.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = (\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}) / 2$$

$$\sigma_m = (166 + 35.6) / 2$$

$$\sigma_m = 101 \text{ N/mm}^2$$

La teoría de fatiga (ver "Resistencia de materiales" por V.I. Feodosiev" (ref. 5)) dice que el factor de seguridad será:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{k\sigma_a + \frac{\sigma_{-1}\sigma_m}{\sigma_{rl}}}$$

Siendo k = factor que incluye el factor por calidad superficial, el factor de escala por tamaño de probeta y el factor de concentración. Al no haber entalladuras y no ser buena la calidad superficial tomaremos k = 1.5

$$n = \frac{235}{1.5 \times 65.2 + \frac{235 \times 101}{530}}$$

$$n = 1.65$$

Ahora analicemos la condición de carga 2 en arrufo tenemos el máximo esfuerzo $\sigma_{\text{máx}} = 196 \text{ N/mm}^2$ como ya dijimos anteriormente.

Viendo el gráfico en quebranto para la condición de carga 2, trimado desplazando 800 ton., tenemos para la cuaderna 13 un momento flector de 990 KN x m. Con estos valores calculamos:

$$\sigma_{\text{mín}} = 990 \times 10^6 / 124 \times 10^6$$

$$\sigma_{\text{mín}} = 8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_a = (196 - 8) / 2$$

$$\sigma_a = 94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m = (196 + 8) / 2$$

$$\sigma_m = 102 \text{ N/mm}^2$$

$$n = \frac{235}{1.5 \times 94 + \frac{235 \times 102}{530}}$$

$$n = 1.26$$

Los factores de seguridad encontrados pueden parecer bajos a primera vista (1.27 para el análisis estático, 1.65 para el análisis por fatiga en condición 1 y 1.26 para el análisis por fatiga en condición 2), sin embargo no son tales debido a:

- Las condiciones consideradas en lo relativo al oleaje son sumamente severas y difícilmente se darán en la realidad.
- Los esfuerzos admisibles del material son confiables puesto que están referidos a aceros clasificados.
- Por lo general los módulos de sección reales que se presentan son muy superiores al mínimo requerido.

Así mismo si consideramos el módulo de sección real calculado ($Z = 420238 \text{ cm}^3$), los factores de seguridad serán muy superiores (4.30 para el análisis estático, 4.27 para el análisis por fatiga en la condición 1 y 4.41 para el análisis en la condición 2).

CONCLUSIONES

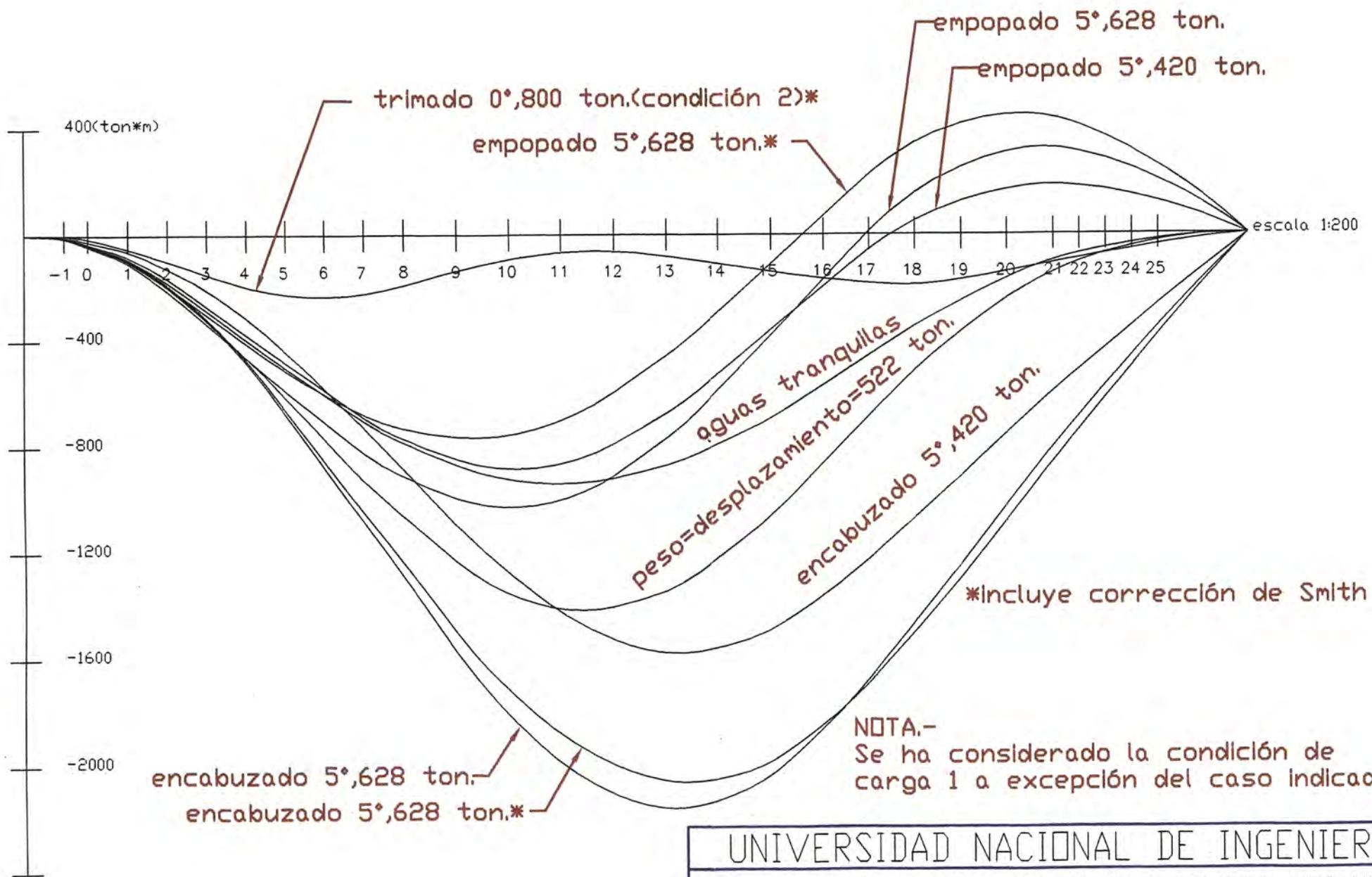
- Los factores de seguridad considerados por las Reglas de las Compañías Clasificadoras referidos a la resistencia longitudinal son adecuados.
- El arreglo de los elementos longitudinales de la sección maestra en las embarcaciones pesqueras peruanas, permite alcanzar un elevado módulo de sección (nos referimos básicamente a los mamparos longitudinales, quilla, sobrequilla y zapata). Esta afirmación se basa no sólo en el cálculo hecho en este trabajo, sino en cálculos similares realizados por el autor para diversas embarcaciones pesqueras, presentándose la misma característica.
- El módulo de sección para embarcaciones pequeñas (con eslora menor que 90 metros) no será un problema en general.

En base a su experiencia el autor recomienda verificar el módulo de sección en los casos de embarcaciones cuyo casco se vaya a modificar (aumento de eslora y/o manga), ya sea porque se quiere ganar francobordo, estabilidad o capacidad de bodega. Esto debido a que el módulo mínimo requerido es función de la eslora y la manga (ver fórmula), por lo que un incremento de estas características conlleva al incremento de dicho módulo mínimo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- “Cálculo de Estructura de Buques” por Ricardo Martín Domínguez.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (1969).
- 2.- “Basic Ship Theory” por K . J. Rawson y E. C. Tupper (1968).
- 3.- “Analise Estructural do Navio” volumen 1.
Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo. Departamento de
Engenharia Naval (1980).
- 4.- “Manual para Quickbasic 4.0 (Guía del programador)” por Fco. Javier
Ceballos.
- 5.- “Resistencia de Materiales” por V. I. Feodosiev (1980).

PLANOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO

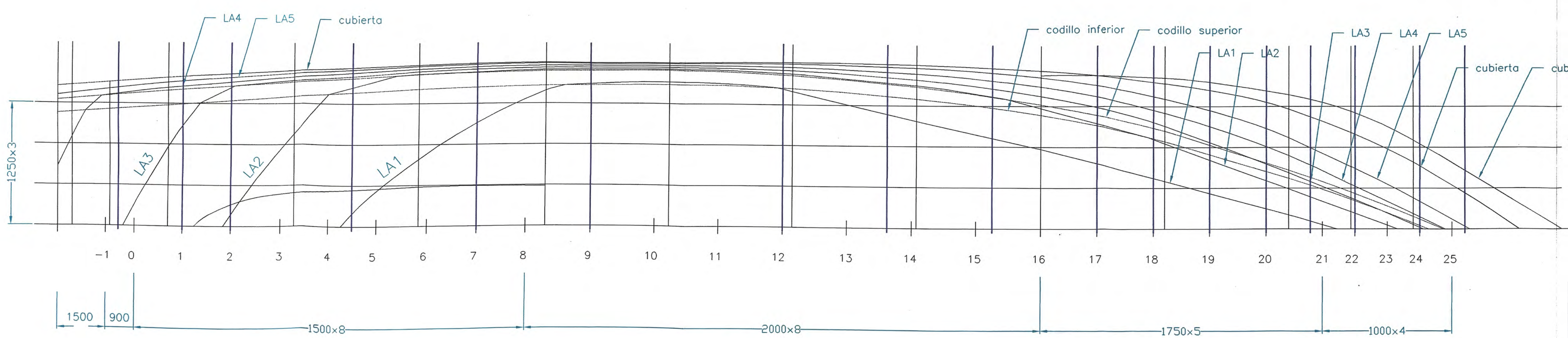
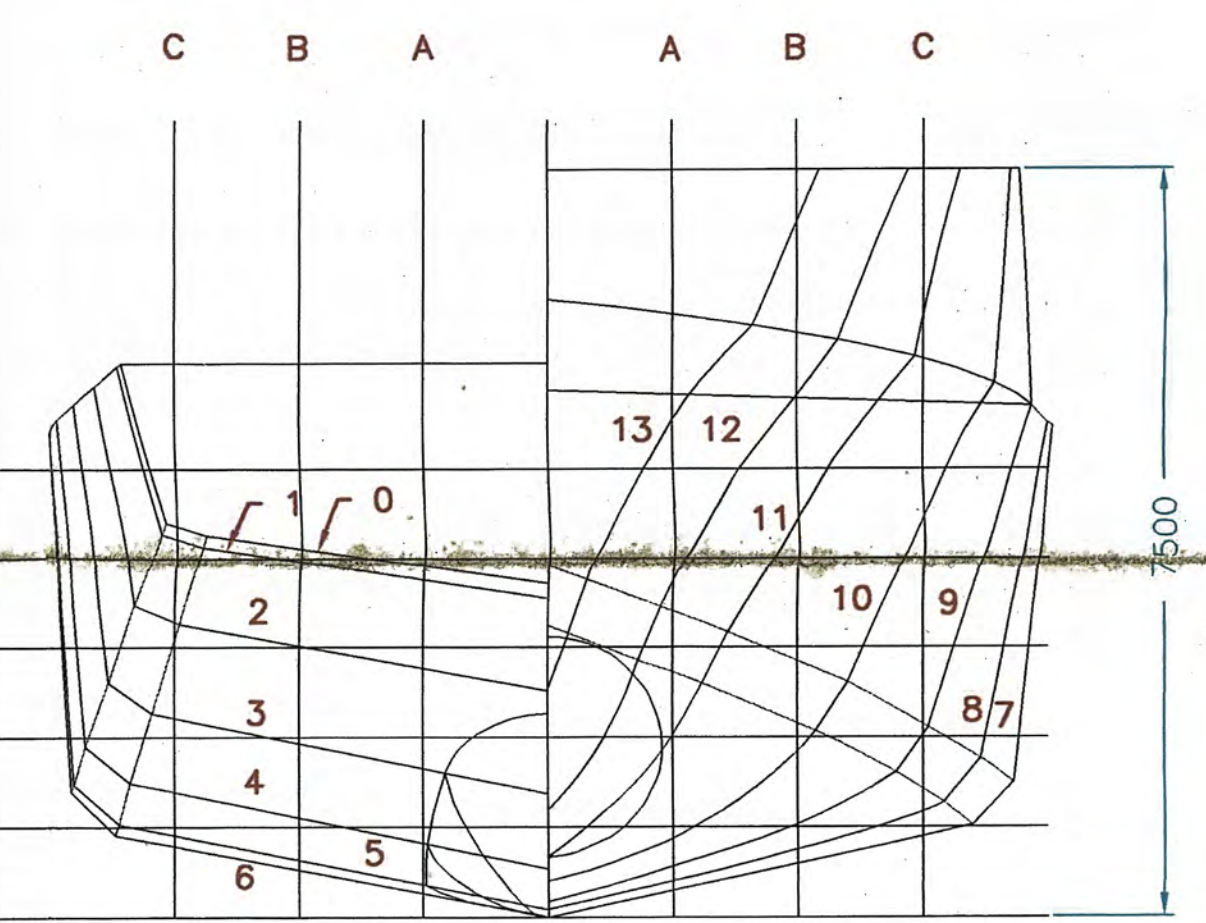
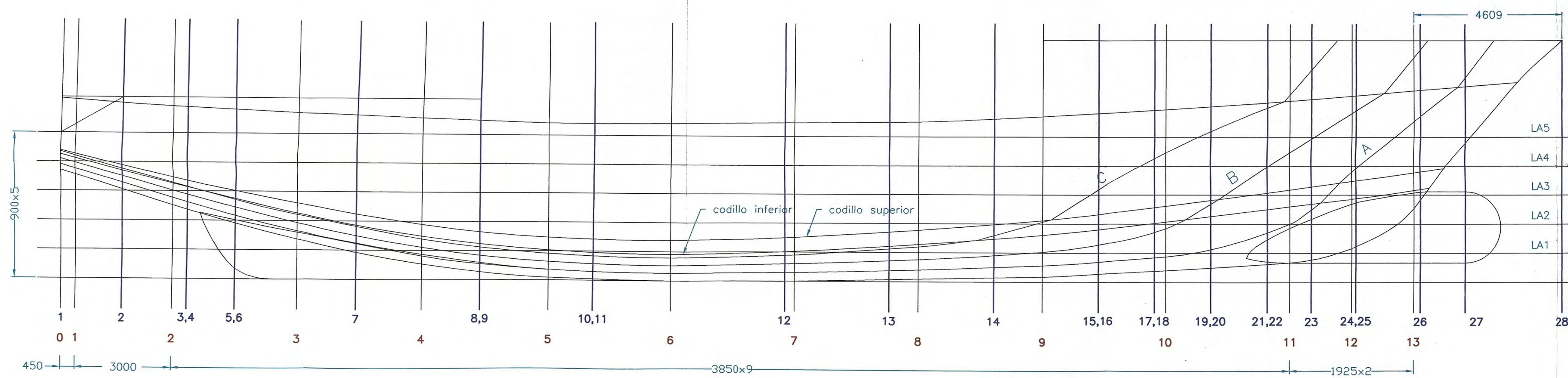
"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."

DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES (condición QUEBRANTO, ola de 2m.)

Dibujado: Raúl Galdo R.

Diseñado: Raúl Galdo R.

