

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL DE UN  
BULKCARRIER DE 53.000 T.P.M. Y DE LOS ESFUERZOS  
DE LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR  
DE UNA DE SUS BODEGAS DE MINERAL**

**Intissar GRIQUIT**



**Centro: E. U. I. T. NAVAL**  
**Titulación: I. T. NAVAL**  
**Fecha: Julio 2009**



<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>
1- OBJETO DEL PROYECTO.....	1
2- CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE.....	2
3- REQUERIMIENTOS DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACION....	3
4- CALCULO DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL.....	5
5- CONDICIONES DE CARGA CONSIDERADAS.....	7
6- MOMENTO FLECTOR EN AGUAS TRANQUILAS.....	8
7- MOMENTO FLECTOR REGLAMENTARIO SOBRE LA OLA.....	8
8- MOMENTO FLECTOR TOTAL.....	10
9- MÓDULO DE LA CUADERNA MAESTRA.....	11
10- ESCANTILLONADO DE LA CUBIERTA RESISTENTE.....	14
11- ESCANTILLONADO DEL FONDO Y FORROS DE COSTADO .....	16
12- ESCANTILLONADO DE LOS LONGITUDINALES: DE CUBIERTA, COSTADO, FONDO, DOBLE FONDO, TOLVA INFERIOR TOLVA SUPERIOR.....	21
13- ESCANTILLONADO DE QUILLAS, VARENGAS Y VAGRAS.....	32
14- ESCANTILLONADO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES CUADERNAS Y BULÁRCAMAS.....	34
15- CÁLCULO DEL MÓDULO DE LA SECCION CON LOS ESCANTILLONES REGLAMENTARIOS MÍNIMOS.....	38

16- AUMENTO DE ESCANTILLONES PARA CUMPLIR EL MODULO REGLAMENTARIO.....	42
17- FUERZAS CORTANTES EN AGUAS TRANQUILAS.....	44
18- FUERZAS CORTANTES REGLAMENTARIAS SOBRE LA OLA...	44
19- ESFUERZOS DE CIZALLA PRODUCIDOS Y ADMISIBLES.....	46
20-CALCULO DE ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR DE LA BODEGA DE MINERAL. METODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	48
22- BIBLIOGRAFIA.....	62
21- ANEXOS.....	63

## **I. OBJETO DEL PROYECTO:**

El objeto del proyecto es diseñar y posteriormente escantillonar los elementos que contribuyen a la resistencia longitudinal y transversal.

Se siguen las reglas y reglamentos de la sociedad de clasificación Lloyd' Register of Shipping.

Se parte del modulo resistente longitudinal requerido, de acuerdo con las condiciones de carga, y con el mínimo exigido por la sociedad de clasificación. Ambos valores deducidos como la suma de situaciones del buque en aguas tranquilas y en la ola.

Se diseñan y se calculan los elementos longitudinales y se comprueba que cumplen con el modulo resistente reglamentario, aumentándose los escantillones, si es necesario, hasta que cumpla.

Los esfuerzos cortantes producidos por la situación del buque en aguas tranquilas y en la ola se calculan y se comprueban que no superan los admitidos.

Los elementos transversales se calculan mediante las reglas de la sociedad de clasificación, modelizando el anillo como estructura reticular, constituida por barras. Al ser este buque de estructura longitudinal exige que el anillo transversal sea más robusto, siendo los peraltes de las vigas muy grandes en comparación con sus longitudinales. En estos casos se impone el análisis por otros medios. En este proyecto se utilizara el método de elementos finitos: modelizando la estructura, definiendo las condiciones de contorno, considerando las condiciones de carga y analizando finalmente los resultados obtenidos.

## II. CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE:

Se trata de un bulkcarrier para transporte de grano. Debe estar reforzado para transporte de mineral.

El buque tiene 7 bodegas, las 2, 4 y 6 pueden ir vacías, La bodega 5 está prevista como bodega inundable, hay que reforzar sus escantillones.

La maquinaria va situada en popa.

Las características son las siguientes:

-Eslora en la flotación (m):	L=199
-Eslora entre perpendiculares (m):	L <sub>pp</sub> =194
-Eslora de escantillonado (m):	L <sub>e</sub> = 193
-Manga (m):	B = 29
-Puntal (m):	D = 18
-Calado (m):	d = 13,35
-Desplazamiento (ton):	Δ= 63.568
-Espaciado de cuadernas (mm):	= 885
-Espaciado de bularcamas (mm):	= 3.540
-Espaciado de varengas (mm):	= 1.770
-Espaciado de vagras (mm):	= 1.710
-Espaciado de longitudinales de fondo, doble fondo y tolva baja (mm) :	= 855
-Espaciado de longitudinales de tolva alta (mm) :	= 885
-Espaciado de longitudinales de cubierta (mm):	= 750
-Factor de estiba (m <sup>3</sup> /tons) :	= 0.65
-Velocidad (nudos) :	= 16
-Momento flector en aguas tranquilas (ton*m):	M <sub>s</sub> = 90.000

Se ha adaptado estructura longitudinal en la cubierta principal y en el fondo y doble fondo y en las tolvas bajas, debido a los requerimientos de la sociedad de clasificación.

En las tolvas bajas esta previsto llevar lastre. En las tolvas altas es posible llevar lastre o grano. Para lo cual en el costado se ha previsto estructura transversal.

En la bodega la estructura adoptada es también transversal, debido a que el almacenamiento de agua tiene una serie de interferencias en su almacenamiento y descarga en zonas con estructura longitudinal.

### III. REQUERIMIENTO DEL REGLAMENTO DEL LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING:

Los requerimientos por el buque que estamos proyectando se concretan en los siguientes artículos:

101- este capítulo se aplica a los buques de altura de formas y proporciones normales y una eslora de 90 mts. y más.

Los buques de formas o proporciones anormales destinados al transporte de cargas especiales o para servicio especial o restringido. Recibirán una consideración individual a base de las normas generales de estas Reglas.

104- Eslora **L** es la distancia, en metros, en la flotación de verano desde la cara de proa de la roda a la cara de popa del codaste o al eje de la mecha del timón, si aquel no existe. **L** no debe ser menor de 96 % y no precisa ser mayor de 97 % de la eslora extrema en la flotación de verano.

La maestra debe tomarse a la mitad de la longitud **L**, medida desde la cara de proa de la roda.

En buques con disposiciones anormales de la popa la longitud **L** se considerara especialmente.

105- La manga **B** es la manga máxima fuera de miembros, en metros.

106- El puntal **D** se mide, en metros, al centro de la eslora **L** desde la cara alta de la quilla al canto alto del bao de la cubierta continua más alta, o como se define en la sección apropiada.

Cuando se trata de un trancañil curvado, el puntal **D** se medirá hasta la continuación de la línea de cubierta fuera de miembros.

107- El calado **d** es el calado de verano, en metros, medido desde la cara alta de la quilla.

110- Se remitirán los planos relativos a los siguientes elementos:

- Cuaderna maestra.
- Cálculos de resistencia longitudinal.
- Sección longitudinal
- Desarrollo de forros
- Cubiertas
- Mamparos estancos
- Puntales y eslora
- Tanques profundos
- Tanques de combustible
- Disposición del cuerpo de proa.
- Timón

- Marco del codaste
- Arbotantes de hélices
- Polines de las máquinas principales y de la chumacera de empuje
- Disposición del cuerpo de popa
- Superestructuras y casetas
- Escotillas
- Reforzado para la navegación entre hielos
- Palos y postes de carga
- Esquema de soldadura
- Particulares para el cálculo del franco-bordo
- Manual de carga
- Dispositivos de protección, detección y extinción de incendios.

112- Los escantillones de los elementos estructurales pueden determinarse por cálculo directo. En tales casos, las hipótesis hechas y los cálculos deben remitirse para su aprobación.

116- Los escantillones de aquellos elementos para los cuales se emplee acero de alta tensión podrán reducirse como lo permiten otras secciones de este capítulo.

Con este objeto se deducirá un factor **k** de acero de alta tensión, como sigue:

$$k = 25/Y \quad (k = 15.8/Y \text{ .u.ingl})$$

ó

$$k = 0,725$$

Tomándose el mayor de los valores deducidos, donde Y= Limite fluencia mínimo especificado, o 0,5 por ciento de la carga de prueba, en  $\text{kg/mm}^2$  ( $\text{ton/pulg}^2$ ). Se considerarán especialmente los aceros en los que Y sea mayor de  $36 \text{ kg/mm}^2$  ( $22.8 \text{ ton/pulg}^2$ ).

Para el acero dulce k debe tomarse igual a 1,0.

124- Los escantillones en la maestra se extenderán sobre 0,4L al centro y pueden irse reduciendo gradualmente hasta los permitidos en los extremos, excepto donde se requiera de otro modo por estas Reglas.

125- Para longitudinales, cuadernas y refuerzos de mamparos el módulo de la sección requerido por las reglas, según la fórmula apropiada, es el del perfil en asociación con una banda de chapa de 610 mm.(24 pulgs) del mismo espesor que los forros del casco, cubiertas o mamparos, según el casco cuando la chapa asociada sea de espesor variable, se tomará el espesor medio sobre el panel.

Los módulos efectivos de las secciones de perfiles laminados y su área sin chapa asociada figuran la publicación "Geometric Properties of Rolled Sections and Built Girders".

Los módulos efectivos de las secciones de barras planas y secciones armadas pueden obtenerse de curvas que figuran en la misma publicación.

#### IV. CALCULO DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL:

##### 301- Símbolos

**L** = Eslora del buque, en metros (pies).

**L<sub>pp</sub>** = Distancia, en metros (pies), desde la cara de proa de la roda hasta la cara de popa del codaste o hasta el eje de la mecha del timón, caso de no existir aquél. En buques con disposiciones anormales la eslora L<sub>pp</sub> se considerará especialmente.

**B** = Manga del buque, en metros (pies).

**D** = Puntal de buque, en metros (pies).

**C<sub>b</sub>** = Coeficiente de bloque fuera de miembros, que no debe tomarse menor de 0,50. El coeficiente de bloque se determinará empleando la eslora L.

**I** = Momento de inercia, en cm<sup>4</sup> (pulg<sup>2</sup> pies<sup>2</sup>) de la cuaderna maestra respecto al eje neutro horizontal.

**y** = Distancia vertical, en metros (pies), desde el eje neutro hasta el canto del bao al costado o hasta la cara alta de la quilla, según sea apropiado.

**(I/y)<sub>m</sub>** = Módulo resistente mínimo de la sección de la maestra, cm<sup>3</sup> (pulg<sup>2</sup> pies).

**I/y** = Módulo resistente proyectado a la maestra, en cm<sup>3</sup> (pulg<sup>2</sup> pies), a la cubierta o al fondo, según sea apropiado.

**k** = Factor del acero de alta tensión.

**M<sub>w</sub>** = Momento flector sobre la ola reglamentaria, en tonelámetros (ton/pies).

**M<sub>s</sub>** = Momento flector proyectado en aguas tranquilas, en tonelámetros (ton/pies).

**F<sub>w</sub>** = Esfuerzo cortante sobre la ola reglamentaria, en tonelámetros (ton/pies)

**F<sub>s</sub>** = Esfuerzo cortante proyectado en aguas tranquilas, en toneladas (tons).

**V** = Velocidad máxima de servicio en nudos, con el buque en la condición de carga.

**σ<sub>s</sub>** = La resistencia a la flexión reglamentaria en aguas tranquilas, en kg/mm<sup>2</sup> (ton/pulg<sup>2</sup>).

**σ<sub>w</sub>** = La resistencia a la flexión sobre la ola reglamentaria, en kg/mm<sup>2</sup> (ton/pulg<sup>2</sup>)

**σ<sub>c</sub>** = La resistencia reglamentaria combinada (σ<sub>s</sub> + σ<sub>w</sub>), en kg/mm<sup>2</sup> (ton/pulg<sup>2</sup>).

302- Los cálculos de resistencia longitudinal deben hacerse teniendo en cuenta el margen de las condiciones en carga y en lastre propuestas para el buque, con objeto de determinar el módulo de resistencia mínimo de la maestra y, cuando sea aplicable, los esfuerzos cortantes que pueden ser impuestos a la estructura del casco.

303- Los requisitos de esta sección se aplican a los buques de altura de formas, proporciones y velocidad normales menos que se empleen procedimientos de cálculo directo, en cuya caso se remitirán para su aprobación las hipótesis hechas y los cálculos realizados, para los buques con notaciones de servicios restringidos se consideraran las propuestas para una reducción convenientes del modulo resistente de la sección del casco.

304-Se requerirá, en general, una consideración individual basada en procedimientos de cálculo directo para buques que tengan una o más de las siguientes características:

- (a) Eslora L mayor de 400 mts.
- (b) Velocidad V mayor que la definida en la tabla D 3.1 en relación con el coeficiente de bloque asociado.
- (c) Proyecto fuera de lo normal.
- (d) Distribución anormal del peso del casco.
- (e) L/D mayor de 17, L/B mayor que 5 o B/D mayor de 2,5.
- (f) Aberturas largas en cubierta o cuando puedan presentarse tensiones de distorsión mayores de  $1,5 \text{ kg/mm}^2$  ( $0,95 \text{ tons/pulg}^2$ ).
- (g) Aberturas para carga por el costado en las tracas de cinta y trancañil.

TABLA D 3.1

ESLORA	$C_b$	VELOCIDAD V
200mts o menos	>0,80	17
	=0,65	20
	<0,50	25
Mas de 200 mts	>0,80	18
	=0,65	23
	<0,50	28

Lloyd`s register of shipping, Capitulo D.

NOTA: Las velocidades para valores intermedios de  $C_b$  se obtendrán por interpolación.

$$L/D = 193/18 = 10,72 \text{ mts}$$

$$L/B = 193/29 = 6,65 \text{ mts}$$

$$B/D = 29/18 = 1,61 \text{ mts}$$

Entonces nuestro buque no tiene las características que implique cálculos directos.