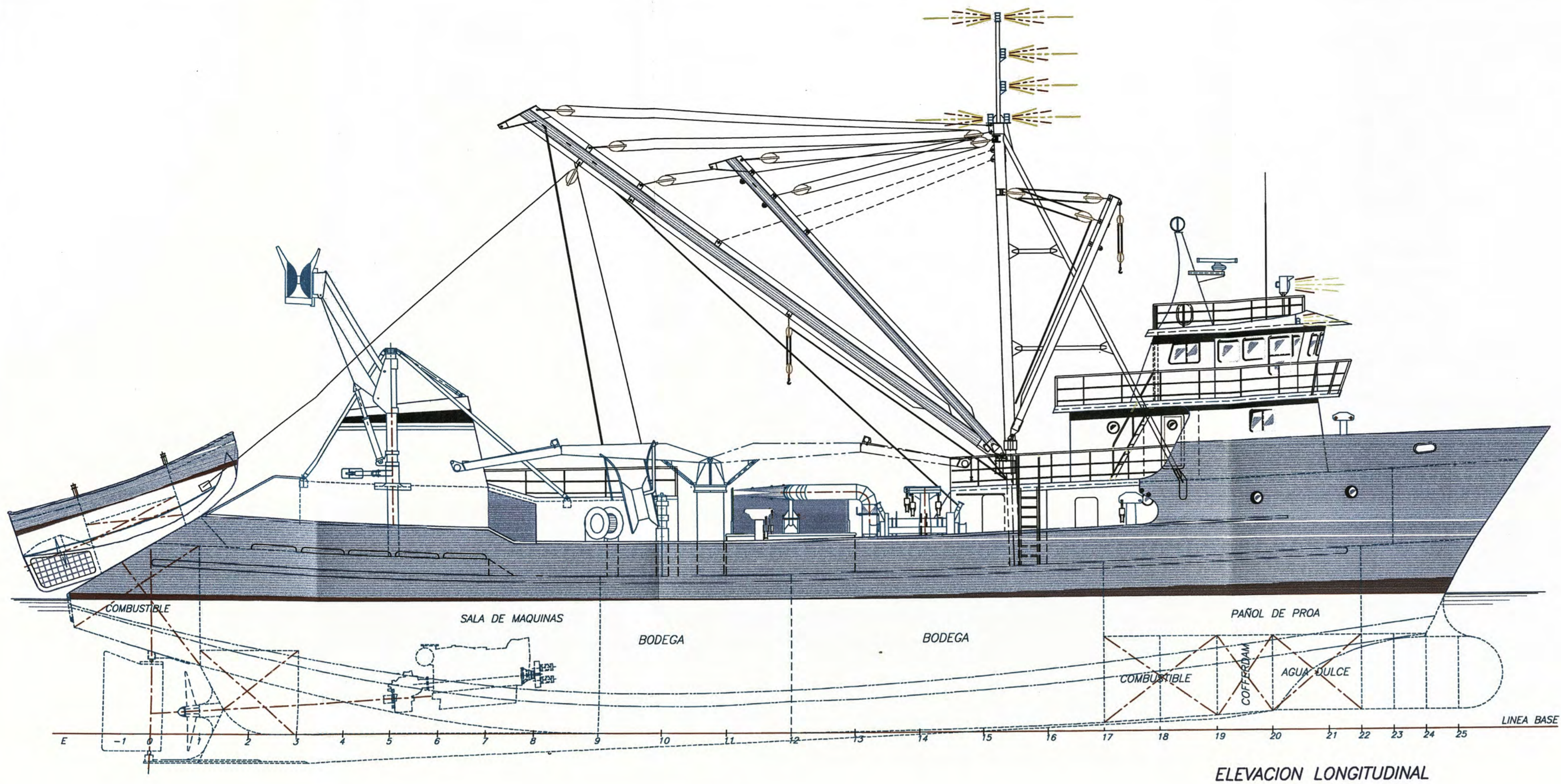
Fecha : 10.10.99



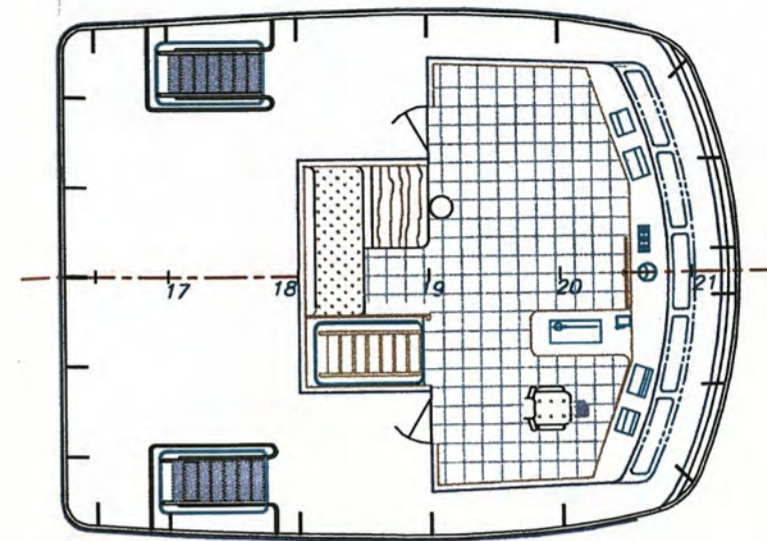
- NOTAS**
- C 1.-Numeros en negro son cuadernas.
 - 2.-Numeros en rojo son estaciones de dibujo.
 - 3.-Numeros en azul son estaciones para la corrida del programa.
- B
- A

escala 1:75

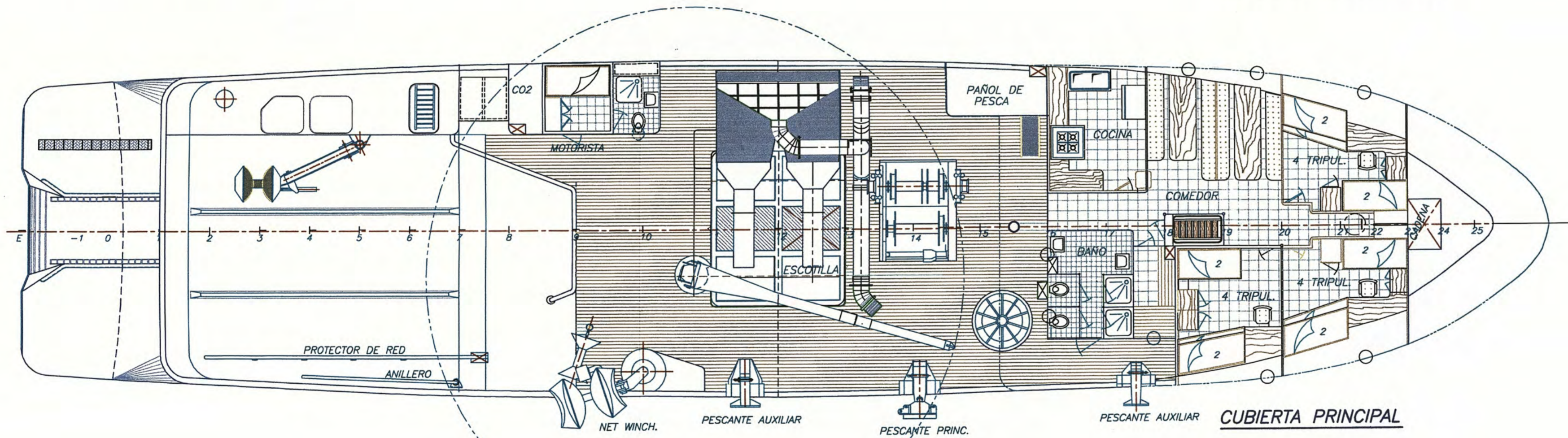
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO		
"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."		
PLANO DE LINEAS DE FORMA		
Dibujado: Raúl Galdo R.	Diseñado: Raúl Galdo R.	Fecha : 10.10.99



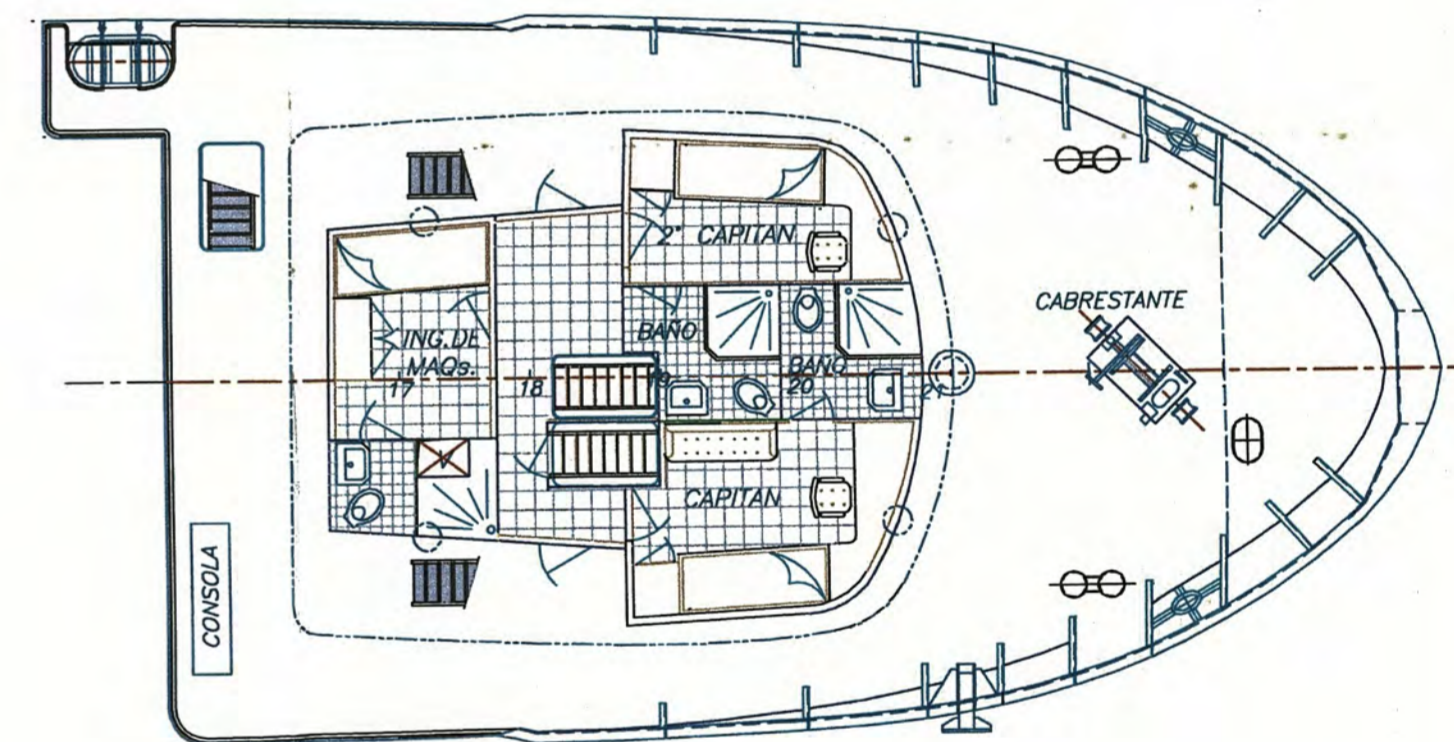
ELEVACION LONGITUDINAL



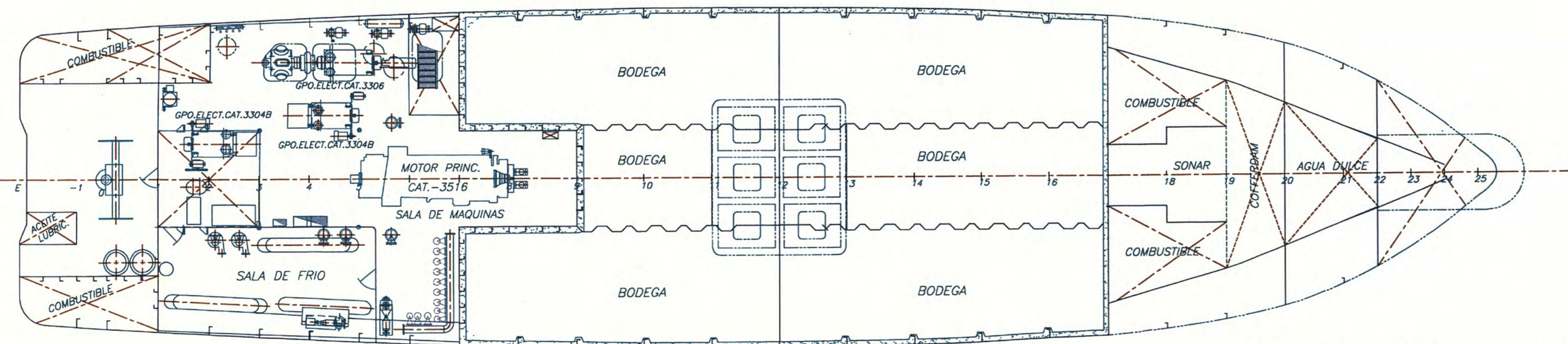
PUENTE DE MANDO



CUBIERTA PRINCIPAL



ENTREPUEnte



BAJO CUBIERTA PRINCIPAL

ESCALA 1 : 100

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

ESLORA TOTAL	46.00 M.	150'-00"
MANGA MOLDEADA	9.95 M.	32'-05"
PUNTA MOLDEADO	4.88 M.	16'-00"
VOLUMEN DE BODEGAS (RSW)	402 M ³	
CAPACIDAD DE COMBUSTIBLE	40 M ³	
CAPACIDAD DE AGUA	10 M ³	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
TESIS PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO MECANICO		
"Análisis de la resistencia longitudinal de una embarcación pesquera de 46 m."		
PLANO DE DISPOSICION GENERAL		
Dibujado: Raul Galdo R.	Diseñado: ANDESA	Fecha : 10.10.99

APENDICES

APENDICE 1

SECTION 6

Longitudinal Strength

.1 General

Vessels are to have longitudinal hull girder section modulus in accordance with the requirements of this section. The equation in this section is, in general, valid for all vessels having depths not less than one-sixteenth of their lengths, L and breadths which do not exceed twice their depths, D , as defined in Section 2. Vessels whose proportions exceed these limits will be subject to special consideration.

.3 Longitudinal Hull Girder Strength

6.3.1 Strength Standard

The required hull girder section modulus SM at midships, expressed in centimeters squared meters or inches squared feet, is to be determined in accordance with the following equation.

$$SM = f \times B \times (C_b + 0.5)$$

f = value determined from Table 6.1 appropriate to the vessel's length, L , as defined in Section 2. Intermediate values of f may be obtained by interpolation

B = breadth in m or ft as defined in Section 2

C_b = block coefficient at design draft, based on the Length, L , as defined in Section 2, measured on the design waterline.

C_b is not to be taken as less than 0.60.

6.3.2 Section Modulus Calculation

In general, the following items may be included in the calculation of the section modulus provided they are continuous or effectively developed within midship $0.4L$ and gradually tapered beyond the midship $0.4L$.

Deck plating (strength deck and other effective decks)

Shell and inner bottom plating

Gunwale angle or its equivalent

Deck and bottom girders

Plating and longitudinal stiffeners of longitudinal bulkheads

All longitudinals of deck, sides, bottom, and inner bottom

In general, the net sectional areas of longitudinal strength members are to be used in the hull girder section modulus calculations. The section modulus to the deck or bottom is obtained by dividing the moment of inertia by the distance from the neutral axis to the molded deck at side amidships or base line, respectively.

6.5.1 Strength Decks

The uppermost deck to which the side shell plating extends for any part of the length of the vessel is to be considered the strength deck for that portion of the length, except in way of comparatively short superstructures. In such a case, the deck on which the superstructures are located is to be considered the strength deck in way of the superstructure. In general, the effective sectional area of the deck for use in calculating the section modulus is to exclude hatchways and other large openings through the deck but may include seam overlaps and continuous gunwale angles or their equivalent.

The deck sectional areas used in the section modulus calculations are to be maintained throughout the midship $0.4L$ in vessels. They may be reduced to one-half the normal requirement at $0.15L$ from the ends. In way of a superstructure beyond the midship $0.4L$, the strength deck area may be reduced to approximately 70% of the normal requirement at that location.

6.5.2 Effective Lower Decks

To be considered effective for use in calculating the hull girder section modulus, the thickness of the deck plating is to comply with the requirements of Section 13. The sectional areas of lower decks used in calculating the section modulus are to be obtained as described in 6.5.1. These areas are to be maintained

throughout the midship $0.4L$ and may be gradually reduced to one-half their midship value at $0.15L$ from the ends.

Table 6.1

10 of f

Metric		Feet	
L	f	L	f
12	31.6	40	5.0
14	38.0	50	6.5
16	43.9	60	7.7
18	48.9	70	9.0
20	54.4	80	10.5
22	60.2	90	12.2
24	66.5	100	14.0
26	73.6	110	15.8
28	80.9	120	17.4
30	88.5	130	19.5
32	96.1	140	21.9
34	103.5	150	24.0
36	110.3	160	27.3
38	118.6	170	30.8
40	127.7	180	34.4
42	137.9	190	38.6
44	147.2	200	43.3
46	156.8		
48	170.8		
50	185.3		
52	200.1		
54	215.3		
56	232.0		
58	249.9		
60	269.8		
61	279.7		

APENDICE 2

SECTION 4

Information required

4.1 List of requirements

4.1.1 In order that an assessment of the longitudinal strength requirements can be made, the following information is to be submitted, in LR's standard format where appropriate.

- (a) General arrangement and capacity plan or list, showing details of the volume and position of centre of gravity of all tanks and compartments.
- (b) Longjean data, in the form of tables or curves, for at least 21 equally spaced stations along the hull. A lines plan and/or tables of offsets may also be required.
- (c) Details of the calculated lightweight and its distribution.
- (d) Loading Manual.
- (e) Details of the weights and centres of gravity of all deadweight items for each of the main loading conditions for individual ship types specified in Part 1. It is recommended that this information be submitted in the form of a preliminary Loading Manual, and that it includes the calculated still water bending moments and shear forces.

4.1.2 For final Loading Manual, see Section 7.

SECTION 5

Hull bending strength

5.1 Symbols

5.1.1 The symbols used in this Section are defined as follows:

- f = ship service factor
- F_b = local scantling reduction factor for hull members below the neutral axis, see 5.7
- F_D = local scantling reduction factor for hull members above the neutral axis, see 5.7
- F_n = Froude number
- I_{min} = minimum moment of inertia, of the hull midship section about the transverse neutral axis, in m^4
- M_s = design still water bending moment, in kNm (tonne-m)
- \bar{M}_s = maximum permissible still water bending moment, in kNm (tonne-m), see 5.5
- M_w = design hull vertical wave bending moment amidships, in kNm (tonne-m)
- σ_s, σ_b = maximum hull vertical bending stress at strength deck and keel respectively, in N/mm^2 (kgf/mm^2)
- σ = permissible combined stress (still water plus wave), in N/mm^2 (kgf/mm^2), see 5.6
- Z, Z_b = actual hull midship section moduli, in m^3 , at strength deck and keel respectively, see Ch 3.3.4
- Z_c = actual hull midship section modulus, in m^3 , at continuous strength member above strength deck, calculated with the lever specified in Ch 3.3.4
- Z_{min} = minimum hull midship section modulus about the transverse neutral axis, in m^3

z = vertical distance from the hull transverse neutral axis to the position considered, in metres

z_M = vertical distance, in metres, from the hull transverse neutral axis to the minimum limit of higher tensile steel, as defined in Ch 3.2.6, above or below the neutral axis as appropriate.

5.2 Design vertical wave bending moments

5.2.1 The design hull vertical wave bending moment at amidships is given by the following:

$$M_w = fM_{wo}$$

where $M_{wo} = 0,1C_1C_2L^2B(C_b + 0,7)$ kNm
 $(0,0102C_1C_2L^2B(C_b + 0,7))$ tonne-m

f = ship service factor. To be specially considered depending upon the service restriction and in any event should not be less than 0,5. For unrestricted sea going service $f = 1,0$

C_b is to be taken not less than 0,60

C_1 is given in Table 4.5.1

$C_2 = 1$ (also defined in 5.2.2)

Consideration will be given to direct calculations of long-term vertical wave bending moments, see 2.6.

Table 4.5.1

Length L	Factor C_1
m < 90	$0,0412L + 4,0$
$90 - 300$	$10,75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1,5}$
$> 300 \leq 350$	10,75
$> 350 \leq 500$	$10,75 - \left(\frac{L - 350}{150}\right)^{1,5}$

5.2.2 The longitudinal distribution factor, C_2 , of wave bending moment is given in Table 4.5.2. This distribution factor is based on Froude number, F_n , which is defined as $\frac{0,164V}{\sqrt{L_{pp}}}$. For intermediate values of F_n , the factor is to be

determined by linear interpolation, and for values greater than 0,3, linear extrapolation is to be used.

Table 4.5.2 Longitudinal distribution factor C_2 of wave bending moment

Position	C_2	
	$F_n \leq 0,2$	$F_n = 0,3$
Station 0 (A.P.)	0,00	0,00
2	0,14	0,14
4	0,30	0,30
6	0,58	0,58
8	0,87	0,87
10 (mid- L_{pp})	1,00	1,00
12	0,90	0,95
14	0,68	0,80
16	0,41	0,62
18	0,20	0,33
20 (F.P.)	0,00	0,00

For operation in sheltered water or short voyages the permissible still water bending moment can be determined based on a reduced vertical wave bending moment given by:

For operation in sheltered water:

$$M = 0,5M_{wo}$$

For short voyages:

$$M = 0,8M_{wo}$$

These expressions can only be used in the permissible still water bending moment, see 5.5, and the relevant loading conditions to be included in the Loading Manual, see 5.2.

'Short voyages' are defined as voyages of limited duration in reasonable weather. 'Reasonable weather' is defined as 'sheltered water' as defined in Pt 1, Ch 2.2.

Design still water bending moment

The design still water bending moment, M_s , is the maximum moment, hogging or sagging, calculated under the loading conditions considered, and is to satisfy the following relationship:

$$M_s \leq \bar{M}_s$$

Minimum hull section modulus

The hull midship section modulus about the transverse neutral axis, at the deck or the keel, is to be not less than:

$$W_{min} = k_1 C_1 L^2 B (C_{11} + 0,7) \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

where k_1 is to be taken not less than 0,5.

For materials to be included in the calculation of hull section properties, see Ch 3.3.

The midship section modulus for ships with a restriction notation is to be not less than half the minimum value required for unrestricted service.

The minimum section modulus is to be generally maintained throughout 0,4L amidships. However, it may be used away from the midship point provided that the stresses due to combined vertical still water and wave bending moments do not exceed the permissible values given in Table 4.5.3. Supporting calculations are to be attached.

4.5.3

Strength category, see 4.1	Category 1	Category 2
Permissible combined stress σ in N/mm^2 (kgf/mm ²)	$\frac{163 \sigma}{k_1} \left(\frac{16,6 \sigma}{k_1} \right)$	$\frac{180 \sigma}{k_1} \left(\frac{18,3 \sigma}{k_1} \right)$
Values of α		
Category 1		
For $\bar{I}_s \leq 1,53/M_{wo}$	$\alpha = 1,0$	
For $\bar{I}_s > 1,53/M_{wo}$	$\alpha = \frac{2,21 (\bar{M}_s + 1M_{wo})}{3 \bar{M}_s + 1M_{wo}}$	
Category 2		
For $\bar{I}_s \leq 1M_{wo}$	$\alpha = 1,0$	
For $\bar{I}_s > 1M_{wo}$	$\alpha = \frac{2 (\bar{M}_s + 1M_{wo})}{3 \bar{M}_s + 1M_{wo}}$	

For ships which are provided with an approved system of corrosion control, certain reductions in bending moments are allowed. These reductions, however, are not to reduce by more than 5 per cent the minimum midship hull section modulus (see Table 2.5.1, Pt 1 in Chapter 2).

5.5 Permissible still water bending moment

5.5.1 The permissible still water bending moment is to be taken as the lesser of the following:

(a) $M_s = F_D \sigma_c Z_D \times 10^3 = M_w$ kNm (tonne-fm)

(b) $\bar{M}_s = F_D \sigma_c Z_D \times 10^3 = M_w$ kNm (tonne-fm)

where σ_c is the permissible combined stress in N/mm^2 (kgf/mm²) is given in Table 4.5.3 and F_D and F_B are defined in 5.7.2.

5.6 Permissible hull vertical bending stresses

5.6.1 The permissible combined (still water plus wave) stresses for hull vertical bending, σ , are given in Table 4.5.3 for the appropriate strength category.

5.6.2 The requirements for ships of special or unusual design and for the carriage of special cargoes will be individually considered.

5.7 Local scantling reductions

5.7.1 The maximum hull vertical bending stresses at deck, σ_D , and keel σ_B , are given by:

$$\sigma_D = \frac{\bar{M}_s + 1M_w}{Z_D} \times 10^3 \text{ N/mm}^2 \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_B = \frac{\bar{M}_s + 1M_w}{Z_B} \times 10^3 \text{ N/mm}^2 \text{ (kgf/mm}^2\text{)}$$

5.7.2 Where the maximum hull vertical bending stress at deck or keel is less than the permissible combined stress, σ , reductions in local scantlings may be permitted. The reduction factors applicable in Part 4 are defined as follows:

For hull members above the neutral axis

$$F_D = \frac{\sigma_D}{\sigma}$$

For hull members below the neutral axis

$$F_B = \frac{\sigma_B}{\sigma}$$

in general F_D and F_B are to be taken for not less than 0,67 for plating and 0,75 for longitudinal stiffeners.

5.7.3 Where higher tensile steel is used in the hull structure, the values of F_D and F_B for the mild steel part are to be taken as not less than $\frac{Z}{Z_M}$.

5.8 Hull moment of inertia

5.8.1 The hull midship section moment of inertia about the transverse neutral axis is to be not less than:

$$I_{min} = \frac{3L (\bar{M}_s + 1M_{wo})}{k_1 \sigma} \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

where values of σ are given in Table 4.5.3.

5.9 Continuous strength members above strength deck

5.9.1 Where trunk decks or continuous hatch coamings are effectively supported or deck longitudinals or girders are fitted above the strength deck, the modulus Z_s is to be not less than Z_{min} . The scantling reduction factor F_D , referred to strength deck at side, is applicable and in addition to the requirement given in 5.5.1, the permissible still water bending moment is not to exceed:

$$\bar{M}_s = \sigma Z_s \times 10^3 = M_w \text{ kNm (tonne-fm)}$$

SECTION 6

Hull shear strength

6.1 Symbols

6.1.1 The symbols used in this Section are defined as follows:

- = the area of longitudinal bulkhead plating at the section concerned, in cm²
- = the area of side shell at the section concerned, in cm²
- = the first moment of area, in cm³, of the longitudinal material above the neutral axis at the section concerned. For ships of normal form and conventional structural design, the values of Az and I for the midship section may be used for the calculations of shear stress at any point along the length of the ship
- = $0.16 + 0.075 \frac{A_s}{A_L}$
- = proportion of hull still water shear force carried by longitudinal bulkhead
- = proportion of hull still water shear force carried by side shell
- = the inertia of the hull about the horizontal neutral axis at the section concerned, in cm⁴
- = the combined thickness, in mm, of side shell for both sides of the ship, at the neutral axis. Special consideration will be given to the inclusion of the effective thickness of any partial longitudinal bulkhead, depending on the arrangements
- = the thickness of the side shell at the section concerned, at the neutral axis, in mm
- = the minimum thickness, in mm, of the longitudinal bulkhead plating at the section concerned within 0.4D of mid-depth of bulkhead
- = permissible combined shear stress (still water plus wave), see 6.6
- = longitudinal bulkhead permissible still water shear force, in kN (tonne-f)
- = permissible hull still water shear force, in kN (tonne-f), see 6.5
- = design hull still water shear force, in kN (tonne-f)
- = side shell permissible still water shear force, in kN (tonne-f)
- = design hull wave shear force, in kN (tonne-f).

When it is necessary to increase the thickness of the side shell or longitudinal bulkhead to meet these requirements, the original thicknesses are to be used in the calculation of the cross-sectional areas A_s and A_L .

6.2 General

6.2.1 For ships with length L greater than 65 m, the shear forces on the hull structure are to be investigated in cases where two or more longitudinal bulkheads are fitted and in other cases where any non-homogeneous loading conditions are proposed.

6.2.2 For L greater than 200 m, where double skin construction of the side shell in association with topside and upper tanks is proposed, shear flow calculations may be required to be submitted.

6.2.3 Where more than two longitudinal bulkheads are fitted direct calculation procedures are to be adopted.

6.3 Design wave shear force

6.3.1 The design hull wave shear force, Q_w , at any position along the ship is given by:

$$Q_w = e^{-0.00001 K_1 K_2 B L^2} (C_b + 0.70) \times 10^{-6} \text{ kN (tonne-f)}$$

where e = base of natural logarithms, 2.7183

and K_1 = 0 at Station 0

- = 2250 (229) between Stations 5 and 7
- = 1500 (153) between Stations 9 and 11
- = 2380 (243) between Stations 13 and 17
- = 0 at Station 20.

Intermediate values to be determined by linear interpolation.

- K_2 = 1.0 for unrestricted sea-going service conditions
- = 0.5 for operating in sheltered water
- = 0.8 for short voyages

For reference purposes, values of

$L^2 e^{-0.00001 K_1 K_2} \times 10^{-6}$ are given in Table 4.6.1

Table 4.6.1

L	Factor	I	$L^2 e^{-0.00001 K_1 K_2} \times 10^{-6}$
50	0.020 99	240	0.242 67
60	0.029 18	260	0.252 13
80	0.048 37	280	0.264 23
100	0.070 47	300	0.274 93
120	0.094 61	320	0.284 11
140	0.120 07	340	0.291 69
160	0.146 23	360	0.297 67
180	0.172 56	380	0.302 04
200	0.198 63	400	0.304 96
220	0.224 10		

6.4 Design still water shear force

6.4.1 The design still water shear force, Q_s , at each transverse section along the hull is to be taken as the maximum value found from the longitudinal strength calculations for each of the loading conditions considered and is to satisfy the following relationship:

$$Q_s \geq Q_w$$

6.4.2 The actual shear force obtained from the longitudinal strength calculations may be corrected for the effect of local forces at the transverse bulkhead, if applicable. See individual ship type Chapters for these corrections.

6.5 Permissible still water shear force

6.5.1 Where no longitudinal bulkhead is fitted the permissible hull still water shear force is given by

$$\bar{Q}_s = \frac{\bar{t} l_s t_s}{100 A_s} \quad Q_w \text{ FN (tonne-f)}$$

6.5.2 Where two longitudinal bulkheads are fitted the permissible hull still water shear force is to be taken as the lesser of the following:

$$\bar{Q}_s = \frac{\bar{t} D t_s}{l_s} \frac{l_n Q_w}{l_s}$$

$$\bar{Q}_s = \frac{\bar{t} D t_s}{l_s} \frac{(0.5 + \frac{l_n}{l_s}) Q_w}{l_s}$$

shear force distribution factors, f_s and f_l , are to be minimum as follows:

no direct calculations to determine the distribution of shear between side shell and longitudinal bulkheads have been carried out:

- 0,32
- 0,34

Where direct calculations have been carried out for all envisaged loading conditions, consideration will be given to the approval of values of the shear force distribution factors on the basis of the shear force envelopes obtained for the side shell and longitudinal bulkheads, subject to the following minimum values:

$$f_s = 0,5 - f_l$$

Maximum permissible shear forces assigned for overloading instruments will normally be based on:

(a) or (b). However, where use is made of an overloading instrument incorporating a facility to date the transverse distribution of shear forces, the permissible still water shear forces, \bar{O}_{ss} and may be assigned for the side shell and longitudinal bulkhead respectively in which case the following conditions are to be satisfied:

In the side shell plating:

$$f_s \bar{O}_{ss} \leq \bar{O}_{ss}$$

where $\bar{O}_{ss} = \bar{\tau} D t_s - f_s O_w$ kN (tonne-f)

In the longitudinal bulkheads:

$$f_l O_{ls} \leq \bar{O}_{ls}$$

where $O_{ls} = \bar{\tau} D t_s - (0,5 - f_s) O_w$ kN (tonne-f)

shear force distribution factors, f_s and f_l , in (a) and (b) to be calculated for each loading condition but are not to be taken less than the minimum values given in 6.5.2

4. Individual loading conditions in the ship's manual may be specially considered on a similar basis to that in 6.5.3 with the distribution factors being minimal by direct calculation.

5. The calculation of shear forces immediately on either end of the longitudinal bulkheads will be considered in relation to the arrangement of structure in 6.5.6.

Permissible shear stress

The permissible combined shear stress (still or plating wave) for use in direct calculations and in the results in 6.5 is to be taken as:

$$10 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \left(\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right) \right)$$

CHAPTER 7

Additional guidance information

General

1. Sufficient information is to be supplied to the master of every ship to enable him to arrange loading and lashing in such a way as to avoid the creation of unacceptable stresses in the ship's structure.

7.1.2 This information is to be provided by means of a Loading Manual and in addition, where required, by means of an approved loading instrument

7.2 Loading Manual

7.2.1 A Loading Manual is to be supplied to all ships where longitudinal strength calculations have been required, see Section 2. The Manual is to be submitted for approval in respect of strength aspects. Where the Loading Manual and loading instrument are supplied the Loading Manual must nevertheless be approved from the strength aspect. In this case the Manual is to be endorsed to the effect that any departures from these conditions in service are to be arranged on the basis of the Loading Instrument and the allowable local loadings shown in the Manual, see 7.2.4.

7.2.2 The Manual is to be based on the load distribution on ship and is to include well-defined lightweight distribution and buoyancy data.

7.2.3 Details of the following loading conditions are to be included in the Manual as applicable:

- Homogeneous loading at maximum draught
- Ballast
- Container loading
- Heavy cargo loading
- Any non-uniform distribution of loading
- Partial loading
- Deck cargo and timber
- Short voyage or sheltered water
- Docking condition afloat
- Any other loading condition likely to result in high bending moments and/or shear forces

7.2.4 The Manual is also to contain the following:

- (a) Values of actual and permissible still water bending moments and shear forces and where applicable limitations due to torsional loads
- (b) The allowable local loadings for the structure on hatch covers, decks and double bottoms
- (c) Details of cargo carriage constraints including the use of an accepted coating in association with a system of corrosion control (See Ch 2.2.6)
- (d) A note saying: "Scantlings approved for minimum draught for a ship of m with ballast tanks No. filled. In heavy weather conditions the forward draught should not be less than this value. If, in the opinion of the Master, sea conditions are likely to cause regular slamming, then other appropriate measures such as changing speed, heading or an increase in draught fore and aft also need to be taken."

7.2.5 Where alteration to structure, light weight distribution or draught is proposed, revised information is to be submitted for approval.

7.3 Loading instrument

7.3.1 In addition to a Loading Manual, an approved type loading instrument is to be provided for all ships where L is greater than 65 m and which are approved for non-uniform distribution of loading. The following ships are exempt from this requirement:

- (a) Ships with very limited possibilities for variations in the distribution of cargo and ballast
- (b) Ships with a regular or fixed trading pattern
- (c) Ships exempt by individual Chapters in Part 4

3.2 The loading instrument is to be capable of calculating shear forces and bending moments, and where necessary cargo torque, in any load or ballast condition at specified readout points and is to indicate the permissible values. The instrument is to be certified in accordance with LR's procedure for multi-point loading instruments.

3.3 The instrument readout points are usually located at the position of the transverse bulkheads or other obvious boundaries. As many readout points as required necessary by LR are to be included, e.g., two per bulkhead.

3.4 A notice is to be displayed on the loading instrument stating:
 'Scallings approved for minimum draught forward of ... with ballast tanks No. ... filled. In heavy weather conditions the forward draught should not be less than this value. If, in the opinion of the Master, sea conditions are likely to cause regular slamming, then other appropriate measures such as change in speed, heaving or an increase in draught forward may also need to be taken.'

3.5 Where alteration to structure, lightweight or cargo distribution is proposed, the loading instrument is to be modified accordingly and details submitted for approval.

3.6 The operation of the loading instrument is to be verified by the Surveyors upon installation and at Annual and Periodical Surveys as required in Pt 1, Ch 3. An operation Manual for the instrument is to be verified as being available on board.

APENDICE 3

Sección 4

Cargas de Proyecto

Generalidades

1.1 Esta Sección contiene información sobre las cargas de proyecto a considerar para el dimensionamiento de la estructura del casco.

1.2 Si en las demás Secciones no se indica lo contrario, las cargas indicadas en esta Sección se emplearán en las fórmulas o en los cálculos directos de la resistencia.

Definiciones

2.1 El concepto centro de carga se define como sigue:

1 Para planchas:

- reforzadas verticalmente: punto situado sobre el soporte inferior del panel, a una distancia igual al espaciado entre refuerzos o bien el canto inferior de la plancha cuando el espesor cambia dentro del panel de plancha.

- reforzadas longitudinalmente: punto medio del panel de plancha.

2 Para vigas y refuerzos:

Centro de la luz entre apoyos z .

2.2 Las siguientes definiciones son de aplicación a lo largo de esta Sección:

$p_0 = 10,5 \cdot c_1$ [kN/m²]

$c_1 = c_0/n$

$c_0 = L/25 + 4,1$ para $L < 90$ m

$c_0 = 10,75 - [(300 - L)/100]^{1,5}$ para $L \geq 90$ m

$n = 8,0 - 0,05 L$ para $L < 90$ m

$n = 3,5$ para $L \geq 90$ m

z = distancia vertical entre el centro de carga de la estructura y la línea base en [m]

x = distancia desde la perpendicular de popa (p_p) en [m].