## V. CONDICIONES DE CARGA CONSIDERADAS:

310- Las condiciones principales de carga a examinar deben incluir lo siguiente:

b- Para otros tipos de buques.

(i)- Condiciones de plena carga homogénea y, si es aplicable, no homogénea, de carga parcial, incluso cubertada y en lastre.

Los cálculos comprenderán las condiciones de salida y arribada.

(ii)- Detalles de la estiba especificada cuando se desee una notación de clase, permitiendo llevar vacías ciertas bodegas.

(iii)- Detalles de las propuestas alturas de líquido cuando se proponga llevar agua de lastre o cargas líquidas en bodegas.

(iv)- Condiciones de carga para viajes cortos o en aguas abrigadas, cuando se pretende un mayor momento flector en aguas tranquilas.

(v)- Detalles del lastrado a medio viaje u otros cambios propuestos en las condiciones de carga.

## VI. MOMENTO FLECTOR EN AGUAS TRANQUILAS:

313- El modulo reglamentario de la cuaderna maestra se determinara en función del momento flector del proyecto en asociación con la resistencia máxima admisible, dependiente del tipo del buque.

El momento flector del proyecto se tomara como la suma de los momentos flectores componentes en aguas tranquilas y en la ola, que se deducirán como sigue.

314- El momento flector del proyecto en aguas tranquilas  $M_s$  es el máximo momento de arrufo o quebranto obtenido en las condiciones de carga dadas en 310<sup>1</sup>.

En el buque de proyecto el máximo momento flector en aguas tranquilas, deducido de tomar momentos de pesos y empujes es de 90.000 Tn.x m.

315- El momento flector reglamentario en la ola  $M_w$  se calculara en la maestra y esta dado por la siguiente expresión:

$$M_w = \sigma_w C_1 L^2 B(C_b + 0,7) \times 10^{-3} \text{ tonelametros.}$$

$$[ M_w = 14.4 \sigma_w C_1 L^2 B(C_b + 0,7) \times 10^{-5} \text{ tons pie}]$$

Donde  $C_1$  tiene los valores de la tabla D 3.2 y  $\sigma_w$  los de la tabla D 3.4.

Tabla D 3.2

ESLORA L		FACTOR $C_1$
Mts.	Pies	
90	295	7,840
100	328	8,040
125	410	8,473
150	492	8,913
Más de 150 sin exceder de 300	Más de 492 Sin exceder de 984	$C_1 = 10,75 - (300-L/100)^{1,5}$ $(C_1 = 10,75 - (984-L/328)^{1,5})$
Más de 300 sin exceder de 350	Más de 984 Sin exceder De 1148	10,75
375	1230	10,69
400	1312	10,63

Lloyd's register of shipping, Capitulo D

<sup>1</sup> Ver pagina 7

NOTA: Los valores intermedios de  $C_1$  se obtendrán por interpolación.

$$M_w = \sigma_w C_1 L^2 B(C_b + 0,7) \times 10^{-3} \text{ tonelametros.}$$

$\sigma_w$  = Tabla D 3.4 es de tipo 1 según 318 luego  $\sigma_w = 10 \text{ kg/mm}^2$ .

$C_1$  = según tabla D.3.2 pag 8

$$\begin{aligned} C_1 &= 10,75 - (300-L/100)^{1,5} \\ &= 10,75 - (300-193/100)^{1,5} \\ &= 9,64318 \end{aligned}$$

$$C_b = 63.568/193 \times 29 \times 13,35 \times 1,025 = 0,83$$

$$M_w = 10 \times 9,64318 \times 193^2 \times 29 \times (0,83 + 0,7) \times 10^{-3} \text{ Ton.m}$$

$$M_w = 159.376 \text{ tons.m}$$

316- cuando se requiere conocer el momento flector en otras cuadernas a lo largo de la eslora del buque, los valores en la maestra deben ser multiplicados por los factores dados en la tabla D3.3. Estos valores están basados en el número de Froude,  $F_n$ , definido por  $F_n = 0,164 V/\sqrt{L_{pp}} = 0,18839$

Tabla: D 3.3

SITUACION		FACTOR	
		$F_n < 0,20$	$F_n = 0,30$
Cuaderna	0 (Pp.Pr)	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 (Mitad de Lpp)	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 (Pp.Pr)	0,00	0,00

Lloyd's register of shipping. Capitulo D

Para valores intermedios de  $F_n$  el factor puede determinarse por interpolación lineal y para valores mayores de 0,3 puede hacerse una extrapolación lineal.

## VII. MOMENTO FLECTOR TOTAL:

La suma de los momentos flectores en agua tranquila mas en ola:

$$M_w + M_s = 90.000 + 159.376$$

$$M_w + M_s = \mathbf{249.376 \text{ tnxm}}$$

## VIII. MODULO DE LA CUADERNA MAESTRA :

317- las tensiones admisibles a emplear en el calculo del modulo de las secciones del casco y la resistencia combinada  $\sigma_c$  se dan en la tabla D3.4 pág. 12. para los tipos de Buques apropiados.

La resistencia combinada esta calculada a base de las componentes en aguas tranquilas y en la ola que figuran en la tabla; en general, deben emplearse los valores para el servicio de altura.

Con objeto de permitir mayores valores del momento flector en aguas tranquilas, lo que puede desearse cuando el buque hace viajes cortos o cuando se carga o descarga en aguas abrigadas, puede permitirse una alternativa en la distribución de las tensiones admisibles, cuyos valores también figuran en la tabla.

Las condiciones de carga apropiadas deben figurar en el manual de carga.

“Viajes cortos” se definen como viajes que no excedan de veinticuatro horas de duración con tiempo razonable.

“tiempo razonable” y “aguas abrigadas” están definidos en B 102.

318- Los tipos de buques de la tabla D 3.4 se distinguen por lo siguiente:

Tipo 1: Buques para el transporte de cargas liquidas (p.ej, petroleros, mineral o petróleo y cargueros OBO, etc., pero excluidos los cargueros de gas licuado). Buque para el transporte de cargas secas a granel, tales que la carga ( a lo menos en una bodega o compartimiento) es mas densa de lo que corresponde a un coeficiente de estiba de  $1 \text{ m}^3/\text{ton}$  ( $36 \text{ pies}^3/\text{ton}$ )

Tipo 2: Buques de carga general y varios.

Buques para el transporte de cargas secas a granel, tales que la carga en cada bodega o compartimiento es menos densa de lo que corresponde a un coeficiente de estiba de  $1 \text{ m}^3/\text{ton}$ .

Cargueros de gases licuados.

**Tabla D 3.4**

Tipo del buque	$\sigma_c$	Servicio de altura		Servicio en aguas abrigadas		Viajes cortos	
		$\sigma_s$	$\sigma_w$	$\sigma_s$	$\sigma_w$	$\sigma_s$	$\sigma_w$
Tipo 1	16,40 Kg/mm <sup>2</sup>	6,4 Kg/mm <sup>2</sup>	10,0 Kg/mm <sup>2</sup>	11,4 Kg/mm <sup>2</sup>	5,0 Kg/mm <sup>2</sup>	8,4 Kg/mm <sup>2</sup>	8,0 Kg/mm <sup>2</sup>
Tipo 2	18,15 Kg/mm <sup>2</sup>	8,15 Kg/mm <sup>2</sup>	10,0 Kg/mm <sup>2</sup>	13,15 Kg/mm <sup>2</sup>	5,0 Kg/mm <sup>2</sup>	10,15 Kg/mm <sup>2</sup>	8,0 Kg/mm <sup>2</sup>

Lloyd's register of shipping . Capitulo D.

Nuestro buque es de tipo 1.

319- El modulo resistente de la cuaderna maestra del proyecto no debe ser menor que el mayor de los siguientes valores:

$$(a) \frac{I}{y} = \left(\frac{I}{y}\right)_m$$

En donde  $\left(\frac{I}{y}\right)_m = C_1 L^2 B (C_b + 0,7) \text{ cm}^3$

$$\left(\frac{I}{y}\right)_m = 14,4 C_1 L^2 B_1 (C_b + 0,7) \times 10^{-5} \text{ pulg}^2 \text{ pie}$$

Y  $C_1$  se deduce de la tabla D3.2

$$(b) \frac{I}{y} = M_s + M_w / \sigma_c \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_1 = C_1 L^2 B (C_b + 0,7) \text{ cm}^3$$

$$\underline{\underline{Z_1 = 15.937,650 \text{ cm}^3}}$$

$$Z_2 = M_s + M_w / \sigma_c \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$= ((90.000 + 159.376) / 16.4) \times 10^3$$

$$\underline{\underline{Z_2 = 15.205,884 \text{ cm}^3}}$$

Se fuerza, si se puede por los estados de carga que  $Z_2 < Z_1$ .

$Z_1$  no podemos variarlo. **Nuestro Z será  $Z_1$ .**

320- Cualquier condición de carga cuyo máximo momento flector proyectado en aguas tranquilas,  $M_s$ , exceda de  $0.8 M_w$  para buques del Tipo 1, o de  $1.0 M_w$  para los del Tipo 2, estarán sujetas a consideración especial. En general, tales condiciones deben ser evitadas.

Limita la relación entre  $M_s$  y  $M_w$ . Para buques de tipo 1.  $M_s < 0.8 M_w$

$$90.000 < 0.8 \times 159.376$$
$$90.000 < 127.500$$

321- La máxima tensión a la flexión longitudinal en la cubierta y fondos viene dada por:

$$\sigma_{\text{cubierta}} = (M_s + M_w / (I/y_c)_{\text{cubierta}}) \times 10^3 \text{Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{fondo}} = (M_s + M_w / (I/y_F)_{\text{fondo}}) \times 10^3 \text{Kg/mm}^2$$

Cuando  $M_s + M_w$  sea el permitido en las formulas 319 pág. 12, entonces la tensión en cubierta es  $\sigma_c$ .

325- Cuando se emplea acero de alta tensión en la estructura principal del casco, el módulo de la maestra, determinado se multiplicara por el factor  $k$  o por  $0.59 L/D$ , si este fuese mayor.

El acero de alta tensión se empleara para todo el material continuo para una distancia por lo menos de  $(1 - k)$  y o  $(1 - 0.059L/D)$  y, si esta es menor, desde el canto de la cubierta al costado o desde la quilla.

327- En el cálculo del momento de inercia de la maestra se incluirá todo el material longitudinal continuo y el brazo y se medirá verticalmente desde la línea neutra a la cara alta de la quilla y al canto de la cubierta al costado.

328- Los aligeramientos en las vigas no necesitan deducirse, siempre que su altura no exceda del 20 por ciento de la altura del alma.

Los escotes aislados para soldadura y agujeros de drenaje y desahogo de aire en los longitudinales no necesitan deducirse, siempre que su altura no exceda del 10 por ciento de la altura del alma del elemento o de 75 mm tomándose el mayor de estos valores. Tales aberturas se considerarán aisladas si están distanciadas, por lo menos, de 1 a 1,5 metros.

329- En general, las aberturas aisladas en cubierta no necesitan deducirse, pero puede ser requerida compensación.

## IX. ESCANTILLONADO DE LA CUBIERTA RESISTENTE:

401- Símbolos:

L = Eslora del buque, en metros.

$L_1$  = Eslora del buque, en metros, aunque no es necesario tomarla mayor de 190 mts.

s = distancia entre baos o longitudinales, en mm, aunque no debe tomarse menor de :  
 $470 + L_1/0.6$  mm.

S = Distancia entre esloras o transversales, en mm.

$M_D$  = Modulo real de la cubierta, aunque no ha de tomarse mayor de  $1,5 M_{D1}$  .

$M_{D1}$  = Modulo reglamentario de la cubierta deducido de D3 o D 3A

$F_D = M_{D1} / M_D$

K = Factor del acero de alta tensión.

402- Se ha previsto la estructura transversal o longitudinal en todas las cubiertas, aunque para buques con mas de 120 mts.de eslora, ha de adoptarse la estructura longitudinal en la cubierta resistente, salvo que se prestara consideración especial a las propuestas para estructura transversal en buques donde la anchura de la cubierta fuera de la línea de aberturas, sea menor de  $0.075 B$  a babor y a estribor. En general, se exigirá acero de grado E en aquellas planchas cuyo espesor exceda de 50 mm.

403- El espesor de la cubierta resistente en la cuaderna maestra fuera de la línea de aberturas ha de ser el necesario para dar el modulo resistente requerido en D 3, pero no debe ser menor de:

Estructura longitudinal:

$L > 190$  mts.

El mayor de :

$s/(55\sqrt{k})$  mm, o  $s/1200(\sqrt{Lk}) + 2.5$  mm

Dentro de la línea de aberturas, el espesor en la cuaderna maestra no ha de ser menor de :

Estructura longitudinal o transversal:

$s/1200 (\sqrt{Lk}) + 2.5$  mm

$$s = 470 + L_1/0,6$$

$$s = 470 + 190/0,6 = 787$$

Como nuestro espaciado es 750 mm, habrá que tomar 787 mm.

Tomar el mayor de los dos valores (en nuestro caso  $k=1$ )  
 $s/55\sqrt{k} = 787/55 = 14,3 = 14,5$  (los espesores van de  $\frac{1}{2}$  en  $\frac{1}{2}$  mm)

$$(s/1200) \cdot \sqrt{Lk} + 2,5 \text{ mm} = (787/1200)\sqrt{193} + 2,5 = 11,6 \text{ mm}$$

Por tanto se toma como espesor de cubierta:  **$e = 14,5 \text{ mm}$**

Posteriormente si no alcanzamos el modulo exigido habrá que aumentar este espesor.

Dentro de la línea de aberturas:  $e' = s/1200\sqrt{Lk} + 2,5 \text{ mm}$

$$= 787/1200\sqrt{193} + 2,5$$

$$= 11,6 \text{ mm} = 11,5 \text{ mm}$$

Siendo una fórmula experimental, es proporcional a “s” espaciado de longitudinales de cubierta, de forma que a longitudinales más juntos se necesita un espesor menor. Un factor ayuda al otro.