B. Solicitaciones Externas por el Mar

1. Cargas sobre las cubiertas a la intemperie

1.1 Todas aquellas cubiertas o partes de cubierta que se encuentran expuestas a la acción del mar se considerarán como cubiertas intemperie.

1.2 Las cargas a considerar sobre las cubiertas a la intemperie se determinan por la siguiente fórmula:

$$p_D = p_0 \frac{10 \cdot T}{(10 + z - T) H} c_a \quad [\text{kN/m}^2]$$

c_a = factor de acuerdo a la Tabla 4.1.

Tabla 4.1

Range		Coefficient c_a
A	$0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,1$	1,1
M	$0,1 \leq \frac{x}{L} \leq 0,8$	1,0
F	$0,8 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$	$2,5 \frac{x}{L} - 1$ for $L \leq 100$ m ¹⁾ $10 \frac{x}{L} - 7$ for $L \geq 200$

¹⁾ Para valores intermedios de L se interpolará linealmente.

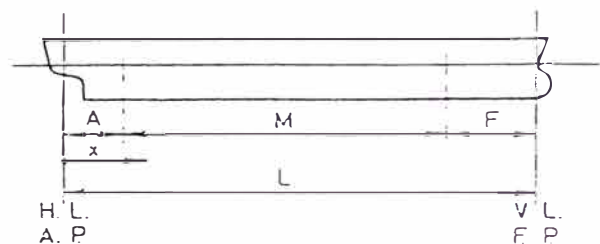


Fig. 4.1

Para cubiertas resistentes que sean tratadas como cubiertas intemperie, así como para la cubierta castillo, la carga no será inferior a:

$$P_{D\min} = 8 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{para } L \leq 100 \text{ m}$$

$$P_{D\min} = 0,35 \cdot p_0 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{para } L > 100 \text{ m.}$$

2. Cargas a considerar sobre los costados del buque

La carga exterior p_s actuando sobre los costados del buque, se determinará según las siguientes fórmulas:

2.1 Para elementos cuyo centro de carga esté por debajo de la línea de flotación, el mayor de los dos valores siguientes:

$$= 10 (T - z) + p_0 \left[0,5 - \frac{z}{2T} + b \right] \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$= p_0 (1 + b) \kappa.$$

2.2 Para elementos cuyo centro de carga esté por encima de la línea de flotación:

$$p_s = p_0 (1 + b) \frac{10}{10 + z - T} \kappa \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$b = 1 - 5 \cdot \frac{x}{L} \quad \text{para } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$$

$$b = 10 \left[\frac{x}{L} - 0,8 \right] \quad \text{para } 0,8 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$$b = 0 \quad \text{para } 0,6 L \text{ centro del buque}$$

Para b no es necesario tomar ningún valor superior al que resulta para $x/L = 0,1$ o $x/L = 0,95$ respectivamente.

κ = factor de incremento debido a la pendiente de las cuadernas en la zona de proa $x/L \geq 0,8$ como sigue:

$$\kappa = 1,0 \quad \text{para } \alpha \leq 18^\circ$$

$$\kappa = 0,9 + \tan^2 \alpha \quad \text{para } 18^\circ < \alpha \leq 30^\circ$$

$$\kappa = 0,73 + 1,5 \tan^2 \alpha \quad \text{para } \alpha > 30^\circ$$

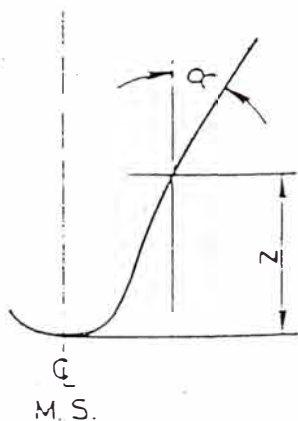


Fig. 4.2

3. Cargas actuando en el fondo del buque

La carga exterior P_B sobre el fondo del buque, se determinará según la siguiente fórmula:

$$P_B = 10 \cdot T + p_0 (0,5 + b) \quad [\text{kN/m}^2].$$

4. Cargas en cubiertas de superestructuras

4.1 Las cargas sobre cubiertas o partes de cubiertas expuestas a la intemperie de superestructuras y casetas se determinará como sigue:

$$P_{DA} = P_D \cdot n \quad [\text{kN/m}^2]$$

P_D = carga de acuerdo con 1.2

$$n = (1 - h/10), \quad n_{\min} = 0,5$$

$$n = 1,0 \quad \text{para la cubierta castillo}$$

h = altura de la cubierta sobre el puntal H , en [m].

Para cubiertas de casetas el valor así calculado puede multiplicarse por el factor

$$\left[0,7 \frac{b'}{B'} + 0,3 \right]$$

b' = manga de la caseta

B' = máxima manga del buque en la posición considerada.

Excepto para la cubierta castillo, la carga mínima es:

$$P_{DA\min} = 4 \quad [\text{kN/m}^2].$$

4.2 Para techos de puente de gobierno expuestos a la intemperie, la carga no se tomará inferior a:

$$p = 2,5 \quad [\text{kN/m}^2].$$

C. Cargas sobre Cubiertas de Carga, Cargas sobre Cubiertas de Alojamiento

1. Cargas sobre cubiertas de carga

1.1 La carga sobre cubiertas de carga se determinará según la siguiente fórmula:

$$P_L = p_c (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

p_c = carga prevista debida a la carga en $[\text{kN/m}^2]$

Si no se indica ningún tipo de carga para cubiertas de entrepuente se tomará $p_c = 7 h$, pero no menos de 15 kN/m^2 .

h = altura media del entrepuente en [m]

Sección 4 – Cargas de Proyecto

En zona de huecos de escotillas hay que tener en cuenta que la altura de carga es mayor.

factor de aceleración, como sigue:

$$a_v = F \cdot m$$

$$F = 0,11 \cdot v_0 / \sqrt{L}$$

$$m = 1,0 \quad \text{para } 0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$$

$$m = m_0 - (m_0 - 1) \frac{5 \cdot x}{L} \quad \text{para } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$$

$$m = 1 + \frac{m_1 - 1}{0,3} \left[\frac{x}{L} - 0,7 \right] \quad \text{para } 0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$$1,5 \quad F$$

$$3,5 + F$$

x ver B.1.2

v_0 ver Sección 1, J.5 v_0 no se tomará inferior a v_0 a \sqrt{L} [nudos].

2. Carga sobre el techo del doble fondo

La carga sobre el techo del doble fondo se determinará como sigue:

G peso de la carga en la bodega en [t]

V – volumen de la bodega en [m³] (sin escotillas)

h = altura del canto superior de la carga sobre el techo de doble fondo en [m], considerando la bodega completamente llena.

factor según 1.1. Para la determinación de a_v se tomará la distancia del centro de gravedad de la bodega a la perpendicular de popa.

3. Cargas sobre cubiertas de acomodación

3.1 La carga sobre cubierta en espacios de acomodación y de servicios es

$$p = 3,5 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

3.2 La carga sobre cubiertas de maquinaria es:

$$p = 8 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

3.3 También se considerarán dado el caso las fuerzas individuales significativas.

D. Cargas sobre Elementos Estructurales de Tanques

1. Presión de diseño para condiciones de servicio

La presión de diseño para condiciones de servicio es el mayor de los valores siguientes:

$$p_1 = 10 \cdot h_1 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2],$$

o

$$p_1 = 10 [h_1 \cdot \cos 20^\circ + (b/2 + y) \sin 20^\circ] \quad [\text{kN/m}^2]$$

= distancia desde el techo del tanque al centro de carga en [m]

a_v ver C.1.1

b = ancho de la parte superior del tanque en [m]

y = distancia al centro de carga desde el plano longitudinal central del tanque en [m]

2. Presión máxima de diseño

$$= 10 \cdot h_2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

distancia en [m] desde el centro de carga al canto superior del tubo de rebose o a un punto situado a 2,5 m sobre el techo del tanque, tomándose el valor que sea mayor.

z = distancia en [m] desde el eje neutro de la sección de la cuaderna maestra al canto alto del elemento resistente continuo.

y = distancia en [m] desde crujía al canto alto del elemento resistente continuo.

Se supone que $e'_D > e_D$.

3 En general, en los cálculos de los módulos se emplearán las áreas netas de las secciones transversales de los elementos resistentes longitudinales. El módulo resistente del elemento referido a cubierta o fondo se obtiene dividiendo el momento de inercia por la distancia del eje neutro del elemento a la línea de cubierta en el costado en el centro del buque o a la línea base, respectivamente.

Las áreas de las secciones transversales de cubierta empleadas en los cálculos del módulo resistente se mantendrán a lo largo de la región $0,15 L$ en el centro del buque. Estas pueden reducirse a 0,5 veces el valor normal a $0,15 L$ desde los extremos. En la zona de una superestructura más allá de $0,4 L$ en el centro del buque, el área resistente de cubierta puede reducirse a aproximadamente el 70 por ciento del valor normal requerido para ese lugar.

4. Cubierta resistente

La cubierta más alta sobre la que se extienden a lo largo de cualquier tramo de la eslora del buque las planchas del costado, se considerará cubierta resistente para esa porción de la eslora, excepto en la zona de superestructuras comparativamente cortas. En tales casos, la cubierta sobre la que está situada la superestructura se considerará cubierta resistente en zona de superestructura. En general, en el área efectiva de la sección transversal de la cubierta a emplear en el cálculo del módulo resistente no se tendrán en cuenta las bocas de escuillas y demás aberturas grandes.

5. Cubiertas bajas efectivas

Para ser consideradas como efectivas y ser tenidas en cuenta en el cálculo del módulo resistente de la sección de la cuaderna maestra, el espesor de las planchas de la cubierta deberá cumplir con los requisitos de la Sección 7. Las áreas de las secciones transversales de cubiertas bajas empleadas en el cálculo del módulo se mantendrán a lo largo de $0,4 L$ en el centro del buque y pueden gradualmente reducirse a la mitad de su valor en el centro del buque en $0,15 L$ desde los extremos.

Sección 5

Resistencia Longitudinal

Generalidades

El módulo resistente de la estructura longitudinal de los buques pesqueros estará de acuerdo con los requerimientos de esta Sección. El módulo resistente de la cuaderna maestra requerido en B.1

válido, en general, para todo buque que tenga la relación L/H dentro de los valores especificados en la sección 1, A.1 y la manga no exceda dos veces su puntal H (ver sección 1, J.2.5.). Aquellos buques cuyas proporciones excedan de estos límites estarán sujetos a consideración especial.

2 Para buques de eslora igual o superior a 9 m se requiere el cálculo de los momentos flectores en aguas tranquilas.

B Resistencia Longitudinal de la Estructura

1 Módulo resistente de la cuaderna maestra

El módulo resistente de la cuaderna maestra referido a la línea de cubierta en el costado y al fondo no será inferior al valor mínimo siguiente:

$$W_{\min} = k \cdot C \cdot L^2 \cdot B (C_B + 0,7) 10^{-6} \quad [\text{m}^3]$$

$$C = L/25 + 4,1 \quad \text{para } L < 90 \text{ m}$$

$$C = 10,75 - [(300 - L)/100]^{1,5} \quad \text{para } L \geq 90 \text{ m}$$

C no se tomará inferior a 0,60.

El módulo resistente de la cuaderna maestra puede reducirse en un 10 por ciento para la notación de navegación K (navegación costera).

2 Momento de inercia de la cuaderna maestra

El momento de inercia de la cuaderna maestra referido al eje horizontal no será inferior a:

$$J = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot L/k \quad [\text{m}^4]$$

W ver 1.

3 Cálculo del módulo resistente de la cuaderna maestra

3.1 el módulo resistente W_B referido al fondo y el módulo W_D referido a cubierta se determinarán por medio de las fórmulas siguientes:

$$W_B = \frac{J_y}{e_B} \quad [\text{m}^3]$$

$$W_D = \frac{J_y}{e_D} \quad [\text{m}^3]$$

e_B = distancia en [m] entre el eje neutro de la sección de la cuaderna maestra y la línea base.

e_D = distancia en [m] entre el eje neutro de la sección de la cuaderna maestra y la línea de cubierta en el costado.

3.2 En general, los elementos siguientes pueden incluirse en el cálculo del módulo resistente siempre que sean elementos continuos dentro del $0,4 L$ en el centro del buque y disminuyan de forma gradual más allá de $0,4 L$ en el centro del buque.

Las planchas de cubierta (cubierta resistente y otras cubiertas efectivas)

Las planchas del forro y del techo del doble fondo

Las esloras de cubierta y las vagras del fondo

Las planchas y refuerzos longitudinales de los mamparos longitudinales

Todos los longitudinales de cubierta, costados, fondo y techo del doble fondo.

Troncos continuos y brazolas longitudinales de escotillas pueden ser consideradas al determinar el módulo de la sección de cuaderna maestra, siempre que estén apoyados de una manera efectiva por mamparos longitudinales o por vigas rígidas. El módulo ficticio referido a la cubierta puede entonces determinarse por la fórmula siguiente:

$$W_D = \frac{J_y}{e'_D} \quad [\text{m}^3]$$

$$e'_D = z (0,9 + 0,2 \cdot y/B) \quad [\text{m}]$$

En la zona de huecos de escotillas hay que tener en cuenta que la altura de carga es mayor.

a_v = factor de aceleración, como sigue:

$$a_v = F \cdot m$$

$$F = 0,11 \cdot v_0 / \sqrt{L}$$

$$m = 1,0 \quad \text{para } 0,2 \leq \frac{x}{L} \leq 0,7$$

$$m = m_0 - (m_0 - 1) \frac{5 \cdot x}{L} \quad \text{para } 0 \leq \frac{x}{L} \leq 0,2$$

$$m = 1 + \frac{m_0 - 1}{0,5} \left[\frac{x}{L} - 0,7 \right] \quad \text{para } 0,7 \leq \frac{x}{L} \leq 1,0$$

$$m_0 = 1,5 + F$$

$$3,5 + F$$

x ver B.1.2

v_0 ver Sección 1, J.5 v_0 no se tomará inferior a \sqrt{L} [nudos].

2. Carga sobre el techo del doble fondo

La carga sobre el techo del doble fondo se determinará como sigue:

G = peso de la carga en la bodega en [t]

V = volumen de la bodega en [m³] (sin escotillas)

h = altura del canto superior de la carga sobre el techo de doble fondo en [m], considerando la bodega completamente llena.

F = factor según 1.1. Para la determinación de a_v se tomará la distancia del centro de gravedad de la bodega a la perpendicular de popa.

3. Cargas sobre cubiertas de acomodación

3.1 La carga sobre cubierta en espacios de acomodación y de servicios es

$$p = 3,5 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

3.2 La carga sobre cubiertas de maquinaria es:

$$p = 8 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2]$$

3.3 También se considerarán dado el caso las fuerzas individuales significativas.

D. Cargas sobre Elementos Estructurales de Tanques

1. Presión de diseño para condiciones de servicio

La presión de diseño para condiciones de servicio es el mayor de los valores siguientes:

$$p_1 = 10 \cdot h_1 (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2],$$

o

$$p_1 = 10 [h_1 \cdot \cos 20^\circ + (b/2 + y) \sin 20^\circ] \quad [\text{kN/m}^2]$$

h_1 = distancia desde el techo del tanque al centro de carga en [m]

a_v = ver C.1.1

b = ancho de la parte superior del tanque en [m]

y = distancia al centro de carga desde el plano longitudinal central del tanque en [m]

2. Presión máxima de diseño

$$p_2 = 10 \cdot h_2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

h_2 = distancia en [m] desde el centro de carga al canto superior del tubo de rebose o a un punto situado a 2,5 m sobre el techo del tanque, tomándose el valor que sea mayor.

F Resistencia Longitudinal de la Estructura

1 Módulo resistente de la cuaderna maestra

El módulo resistente de la cuaderna maestra referido a la línea de cubierta en el costado y al fondo no será inferior al valor mínimo siguiente:

$$W_{\min} = k \cdot C \cdot L^2 \cdot B (C_B + 0,7) 10^{-6} \quad [\text{m}^3]$$

$$C = L/25 + 4,1 \quad \text{para } L < 90 \text{ m}$$

$$C = 10,75 - [(300 - L)/100]^{1,5} \quad \text{para } L \geq 90 \text{ m}$$

C no se tomará inferior a 0,60.

El módulo resistente de la cuaderna maestra puede reducirse en un 10 por ciento para la notación de navegación K (navegación costera).

2. Momento de inercia de la cuaderna maestra

El momento de inercia de la cuaderna maestra referido al eje horizontal no será inferior a:

$$J = 3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot L/k$$

V ver 1.

3.2 En general, los elementos siguientes pueden incluirse en el cálculo del módulo resistente siempre que sean elementos continuos dentro del 0,4 L en el centro del buque y disminuyan de forma gradual más allá de 0,4 L en el centro del buque.

Las planchas de cubierta (cubierta resistente y otras cubiertas efectivas)

Las planchas del forro y del techo del doble fondo

Las esloras de cubierta y las vagras del fondo

Las planchas y refuerzos longitudinales de los mamparos longitudinales

Todos los longitudinales de cubierta, costados, fondo y techo del doble fondo.