Espesor de la cubierta en los extremos:

405- El espesor de cubierta en una longitud de  $0,1L$  de los extremos no debe de ser menor de:

$$0,1L = 19,3 \text{ m}$$

$$e = 6 + L/48 \text{ mm} = 6 + 193/48 = 10 \text{ mm}$$

El resto de los espesores de la cubierta se interpolan.

En el caso de que no exista castillo y  $s > 24$  el espesor anteriormente deducido ha incrementarse mediante un factor de clara de cuadernas en la relación.

$$H_1\sqrt{s}/610$$

## X. ESCATIOLLANDO DEL FONDO Y FORROS DE COSTADO:

501-Simbolos:

**L** = Eslora del buque, en metros

**L<sub>1</sub>** = Eslora del buque, en metros, aunque no es necesario tomarla mayor de 190 mts.

**L<sub>2</sub>** = Eslora del buque, en metros, aunque no es necesario tomarla mayor de 250 mts.

**D** = Puntal fuera de miembros, en metros, hasta la cubierta continua más alta. En la zona de superestructura de longitud no inferior a 0.15L, D puede tomarse a la cubierta de superestructura.

**B** = Manga fuera de miembros, en metros.

**d** = Calado de proyecto, en metros

**s** = Clara de cuadernas o distancia entre longitudinales, en mm, aunque no ha de tomarse inferior a :  
 $470 + L_2/0.6$  mm

**S** = Distancia entre palmejares o vagras, en mm.

**R** = Radio del pantoque, en mm.

**t** = espesor de la plancha, en mm.

**M<sub>B</sub>** = Modulo real en la quilla, aunque no ha de tomarse  $> 1.5 M_{B1}$ .

**M<sub>B1</sub>** = Modulo reglamentario en la quilla, deducido de  $D^3$  o  $3^a$ .

**M<sub>D</sub>** = Modulo real de la cubierta, aunque no ha de tomarse  $> 1.5 M_{D1}$

**M<sub>D1</sub>** = Modulo reglamentario de la cubierta, deducido de  $D^3$  o  $D^3$ .

**F<sub>B</sub>** =  $M_{B1} / M_B$

**F<sub>D</sub>** =  $M_{D1} / M_D$

**F<sub>M</sub>** = El mayor de  $F_B$  o  $F_D$

**K** = Factor del acero de alta tensión.

502- Esta prevista la estructura transversal o longitudinal en el forro exterior del fondo y costados, pero en buques que tengan mas de 120 mts.de eslora debe adoptarse, en general, la estructura longitudinal en el fondo.

503- El espesor y la anchura de la quilla a lo largo de toda la eslora no han de ser inferiores a los valores deducidos de las formulas siguientes, ni el espesor ha de ser menor que el de las planchas de aparadura.

Anchura =  $70 B$  mm. Aunque no es necesario que exceda de 1.800 mm.

**Espesor** =  $(6 + L_1/10)\sqrt{k}$  mm =  $6 + 190/10 = 25$  mm

504- El espesor de las planchas del fondo en la cuaderna maestra hasta el canto alto de la vuelta del pantoque ha de ser el necesario para garantizar el modulo resistente requerido por D 3, aunque no ha de ser inferior a:

a) Estructura longitudinal (salvo la plancha del pantoque)

$$(1) t = s/1000(10+L_1/23) \sqrt{F_B/k} \text{ mm}$$

o (2)  $t = 0.0063 s \sqrt{dk/2-F_B}$  mm debiéndose tomar el mayor.

No obstante, el espesor no ha de ser en ningún caso

(3) inferior a  $s/(55\sqrt{k})$  en buques donde  $L > 190$  m.

$s = 855$  por definición, pero según 501  
 $s \geq 470 + L_2/0,6 > 470 + 193/0,6 = 792$   
 Por tanto  $s$  se toma igual a 855 mm.

$F_D = M_{D1} / M_D =$  Modulo reglamentario de la cubierta/modulo real de la cubierta

Aunque aun no se ha calculado el real se toma = 1, porque se supone que dimensiono el buque con escantillones mínimos y al estar la línea neutra mas alejada de la cubierta:

$$M_D = I/y_D$$

$$F_D = M_{D1}/(I/y_D) = 1$$

$F_D = M_{B1} / M_B =$  Modulo reglamentario en la quilla/ Modulo real en la quilla

$$M_B = I/y_B ; F_B = (M_{B1}/ I) y_B = 0,95 \text{ (estimación).}$$

Formula (1):

$$t = (s/1000)(10+L_1/23) \sqrt{F_B/k} = 855/1000 (10+150/23) * \sqrt{0,95/1} = \mathbf{15 \text{ mm}}$$

Formula (2):

$$t = 0,0063 s \sqrt{(d*k)/(2-F_Q)} \text{ mm} = 0,0063 * 855 * \sqrt{13,35/(2-0,95)} = \mathbf{19 \text{ mm}}$$

$$t > s/55\sqrt{k} = 855/55 = \mathbf{15,5 \text{ mm}}$$

Por tanto se toma como espesor del fondo = **19 mm**

a) **Planchas de forro**

505- El espesor de la plancha del forro de costado en la cuaderna maestra no debe ser inferior a:

b) estructura transversal:

i) Dentro de D/4 desde la cubierta , el menor de:

$$(1) \quad t = (s/1180(1+(s/S)^2))(10+L/12) \sqrt{F_D/k} \text{ mm}$$

$$\text{o } (2) \quad t = s/46\sqrt{k} \text{ mm}$$

$$(3) \quad \text{aunque no debe ser inferior a : } 0.0049 s\sqrt{dk} \text{ mm.}$$

Entonces tenemos:

$$(1) \quad t = (885/1180(1+(1/4)^2))(10+193/12) = \mathbf{18,5 \text{ mm}}$$

$$(2) \quad t = 885/46 = \mathbf{19 \text{ mm}}$$

$$(3) \quad t > 0,0049 * 885\sqrt{13,35} = \mathbf{16 \text{ mm}}$$

**Se toma t = 18,5 mm**

ii) Dentro de D/4 del puntal medio el menor de :

$$(1) \quad t = s/1000 (7 + L/17) \sqrt{F_M/k} \text{ mm}$$

$$(2) \quad t = s/55\sqrt{k}$$

$$(3) \quad \text{aunque no debe ser inferior a } 0.0059 s\sqrt{dk} \text{ Mm}$$

$$F_M \text{ el mayor de } F_B \text{ o } F_D : F_M = 1$$

Entonces tenemos:

$$(1) \quad t = 885/1000 (7 + 193/17) = \mathbf{16 \text{ mm}}$$

$$(2) \quad t = 885/55 = \mathbf{16 \text{ mm}}$$

$$(3) \quad t > 0.0059 * 885 * \sqrt{13,35} = \mathbf{19 \text{ mm}}$$

**se toma t = 19 mm**

a) Estructura longitudinal:

El menor de :

$$(1) \quad t = s/1000(7+L/17) \sqrt{F_M/k}$$

$$(2) \quad t = s/55 \sqrt{k}$$

(3) aunque no debe ser inferior a :  $s/371 \sqrt{d/k}$  pulg. Por encima de D/2 desde la línea base.

(4) O mayor de  $s/308 \sqrt{(dk/2-F_B)}$  pulg. en el canto superior de la vuelta del pantoque. Los valores intermedios se obtendrán por interpolación.

Entonces tenemos:

$$(1) \quad t = 855/1000(7+193/17) \sqrt{0,95} = \mathbf{15,5 \text{ mm}}$$

$$(2) \quad t = 855/55 = \mathbf{15,5 \text{ mm}}$$

$$(3) \quad t > 0,0049 * 855 * \sqrt{13,35} > \mathbf{15,5 \text{ mm}}$$

$$(4) \quad t > 0,0059 * 855 * \sqrt{13,35/(2-0,95)} > \mathbf{18 \text{ mm}}$$

**Se toma  $t = 15,5 \text{ mm}$**

b) Traca de cinta:

507- La anchura de la traca de cinta en la cuaderna maestra no debe ser inferior a 0.1 D y el espesor no debe ser menor que el mayor de la plancha de cubierta o del de la plancha del forro del costado.

Cuando el forro de costado está soportado transversalmente hasta la cubierta al costado, la traca de cinta tendrá un espesor no menor que el requerido por la fórmula dada en D403(b)<sup>2</sup>.

En los extremos, el espesor de la traca de cinta puede ser igual al del forro del costado, pero siempre que el calado no exceda de 0.7 D (D medido hasta la cubierta continua más alta), el espesor de los extremos debe ser como el que se requiere para un castillo de proa o toldilla.

Anchura = 0,1 D = 1800 mm

Espesor: t = El que sea mayor de cubierta o forro. El mayor de 14,5 mm y 18,5mm

**t= 18,5 mm**

<sup>2</sup> Estructura transversal: el menor de:  $(s/1000(1+(s/S)^2))(10+L/12) \sqrt{F_D/k}$  mm o  $s/40 \sqrt{k}$  mm, aunque no de ha de ser menor de :  $s/910 \sqrt{Lk} + 2,5$  mm

509- El canto superior de la traca de cinta debe estar canteado y libre de accesorios soldados aislados o conexiones. Las amuradas no deben soldarse al canto superior de la traca de cinta en la zona central de extensión 0.5 L. En buques de más de 150 metros (492 pies) de eslora, no deben cortarse aberturas de imbornales sobre la cubierta en la zona central de 0.5 L o la zona de saltillos de superestructuras.

510- Cuando se emplee una traca de cinta curvada (alomada) el radio no debe, en general, ser menor de 15 veces el espesor. Si las chapas de acero grado E están sometidas a un curvado intenso en frío, o si se curvan con calentamiento local, puede ser necesario el requerir la renormalización de la chapa. Debe reducirse al mínimo la soldadura sobre esta chapa de guiacabos y otros accesorios, y se remitirán para su aprobación los planos de detalle.

Limita el radio en función del espesor para evitar grietas, según se dedujo  $R > 2e$   
 $R > 15 e > 15 * 18,5 > 277,5 \text{ mm}$

**XI. ESCANTILLONADO DE LONGITUDINALES  
DE: CUBIERTA, FONDO, DOBLE FONDO, TOLVA INFERIOR Y TOLVA SUPERIOR:**

601. **L** = Eslora del buque, en metros (pies)  
**L<sub>1</sub>** = Eslora del buque, en metros (pies), aunque no es necesario que se tome mayor de 190 mts. (623 pies). la línea 6, tabla D6.2 pag 24.  
**d** = Calado de trazado, en metros (pies)  
**s** = Distancia entre longitudinales, en milímetros (pies).  
**S** = Vano de los longitudinales, en metros (pies). aunque no debe tomarse inferior a 1.5 mts. (4.92 pies).  
**D** = Puntal de trazado, en metros (pies), hasta la cubierta continua más alta.  
**H** = Altura en la maestra al costado, desde la tapa del tanque a la cubierta, en metros (pies).  
  
**h** = Distancia vertical medida en el costado desde el longitudinal del costado a la cubierta, en metros (pies).  
**h<sub>1</sub>** =  $h + 1.6d - D$ , en metros (pies), aunque no es necesario tomarse mayor que h. en esta expresión, d no debe tomarse inferior a 0.4 D. véase la nota 1 de la tabla D6.1.  
**y<sub>1</sub>** = Distancia desde el punto D/2 a la tapa de tanque, en metros (pies).  
**C** = Coeficiente nominal de estiba, en m<sup>3</sup>/tonelada, aunque este valor no debe tomarse mayor de 0.865.  
“coeficiente nominal de estiba” es la capacidad cubica de bodegas, excluyendo las escotillas, dividida por el peso muerto de la carga, o, en casos específicos, es la capacidad cúbica de una bodega concreta dividida por el peso de la carga estibada en su interior.

$$F_D = \frac{\text{Módulo reglamentario del buque en cubierta}}{\text{Módulo real del buque en cubierta}}$$

$$F_B = \frac{\text{Módulo reglamentario del buque en los fondos}}{\text{Módulo real del buque en los fondos}}$$

Aunque no deben tomarse inferiores a 0.83 para su empleo en las siguientes fórmulas:

$$C_1 = \frac{810}{2310 - 1500 FD} \text{ en cubierta}$$

$$C_2 = \frac{910}{2410 - 1500 FB} \text{ en el fondo.}$$

En el punto D/2,  $c_1 = c_2 = 1.0$

Los valores intermedios se obtendrán por interpolación.

Tabla D 6.1

		K <sub>1</sub>			
		COL.1	COL. 2	COL.3	
LINEA N°	POSICION	TIPO "B"	TIPO "B-60"	TIPO "B-100"	
1	Longitudinales de la cubierta de intemperie	Fuera de la línea de aberturas	$\frac{22,6L1}{1780 - L1} C1$ $(\frac{74,2L1}{5840-L1} C1)$	$\frac{12,1L1}{864 - L1} C1$ $(\frac{39,7L1}{2830-L1} C1)$	$\frac{L1}{44} C1$ $(\frac{L1}{144,3} C1)$
2		Dentro de la línea de aberturas a popa de 0,12L desde la Pp.Pr	$\frac{19,2L1}{1780 - L1} C1$ $\frac{63L1}{5840 - L1} C1$	$\frac{19,2L1}{1780 - L1} C1$ $\frac{63L1}{5840 - L1} C1$	$\frac{L1}{88} C1$ $\frac{L1}{288,6} C1$
3	Longitudinales del forro del costado	Por encima de D/2	$\frac{h1D}{D + 0,54h} C1$	$\frac{h1D}{D + 0,54h} C1$	$\frac{h1D}{D + 0,54h} C1$
4		Por debajo de D/2	$\frac{h1D}{1,42D + 0,3h} C1$	$\frac{h1D}{1,42D + 0,3h} C1$	$\frac{h1D}{1,42D + 0,3h} C1$
5	Longitudinales del fondo		1,11 d c <sub>2</sub>	1,11 d c <sub>2</sub>	1,11 d c <sub>2</sub>

Lloyd's register of shipping. Capitulo D

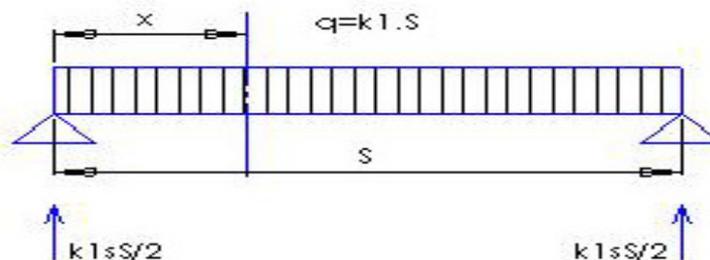
**a) Longitudinales de cubierta:**

602- Longitudinales de las cubiertas de intemperie, longitudinales del costado y longitudinales del fondo.

Para todos los longitudinales se utiliza formulas iguales o similares.

$$I/y = 0.0106 s S^2 K_1 = k.s.S^2$$

Formula deducible por resistencia de materiales como viga apoyada en sus extremos y sometida a una carga continua: presión de agua, carga transversal portada..etc.



$$M = k1 \times s \times \frac{s}{2} \times x - k1 \times s \times \frac{x}{2} \quad \text{Momento flector máximo en } S/2$$

$$M_{\text{máx.}} = k1 \times s \times \frac{S^2}{4} \times x - k1 \times s \times \frac{S^2}{8} = k2 \times s \times S^2$$

$$Z = I/y = \frac{M_{\text{máx.}}}{\sigma} = k s S^2$$

Los escantillones de los longitudinales en la cuaderna maestra no deben ser inferiores a los que se deduzcan de la formula siguiente:

$$I/y = 0.0106 s S^2 K_1 \text{ cm}^3 \\ = s S^2 K_1$$

Deduciéndose  $K_1$  de la tabla D 6.1

Los escantillones de los longitudinales en los extremos de las cubiertas de intemperie no deben ser inferiores a :

$$\frac{I}{y} = \frac{K_1 s h^3}{100} + \frac{k_2 s}{100} \left( \frac{SL1}{100} \right)^2 \text{ cm}^3$$

Deduciéndose  $K_1, K_2$  y  $h_3$  de la Tabla D6.2

**Tabla D 6.2**

LÍNEA	SITUACION DEL LONGITUDINAL DE LA CUBIERTA DE INTEMPERIE	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	h <sub>3</sub> ( metros)
1	En la zona de 0,12 L desde la P.Pr, fuera de la línea de aberturas	4,85	0,62	1,2 + 2,04 E pero no menor de 1,2 ni mayor de 1,5.(Véase nota 3 <sup>3</sup> )
2	En la zona y a popa 0,1 L, desde la P.Pp	4,00	0,50	
3	Entre 0,12L y 0,075L, desde la P.Pr, fuera y dentro de la línea de aberturas	5,70	0,72	1,5
4	A proa de 0,075L, desde la P.Pr fuera y dentro de la línea de aberturas.	6,35	0,78	1,8
5	Puente, cuando forme una superestructura efectiva	6,75	0,72	0,9 + 2,04 E, pero no menor de 0,9 ni mayor de 1,2
6	Puente corto o toldilla ( L <sub>1</sub> , para puente corto o toldilla, no es necesario que tome mayor de 153 mts.	4,65	0,50	

Lloyd's register of shipping. Capitulo D

<sup>3</sup> 1.  $E = ((0,0914 + 0,003L)/(D - d)) - 0,15$

2. Para las cubiertas encima de la cubierta continua superior, el valor de h<sub>3</sub> deducido por la formula para las líneas 1 y 2 puede reducirse sucesivamente en 0,31 metros por cada cubierta hasta un minimo de 0,45 mts.

**b) Longitudinales de cubierta: Son llantones**

Los módulos requeridos incluye plancha asociada de 610 mm.

Véase Tabla D.6.1 pág. 22.:  $k_1 = \text{Línea 1, Columna 1}$  (nuestro buque es del tipo B)

$$K_1 = \frac{22.6 L_1}{1780 - l_1} C_1$$

$$C_1 = \frac{810}{2310 - 1500 F_B}, F_D = 1, C_1 = 1$$

$$K_1 = \frac{22.6 \times 190}{1780 - 190} = 2.7 \quad s = 750 \text{ mm} \quad S = 4.5 = 3.540 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} I/y &= 0.0106 x s x S^2 x K_1 \\ &= 0.0106 x 750 x 3.54^2 x 2.7 \\ &= 269 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

En el N° 611: el espesor de los longitudinales de llanta continuos en los mamparos no será menor de un dieciocho de su canto. si no son continuos el espesor no será menor de un quinceavo del canto.  $e > 1/18 P$

Para calcular los escantillones de los llantones se hace tras varios tanteos, utilizándose los ábacos de las páginas de anexo. Tras varios tanteos tomo un llantón de: **250x14** y plancha asociada **610x14.5**.

$$A = 61 \times 1.45 = 88.45 \quad a/A = 0$$

$$\frac{t w \times d}{100 A} = \frac{14 \times 250}{100 \times 88.45} = 0.3957$$

Entrando en el abaco con  $\frac{t w \times d}{100 A} = 0.3957$ , en la curva  $a/A = 0$  se obtiene  $C = 0.0128$

$$I/y = C \times A \times d = 0.0128 \times 88.45 \times 250 = 283 \text{ cm}^3$$

**c) Longitudinales de costado: llantas de bulbo.**

Según N°602 pág. 23, tenemos:  $I/y = 0.0106 x s x S^2 x K_1$   
Calculo  $K_1$ , tabla D 6.1 pág. 22, línea 4, columna 1.

$$K_1 = \frac{h_1 D}{1.42 D - 0.3 h} C_2$$

$h$  (según 601),  $h$  = Distancia vertical medida en el costado desde el longitudinal del costado a la cubierta, en metros en nuestro barco

$$h = 18 - 1.7 = 16.3 \text{ m}$$

Según 601  $h_1 = h + 1.6d - D$  en metros. Aunque no es necesario tomarse mayor que  $h$ .

$$h_1 = 16.3 + 1.6 * 13.35 - 18 = 19.66, \quad h_1 \text{ no mayor que } h, \text{ luego tomamos } h_1 = 16.3$$

Según Tabla D6-1, Pag 22, Nota 1,  $h$  no debe ser inferior.

$$A = \frac{22.6L_1}{1780 - L_1} \quad L_1 = 190 \quad A = \frac{22.6 * 190}{1780 - 190} = 2.7, \text{ luego no es inferior}$$

$$\text{Según 601: } C_2 = \frac{910}{2410 - 1500FB} = \frac{910}{2410 - 1500 * 0.95} = 0.9238$$

$$K_1 = \frac{16.3 * 18}{1.42 * 18 - 0.3 * 16.3} * 0.9238 = 13.11$$

$$s = 855 \quad S = 1.77$$

$$I/y = 0.0106 * 855 * 1.77^2 * 13.11 = 372.2 \text{ cm}^3$$

Según 125<sup>4</sup>, este es el modulo que tiene que tener los longitudinales de costado incluyendo la plancha asociada.

Chapa asociada del costado = **15.5 mm x 610 mm**

Para encontrar el perfil llanta de bulbo que con una chapa asociada de 610 x 15.5 mm de un modulo igual o mayor que 372.2 cm<sup>3</sup>, vamos al ábaco de 240 mm, obtengo un perfil de **240x11 mm** que tiene un modulo de 388 cm<sup>3</sup>.

$$388 \text{ cm}^3 > 372.2 \text{ cm}^3$$

d) **Longitudinales de fondo:**

Según 602.  $I/y = 0.0106 * s * S^2 * k_1$

Tabla, PAG. 18, D6.1, línea 5, columna 1 :  $k_1 = 1.11 * C_2$

$C_2$ , calculado anteriormente: 0.9238

$d = 13.35, k_1 = 1.11 * 13.35 * 0.9238 = 13.6893$

$s = 855, S = 1.77$

<sup>4</sup> Ver pagina :4

$$I/y = 0.0106 \times 855 \times 1.77^2 \times 13.6893 = \mathbf{368.8 \text{ cm}^3}$$

Chapa asociada del fondo: 610x19 mm

Entrando en el abaco del perfil de 240x10, con la chapa asociada anterior da un módulo de  $374 \text{ cm}^3 > 368.8 \text{ cm}^3$ .

Longitudinales de fondo: **240 x10 mm**

e) **Longitudinales de pantoque:**

608- Los escantillones de los longitudinales del pantoque serán intermedios entre los requisitos para el fondo y para el longitudinal inferior del costado.

Cuando no se hayan dispuesto longitudinales de pantoque, puede requerirse que se monten entre transversales dos cartabones de pantoque unidos a los longitudinales de los cantos alto y bajo de la vuelta del pantoque.

Longitudinales de pantoque intermedio entre los de fondo: 240x10 mm y los de costado: 240x11 mm, luego se toma **240x11** ya que no hay uno intermedio.

f) **Longitudinales de doble fondo:**

Antes hay calcular el espesor de la tapa de doble fondo.

905- El espesor de la tapa del doble fondo a lo largo de las bodegas no debe ser menor de:

$$t = 0.00136 \sqrt[4]{Ld(s+660)} \text{ mm}$$

Para la zona central de 0.4L

$$t = 0.00127 \sqrt[4]{Ld(s+660)} \text{ mm}$$

Para la zona de 0.1L en los extremos

Para buques del tipo 1, el espesor deducido de la anterior formula debe aumentarse en 5 mm. pero no debe ser menor de :  $t = (s\sqrt{w})/220 \text{ mm}$

Siendo :

W= carga sobre la tapa del doble fondo, en toneladas/m<sup>2</sup>

L=193, d=13.35, s=855

$$t = 0.00136 \sqrt[4]{193 \times 13.35 (855+660)} = 15 \text{ mm}$$

se aumenta en 5 mm t=20 mm

$$w = 1/0.65(18-1.69) = 25, t > 855\sqrt{25}/220 = 19.4$$

**espesor = 15+5=20 mm**

**g) Longitudinales de la tapa del doble fondo:**

606-b: En buques del tipo 1 con o sin bodegas vacías especificadas, se aplicara también lo siguiente:

$$\frac{I}{Y} = \frac{s S^2 H}{123.6 \left(1 - \frac{0.233 y_1}{D}\right)^C} C_2 \text{ cm}^3$$

$$\frac{I}{Y} = \frac{s S^2 H}{123.6 \left(1 - \frac{0.233 y_1}{D}\right)^C} C_2 \times 0.9$$

0.9 es por llevar vagras alternadas con perfiles según 601 pág. 21  
s=855, S=1.77, H= altura desde la tapa del D.F a la cubierta.

$Y_1$  = distancia desde el punto D/2 a la tapa de tanque en H

$$Y_1 = 18/2 - 1.69 = 7.31$$

$$H = 18 - 1.69 = 16.31 \quad c = \text{coeficiente de estiba} = 0.65 \text{ m}^3/\text{ton}$$

$$\frac{I}{Y} = \frac{855 \cdot (1.77)^2 \cdot 16.31}{123.6 \left(1 - \frac{0.233 \cdot 7.31}{18}\right)^{0.65}} \times 0.9238 \times 0.9$$

$$= 499.36 \text{ cm}^3$$

Chapa asociada de 20 mm : 610x20

Llanta de bulbo de 260 mm:

El perfil de **260x12** con su chapa asociada de **610x20** da un modulo de **505 cm<sup>3</sup> > 499.36 cm<sup>3</sup>**

**h) Longitudinales de tolva baja:**

609- Si los longitudinales están dispuestos en la tapa inclinada del doble fondo formando un tanque lateral de cántara, su módulo resistente no debe ser menor que el requerido por 606. En este caso H debe medirse verticalmente desde el centro de la porción inclinada a la intersección con el forro inclinado del tanque lateral superior, y si éste no existe, a la cubierta en el costado.

H se toma como se indica y vale 9.7 la formula es la del apartado 606.

$$\frac{I}{Y} = \frac{s S^2 H}{123.6 \left(1 - \frac{0.233 y_1}{D}\right)^C} C_2$$

$$s = 855, \quad S = 1.77, \quad H = 9.7, \quad y_1 = 7.31 \quad D = 18, \quad c = 0.65, \quad c_2 = 0.9238$$

$$I/y = 330 \text{ cm}^3$$

Para saber la chapa asociada hay que calcular la chapa inclinada de la tolva baja, la dividimos en 4 trozos. Para ello aplicamos el N°905  $t = s\sqrt{w}/220$

$$W = (\text{peso de la carga/vol. bodega}) \times h = (1/\text{coef. estiba}) \times h = h/0.65$$

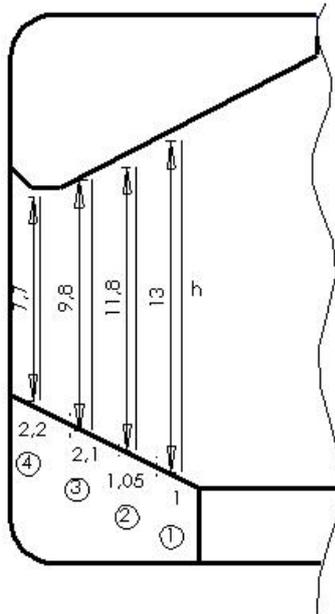
$$S = 855$$

$$T_1 = (855/220)\sqrt{13/0.65} = 17.5 \text{ mm}$$

$$T_2 = (855/220)\sqrt{11.8/0.65} = 16.5 \text{ mm}$$

$$T_3 = (855/220)\sqrt{9.8/0.65} = 15 \text{ mm}$$

$$T_4 = (855/220)\sqrt{7.7/0.65} = 13.5 \text{ mm}$$



Dibujo 1<sup>5</sup>

Plancha asociada media:  $(17.5 + 16.5 + 15)/3 = 16.5 \text{ mm}$

Plancha asociada **610x16.5 mm**

Modulo obtenido =  $330 \text{ cm}^3$

Perfil tolva baja = **220x12**

<sup>5</sup> Dibujo sin escala

**i) Espesor tolva superior:**

1918-El espesor de las chapas inclinadas del mamparo debe ser el requerido por 1907, pero el valor de h no debe tomarse menor que el que corresponde a la mitad de anchura del tanque.