Troncos continuos y brazolas longitudinales de escotillas pueden ser consideradas al determinar el módulo de la sección de cuaderna maestra, siempre que estén apoyados de una manera efectiva por mamparos longitudinales o por vigas rígidas. El módulo ficticio referido a la cubierta puede entonces determinarse por la fórmula siguiente:

$$W'_D = \frac{J_v}{e'_D} \quad [\text{m}^3]$$

$$e'_D = z (0,9 + 0,2 \cdot y/B) \quad [\text{m}]$$

z = distancia en [m] desde el eje neutro de la sección de la cuaderna maestra al canto alto del elemento resistente continuo.

y = distancia en [m] desde crujía al canto alto del elemento resistente continuo.

Se supone que $e'_D > e_D$.

3. En general, en los cálculos de los módulos se emplearán las áreas netas de las secciones transversales de los elementos resistentes longitudinales. El módulo resistente del elemento referido a cubierta o al fondo se obtiene dividiendo el momento de inercia por la distancia del eje neutro del elemento a la línea de cubierta en el costado en el centro del buque o a la línea base, respectivamente.

3. Las áreas de las secciones transversales de cubierta empleadas en los cálculos del módulo resistente se mantendrán a lo largo de la región $0,4 L$ en el centro del buque. Estas pueden reducirse a 0,5 veces el valor normal a $0,15 L$ desde los extremos. En la zona de una superestructura más allá de $0,4 L$ en el centro del buque, el área resistente de cubierta puede reducirse a aproximadamente el 70 por ciento del valor normal requerido para ese lugar.

4. Cubierta resistente

La cubierta más alta sobre la que se extienden a lo largo de cualquier tramo de la eslora del buque las planchas del costado, se considerará cubierta resistente para esa porción de la eslora, excepto en la zona de superestructuras comparativamente cortas. En tales casos, la cubierta sobre la que está situada la superestructura se considerará cubierta resistente en zona de superestructura. En general, en el área efectiva de la sección transversal de la cubierta a emplear en el cálculo del módulo resistente no se tendrán en cuenta las bocas de escotillas y demás aberturas grandes.

5. Cubiertas bajas efectivas

Para ser consideradas como efectivas y ser tenidas en cuenta en el cálculo del módulo resistente de la sección de la cuaderna maestra, el espesor de las planchas de la cubierta deberá cumplir con los requisitos de la Sección 7. Las áreas de las secciones transversales de cubiertas bajas empleadas en el cálculo del módulo se mantendrán a lo largo de $0,4 L$ en el centro del buque y pueden gradualmente reducirse a la mitad de su valor en el centro del buque en $0,15 L$ desde los extremos.

$$e_{\text{esort}} = 0,6 L + 12 \quad [\text{mm}].$$

se permiten desviaciones pequeñas de los valores anteriores siempre que se mantenga el área requerida de la sección.

Planchas de Costado

Planchas dentro de 0,4 L en el centro del buque

El espesor de las planchas de costado para buques que no excedan de 100 m de eslora no será inferior a:

$$t_2 = n_2 \cdot a \sqrt{T \cdot k} + t_k + 0,5 \quad [\text{mm}]$$

Después de considerar las posibles reducciones por navegación restringida, el espesor de las planchas será inferior al espesor en los extremos t_2 según 3.1.

$[N/\text{mm}^2]$ en el fondo debido a tensiones longitudinales

$$c = 1 + (a/b_1)^2$$

= ancho mayor del panel de plancha.

B. Planchas del Fondo

1. Planchas dentro de 0,4 L en el centro del buque

1.1 El espesor de las planchas del fondo de buques que no excedan de 100 m de eslora no será inferior a:

$$t_1 = n_1 \cdot a \sqrt{p_B \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}]$$

1.2 Después de considerar las posibles reducciones por navegación restringida, el espesor de las planchas no será inferior al espesor en los extremos según 3.1.

2. Espesor crítico de planchas

Para buques de 90 m o más de eslora, el espesor se comprobará con respecto a una seguridad suficiente al pandeo. A modo de guía, las fórmulas siguientes deben emplearse para el espesor crítico:

3.4 En los buques que excedan de 60 m de eslora no se permite, por principio, soldar sobre el canto superior de la traca de cinta dentro de 0,6 L en el centro del buque. Agujeros para imbornales y demás estructuras se redondearán de forma cuidadosa, evitando entalladuras.

4. Reforzados adicionales

El reforzado adicional siguiente se requiere para buques pesqueros de arrastre por el costado:

1. El espesor de la traca de cinta se incrementará al menos en 3 mm en la zona de los pescantes de arrastre. Se recomienda incrementar también el espesor de la traca de cinta entre los pescantes de proa y popa en 1 ó 2 mm.

2. En la zona de rodadura de los carretes en los pescantes de popa durante la operación de halar, el espesor de las planchas de costado por encima de la mitad de la curva de pantoque se incrementará un 50 por ciento con respecto al requerido.

para $L < 50 \text{ m}$

$$= \sqrt{L \cdot k} \quad [\text{mm}]$$

para $L \geq 50 \text{ m}$

Para L no es necesario tomar un valor superior a 12 H.

3.2 Los espesores se escalonarán gradualmente del espesor en el centro del buque a los espesores en los extremos obtenidos según 3.1; sin embargo, estos no serán inferiores a t_1 para el espaciado entre cuadernas existente en la posición considerada. Los espesores requeridos para reforzar en proa la estructura del fondo según D.4. deben observarse.

4. Traca de pantoque

El espesor de la traca de pantoque dentro de su radio será el mismo que el que resulta para las planchas de un costado de estructura transversal. Si tanto el fondo como los costados tienen una estructura longitudinal, el espesor será igual al de las planchas de fondo.

El ancho de la traca de pantoque no será inferior a:

$$b = 800 + 5 L \quad [\text{mm}]$$

$$1800 \quad [\text{mm}].$$

5. Quilla horizontal y traca de aparadura

5.1 El ancho de la quilla horizontal no será inferior a:

$$b = 800 + 5 L \quad [\text{mm}]$$

$$b_{\text{max}} = 1800 \quad [\text{mm}].$$

El espesor de la quilla horizontal dentro de 0,7 L en el centro del buque no será inferior a:

$$t_{\text{FK}} = t + 2,0 \quad [\text{mm}]$$

espesor de las planchas adyacentes del fondo en [m]

El espesor de la quilla horizontal puede reducirse en un 10 por ciento para 0,15 L de los extremos. Esta reducción no se permite en la zona del polín de motor. En ningún caso el espesor de la quilla horizontal será inferior al de las planchas adyacentes del fondo.

En buques sin doble fondo, el espesor de la quilla horizontal y de la traca de aparadura se incrementará en la cámara de máquinas de una forma adecuada.

5. Si se dispone una quilla de llanta, la traca de aparadura adyacente tendrá los escantillones de quilla horizontal.

6. Quilla de llanta

Los escantillones de una quilla de llanta se determinarán por medio de las fórmulas siguientes:

$$\text{altura } h = 1,1 L + 110 \quad [\text{mm}]$$

$$\text{espesor } t = 0,6 L + 12 \quad [\text{mm}].$$

Se permiten desviaciones pequeñas de los valores anteriores siempre que se mantenga el área requerida de la sección.

C Planchas de Costado

1. Planchas dentro de 0,4 L en el centro del buque

El espesor de las planchas de costado para buques que no excedan de 100 m de eslora no será inferior a

$$t = n_2 \cdot a \sqrt{T \cdot k} + t_K + 0,5 \quad [\text{mm}]$$

Después de considerar las posibles reducciones por navegación restringida, el espesor de las planchas no será inferior al espesor en los extremos t_2 según §3.1.

2. Planchas fuera de 0,4 L en el centro del buque

2.1 El espesor de las planchas en los extremos para 0,1 L de la perpendicular de popa y para 0,05 L desde la perpendicular de proa no será inferior al mayor de los dos valores siguientes:

$$1,26 \cdot a \sqrt{p_s \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

t_2 = de acuerdo con B.3.1.

2.2 Los espesores de las planchas pueden escalonarse gradualmente hacia los extremos de acuerdo con B.3.1.

3. Traca de cinta

3.1 El ancho de la traca de cinta no será inferior a:

$$b = 800 + 5 L \quad [\text{mm}]$$

$$b_{\text{max}} = 1800 \quad [\text{mm}].$$

3.2 El espesor de la traca de cinta dentro de 0,4 L en el centro del buque no será inferior, en general, al espesor reglamentario de la cubierta resistente en el centro del buque. Sin embargo, el espesor no será inferior al espesor reglamentario de las planchas de costado en el centro del buque.

Hacia los extremos, el espesor puede reducirse gradualmente hasta el espesor de las planchas de costado en los extremos.

3.3 Cuando la conexión del trancañil de cubierta y la traca de cinta es redondeada, el radio será al menos igual a 15 veces el espesor.

3.4 En los buques que excedan de 60 m de eslora no se permite, por principio, soldar sobre el canto superior de la traca de cinta dentro de 0,6 L en el centro del buque. Agujeros para imbornales y demás estructuras se redondearán de forma cuidada, evitando entalladuras.

4. Reforzados adicionales

El reforzado adicional siguiente se requiere para buques pesqueros de arrastre por el costado:

1. El espesor de la traca de cinta se incrementará al menos en 3 mm en la zona de los pescantes de arrastre. Se recomienda incrementar también el espesor de la traca de cinta entre los pescantes de proa y popa en 1 ó 2 mm.

2. En la zona de rodadura de los carretes en los pescantes de popa durante la operación de halar, el espesor de las planchas de costado por encima de la mitad de la curva de panfoque se incrementará un 50 por ciento con respecto al requerido.

- 3 En el pescante de proa las planchas de costado por encima de la curva de pantoque se reforzará análogamente.
- 4 El cordón de soldadura del canto inferior de la traca de cinta y el del canto superior del pantoque se protegerán por medio de medias cañas que se extenderán a lo largo de la zona de trabajo. Entre ambas se dispondrán medias cañas adicionales dispuestas diagonalmente de tal forma que los cordones no puedan ser desgastados por los cables de las artes de pesca.
- 5 En las zonas de las planchas reforzadas del forro bajo los pescantes de popa, se dispondrán cuadernas intermedias que se conectarán a la cubierta y a las varengas, o se apoyarán en un palmejar colocado en el borde inferior de las planchas reforzadas. El módulo resistente de las cuadernas intermedias no será inferior al 75 % del módulo de las cuadernas entre las que se encuentran situadas.
- 6 La amurada en los costados de maniobra será 2 mm más gruesa, y debajo de los pescantes 3 mm más gruesa que lo reglamentario según G. En la zona del gancho de escape, el espesor de la amurada no será inferior a 10 mm.
- 7 En los buques pesqueros de arrastre por popa el espesor de las planchas del fondo en la zona de la porción de popa en voladizo no será inferior al requerido según D.4.2.
- 8 En los buques pesqueros de arrastre por popa se recomienda que la traca del forro correspondiente a la línea de flotación de escantillonado tenga desde popa a la perpendicular de popa, un espesor igual al requerido para las rampas de popa según la Sección 7, A.5 para protección contra daños locales.

D. Reforzado del Fondo en Proa

1. Extensión del reforzado

La estructura del fondo en proa se reforzará dentro de $0,3 L$ a popa de la perpendicular de proa:

Disposición de varengas

Para estructuras transversales se dispondrán varengas en cada cuaderna. Cuando se adopte una estructura longitudinal el espaciado entre varengas puede ser igual a dos espacios de cuaderna.

3. Disposición de vagras

Para estructuras transversales, el espaciado entre vagras no excederá de $L/250 + 0,9$ [m], hasta un máximo de 1,4 m.

Cuando se adopte un sistema de estructura longitudinal, las vagras se dispondrán con una separación entre ellas no mayor a dos espacios de cuaderna longitudinal.

4. Planchas del fondo y refuerzos

4.1 Generalidades

Las planchas del fondo situadas total o parcialmente en la porción plana de la zona especificada en 1. se reforzarán de acuerdo con 4.2 - 4.3.

4.2 Espesor de plancha

$$= 2,6 \cdot a \sqrt{L \cdot k} \cdot f_2 + \Delta_t \quad [\text{mm}]$$

f_2 = factor de acuerdo con la Sección 3, A.3.

Cuando la velocidad del buque v_0 exceda del mayor de los siguientes valores $1,2 \sqrt{L}$ [nudos] ó 10 [nudos], el espesor de las planchas se incrementará adicionalmente en $\Delta t = 0,5$ mm por cada nudo que exceda de los valores arriba indicados.

Este incremento Δt por velocidad no será inferior a 0,5 mm y no es necesario que exceda de 2 mm.

4.3 Refuerzos

Cuando se adopte un sistema de estructura transversal la quilla horizontal y las planchas del fondo se reforzarán por medio de intercostales longitudinales dispuestos entre las vagras.

Los intercostales se extenderán hacia proa tanto como sea posible. Las escotaduras en los longitudinales se restringirán a los agujeros requeridos para la soldadura y el flujo del agua/combustible.

El módulo resistente de los refuerzos no será inferior a:

$$W = 3 \cdot L - 80$$

Cuando se adopte un sistema de estructura longitudinal, los longitudinales del fondo se extenderán hacia proa tanto como sea posible.

Al dimensionar los longitudinales la luz entre apoyos no se tomará inferior a 1,8 m.

Reforzado de la Zona del Codaste, Arbotantes y Quillas de Balance

1. Reforzado en la zona de las hélices y arbotantes

1.1 En la zona de arbotantes y henchimientos para el paso de ejes, el espesor de las planchas del forro será igual al requerido para $0,4 L$ en el centro del buque. En la zona de los arbotantes, se dispon-

Se usará en el forro una chapa reforzada de un espesor igual a 1,5 veces el espesor en el centro del buque.

2. Cuando las revoluciones de la hélice excedan de 300 rpm (aprox.), se colocarán intercostales en las planchas del fondo encima y a proa de la hélice articuladamente en fondos planos al objeto de reducir el tamaño de los paneles de las planchas (ver Sección A, 1.2.4.4).

Quillas de balance

1. Se dispondrán quillas de balance. Estas serán continuas a lo largo de toda su longitud. Las quillas de balance se soldarán de forma continua a la planta conectadas a las planchas del forro a modo de soldadura continua estanca.

2. Los extremos de las quillas de balance tendrán terminaciones suaves de acuerdo con la Fig. 6.1. Los extremos de las quillas de balance terminarán justo sobre un elemento interior resistente.

3. Se evitarán escotaduras y cortes en las quillas de balance.

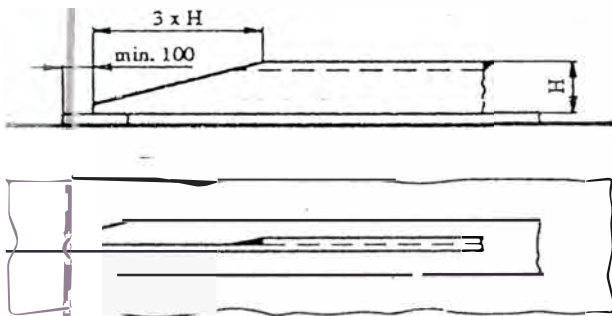


Fig. 6.1

F. Aberturas en el Forro

1. Generalidades

1.1 Cuando se practiquen cortes en el forro para ventanillas o portillos, escobenes, imbornales, válvulas de tomas de mar, etc., estos tendrán esquinas bien redondeadas.

Las aberturas del tipo arriba mencionado practicadas en la traca de cinta dentro de $0,4 L$ en el centro del buque se compensarán por medio de una plancha reforzada o por un doble continuo.

1.3 Las planchas en la zona de los escobenes se reforzarán.

1.4 Debajo de cada tubo de sonda se dispondrán chapas reforzadas o un doble.

2. Conexiones de tubos al forro

Los tubos de los imbornales y las válvulas se conectarán al forro por medio de bridas soldadas. En

lugar de bridas soldadas se pueden usar casquillos cortos embridados de un espesor adecuado si se sueldan al forro de una manera apropiada.

G. Amuradas

1. El espesor de las planchas de la amurada no será inferior a:

$$t = (0,75 - L/1000) \sqrt{L} \quad [\text{mm}].$$

2. La amurada se apoyará por medio de barraganetes dispuestos cada dos espacios de cuaderna. Cuando el diseño de los barraganetes se realiza según el croquis indicado a continuación, el módulo resistente de su sección transversal unida de una manera efectiva a la cubierta no será inferior a:

$$W = 4 \cdot p_s \cdot e \cdot \ell^2 \quad [\text{cm}^3]$$

p_s = carga en $[\text{kN}/\text{m}^2]$ según Sección 4, B.2., como mínimo $15 \text{ kN}/\text{m}^2$

e = espaciado entre barraganetes en $[\text{m}]$.

ℓ = longitud del barraganete en $[\text{m}]$.

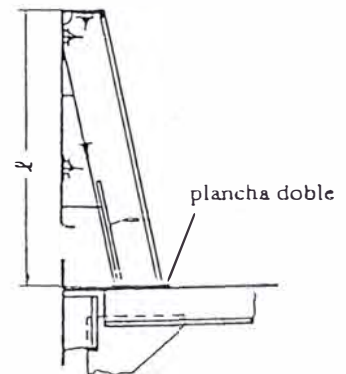


Fig. 6.2

Los barraganetes se dispondrán en línea sobre baos de cubierta, consolas o carlingas. Se recomienda colocar pletinas en la parte inferior conectadas a la cubierta de una forma efectiva. Se recomienda colocar dobles sobre la cubierta bajo los barraganetes al objeto de proteger la cubierta en caso de reparación posterior.

3. Las amuradas dispondrán de portas de desagüe de tamaño suficiente. Ver también la Sección 21, B.2.

H. Portas del costado

1. Generalidades

1.1 En general, las portas no se extenderán por debajo de la línea de flotación de máxima carga.

1.2 En las esquinas de las portas se dispondrán chapas reforzadas que se extenderán sobre una longitud de al menos 1,5 veces el espaciado entre cuadernas.