En ningún caso el espesor debe ser menor que el requerido por D415 para la segunda cubierta, fuera de la línea de aberturas.

Cuando la traca vertical de la plancha situada bajo la brazola de escotilla tiene un espesor a 20.5 mm, sin exceder de 22.5 mm. ha de emplearse acero del grado B a lo largo de la zona central 0.4L.

Cuando el espesor sea superior a 25.5mm ha de emplearse acero del grado D.

1907-El espesor de los forros formando los terminales de los tanques no será menor que :

$$t = 0.004s\sqrt{(\rho h^2/1.025)} + 2.5 \text{ mm}$$

a menos que  $1000S_1/s$  sea menor que 4, en cuyo caso el espesor obtenido por la formula anterior se multiplicará por el coeficiente

$$1.1-s/(2500 \times S_1)$$

Donde:

s: clara de refuerzos, en milímetros en(pulgadas), en mamparos planos o de doble forro o la anchura mayor, en milímetros de la cara o del faldón de los mamparos ondulados o la anchura de las zonas planas en los acanalados.

$\rho$ : densidad del liquido contenido en los tanques, estimada en no menos de 1.025.

h<sup>2</sup>: distancia vertical, en metros, desde un punto situado a un tercio de la altura de la chapa sobre su canto bajo, hasta la tapa del tanque o la mitad de la distancia a la boca del rebosadero, si ésta fuese mayor.

$S_1$ =longitud total de refuerzo entre sustentaciones, en metros.

El espesor mínimo de chapa será de 7.5 mm.

$$t = 0.004s\sqrt{(\rho h^2/1.025)} + 2.5 \text{ mm}$$

$$1000 \times S_1 / s > 4$$

$$S_1 = 4 \times 885 = 3540 \text{ mm} = 3.54 \text{ m}, s = 885, \rho = 1.025$$

$$1000 \times S_1 / s = 1000 \times 3.540 / 885 = 4$$

$$t = 0.004 \times 885 \sqrt{(1/0.65 \times 3.4)/1.025} + 2.5 = \mathbf{10.5 \text{ mm}}$$

610- Los longitudinales del mamparo inclinado de los tanques laterales superiores deben un módulo resistente no menor de:

$$I/y = H_1 s^2 / 100 \text{ cm}^3$$

Siendo:

$H_1$ : La mayor de las siguientes alturas, en metros.

- (a) Medida desde el longitudinal más cerca del costado.
- (b) Dos tercios de la distancia, medida paralela al forro, desde el longitudinal más cerca del costado a la esquina más interior del tanque.

Si se coloca un diafragma de chapa, los longitudinales de éste, más separados de la borda, pueden determinarse tomando para H un valor igual a la distancia perpendicular entre el mamparo inclinado y el trancañil o esquina del tanque más cerca de la borda.

$$I/y = H_1 s^2 / 100 \quad H_1 \text{ la mayor distancia} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{a) } 4\text{m} \\ \text{b) } 2/3 \times 4.5 = 3\text{m} \end{array} \right.$$

$$H_1 = 4 \text{ m}, \quad s = 885, \quad S = 3.54$$

$$I/y = (4 \times 885 \times 3.54^2) / 100 = 443.6 \text{ cm}^3$$

Chapa asociada de 10.5 mm, perfil de 260 mm con un modulo de 454 cm<sup>3</sup>

$$454 \text{ cm}^3 > 443.6 \text{ cm}^3$$

Longitudinal tolva alta **260x11 mm**

## XII. ESCANTILLONADO DE QUILLAS, VARENGAS Y VAGRAS:

### a) Quilla vertical:

904-la altura de la quilla vertical no debe ser menor de:

$$D_{DB} = \frac{1000B}{36} + 205\sqrt{d}$$

El espesor no debe ser menor de:

$$t = (0.008 D_{DB} + 4) \text{ para la zona central de } 0.4L$$

$$t = (0.008 D_{DB} + 2) \text{ para la zona de } 0.1L \text{ en los extremos.}$$

$$D_{DB} = \frac{1000B}{36} + 205\sqrt{d} = 1555 \text{ mm}$$

$$B = 29 \quad d = 13.35$$

Luego se tomará 1620 mm por normalización, mejor mantenimiento, accesibilidad, mayor inercia..etc.

$$t = 0.008 D_{DB} + 4 = 0.008 \times 1555 + 4 = 16.5 \text{ mm}$$

Espesor quilla vertical: **16.5 mm**

### b) Varengas llenas:

923-El espesor de las varengas completas no debe ser menor de:

$$t = (0.009 D_{DB} + 1) \text{ mm}$$

No es necesario que el espesor exceda de 15 mm, pero la relación entre la altura del doble fondo y el espesor de la varenga no debe ser mayor de 130. Sin embargo, puede exceder este valor si se coloca un reforzado adicional adecuado.

$$Dt = 0.009 D_{DB} + 1 = 0.009 \times 1555 + 1 = 14.9 = \mathbf{15 \text{ mm}}$$

### c) Vagras laterales:

927-Se dispondrá una vagra lateral cuando la manga B exceda de 14 mts. y dos vagras a cada lado de crujía si B exceda de 21 mts. En buques del Tipo 1 la separación de las vagras no excederá de 3.7 mts.

Las vagras se extenderán a proa y popa tanto como sea posible y deben tener un espesor no menor de:

$$t = (0.0075D_{DB} + 1) \text{ mm}$$

Las vagras estancas al agua tendrán un espesor de 1 mm. mayor que lo inclinado anteriormente, y los refuerzos estarán de acuerdo con 914.

$$Ft = 0.0075D_{DB} + 1 = 0.0075 \times 1555 + 1 = 12.5 \text{ mm}$$

Por ser estancas al agua:  $12.5 + 1 = 13.5 \text{ mm}$

**d) Quillas de cajón:**

931-Si se instalan quillas de cajón, las vagras deben tener un espesor mínimo igual al requerido por 919<sup>6</sup> más 1 mm. Los costados no deben, en general, estar separados más de 1.83 mts. El forro interior y el forro exterior del fondo en la zona de la quilla de cajón deben estar adecuadamente reforzados y debe mantenerse la continuidad de las varengas.

$$t = 0.008D_{DB} + 1 + 1 = 14.5 \text{ mm}$$

---

<sup>6</sup> Se colocara una vagra a cada lado de la quilla cuando la manga B no exceda de 20 mts y dos vagras a cada banda cuando exceda de este valor. las vagras se extenderán a proa y popa tanto como sea posible y deben tener un espesor no menor de :  $t = 0.008D_{DB} + 1$

### XIII. ESCANTILLONADO DE ELEMENTOS TRANSVERSALES: CUADERNAS Y BULARCAMAS:

#### a) Cuadernas principales de bodega:

707- El modulo resistente de las cuadernas principales y de las cuadernas de entrepuente no debe ser inferior que el indicado a continuación:

Entre 0.2L a proa de la perpendicular de proa y el mamparo del pique de popa.

$$\frac{I}{Y} = \frac{Pds}{760} \text{ cm}^3 \quad (1)$$

Entre 0.2L a popa de la perpendicular de proa y la línea del mamparo del pique de proa  $\frac{I}{Y} = \frac{Pdsf}{700} \text{ cm}^3$  (2)

Las cuadernas de entrepuente a popa de la línea del mamparo del pique de popa y a proa de la línea del mamparo del pique de proa

$$\frac{I}{Y} = \frac{Pdsf}{610} \text{ cm}^3 \quad (3)$$

En (1),(2) y (3), P depende donde esté fijado el extremo inferior de la cuaderna, tal y como se indica a continuación:

A un tanque de cántara o a un doble fondo > que la altura reglamentaria

$$P=(1.35 H^2+0.11KD^2+11)(1-x/1.4D) \quad (4)$$

Donde debido a la forma de los finos de proa y popa del buque. La rigidez de la cántara sea reducida, puede exigirse incrementar el módulo de la cuaderna principal. A una cubierta o plataforma.

$$P=(1.35 H^2+0.11D^2+11)(1-x/1.4D) \quad (5)$$

$$\text{Modulo resistente: } \frac{I}{Y} = \frac{Pds}{760} \text{ cm}^3$$

d= calado de trazado = 13.35 m

s= clara entre cuadernas =885 mm

$$P=(1.35 H^2+0.11KD^2+11)(1-x/1.4D)$$

H: altura vertical de la cuaderna, en m, medida al costado, como se indica en la figura D7.2 H=7m

X: distancia en m, como se indica en D7.2 X=4.8m

K=1-x/5q pero no menor de 0.35

q= altura mínima deducida de D904. Q=1.555 m

$$k=1-4.8/5 \times 1.555 = 0.3826$$

D<sub>1</sub>= puntal=18 m

$$P = (1.35 \times 7^2 + 0.11 \times 0.3826 \times 18^2 + 11)(1 - 4.8/1.4 \times 18) = 73.4933$$

$$I/y = 73.4933 \times 13.35 \times 885 / 760 = 1142.5 \text{ cm}^3$$

En la tabla de modulo de sección de llantas de bulbo con una plancha asociada de 19 mm, el escantillonado requerido es el de un perfil de 370x13 mm, que tiene un modulo con chapa asociada de 610x19 mm de **1230 cm<sup>3</sup>**

### b) Bulárcamas de bodegas:

715-Cuando existan tanques laterales altos deben montarse bulárcamas verticales en línea con las transversales del tanque alto lateral con un módulo resistente no inferior a:

$$\frac{I}{Y} = \left(\frac{I}{Y}\right) f + \frac{Is1H2h}{26.7} \text{ cm}^3$$

Donde:

$$\left(\frac{I}{Y}\right) f = \text{Módulo resistente de la cuaderna principal} = 1142.5 \text{ en cm}^3,$$

deducido de 707.

H=7m, tal y como se definió en 701

l= Longitud de la bodega, en metros aunque no ha de tomarse inferior a 20 mts. Ni es necesario tomarla mayor de 25 mts.=23x0.885=20.355 m

h= Altura, en metros, medida desde el punto medio de H a la cubierta en el costado = 8m

s<sub>1</sub>=Clara entre bulárcamas, en metros.= 4x0.885=3.54 m

El módulo resistente de las cuadernas intermedias no ha de ser inferior a:

$$\frac{I}{Y} = 0.036l \left(\frac{I}{Y}\right) f \text{ cm}^3$$

Cuando no haya bulárcamas montadas, el módulo resistente de las cuadernas principales no debe ser inferior a:

$$\frac{I}{Y} = 0.05l \left(\frac{I}{Y}\right) f \text{ cm}^3$$

Puede exigirse reforzar las almas de las bulárcamas. Tal reforzado será en general análogo al exigido en la tabla conveniente.

$$\frac{I}{Y} = 1142.5 \text{ cm}^3 + \frac{20.355 \times 3.54 \times (7) \times 2 \times 8}{26.7} = 2200.41 \text{ cm}^3$$

Tomamos una T de alma 550x10 mm y una llanta de cara 200x15 mm  
Calculamos su modulo en el ábaco correspondiente.

$$I/y = c \cdot A \cdot d$$

$$A = \text{Área de chapa asociada de } 610\text{mm} = 61 \times 1.9 = 115.9 \text{ cm}^2$$

$$d = \text{Peralte en mm} = 550$$

$$a = \text{Área de llanta cara} = 1.5 \times 20 = 30 \text{ cm}^2$$

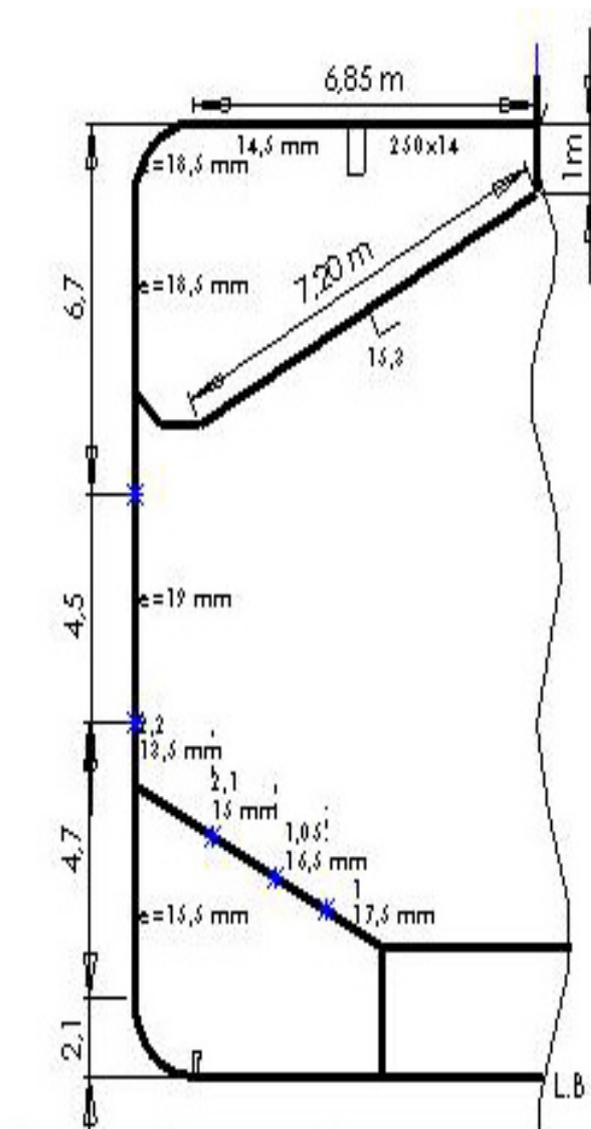
$$a/A = 30/115.9 = 0.2588$$

$$\text{Entrando en el ábaco con } (t_w \cdot d)/100A = 10 \cdot 550/100 \cdot 115.9 = 0.4745$$

Y cortando a la curva de  $a/A = 0.2588$ , obtengo  $c = 0.038$

$$\text{Modulo} = I/y = c \cdot A \cdot d = 0.038 \cdot 115.9 \cdot 550 = 2422 \text{ cm}^3$$

Cumple con el mínimo de  $2200 \text{ cm}^3$



Dibujo 2<sup>7</sup>

Se toma la línea base como referencia para tomar momentos ya que no conozco en este modulo el C.D.G de los elementos longitudinales.

$$\begin{aligned}
 I_r &= I_p + Ad^2 & \sum I_r &= \sum I_G + \sum Adg^2 \\
 \sum I_r &= \sum I_p + \sum Ad^2 & \sum I_G &= \sum I_r - \sum Adg^2
 \end{aligned}$$

<sup>7</sup> Dibujo sin escala

**XIV. CALCULO DEL MODULO DE LA SECCION CON LOS ESCANTILLONES REGLAMENTARIOS MINIMOS:**

ELEMENTO	ESCANTILLON (cm)	ÁREA "A" (cm <sup>2</sup> )	DISTANCIA AL EJE "d"(mts)	Mto. ESTÁTICO Axd(cm <sup>2</sup> xmts)	I=Axd <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> xmts <sup>2</sup>	ALTURA ELEMENTO "b"(mts)	M.INER. 1/12Ab <sup>2</sup> (cm <sup>2</sup> xmts <sup>2</sup> )
PLANCHA CUBIERTA SUPERIOR	685x1'45	993	18'30	18172	332548	0'0145	
PLANCHA TRANCANIL	50x1'85	92	18'30	1656	29808	0'0185	
PLANCHA FORRO SUPERIOR	670x1'85	1239	14'65	18151	265912	6'7	4635
PLANCHA FORRO MEDIO	450x1'9	855	9	7695	69255	4'5	1443
PLANCHA FORRO BAJO	470x1'55	728	4'45	3240	14418	4'7	1340
LONG CUBTA	9x25x1'4	315	18'20	5733	104341	0'25	
PLANCHA VERTICAL TOLVA ALTA	100x1'05	105	18'10	1900	34399	1	9
(1)PLANCHA INCINADA TOLVA ALTA	720x1'05	756	15'50	11718	181629	4'0	816
PLANCHA HORIZONTAL TOLVA ALTA	160x1'05	168	13'65	2293	31302	0'4	
LOGITUDINAL 1 TOLVA ALTA	26x1'1	39	16'85	657	11073		
LOGITUDINAL 2 TOLVA ALTA	26x1'1	39	16'30	636	10370		
LOGITUDINAL 3 TOLVA ALTA	26x1'1	39	15'80	616	9750		

LOGITUDINAL 4 TOLVA ALTA	26x1'1	39	15'30	596	9140		
LOGITUDINAL 5 TOLVA ALTA	26x1'1	39	14'80	577	8550		
LOGITUDINAL 6 TOLVA ALTA	26x1'1	39	14'30	558	7980		
LOGITUDINAL 7 TOLVA ALTA	26x1'1	39	13'85	540	7500		
(2)1a TARACA TOLVA BAJA	100x1'75	175	2'1	367	771		7
(3)2a TARACA TOLVA BAJA	105x1'65	173	2'85	493	1405		8
(4)3a TARACA TOLVA BAJA	210x1'5	315	4'1	1291	5293		58
(5)4a TARACA TOLVA BAJA	220x1'35	297	5'7	1693	9650		60
LONGITUDINAL 1 DE TOLVA BAJA	22x1'2	33,4	4'8	160	768		
LONGITUDINAL 2 DE TOLVA BAJA	22x1'2	33,4	4'15	139	577		
LONGITUDINAL 3 DE TOLVA BAJA	22x1'2	33,4	3'55	119	421		
LONGITUDINAL 4 DE TOLVA BAJA	22x1'2	33,4	2'90	97	281		
LONGITUDINAL 5 DE TOLVA BAJA	22x1'2	33,4	2'25	75	169		
LONGITUDINAL 1 DE COSTADO	24x1'1	34,9	4'20	147	616		

LONGITUDINAL 2 DE COSTADO	24x1'1	34,9	3'35	117	392		
LONGITUDINAL 3 DE COSTADO	24x1'1	34,9	2'50	87	218		
LONGITUDINAL 4 DE COSTADO	24x1'1	34,9	1'70	59	101		
LONGITUDINAL 5 DE PANTOQUE	24x1'1	34,9	0'95	33	31		
LONGITUDINAL 6 DE PANTOQUE	24x1'1	34,9	0'40	14	6		
<b>(6) PLANCHA DE PANTOQUE</b>	280x1'9	532	1'00	532	532	2	177
1/2 QUILLA HORIZONTAL	90x2'55	229,5	-0'0127	-3			
PLANCHA FONDO: 19mm (15x85,5-90)	1192x1'9	2265	-0'0095	-22			
TAPA DOBLE FONDO (20mm) (12x85,5)	1026x2	2052	1'7	3488	5930		
5 VAGRAS DE 12,5 mm	5x169x1'25	1056	0'845	893	754	1'69	251
1 VAGRA DE COSTADO DE TUNEL	169x1'45	245	0'845	207	175	1'69	58
1/2 QUILLA VERTICAL	169x0'825	139	0'845	118	100	1'69	33
6 LONGITUDINALES DE TAPA DE DOBLE FONDO	6x26x1'2	248	1'53	379	581		
9 LONGITUDINALES DE FONDO	9x24x1'0	292	0'147	43	6		
<b>SUMA TOTAL</b>		<b>13918,9</b>		<b>85264</b>	<b>1156752</b>		<b>8895</b>

$$(1) \quad I_r = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha - 2 P_{xy} \operatorname{sen} \alpha \cdot \operatorname{cos} \alpha * P_{xy} = 0$$

$$I_r = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha \quad \alpha = 30^\circ$$

$$I_x = (1/12) 756 * 0,0105^2 = 0 \quad ; \quad I_y = (1/12) 756 * 7,2^2 = 3266$$

$$I_r = I_y \sin^2 \alpha = 3266 * 1/4 = 816$$

$$(2) \quad I_r = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha \quad \alpha = 45^\circ$$

$$I_x = (1/12) 175 * 0,0175^2 = 0,0044$$

$$I_y = (1/12) 175 * 1^2 = 14,6$$

$$I_r = 0,0044 * 1/2 + 14,6 * 1/2 = 7,3 = 7$$

$$(3) \quad I_r = I_y \sin^2 \alpha = 1/12 * 173 * 1,05^2 * 1/2 = 8$$

$$(4) \quad I_r = I_y \sin^2 \alpha = 1/12 * 315 * 2,1^2 * 1/2 = 58$$

$$(5) \quad I_r = I_y \sin^2 \alpha = 1/12 * 297 * 2,2^2 * 1/2 = 60$$

(6) Plancha del pantoque del 1<sup>er</sup> longitudinal de fondo al tope del forro. Aproximo al area a un rectángulo de (200x2,66) del mismo area.

$$d = 1m \quad i = 1/12 Ab^2 = 1/12 * 532 * 2^2 = 177$$

### Calculo del modulo de la sección:

$$\text{Posición del C.D.G: } dg = \frac{\sum Ad}{\sum A} = \frac{85.264 \text{ cm}^2 \text{ x m}}{13.918 \text{ cm}^2} = 6,126 \text{ m} \quad \text{desde la línea base;}$$

$$Y = D - dg = 18 - 6,126 = 11,874 \text{ m} \quad \text{desde la cubierta}$$

$$I_r = \sum i + \sum Ad^2 = 8.895 + 1.156.752 = 1.165.647 \text{ cm}^2 \text{ m}^2$$

$$I_r = I_G + Axdg^2 \quad , \quad I_G = I_r - Axdg^2 = 1.165.647 - 13.918 * 6,126^2 = 643.334 \text{ cm}^2 \text{ m}^2$$

$$Z = \frac{I_G}{y} \times 2 = \frac{643.334 * 10^4 \text{ cm}^4}{1187,4 \text{ cm}} \times 2 = 10.836.011 \text{ cm}^3 < 15.937.650 \text{ cm}^3$$

(Z reglamentario)

## XV. AUMENTO DE ESCANTILLONES PARA CUMPLIR EL MODULO REGLAMENTARIO

Según la tabla anterior hay que aumentar el escantillonado.

Después de sucesivos tanteos se aumenta la cubierta superior y la traca cinta a 25 mm. Y los longitudinales de cubierta a llantones de 450 x 26 mm. Se vuelve a calcular el modulo.

$$dg = \frac{\sum Ad}{\sum A} = \frac{114.706 \text{ cm}^2 \text{ m}}{15.548 \text{ cm}^2} = 7,3775 \text{ m}$$

$$y = 18 - 7,3775 = 10,6225 \text{ m (desde la cubierta)}$$

$$I_r = \sum i + \sum Ad^2 = 5938 + 1691570 = 1.697.508 \text{ cm}^2 \text{ m}^2$$

$$I_G = I_r - Adg^2 = 1.697.508 - 15.548 * 7,3775^2 = 851.269 \text{ cm}^2 \text{ m}^2$$

$$Z = \frac{I_G}{y} \times 2 = \frac{851.269 \times 10^4 \text{ cm}^4}{1062,25 \text{ cm}} \times 2 = 16.027.658$$

El modulo real es : 16.027.658 cm<sup>3</sup> es mayor que el modulo reglamentario: 15.937.650 cm<sup>3</sup> en un 0,56 %

**En el calculo el modulo real debe ser mayor que el reglamentario no mas de un 1%**

Cubierta: de 14,5 mm a 25 mm

Traca de cinta: de 18,5 mm a 25 mm

Longitudinales de cubierta: de 250 x 14 mm a 450 x 26 mm

CALCULO DE LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL DE UN BULK CARRIER DE 53.000 T.P.M Y DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR DE UNA DE SUS BODEGAS DE MINERAL.

ELEMENTO	ESCANTILLON (cm)	ÁREA "A" (cm <sup>2</sup> )	DISTANCIA AL EJE "d"(mts)	Mto.ESTÁTICO Axd(cm <sup>2</sup> xmts)	I=Axd <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> xmts <sup>2</sup>	ALTURA ELEMENTO "b"(mts)	M.INER.1/12Ab <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> xmts <sup>2</sup>
PLANCHA CUBIERTA SUPERIOR Y TRANCANIL	735 x 2,5	1837	18,3	33626	615360		
TRACA DE CINTA	215 x 2,5	537	16,92	9094	153879	2,5	207
RESTO DE FORRO SUPERIOR	455 x 1,85	842	13,575	11427	155118	4,55	1453
LONGITUDINALES DE CUBIERTA DE:450x26	9x45x2'6	1053	18,05	19007	343070	0,45	18
RESTO DE ELEMENTOS		11279		41552	424143		4260
<b>TOTAL</b>		<b>15548</b>		<b>144706</b>	<b>1691570</b>		<b>5938</b>

## **XVI. FUERZAS CORTANTES EN AGUAS TRANQUILAS (Fs):**

La distribución de las fuerzas cortantes, a lo largo de la escora del bulbo, en las distintas condiciones de carga, y suponiendo que la mar está lisa, se obtiene de las diagramas de fuerzas cortantes y momento flector.

Para la sección maestra que estamos estudiando esta fuerza cortante tiene un valor máximo, para las distintas condiciones de carga  $F_s = 3800$  Tn.

## **XVII. FUERZAS CORTANTES REGLAMENTARIAS SOBRE LA OLA ( $F_w$ ):**

332-Se investigarán los esfuerzos cortantes en la estructura del casco de todos los buques proyectados con dos mamparos longitudinales, y en otros tipos cuando se propongan cualesquiera condiciones de carga no homogénea.

El esfuerzo cortante reglamentario  $F_w$ , en cualquier situación a lo largo del buque, está dado por:

$$F_w = e^{-0.0035L} K_1 K_2 B L^2 (C_b + 0.70) \times 10^{-5} \text{ toneladas}$$

Donde:

- $K_1 = 0$  en cuaderna de trazado 0
- = 226 entre cuadernas 5 y 7.
- = 141 entre cuadernas 9 y 11.
- = 236 entre cuadernas 15 y 17.
- = 0 en la cuaderna 20.

En la cuaderna maestra que consideramos:  $K_1 = 141$

Los valores intermedios pueden determinarse por interpolación.

- $K_2 = 1,0$  para condiciones de servicio de altura.
- = 0.5 para condiciones de servicio en aguas abrigadas.
- = 0.8 para condiciones de servicio de viajes cortos.

$$F_w = e^{-0.0035 \times 193} \times 141 \times 29 \times 193^2 \times 1,53 \times 10^{-5} \text{ Ton}$$

Como referencia se dan los valores de  $e^{-0.0035L} \times 10^{-5}$  en la tabla D 3.6

L	factor	L	factor
90	0.05911	260	0.27211
100	0.07047	280	0.29424
120	0.09461	300	0.314924
140	0.12007	320	0.33411
160	0.14623	340	0.35168
180	0.17256	360	0.36762
200	0.19863	380	0.38191
220	0.22410	400	0.39456
240	0.24867		

$$F_w = 0,5089 \times 141 \times 29 \times 193^2 (0.83 + 0.70) \times 10^{-5}$$

**F<sub>w</sub> = 1186 Ton**

## XVIII. ESFUERZOS DE CIZALLA PRODUCIDAS Y ADMISIBLES

La fuerza cortante total ( $F_t$ ) es la suma de la producida en aguas tranquilas ( $F_s$ ) y la reglamentaria sobre la ola.

$$F_t = F_s + F_w$$
$$F_t = 3800 + 1186 = 4986 \text{ ton.}$$

El esfuerzo de cizalla producido se calcula por la formula:

$$Z = F_t m / I_m b$$

Siendo  $F_t$  = fuerza cortante total = 4986 ton.