1 Las portas se diseñarán para abrir preferentemente hacia el exterior.

1 Las aberturas de las portas en el forro tendrán esquinas bien redondeadas y se dispondrá una compensación adecuada por medio de bulárcamas a ambos lados y de palmejares arriba y abajo.

2 Escantillones

2 En general la resistencia de las portas será equivalente a la resistencia de la estructura circundante.

Las portas se reforzarán adecuadamente. Cuando sea necesario, los refuerzos se apoyarán en vigas. Para prevenir el movimiento de las portas cuando están cerradas se dispondrán medios efectivos. Las conexiones en las portas y el casco de los brazos de elevación y maniobra y de las bisagras serán de una resistencia adecuada.

Cuando las portas sirvan también como rampas para vehículos, en el diseño de las bisagras tendrá en cuenta el ángulo de trimado que puede resultar de las distintas condiciones de carga.

2 El espesor de las planchas de las portas se determinará de acuerdo con C.2.1. Cuando las portas sirvan también como rampas para vehículos, el espesor de las planchas y los refuerzos de las mismas se considerará de forma especial.

2 El módulo resistente y el área de cizalla de los refuerzos y vigas se determinarán por medio de las fórmulas siguientes:

módulo resistente:

$$W = k \cdot p_s \cdot a \cdot \ell_2 \quad [\text{cm}^3]$$

área de cizalla:

$$f = k \cdot 0,06 \cdot p_s \cdot a \cdot \ell \quad [\text{cm}^2]$$

p_s = presión de diseño según Sección 4,B.2.

a = espaciado entre refuerzos o vigas en [m]

ℓ = luz entre apoyos de los refuerzos o vigas en [m]

módulo resistente de las cuadernas no será inferior al requerido para las cuadernas de acuerdo con la Sección 9. Donde sea necesario se considerarán las posibles diferencias en las condiciones del entorno de las cuadernas.

2. El sistema estructural de vigas tendrá suficiente rigidez al objeto de garantizar la integridad de contorno de la porta.

Los refuerzos/vigas del contorno estarán reforzados adecuadamente contra el giro y tendrán un momento de inercia no inferior a:

$$J = 8 \cdot p_\ell \cdot d^4 \quad [\text{cm}^4]$$

d = distancia entre los dispositivos de cierre en [m]

p_ℓ = presión lineal de la empaquetadura sobre los bordes en [N/mm], mínimo 5 N/mm.

Para las vigas de contorno que apoyan a vigas principales entre dispositivos de trincaje, se incrementará el momento de inercia en relación a la fuerza adicional.

3. Dispositivos de cierre y trincaje de portas de costado

3.1 La fuerza de diseño de los dispositivos de cierre y trincaje es la mayor de las siguientes:

1 fuerza externa

$$K_e = p_s \cdot A + K_p \quad [\text{kN}]$$

2 fuerza interna:

$$K_i = 10 \cdot h \cdot A + K_p \quad [\text{kN}]$$

A = área proyectada de la porta en [m]

h = distancia desde el centro de la porta a la cubierta superior en [m]

K_p = fuerza total de la empaquetadura en [kN] basada en una presión lineal p_s según 2.6.

3.2 Para determinar los escantillones de los dispositivos de cierre y trincaje, así como de los elementos de apoyo, el esfuerzo combinado equivalente admisible es:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 150/k \quad [\text{N/mm}^2]$$

σ = esfuerzo de flexión

τ = esfuerzo constante

3.3 Los dispositivos de cierre y apoyos se dispondrán a unas distancias de separación no mayor de 2,5 m y tan cerca de las esquinas como sea posible. Sin embargo, debe evitarse una gran cantidad de pequeños dispositivos.

La fuerza total vertical y horizontal puede normalmente considerarse que actúa distribuida uniformemente entre los dispositivos.

Sección 7

Cubiertas

A. Generalidades

1.1 Los grados de calidad del acero se rigen por la Sección 2.

Si sobre la cubierta resistente se coloca un paño de madera puede permitirse una reducción del espesor de la cubierta de 1 mm.

2. Conexión entre la cubierta resistente y la traca de cinta

2.1 La unión por soldadura de la cubierta resistente con la traca de cinta puede efectuarse por soldadura angular de acuerdo con la Tabla 19.1.

Si la unión entre ambos elementos es redondeada, se observarán los requerimientos de la Sección 6, C.3.3.

3. Aberturas en la cubierta resistente

3.1 Todas las aberturas practicadas en la cubierta resistente tendrán esquinas bien redondeadas. Las aberturas circulares dispondrán de llanta de ara. El área de la sección transversal de la llanta no será inferior a:

$$= 0,25 \cdot d \cdot t \quad [\text{cm}^2]$$

d = diámetro de la abertura en [cm]

t = espesor de la cubierta en [cm]

La lanta de cara puede ser dispensada si el diámetro de la abertura es menor de 300 mm y la distancia más corta a otra abertura no es inferior a 5 veces el diámetro de la abertura más pequeña. La distancia entre el canto exterior de las aberturas por tubos, etc. y el costado del buque no será inferior al diámetro de la abertura.

4. Escantillones de la cubierta resistente

4.1 El área de la sección transversal de la cubierta resistente dentro de $0,4 L$ en el centro del buque se determinará de modo que se cumplan los requerimientos del módulo resistente mínimo de la cubierta maestra según la Sección 5, B.1.

4.2 El espesor de las planchas de la cubierta resistente a lo largo de toda la eslora del buque no será inferior a:

$$(5,5 + 0,02 L) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

donde L no se tomará inferior a 50 m.

4.3 Si el espesor de la cubierta resistente es inferior al de las planchas de costado del forro, deberá disponerse una plancha de trancañil que tenga un ancho igual al de la traca de cinta y un espesor igual al de las planchas de costado del forro.

4.4 El espesor crítico de las planchas de cubierta para buques de 90 m o más de eslora puede determinarse de una forma análoga a la indicada en la Sección 6, B.2.

5. Rampa de popa

5.1 Las rampas deberán reforzarse preferentemente en sentido longitudinal. El ángulo de transición entre la cubierta y la rampa debería ser tan grande como sea posible pero no inferior a 300 mm.

5.2 El espesor de plancha de la rampa de popa de los arrastreros por popa no será menor de:

$$t = (8 + 0,1 L) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

$$t_{\min} = 12 \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

$$t_{\max} = 16 \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

5.3 El espesor de las chapas que forman los laterales de la rampa no será inferior al requerido según 4.2 incrementado en 2 mm. En la parte baja adyacente a la rampa se dispondrá una traca reforzada de un espesor no inferior al espesor requerido en 5.2. Ver Fig. 7.1.

6. Reforzamientos adicionales

6.1 Bajo las maquinillas de arrastre, pescantes de arrastre, molinetes y alavantes se dispondrán baos y subestructuras de adecuada resistencia. El espesor de la plancha de cubierta se incrementará

ad uadamente, aún en el caso de tener sobre ella un pavimento de madera.

$$(5,5 + 0,02 L) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

6

6,0 mm.

B. Cubiertas Inferiores, Cubiertas de Superestructura

El spesor de plancha no será inferior al mayor de los alores siguientes

El espesor de la cubierta castillo no será inferior a 7,0 mm, que se reduce a 6,0 mm si hay pavimento de madera sobre la cubierta.

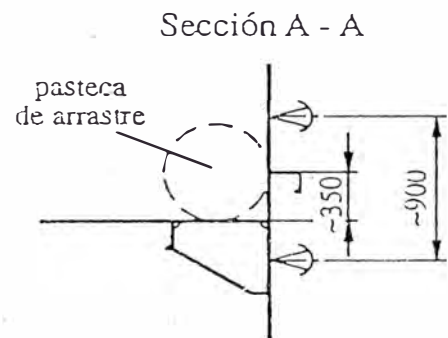
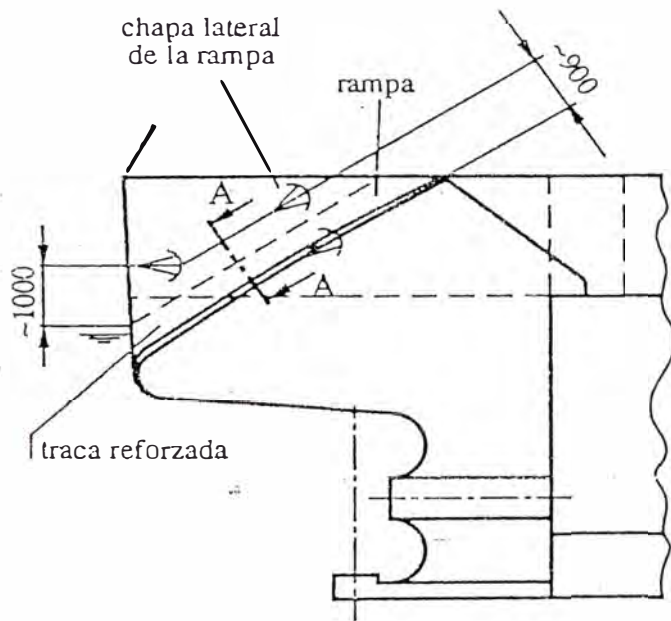


Fig. 7.1

Sección 8

Estructura del Fondo

A. Fondo Sencillo

1. Varengas

1.1 Generalidades

1.1.1 Se dispondrán varengas en cada cuaderna.

1.1.2 Las varengas de gran altura, particularmente en el pique de popa, deberán disponer de refuerzos adicionales (rigidizadores).

1.1.3 Las varengas deberán tener groetas para permitir que el agua pueda llegar libremente a la aspiración de las bombas.

1.2 Escantillones

1.2.1 Varengas en la zona de las bodegas de carga

En los buques sin doble fondo los escantillones de las varengas dispuestas entre el pique de popa y el mamparo de colisión se determinarán de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$W = c \cdot T \cdot a \cdot \ell^2 \quad [\text{cm}^3]$$

$c = 7,5$ para espacios que puedan estar vacíos a pleno calado, espacios de máquinas, pañoles.

$c = 4,5$ en los demás espacios

ℓ = luz entre apoyos en [m], medida generalmente en el borde superior de la varenga de costado a costado.

$$\ell_{\text{mi}} = 0,7 B$$

En los espacios que generalmente están vacíos a pleno calado, como por ejemplo, espacios de máquinas, pañoles, etc., el módulo de resistencia de las varengas se incrementará en un 65%. En relación con las varengas en la cámara de máquinas ver también C.1.

La altura de la varenga no será inferior a:

$$h = 55 \cdot B - 45 \quad [\text{mm}]$$

$$= 180 \text{ mm.}$$

En buques con astilla muerta, la altura del alma de las varengas en 0,1 ℓ desde los extremos deberá ser en lo posible, la mitad de la altura requerida.

En buques con gran astilla muerta, la altura del alma de las varengas en el punto donde comienza la curva del pantoque no será inferior a la altura de la cuaderna.

El espesor del alma no será inferior a:

$$t = h/100 + 3 \quad [\text{mm}].$$

1.2.2 Fuera de la cámara de máquinas y a popa de 0,25 L desde la perpendicular de proa, las varengas pueden llevar faldilla en lugar de platabanda.

1.2.3 Las platabandas de las varengas serán continuas a lo largo de toda la luz ℓ . Si las platabandas se interrumpen en la quilla central, se conectarán a ésta por soldadura de plena penetración.

1.2.4 Varengas en los piques

1. El espesor de las varengas en los piques no será inferior a:

$$t = 0,035 L + 5,0 \quad [\text{mm}].$$

El espesor, no obstante, no es necesario que sea mayor al requerido según B.6.2.

2. La altura de las varengas en el pique de proa sobre el borde superior de la quilla o el pie de la roda no será inferior a:

$$h = 0,06 H + 0,7 \quad [\text{m}].$$

3. Las varengas en el pique de popa se extenderán por encima del tubo de bocina.

4. Se reforzarán las varengas situadas encima de la hélice si las revoluciones de la hélice exceden de aproximadamente 300 rpm. En caso de fondos planos deberán disponerse refuerzos longitudinales adicionales encima y a proa de la hélice.

2. Vigas longitudinales (vagas)

2.1 Generalidades

2.1.1 Todos los buques sin doble fondo deben disponer de sobrequilla (viga central). Adicionalmente se dispondrá a cada banda una viga lateral (vagra) cuando la manga, medida sobre el borde superior de la varenga, no exceda de 9 m. Para mangas mayores se dispondrán dos vagras a cada banda. Para

mrgas inferiores a 6 m se puede prescindir de las

2.2 En relación a la disposición de vagras en la zona del reforzado del fondo de proa, ver Sección 6, 1.3.

La sobrequilla y las vagras se extenderán hacia proa y popa tanto como sea practicable. Se unirán con las vagras de los dobles fondos no continuos o se solaparán dentro del doble fondo sobre una extensión de dos claras de cuaderna.

2.3 Escantillones

2.3.1 Sobrequilla

El espesor del alma dentro de 0,7 L en el centro de buque no será inferior a:

$$t = 0,07 L + 5,5 \quad [\text{mm}].$$

El área de la sección transversal de la platabanda dentro de 0,7 L en el centro del buque no será inferior a:

$$f = 0,7 L + 12$$

Tanto el espesor del alma como el área de la sección de la platabanda pueden reducirse en un 10 por ciento en los extremos. Se evitarán los aligeramientos.

Vagras

El espesor del alma dentro de 0,7 L en el centro del buque no será inferior a:

$$t = 0,04 L + 5,0 \quad [\text{mm}].$$

El área de la sección transversal de la platabanda dentro de 0,7 L en el centro del buque no será inferior a:

$$f = 0,2 L + 6,0 \quad [\text{cm}^2].$$

Tanto el espesor del alma como el área de la sección de la platabanda puede reducirse en un 10 por ciento en los extremos.

B. Doble Fondo

1. Generalidades

1.1 Por razones de seguridad se recomienda la disposición de un doble fondo, a menos que el tamaño (buques con esloras inferiores a $L = 50 \text{ m}$) lo haga inadecuado.

1.2 En tanques profundos y en los piques de popa y proa no es necesaria la disposición de un doble fondo.

1.3 La quilla vertical deberá ser estanca al menos a lo largo de 0,5 L en el centro del buque, a menos que el doble fondo esté subdividido por vagras estancas.

2. Quilla vertical

2.1 Aligeramientos

Por lo general sólo se permiten aligeramientos fuera de 0,75 L en el centro del buque. La altura no excederá de la mitad de la altura de la quilla central y la longitud no excederá de la mitad del espaciado entre cuadernas.

2.2 Escantillones

La altura y el espesor de la quilla vertical no serán inferiores a:

1.1 Altura $h = 350 + 45 \cdot B \quad [\text{mm}]$

$$h_{\text{min}} = 600 \text{ mm}$$

Si existen mamparos laterales longitudinales se puede emplear la distancia entre mamparos en lugar de B pero no menos de 0,8 B.

2.2 Espesor

$$\left. \begin{array}{l} = (h/100 + 1,0) \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \\ \text{para } h \leq 1200 \quad [\text{mm}] \\ (h/120 + 3,0) \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \\ \text{para } h \geq 1200 \quad [\text{mm}] \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{dentro de} \\ 0,7 L \text{ en} \\ \text{el centro} \\ \text{del buque} \end{array}$$

3. Si la altura real de la quilla central excede de la altura reglamentaria h según 1.1, el espesor t puede reducirse en consecuencia, siempre que se mantenga una superficie resistente al pandeo y a la cizalla.

Los espesores pueden reducirse en un 10 por ciento a lo largo de 0,15 L desde los extremos.

3. Vagras

3.1 Disposición

Debe preverse, como mínimo una vagra en la cámara de máquinas y sobre 0,25 L desde la roda. En las demás partes del doble fondo se colocará una vagra si la distancia horizontal entre el borde inferior de la plancha de margen y la quilla vertical excede de 4,5 m, dos vagras si dicha distancia excede de 8 m, y tres vagras si excede de 10,5 m. La distancia entre vagras, entre éstas y la quilla vertical y entre éstas y la plancha de margen respectivamente no será superior a:

- 1,8 m en la cámara de máquinas dentro de la zona de los polines de la máquina,
- 4,5 m donde sólo una vagra se encuentra dispuesta en las restantes partes del doble fondo,
- 4,0 m donde dos vagras se encuentran dispuestas en las restantes partes del doble fondo,
- 3,5 m donde tres vagras se encuentran dispuestas en las restantes partes del doble fondo.

En la zona del reforzado del fondo en proa, el espaciado entre vagras se determinará de acuerdo con la Sección 6, D.

3.2 Escantillones

3.2.1 El espesor de las vagras no será inferior a:

$$t = (h/120) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

h altura de la quilla vertical en [mm] de acuerdo con 2.2.

Si se considera necesario puede exigirse la comprobación de la existencia de una resistencia al pandeo adecuada.

Para los refuerzos debajo del polín del motor, ver C.

3.2.2 Los escantillones de la vagras estancas al agua y al aceite cumplirán también con las exigencias dadas bajo 6.3.

3.2.3 Los agujeros de aligeramiento en las vagras serán de un tamaño tal que permita conservar alrededor del agujero almas de altura no inferior a 0,2 veces la altura de la vagra o del espaciado entre cuadernas. Si los aligeramientos se proveen de llantas de cara, dicho valor puede reducirse a 0,15.

3.2.4 En la zona de reforzado del fondo en proa de acuerdo con la Sección 6, D. se restringirán las escotaduras en las vagras a las groeras necesarias para el soldeo y el drenaje.