$M$  = Momento estático de la porción de sección situada sobre el eje neutro, con respecto a dicho eje.

$I_m$  = Momento de inercia de la sección respecto al eje neutro =  $1.702.538 \text{ cm}^4$

$b$  = espesor del forro a la altura del eje neutro de la sección.  $b = 2x_e = 2 \times 1.9 \text{ cm} = 3.8 \text{ cm}$

Calculo de  $m$ : ( media sección) en la siguiente tabla.

Sección entera  $M_{to. ESTÁTICO} = 2 \times 55222,06 = 110444,12 \text{ cm}^2 \text{ m}$

$Z = 8511,5 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzos de cizalla producidos:  $Z = 8,5115 \text{ kg/mm}^2$

Según la sociedad de clasificación Lloyd Register of Shipping el valor del esfuerzo de cizalla admisible es  $Z = 12 \text{ kg/mm}^2$

CALCULO DE LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL DE UN BULK CARRIER DE 53.000 T.P.M Y DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR DE UNA DE SUS BODEGAS DE MINERAL.

ELEMENTO	ESCANTILLON (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	DISTANCIA d' (m)	Mto.ESTATICO Axd (cm <sup>2</sup> x m)
Plancha de cubierta y trancanil	735 * 2,5	1837	18,30-7,3775=10,9225	20064,63
Traca de cinta	2,5 * 2,5	537	16,92-7,3775=9,5425	5124,32
Resto	455 * 1,85	842	13,575-7,3745=6,1975	5218,29
Longitudinal de cubierta	9 * 45 * 2,6	1053	18,05-7,3775=10,6725	11238,14
Forro medio	392,5 * 1,9	746	2,25-0,575=1,675	1249,55
Plancha vertical tolva alta	100 * 1,05	105	18,10-7,3775=10,7225	1840,12 1125,86
Plancha inclinada tolva alta	720 * 1,05	756	15,50-7,3775=8,1225	6140,61
Plancha horizontal tolva alta	160 * 1,05	168	13,65-7,3775=6,2725	1053,78
Longitudinal 1 tolva alta	26 * 1,1	39	16,85-7,3775=9,4725	369,43
Longitudinal 2 tolva alta	26 * 1,1	39	16,30-7,3775=8,9225	347,98
Longitudinal 3 tolva alta	26 * 1,1	39	15,80-7,3775=8,4225	328,48
Longitudinal 4 tolva alta	26 * 1,1	39	15,30-7,3775=7,9225	308,98
Longitudinal 5 tolva alta	26 * 1,1	39	14,80-7,3775=7,4225	289,48
Longitudinal 6 tolva alta	26 * 1,1	39	14,30-7,3775=6,9225	269,98
Longitudinal 7 tolva alta	26 * 1,1	39	13,85-7,3775=6,4725	252,43
<b>SUMA</b>		<b>6317</b>		<b>55222,06</b>

## **XIX. CALCULO DE ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR DE UNA BODEGA DE MINERAL POR EL M.E.F**

### **Objetivo:**

Calcular, usando el método de elementos finitos (MEF) la distribución de esfuerzos en la estructura transversal inferior (varenga y bulárcama de la tolva baja) de un bulkcarrier de 53.000 T.P.M.

La teoría y aplicaciones de los elementos finitos ha venido usándose extensivamente en el proyecto y análisis de estructuras navales desde que en 1952 Turner y Qrgyris iniciaron su aplicación.

En este método, el medio continuo se divide en un conjunto de elementos de tamaño pequeño pero no infinitesimal interconectan todas entre si solamente a través de sus vértices o “ nudos”.

Calculamos usando este método la distribución de los esfuerzos combinados, la cizalla y la tracción/compresión en la estructura inferior de la bodega de nuestro buque.

### **Modelo:**

debido a la simetría (respecto al plano de crujía) de la estructura y de las cargas a considerar, el modelo se extenderá solo desde crujía hasta una de las bandas del buque, terminándolo por encima de la unión de la cuaderna de bodega con la tolva inferior (hopper) en la cuaderna de la bodega.

La estructura transversal se modelizará mediante E.F tridimensionalmente, y la malla será de elementos tetraedros.

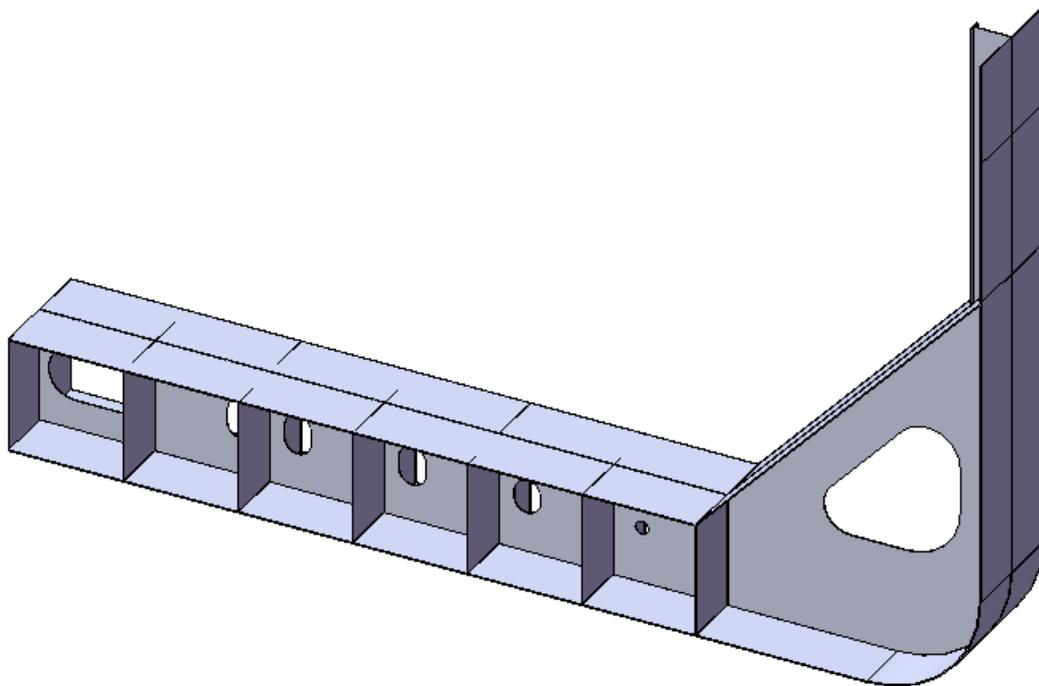
Los longitudinales de fondo, doble fondo y de tolva no se modelizarán. Tampoco sus escotaduras, para simplificar el modelo.

Las planchas de fondo, doble fondo, tolva y costado, así como las vagras, se modelizarán como “rods” (elementos susceptibles de soportar tracciones o compresiones, pero sin rigidez a la flexión). El área a considerar para cada uno de estos elementos será la correspondiente al espesor de la plancha multiplicada por el espaciado de varengas.

En crujía consideraremos solo 50% del área de la quilla vertical (condición de simetría).

Los aligeramientos se descontarán, para lo que se debe hacer un mallado apropiado de los E.F. que representan las planchas de la varenga y de la bulárcama en el hopper. Se modelizará la parte inferior de la cuaderna para elegir el efecto de la condición de bordes del extremo alto de la tolva baja (hopper).

Consideraremos como eje "X" la línea base del trazado ( cara alta de las lanchas del fondo) y como eje "Y" el de simetría de la sección (crujía). En consecuencia el origen de coordenadas se sitúa en la intersección de la línea base con dicho eje de simetría. El eje "Z".



### **Condiciones de contorno:**

#### 1- Condiciones de simetría:

Todos los nudos situados en crujía ( límite izquierdo del modelo) tendrán impedidos los siguientes movimientos:

- a) desplazamiento horizontal ( $dx = 0$ )
- b) giro alrededor del eje z ( $dfz = 0$ )

#### 2- Extremo superior derecho del modelo (encima del hopper)

se evitará el movimiento vertical de este extremo, para simular el apoyo de la viga-pared del costado (que transmite la fuerza cortante que se detecta en el estudio de la resistencia longitudinal).

Los nudos situados sobre el borde derecho del modelo se considerarán en consecuencia con la restricción  $dy = 0$  (movimiento vertical impedido).

### **Condiciones de carga:**

Aunque podrían estudiarse varias, considerando las posibles situaciones de:

- carga de mineral en bodegas alternas.
- carga de grano o cabrón en todas las bodegas.
- lastre pesado (es decir, con la bodega inundable llena).

Lo cierto es que desde el punto de vista de la resistencia del emparrillado, del doble fondo (plan de bodegas), la más crítica es la primera de ellas. Por esto nuestro análisis estará basado en dicha condición: carga de mineral en bodegas alternas.

Seguidamente detallamos las cargas a aplicar en las diferentes zonas del modelo:

#### a) Exterior (fondo, pantoque y costado)

Carga hidrostática correspondiente al calado de escantillonado, reducido en la mitad de la altura de la ola reglamentaria. (Es decir, consideramos el instante en que la bodega coincide con un seno). Como altura de la ola tomaremos  $h = Ls/20$ . Y como en nuestro caso.

$$L_s = 193 \text{ m}$$

$$d_s = 13,350 \text{ m}$$

el calado a efectos de computar las cargas hidrostáticas sobre la envolvente exterior será:

$$d = d_s - h/2 = 13,350 - 193,437 / (2 \times 20) = 8,52 \text{ m}$$

Entonces la presión sería:  $1025 \times 8,52 = 8733 \text{ kg/m}^2$  y depende del área del modelo dibujada, tendremos:  $8733 \times 1,77 = 15,45 \text{ tn/m}$  y como tenemos que aplicar estas fuerzas sobre el costado, pantoque y fondo pues multiplicamos el valor obtenido por la longitud de cada elemento.

Fondo:  $q = 12,807 \times 15,45 = 198 \text{ tn}$   
 Pantoque:  $q = 2,416 \times 15,45 = 37,33 \text{ tn}$   
 Costado:  $q = 6,8 \times 15,45 = 105 \text{ tn}$

b) Interior de los tanques de lastre:

Ninguna carga: los tanques de lastre bajo bodega cargada se consideran vacíos en esta condición.

c) Carga sobre el plan de bodegas y tolva inferior.

La correspondiente a una bodega central en la condición de carga de mineral en bodegas alternas (n.ºs 1, 3, 5 y 7). Para definirla hacemos las siguientes estimaciones / hipótesis de cálculo:

Peso Muerto Máximo.....	53.000 t
Consumos totales.....	1.500 t
Lastre en esta condición.....	0 t
Carga total de mineral.....	51.500 t (=53.000-(1.500+0))

Si suponemos que la carga se reparte por igual entre las cuatro bodegas cargadas, correspondería a cada una un peso de  $51.000/4 = 12.875 \text{ t}$ .

Como el volumen calculado de una bodega de la zona central (sin contar con el incluido entre las brazolas de escotillas: véase hoja de cálculo aparte) es de  $8.863 \text{ m}^3$ , el factor de estiba correspondiente sería de :

$$8.863 / 12.875 = 0,688 \text{ m}^3/\text{t}$$

Sin embargo, el que figura en los cálculos de escantillado es de  $0,65 \text{ m}^3/\text{t}$ , por lo que consideraremos este valor, que corresponde a un peso de mineral en la bodega de  $8.863/0,65 = 13.635 \text{ t}$

lo que es coherente con el hecho de permitir cargar algo más en las bodegas centrales (es decir, la 3 y la 5) para poder reducir el momento flector de quebranto.

Por otro lado, cabría considerar dos subcasos de carga de mineral con este peso de 13.635 t, cada uno de ellos considerando los siguientes pesos específicos, correspondientes a los factores de estiba (f.e) que se indican:

C-1: el correspondiente a un f.e de  $0,65 \text{ m}^3/\text{t} = 1,538 \text{ t/m}^3$

C-2: mineral pesado (de un f.e de  $15 \text{ ft}^3/\text{I.t.} = 2,400 \text{ t/m}^3$ )

Las fuerzas a aplicar en cada una de estos casos sobre el plan de bodegas y sobre la tolva baja se calcularán tratándolas como generadas por presiones hidrostáticas:

Para el caso C-1, la altura de carga sería la correspondiente al nivel de la cubierta en su intersección con la brazola, es decir : 16,862 m sobre la tapa de doble fondo.

$$q = 1,77 \times 16,862 \times 1,538 = 45,9 \text{ tn/m}$$

Como tenemos que aplicar la carga sobre la tapa del doble fondo y la tolva baja, pues multiplicamos el valor de la carga por la longitud de cada tramo.

$$\text{Doble fondo: } q = 45,9 \times 10,256 = 470,75 \text{ tn}$$

$$\text{Tapa de la tolva: } q = 45,9 \times 6,269 = 287,75 \text{ tn.}$$

En el caso C-2 el volumen que ocupara el mineral será de  $13.635/2,400 = 6931,25 \text{ m}^3$ . Como el volumen neto hasta el pico de la tolva inferior es de  $2.404,3 \text{ m}^3$  (ver hoja de cálculo anexa), la altura a la que llegaría el mineral sobre la tapa de doble fondo será

$$6,300 - 1,690 + (6.931,25 - 2.404,3) / (29 \times 21,4) = 11,904 \text{ m}$$

$$q = 2,4 \times 11,904 \times 1,77 = 50,57 \text{ tn/m}$$

Como tenemos que aplicar la carga sobre la tapa del doble fondo y la tolva baja, pues multiplicamos el valor de la carga por la longitud de cada tramo.