4. Techo del doble fondo

4.1 El espesor de las planchas del doble fondo no será inferior al requerido según la siguiente fórmula:

$$t = 1,1 \cdot a \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}]$$

p = presión de diseño en [kN]

p es el mayor de los siguientes valores:

$$p_1 = 10 (T - h_{DB})$$

$$p_2 = 10 \cdot h$$

$p_3 = p_i$ de acuerdo con la Sección 4.C.2.

h altura del tubo de rebose sobre el techo del doble fondo en [m]

h_{DB} = altura del doble fondo en [m]

4.2 Si no se coloca sobre el techo del doble fondo ningún tipo de piso (serretas), el espesor determinado según 4.1 se incrementará en 2 mm.

4.3 En relación al refuerzo del techo del doble fondo en la cámara de máquinas, ver C.2.4.

5. Tanques de doble fondo

5.1 Tanques de combustible y de aceite lubricante

5.1.1 En los tanques de doble fondo se pueden llevar combustibles con puntos de inflamación superiores a 60 °C (ensayo en recipiente cerrado).

5.1.2 Siempre que sea practicable, los tanques de retorno o circulación de aceite lubricante se dispondrán separados del forro.

5.1.3 Respecto a la separación de los tanques de combustible de otros tanques, ver Sección 12, A.5.

5.1.4 Respecto a los respiros, tubos de rebose y sondas, ver Sección 21, D.

5.2 Tomas de mar

5.2.1 El espesor de plancha de las cajas de las tomas de mar no será inferior a:

$$= 12 \cdot a \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}]$$

a distancia entre refuerzos en [m]

p = presión de tarado de la válvula de seguridad [bar]

p no será inferior a 2 bar

5.2.2 El módulo de resistencia de los refuerzos de las cajas de las tomas de mar no será inferior a:

$$W = k \cdot 56 \cdot a \cdot p \cdot \ell^2 \quad [\text{cm}^3]$$

a y p, ver 5.2.1

ℓ = luz entre apoyos de los refuerzos en [m]

5.2.3 Las aberturas de las tomas de mar en el forro se protegerán mediante rejillas.

5.2.4 Si se instalan enfriadores en las tomas de mar, deberá disponerse en éstas una protección catódica a la corrosión por medio de ánodos galvánicos de zinc o aluminio. Para las planchas revestidas adecuadamente se proveerá una densidad de corriente de 30 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ y para la superficie de refrigeración una densidad de corriente de 180 $\mu\text{A}/\text{m}^2$.

6. Doble fondo de estructura transversal

6.1 Varengas llenas

6.1.1 En los dobles fondos de estructura transversal se recomienda disponer varengas llenas en cada cuaderna.

6.1.2 Se dispondrán varengas llenas en cada cuaderna:

- .1 en la zona del reforzado del fondo en proa según Sección 6, D.,
- .2 en la cámara de máquinas,
- .3 debajo de soportes de calderas.

6.1.3 Debajo de los mamparos se dispondrán varengas llenas.

6.1.4 Para la parte restante del doble fondo, el espaciado de las varengas llenas no excederá de aproximadamente 3 m.

6.2 Escantillones

6.2.1 El espesor de las varengas llenas no será inferior a:

$$t = (h/100 - 1,0) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

para $h \leq 1200$ [mm]

$$t = (h/120 + 1,0) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

para $h > 1200$ [mm].

El espesor no necesita exceder de 16,0 mm.

h = altura de la quilla vertical en [m] de acuerdo con 2.2.

Por cada 10 por ciento de incremento de h hallado según 2.2, el espesor de las varengas se incrementará en un 3 por ciento. Si la altura de la varenga excede considerablemente del valor h según 2.2, se dispondrán rigidizadores.

6.2.2 En caso de que en buques pequeños no se requieran vagras (ver 3.1) se dispondrá al menos un refuerzo vertical en cada varenga llena; su espesor será igual al de la varenga y la altura del alma al menos 1/15 de la altura de la quilla vertical.

6.2.3 En la zona de reforzado del fondo del cuerpo de proa según la Sección 6, D., se unirán las varengas con el forro exterior y el techo del doble fondo mediante soldadura continua. Los recortes en la varengas se limitarán a los orificios de soldadura y a las groceras de drenaje.

6.2.4 Respecto al reforzado de varengas en cámaras de máquinas, ver C.2.2.

6.3 Varengas estancas

6.3.1 El espesor de las varengas estancas no deberá ser inferior al indicado en la Sección 12, B. para

mamparos de tanques, sin embargo, en ningún caso inferior al espesor de una varenga llena según 6.2.

6.3.2 Los escantillones de los refuerzos de varengas estancas se determinarán de acuerdo con la Sección 12, B.3.

6.4 Varengas armadas

6.4.1 Allí donde según 6.1 no se requieran varengas llenas se pueden disponer varengas armadas.

6.4.2 Las varengas armadas consisten en cuadernas de fondo en el forro exterior y contracudernas en el techo del doble fondo unidas a la quilla vertical, a las vagras y a los costados a través de consolas.

6.4.3 El módulo resistente de las cuadernas de fondo y contracudernas no será inferior a:

$$W = k \cdot n \cdot c \cdot a \cdot l^2 \cdot p \quad [\text{cm}^3]$$

p = carga de diseño aplicable en $[\text{kN}/\text{m}^2]$ como sigue:

$p = p_B$ según Sección 4, B.3.	}	para cuadernas de fondo
$p = p_i$ según Sección 4, C.2.		
$p = p_1$ o p_2 según Sección 4, D.	}	para contra cuadernas en el techo del doble fondo
$= 10 (T - h_{DB})$		

Se empleará el valor que sea mayor.

h_{DB} = altura del doble fondo en [m]

$n = 0,44$ si $p = p_2$

$n = 0,55$ si $p = p_1$ o p_i

$n = 0,70$ si $p = p_B$

$c = 0,60$ si se disponen contraes de acuerdo con 6.6 en $l/2$, de lo contrario $c = 1,0$

l = luz entre apoyos en [m] sin tener en cuenta los contraes.

6.5 Consolas

6.5.1 Las consolas serán del mismo espesor que las varengas llenas sin corrección por la altura. El ancho de las consolas será igual a 0,75 de la altura de la quilla vertical según 2.2. Los bordes libres de las consolas tendrán faldilla cuando la luz entre apoyos de las cuadernas del fondo excedan de 1 m o cuando la altura de las varengas exceda de 750 mm.

6.5.2 Las cuadernas del fondo y las contracudernas del techo del doble fondo se apoyarán en las vagras por medio de pletinas de igual altura de perfil que las contracudernas del techo del doble fondo.

6.6 Contretes

El área de la sección transversal de los contretes se determinará de forma análoga a lo estipulado en la Sección 10, C.2. La fuerza de diseño a emplear será:

$$P = 0,5 \cdot p \cdot a \cdot \ell \quad [\text{kN}]$$

ℓ = luz entre apoyos según 6.4.3 en [m]

p = carga según 6.4.3.

El grado de esbeltez de los contretes no excederá de 60.

7. Doble fondo de estructura longitudinal

7.1 Generalidades

Donde la estructura longitudinal cambia a estructura transversal deberá preverse una continuidad estructural adecuada o suficiente solapado.

7.2 Longitudinales de fondo y de techo de doble fondo

El módulo resistente se calculará de acuerdo con la Sección 9, B.

7.3 Varengas llenas

7.3.1 El espaciado entre varengas no excederá en general de $5 \cdot a$.

7.3.2 Se dispondrán varengas en cada cuaderna bajo mamparos, así como en la cámara de máquinas bajo el motor principal. En el resto de la cámara de máquinas se dispondrán varengas cada dos cuadernas.

7.3.3 Respecto a las varengas en la zona del reforzado del fondo en proa se observará la Sección 6, D.

7.3.4 Los escantillones de las varengas se determinarán según 6.2.

7.3.5 Las varengas llevarán refuerzos verticales en cada longitudinal de los mismos escantillones que los longitudinales del techo del doble fondo. La altura del refuerzo no es necesario que exceda de 150 mm.

7.4 Consolas

7.4.1 Cuando los costados son de la estructura transversal se dispondrán consolas afaldilladas del mismo espesor que las varengas en línea con cada cuaderna transversal, que se extenderán hasta los longitudinales exteriores del fondo y del techo del doble fondo. En general la anchura de estas consolas medida en el techo del doble fondo será aproximadamente igual a 0,75 la altura de la quilla vertical.

7.4.2 Si el espaciado entre varengas es superior a 2,5 m se dispondrán dos consolas a ambos lados de la quilla vertical en el espacio entre varengas. Si el espaciado es inferior a 2,5 m sólo es necesario disponer una consola.

C. Estructura del Fondo en Cámara de Máquinas en la Zona de la Planta de Propulsión

1. Estructura sin doble fondo

1.1 Los escantillones de las varengas se determinarán de acuerdo con A.1.2.1 para la mayor luz entre apoyos medida en la cámara de máquinas.

1.2 La altura del alma de las varengas llenas en la zona del polín del motor deberán ser tan grandes como sea posible. La altura de las varengas conectadas con las bulárcamas de la cámara de máquinas será similar a la altura de las vagras del polín. En la zona del cárter la altura no será inferior a 0,5 h . El espesor del alma no será inferior a:

$$= h/100 + 4 \quad [\text{mm}]$$

h = ver A.1.2.1

1.3 El espesor de las vagras del polín se determinará según 3.2.1.

1.4 En la zona del polín no es necesario disponer ninguna vagra central. En su lugar se dispondrán perfiles intercostales. El área de la sección transversal de los perfiles intercostales no será inferior a:

$$f = 10 + 0,2 L \quad [\text{cm}^2]$$

Si se dispone de quilla de llanta no se requieren los perfiles intercostales. A ambos lados de las varengas, se dispondrán consolas conectando éstas con la quilla de llanta.

2. Doble fondo

2.1 Generalidades

2.1.1 En la zona del polín del motor los aligeramientos se mantendrán tan pequeños como sea posible sin que se pierda la accesibilidad. En caso necesario los aligeramientos se reforzarán disponiendo llantas de cara en su contorno o reforzando el panel de plancha.

2.1.2 Además de los requerimientos mínimos siguientes se dispondrán refuerzos locales en función de la construcción y las condiciones locales.

2.2 Varengas llenas

En cada cuaderna se dispondrán varengas llenas. El espesor de las varengas calculado según B.6.2 se incrementará en el siguiente porcentaje:

$$3,6 + P/500 \quad [\%]$$

como mínimo 5 %, máximo 15 %.

P = potencia unitaria en [kW]

2.3 Vagras

2.3.1 El espesor de las vagras bajo las planchas de asiento insertadas en el techo del doble fondo será similar al espesor de las vigas longitudinales del polín situadas sobre el techo del doble fondo según 3.2.1.

2.3.2 Se dispondrán vagras del mismo espesor que el de las vigas longitudinales del polín según 3.2, en línea con estas y de altura igual a la del doble fondo. Si se disponen dos vagras a ambos lados del motor, una de ellas puede ser de media altura para motores de hasta 3000 kW.

2.3.3. Las vagras bajo las vigas del polín se extenderán hasta dentro de los espacios adyacentes y se conectarán a la estructura del fondo. Siempre que sea practicable se extenderán más allá de los mamparos de la cámara de máquinas de dos a cuatro claras de cuaderna.

2.3.4 En la zona del polín del motor no se requiere quilla vertical (ver 1.4).

2.4 Entre las vigas longitudinales del polín, el fondo interior tendrá un espesor 2 mm superior al requerido según B.5.1. Este mayor espesor se extenderá más allá de los extremos del polín de máquinas a lo largo de tres a cinco claras de cuadernas.

3. Polines de máquinas

3.1 Generalidades

3.1.1 Las reglas siguientes son aplicables a motores lentos. Los polines para motores rápidos y semirrápidos se tratarán de forma especial.

3.1.2 La rigidez del polín del motor y de la estructura del fondo circundante será adecuada para mantener las deformaciones del sistema debidas a las cargas dentro de valores admisibles. En casos especiales puede requerirse la comprobación de las deformaciones y los esfuerzos.

Nota

La flexión de motores de cruceta de dos tiempos debe ser menor de 1 mm en toda la longitud del motor en la condición de calados que origine la máxima flexión del polín. Además de la flexión del motor y del polín se considerarán las flexiones del

cigüeñal que puedan limitar la flexión admisible del motor a valores inferiores a 1 mm. Para motores rápidos y semirrápidos no sólo se considerarán las flexiones del cigüeñal sino que la flecha del motor se limitará de tal forma que se garantice un apoyo perfecto del cigüeñal en los cojinetes.

3.1.3 Ya en la fase inicial del proyecto del polín se prestará especial atención en conseguir una transmisión perfecta de las fuerzas en dirección transversal y longitudinal.

3.1.4 Los pernos de sujeción se dispondrán a una distancia de las vigas longitudinales del polín no superior a $3 \cdot d$. Si la distancia es superior, se presentarán cálculos comprobatorios que demuestren la equivalencia

d = diámetro de los pernos de sujeción

3.1.5 Se deberán tomar las medidas oportunas para que en todo el régimen de revoluciones de servicio continuo no aparezcan resonancias vibratorias con amplitudes no admisibles; si es necesario, se preverán modificaciones estructurales al objeto de evitar las frecuencias de resonancia. En caso contrario se fijará una gama de revoluciones prohibidas. Dentro de la escala comprendida entre -10% y $+5\%$, referido a las revoluciones nominales, no se permite ninguna gama de revoluciones prohibidas.

La Sociedad puede exigir un análisis de vibraciones y, si se juzga necesario, mediciones al respecto.

3.2 Vigas longitudinales del polín

3.2.1 El espesor de las vigas longitudinales encima del doble fondo no será inferior a:

$$t = \sqrt{P/15} + 6 \quad [\text{mm}]$$

para $P < 1500$ kW

$$t = P/750 + 14 \quad [\text{mm}]$$

para $1500 \leq P < 7500$ kW

$$t = P/1875 + 20 \quad [\text{mm}]$$

para $P \geq 7500$ kW

P = ver 2.2.

3.2.2 Si se disponen dos vigas longitudinales a ambos lados del motor, el espesor requerido 3.2.1 puede reducirse a 4 mm.

3.2.3 Las dimensiones de la plancha de asiento (anchura, espesor) se elegirán de tal forma, que quede garantizada una fijación y apoyo del motor perfectos, así como una suficiente rigidez en dirección transversal según la altura del polín y el tipo de motor. El espesor de la plancha de asiento deberá corresponder aproximadamente al diámetro

de los pernos de ajuste. La sección de la plancha de asiento no será inferior a:

$$P/15 + 30 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{para } P \leq 750 \text{ kW}$$

$$F_T = P/75 + 70 \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{para } P > 750 \text{ kW.}$$

En plantas de 2 motores se preverá, por regla general, una plancha de asiento continua si los motores actúan sobre un solo eje.

3.2.4 Las vigas longitudinales de los polines de máquinas deberán estar apoyadas en dirección transversal, mediante bulárcamas o mamparos laterales. Las dimensiones de las bulárcamas se determinarán según la Sección 9, A.8.

3.2.5 Las planchas de asiento se unirán a las vigas longitudinales y transversales preferiblemente mediante costuras-K, si el espesor de éstas es superior a aproximadamente 15 mm.

Sección 9

Estructura de los Costados

Estructura Transversal

Generalidades

1 Espaciado entre cuadernas

1.1 El espaciado reglamentario entre cuadernas, (clara de cuadernas transversales) entre $0,2 L$ a partir de la perpendicular de proa y el mamparo de que de popa se determinará según la siguiente fórmula:

$$a_0 = L/500 + 0,48 \quad [\text{m}]$$

$$a_{0\text{max}} = 1,0 \text{ m.}$$

1.1.2 A proa del mamparo de colisión y a popa del mamparo del pique de proa, la clara de cuaderna no excederá en general de 600 mm.

1.2 Definiciones

a = luz entre apoyos en [m], ver también Sección 3, B.

p_s = carga en [kN/m²] de acuerdo con la Sección 4, B.2.

1.3 Cuadernas curvadas

El módulo resistente de las cuadernas curvadas se multiplicará por el coeficiente:

$$= 1,0 - 2s/l, \text{ ver Fig. 9.1.}$$

s = profundidad de la curvatura

$$f_{\text{min}} = 0,75.$$

2. Cuadernas principales

2.1 Escantillones

2.1.1 El módulo resistente de las cuadernas principales no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot l^2 \cdot p_s \quad [\text{cm}^3].$$

2.1.2 Las cuadernas principales se extenderán al menos hasta la cubierta más baja y en buques con más de 3 cubiertas, al menos hasta la cubierta encima de la más baja.

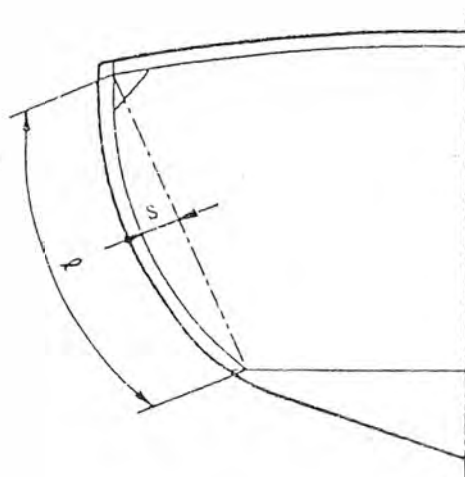


Fig. 9.1

2.1.3 Si las cuadernas se apoyan en cubiertas de estructura longitudinal, las cuadernas situadas entre las bulárcamas se unirán a los longitudinales adyacentes de la cubierta por medio de consolas.

3. Cuadernas en tanques

3.1 El módulo resistente de las cuadernas en espacios de tanques no será inferior al requerido según la Sección 12, B.3 para W_2 .

4. Consolas de pie de cuaderna

4.1 El espesor de las consolas de pie de cuaderna no será inferior a:

$$t = 0,5 H + 5,0 \quad [\text{mm}]$$

$$t_{\text{max}} = 15,0 \text{ mm.}$$

Para buques de 3 o más cubiertas, no es necesario tomar para H un valor superior a $L/12$.

Para buques de una sola cubierta se incrementará el espesor en un 10 por ciento.

4.2 Las consolas de pie de cuaderna tendrán faldilla si el módulo resistente de la cuaderna excede de 30 cm³. La anchura de la faldilla no será inferior a 75 mm.

4.3 Respecto a la unión de las cuadernas principales y las consolas de pie de cuaderna, ver Sección 19, B. 4.2.

5. Cuadernas de entrepuente y de superestructura

5.1 Escantillones

5.1.1. El módulo resistente de las cuadernas de entrepuente y de superestructura no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot \lambda^2 \cdot p_s \quad [\text{cm}^3]$$

p_s no será tomado inferior a:

$$p_{\min} = 0,4 \cdot p_L \cdot (b/\lambda)^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

b_s = longitud del bao de cubierta bajo la cuaderna de entrepuente en cuestión, en [m].

p_L = carga sobre la cubierta entrepuente; en techos de tanques se tomará la carga correspondiente a la mitad de la distancia entre el techo del tanque y el borde superior del tubo de rebose, pero no menos de 12,3 [kN/m²].

No se tendrá en cuenta la carga p_{\min} para las cuadernas de entrepuente situadas entre baos fuertes si el entrepuente es de estructura longitudinal.

Para las cuadernas de entrepuente unidas en su extremo inferior a baos fuertes, p_{\min} se multiplicará por el factor:

$$f_1 = 0,75 + 0,25 e/a$$

e = espaciado entre baos fuertes en [m].

5.1.2 Para las cuadernas de entrepuentes, el valor W/λ^2 no es necesario que sea mayor que el de las cuadernas principales situadas debajo.

5.2 Uniones en los extremos

Las cuadernas de entrepuentes y de superestructuras se unirán a las cuadernas principales situadas debajo o a la cubierta. Las uniones pueden llevarse a cabo de acuerdo con la Fig. 9.2.

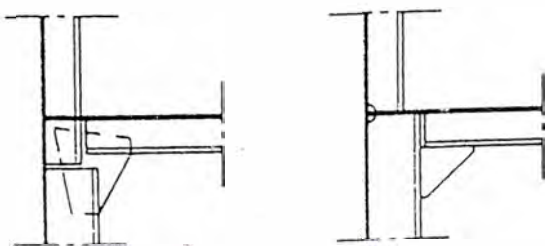


Fig. 9.2

6. Cuadernas en los piques y cuadernas en la zona de popa

6.1 Cuadernas en los piques

6.1.1 El módulo resistente de las cuadernas de los piques no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot \lambda^2 \cdot p_s \quad [\text{cm}^3]$$

λ = luz entre apoyos de las cuadernas en [m] de acuerdo con la Sección 3, B. La luz entre apoyos λ no se tomará inferior a 2,0 m.

6.1.2 Si la longitud del pique de proa no excede de 0,06 L el módulo resistente requerido en la mitad de la longitud del pique puede mantenerse a lo largo de todo el pique de proa.

6.1.3 Las cuadernas de los piques se conectarán a los palmejares de un modo tal que quede garantizada una resistencia adecuada a los esfuerzos cortantes.

6.1.4 Si los piques se usan como tanques, el módulo resistente de las cuadernas no será inferior al requerido para W_2 .

7. Reforzado en los cuerpos de proa y popa

7.1 Hileras de baos

7.1.1 Dentro del pique de proa, a proa del mamparo de colisión y bajo la cubierta más baja, se dispondrán hileras de baos (baos dispuestos cada dos claras de cuaderna) espaciadas verticalmente a distancias no superiores por lo general a 2,6 m. En las hileras de baos se dispondrán palmejares que se unirán el casco por medio de soldadura continua y a las cuadernas por medio de consolas. Los escantillones de los palmejares se determinarán según las siguientes fórmulas:

$$\text{anchura } b = 75 \sqrt{L} \quad [\text{mm}]$$

$$\text{espesor } t = 6,0 + L/40 \quad [\text{mm}]$$

7.1.2 El área de la sección transversal f_B de cada uno de los baos de una hilera no será inferior a:

$$f_B = \frac{10 \cdot P}{95 - 0,0045 \lambda^2} \quad [\text{cm}^2] \quad \text{para } \lambda \leq 100$$

$$f_B = \frac{P \cdot l^2}{5 \cdot 10^4} \quad [\text{cm}^2] \quad \text{para } \lambda > 100$$

λ = l/i = grado de esbeltez del bao

l = luz entre apoyos del bao en [cm]

i = $\sqrt{J/f_B}$ = radio de inercia del bao en [m]

J = momento de inercia más pequeño del bao en [cm⁴]

$$= A \cdot p_s \text{ [kN]}$$

superficie de carga de un bao en [m²].

1. La longitud del pique de proa no excede de 6 m, la carga a la mitad de la longitud de éste se aplicará para la determinación de los escantillones de todos los baos.

2. En el pique de popa se dispondrán hileras de baos con palmejares espaciados verticalmente a distancias no superiores por lo general a 2,6 m de acuerdo análoga a 7.1.1 en tanto sea practicable en función de las formas del casco.

3. Se evitará la soldadura intermitente en los palmejares del pique de popa. Las escotaduras en la unión al casco se restringirán a las groetas de altura y de drenaje.

4. Si los piques se usan como tanques, los palmejares tendrán faldilla o llantas de cara en los buques. Los palmejares formarán un armazón con los esfuerzos horizontales del mamparo de colisión.

2 Bulárcamas y palmejares

2.1 Si se disponen bulárcamas y palmejares en hileras de baos, sus escantillones se determinarán como sigue:

Módulo resistente:

$$W = k \cdot 0,6 \cdot e \cdot l^2 \cdot p_s \text{ [cm}^3\text{].}$$

Area de la sección transversal en los apoyos:

$$f = k \cdot 5,061 \cdot e \cdot l \cdot p_s \text{ [cm}^2\text{]}$$

e = anchura de la superficie sustentada en [m]

l = luz entre apoyos, en [m] de acuerdo con la Sección 3, B.

La distancia vertical entre los palmejares no excederá en general de 2,6 m.

2.2 Las bulárcamas se unirán entre sí mediante bridas de unión cuya sección se determinará según 7.1.2.

3 Bulárcamas y palmejares en cubiertas de entrepuentes y de superestructuras

3.1 En buques cuya velocidad exceda de $1,6 \sqrt{L}$ [nudos] y en buques con proas llenas considerables se dispondrán palmejares y bulárcamas respectivamente según 7.2, en los espacios de entrepuentes y de superestructuras situados a proa de 0,2 L desde la perpendicular de proa.

4 Cartabones de rigidez

4.1 Entre el punto de mayor manga del buque y la línea de flotación de máximo calado y el

mamparo de colisión se dispondrán cartabones rigidizadores espaciados verticalmente a distancias no superiores a 2,6 m de acuerdo con los croquis de la Fig. 9.3. El espesor de los cartabones se determinará de acuerdo con 7.1.1.

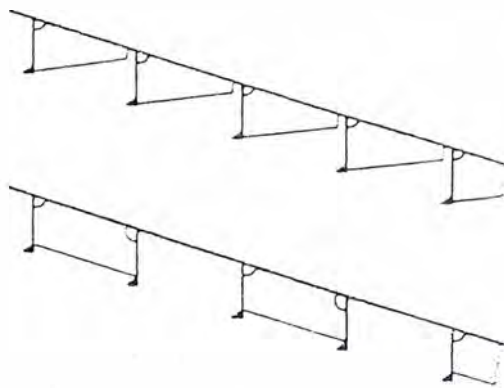


Fig. 9.3

7.4.2 Abarcando la misma extensión indicada en 7.4.1, se dispondrán cartabones rigidizadores en espacios de entrepuentes y superestructuras de alturas iguales o superiores a 3 m.

7.4.3 Si el pique de proa u otros espacios situados a proa del mamparo de colisión se usan como tanques, se dispondrán cartabones rigidizadores según 7.4.1 entre las hileras de baos indicadas en 7.1.

8 Bulárcamas en espacios de máquinas

8.1 Disposición

8.1.1 En la cámara de máquinas se dispondrán bulárcamas. Las bulárcamas se extenderán por lo general hasta la cubierta continua más alta. Por término medio las bulárcamas estarán espaciadas entre sí a una distancia de 3,5 m.

8.1.2 En instalaciones de motores de hasta 400 kW aproximadamente, las bulárcamas se colocarán en los extremos anterior y posterior del motor. En instalaciones de motores de 400 a 1500 kW, se dispondrá otra bulárcama a la mitad de la longitud del motor. En instalaciones mayores serán previstas, por lo menos, dos bulárcamas más.

8.1.3 En instalaciones de motores situadas a popa se dispondrán palmejares espaciados unos de otros verticalmente a distancias de 2,6 m y en línea con los del pique de popa, si existen. Los escantillones de los palmejares serán similares a los de las bulárcamas. Si no se disponen palmejares, las cuadernas de la cámara de máquinas se reforzarán adecuadamente. Para alturas hasta la cubierta más baja inferiores a 4 m se requiere al menos un palmejar.

3.2 Escantillones

3.2.1 El módulo resistente de las bulárcamas no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot e \cdot l^2 \cdot p_s \quad [\text{cm}^3]$$

e = espaciado entre bulárcamas en [m]

l = luz entre apoyos en [m]; ver sección 3, B.

El momento de inercia de las bulárcamas no será inferior a:

$$J = H (4,5 H - 3,75) c \cdot 10^2 \quad [\text{cm}^4]$$

para $3 \text{ m} \leq H \leq 10 \text{ m}$

$$J = H (7,25 H - 31) c \cdot 10^2 \quad [\text{cm}^4]$$

para $H > 10 \text{ m}$

$$c = 1 + (H_u - 4) 0,07$$

H_u = puntal medido hasta la cubierta más baja en [m].

Los escantillones de las almas se calcularán como sigue:

$$\text{altura } h = 50 \cdot H \quad [\text{mm}],$$

$$h_{\text{min}} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{espesor } t = h / (32 + 0,03 h) \quad [\text{mm}],$$

$$t_{\text{min}} = 8,0 \text{ mm}$$

8.2.2 Los buques con un puntal H inferior a 3 m tendrán bulárcamas de escantillones de alma no inferiores a $250 \cdot 8 \text{ mm}$ y de una sección de ala mínima de 12 cm^2 .

B. Longitudinales de Fondo, Costados y Cubiertas

1. Generalidades

1.1 Los longitudinales serán continuos a lo largo de varengas llenas, bulárcamas y baos fuertes en tanto sea practicable. Las uniones de las almas de los longitudinales a las almas de las varengas, bulárcamas y baos fuertes se diseñarán de modo que puedan transmitirse las fuerzas de reacción en los apoyos.

2. Definiciones

a = espaciado longitudinal

l = luz entre apoyos en [m] de acuerdo con la Sección 3, B.3.

p = carga en $[\text{kN}/\text{m}^2]$

= p_B según Sección 4, B.3. para longitudinales del fondo

= p_s según Sección 4, B.2. para los longitudes del costado

= p_l según Sección 4, D.1. para los longitudinales del costado, así como para los refuerzos longitudinales de mamparos longitudinales dentro de tanques

= p_D según Sección 4, B.1. para longitudinales de la cubierta resistente

= p_i según Sección 4, C.2. para los longitudinales del techo de doble fondo, pero no inferior a la carga correspondiente a la distancia entre el techo del doble fondo y la línea de flotación a plena carga

3. Escantillones

3.1 El módulo resistente de los longitudinales no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot l^2 \cdot p \quad [\text{cm}^3].$$

3.2 La luz entre apoyos l no se tomará inferior a 1,8 m para longitudinales del fondo dentro de la zona del fondo reforzada en proa de acuerdo con la Sección 5, D.

3.3 Dentro de tanques el módulo resistente no será inferior a W_2 según Sección 12, B.3.1.

4. Bulárcamas laterales

4.1 El módulo resistente de las bulárcamas laterales que soportan a los longitudinales de los costados no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot e \cdot l^2 \cdot p \quad [\text{cm}^3]$$

e = espaciado entre bulárcamas laterales en [m]

l = luz entre apoyos en [m] de acuerdo con la Sección 3, B.

Área mínima de la sección transversal del alma:

$$f = k \cdot 0,05 \cdot e \cdot l \cdot p \quad [\text{cm}^2].$$

4.2 Dentro de tanques el módulo resistente y el área de la sección transversal no serán inferiores a W_2 y f_2 según Sección 12, B.3.

Baos y Estructura Soporte de Cubierta

A. Definiciones

- l = luz entre apoyos en [m] de acuerdo con la Sección 3, B.
- e = ancho de la cubierta soportada en [m]
- p = carga sobre la cubierta p_D y p_{DA} en $[kN/m^2]$, de acuerdo con la Sección 4, B

B. Baos y Vigas

1. Baos y longitudinales de cubierta

El módulo resistente de los baos transversales y de los longitudinales de cubierta no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot p \cdot l^2 \quad [cm^3].$$

2. Uniones

2.1 Los baos transversales se unirán a las cuerdas por medio de consolas según Sección 3, C.2.

2.2 Los baos que transcurren de forma continua a través de mamparos longitudinales y vigas pueden soldarse directamente a los refuerzos de los mamparos longitudinales y al alma de las vigas respectivamente sin necesidad de consolas.

2.3 Los baos pueden unirse a las brazolas de escotilla y a las vigas por medio de soldadura angular por ambos lados cuando no hay empotramiento. La unión soldada no será inferior a 0,6 veces la altura del perfil del bao.

3. Vigas longitudinales y transversales (esloras baos fuertes)

3.1 El módulo resistente no será inferior a:

$$W = k \cdot 0,8 \cdot e \cdot p \cdot l^2 \quad [cm^3].$$

3.2 En los puntos de apoyo el área de la sección transversal del alma no será inferior a:

$$f_{web} = k \cdot 0,05 \cdot p \cdot e \cdot l \quad [cm^2].$$

3.3 La altura de las vigas no será inferior a 1/25 veces la luz entre apoyos. La altura del alma de vigas con escotaduras para el peso de baos continuos

será al menos 1,5 veces la altura de los baos. Los escantillones de las vigas de techos de tanques se determinarán de acuerdo con la Sección 12, B.3.

3.4 Cuando una viga no posea el mismo módulo resistente a lo largo de toda su longitud, los escantillones más grandes se mantendrán a través de los apoyos reduciéndose de forma gradual a los más pequeños.

3.5 Las conexiones de las vigas a los mamparos se dimensionarán de modo que los momentos flectores y fuerzas cortantes puedan transmitirse. Los refuerzos de mamparo situados bajo las vigas se dimensionarán para soportar a las vigas.

3.6 En las vigas longitudinales y transversales se dispondrán consolas de rigidez separadas entre sí a distancias de aproximadamente 2,5 m.

4. Estructura soporte de chigres, molinetes y estopores de cadenas de anclas

4.1 Para la estructura soporte bajo chigres, molinetes y estopores de cadenas de anclas, se observarán los esfuerzos admisibles siguientes:

$$\sigma_b = 200/k \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 120/k \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = 220/k \text{ N/mm}^2.$$

4.2 Las fuerzas actuantes se calcularán en base al 80 % y al 45 % respectivamente de la carga de rotura de la cadena de anclas:

- para estopores de cadena 80 %
- para molinetes 80 % cuando no se dispone de estopor
- 45 % cuando se dispone de estopor

C. Puntales

1. Generalidades

1.1 Los elementos estructurales en la cabeza y pie de los puntales, así como las subestructuras, se construirán de acuerdo con las fuerzas que deben

transmitir. En la cabeza y pie de los puntales tubulares se dispondrán placas por lo general. La conexión se dimensionará de forma que se disponga al menos 10 cm^2 de área de sección transversal por cada 10 kN de carga.

2.2 En tanques los puntales se comprobarán respecto a tensión. En tanques para líquidos inflamables no se dispondrán puntales tubulares.

Escantillones

El área de la sección transversal de los puntales no será inferior a:

$$f = \frac{10 \cdot P}{117 - 0,0056 \lambda^2} \quad [\text{cm}^2] \quad \text{para } \lambda \leq 100$$

$$f = \frac{P \cdot \lambda^2}{6,1 \cdot 10^4} \quad [\text{cm}^2] \quad \text{para } \lambda > 100$$

P = carga en kN = $p \cdot A$. La carga P se obtiene multiplicando la carga específica sobre la cubierta p según la Sección 4 por la superficie soportada por el puntal, que se extiende en longitud de centro a centro del campo de esloras adyacentes y en anchura de centro a centro del campo de baos ad-

yacentes. Las posibles cargas individuales y de puntales situados encima se sumarán de acuerdo con su disposición.

λ = ℓ/i = grado de esbeltez del puntal

ℓ = longitud del puntal en [cm]

i = $\sqrt{J/f}$ = radio de inercia del puntal en [cm]

J = momento de inercia del puntal en [cm^4]

f = área de la sección transversal del puntal en [cm^2]

2.2 El radio de inercia de puntales circulares se determinará de acuerdo con las fórmulas siguientes:

$$i = 0,25 d \quad [\text{cm}]$$

para puntales sólidos

d = diámetro del puntal en [cm]

$$i = 0,25 \sqrt{d_a^2 + d_i^2} \quad [\text{cm}]$$

para puntales tubulares

d_a = diámetro exterior del puntal en [cm]

d_i = diámetro interior del puntal en [cm]