$$\text{Doble fondo: } q = 50,57 \times 10,256 = 519 \text{ tn}$$

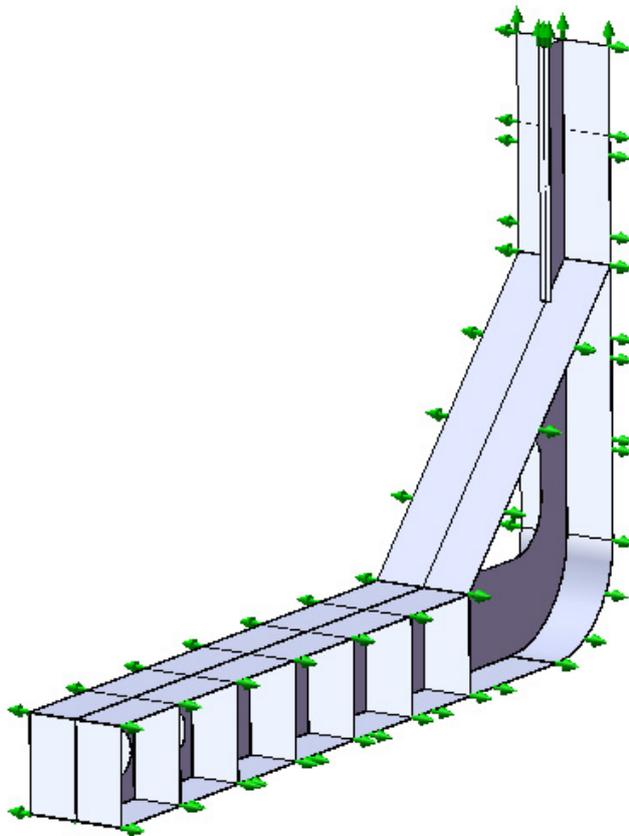
$$\text{Tapa de la tolva: } q = 50,57 \times 6,269 = 317 \text{ tn.}$$

(Habiendo supuesto que la carga quede enrasada)

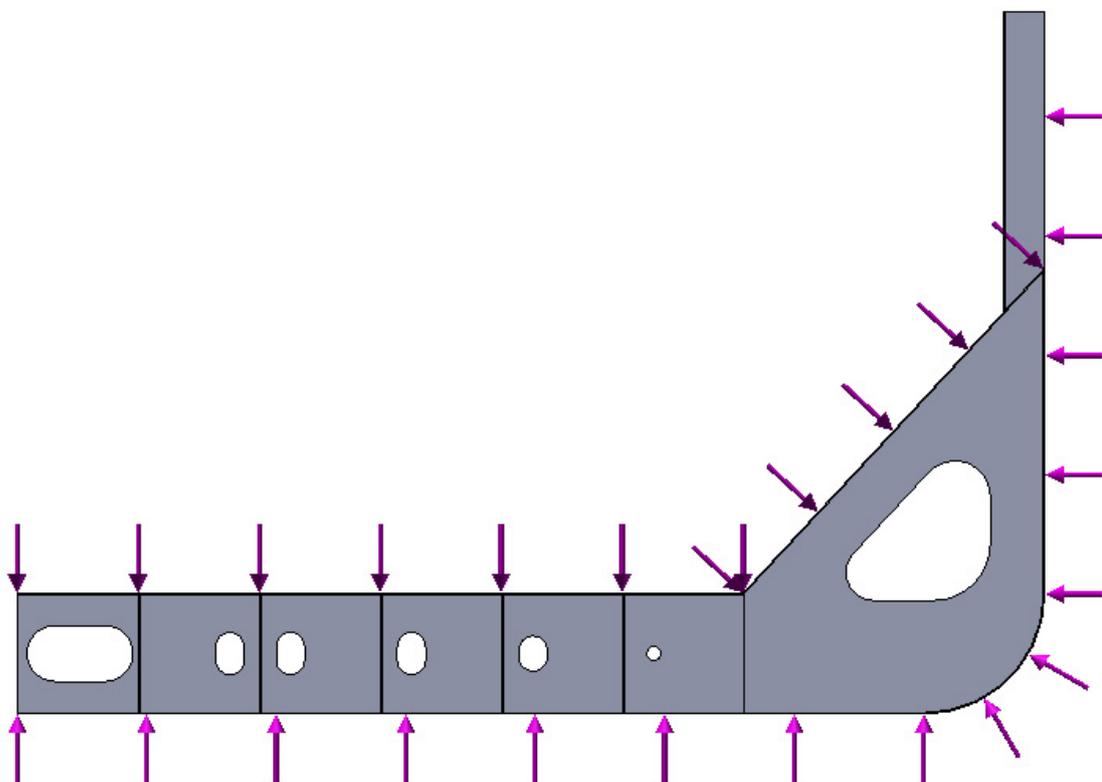
Nota:

Las acciones causadas por las presiones correspondientes a estas alturas se aplicarán sobre los elementos exteriores del modelo como carga uniforme en los elementos horizontales y linealmente variable en los dispuestos verticalmente o inclinados, considerando intensidades de carga dadas por  $q = s \cdot h \cdot g$ .

Las restricciones puestas en el modelo:



Las cargas aplicadas sobre el modelo:



**Análisis de resultados:**

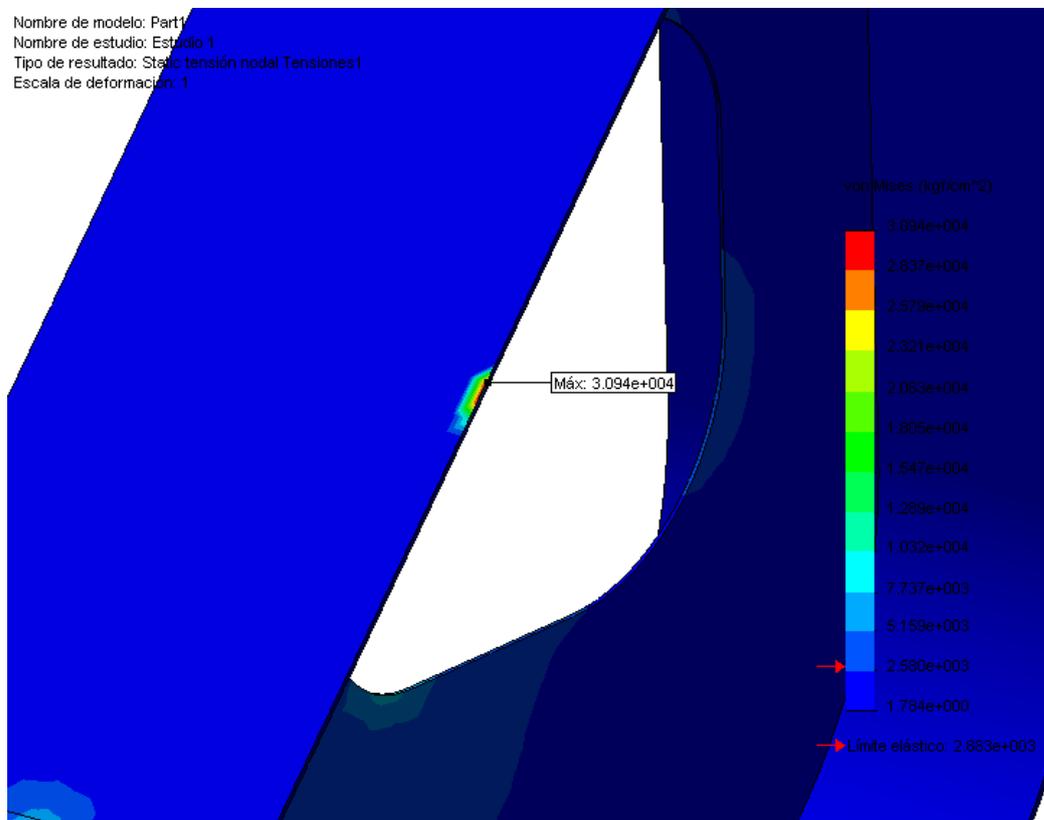
Una vez efectuado el cálculo de esfuerzos mediante el M.E.F. se procederá al análisis de los resultados.

Salvo que las reglas o los correspondientes “protocolos” de la sociedad de clasificación para este tipo de cálculo directo especifiquen otra cosa, consideramos en este proyecto el siguiente conjunto de esfuerzos máximos admisibles:

Esfuerzos máximos admisibles (en kg/cm<sup>2</sup>)

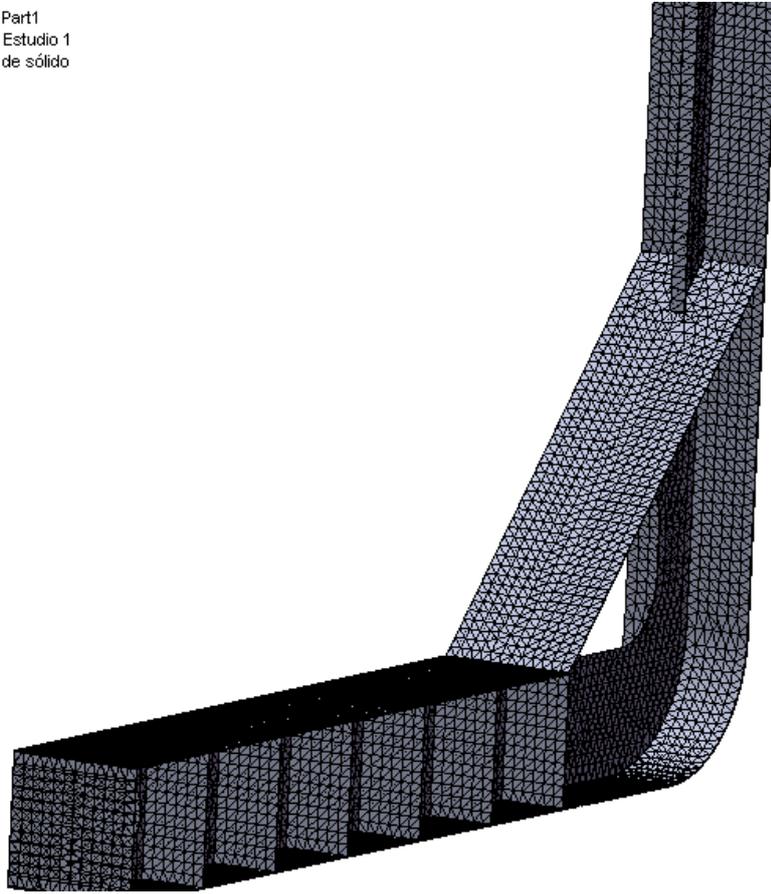
Tracción o compresión.....	S	1.600
Cizalla.....	t	900
Esfuerzo combinado (Von Mises)	s <sub>c</sub>	1.900

No obstante, hay que advertir que podrían aparecer puntos con esfuerzos anómalos “peak stress” cercanos a algunos de los nudos en los que se han impuesto condiciones de contorno como se muestra la siguiente figura.



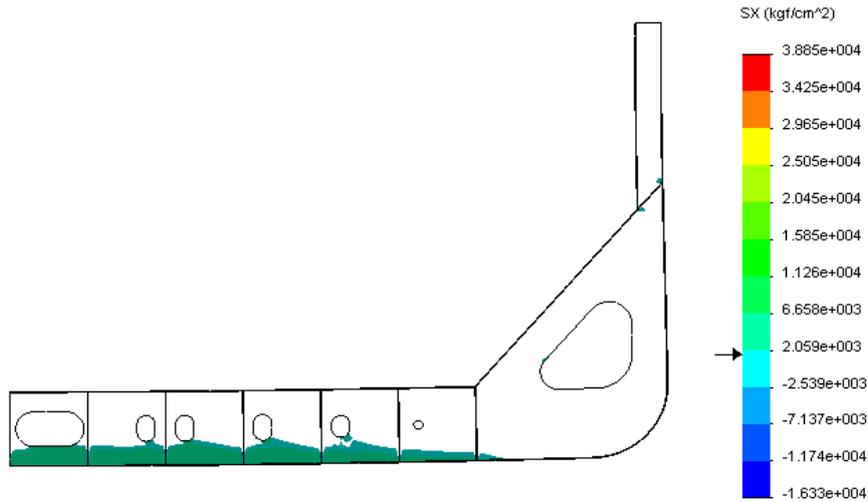
El mallado:

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de malla: Malla de sólido

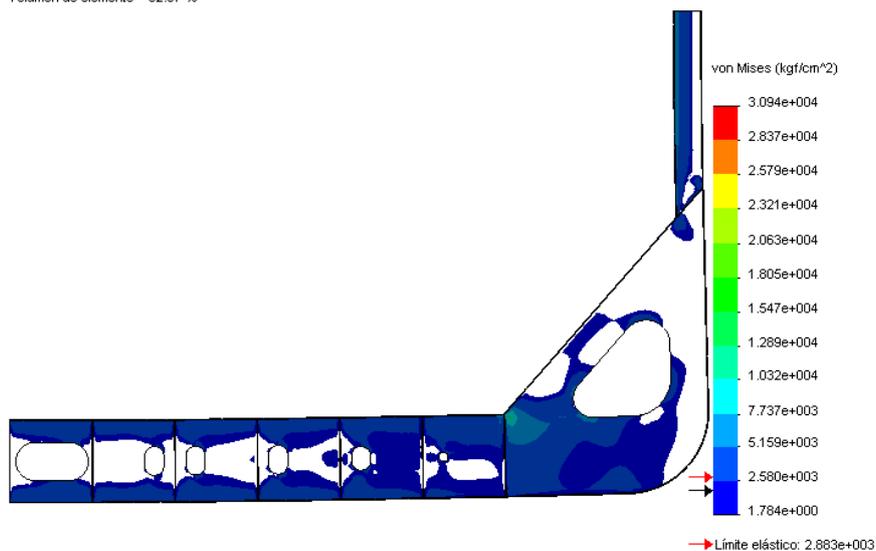


**Caso 1:**  
Esfuerzos tracción o compresión y Von Mises.

Nombre de modelo: Part1  
 Nombre de estudio: Estudio 1  
 Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 1  
 Volumen de elemento = 21.65 %

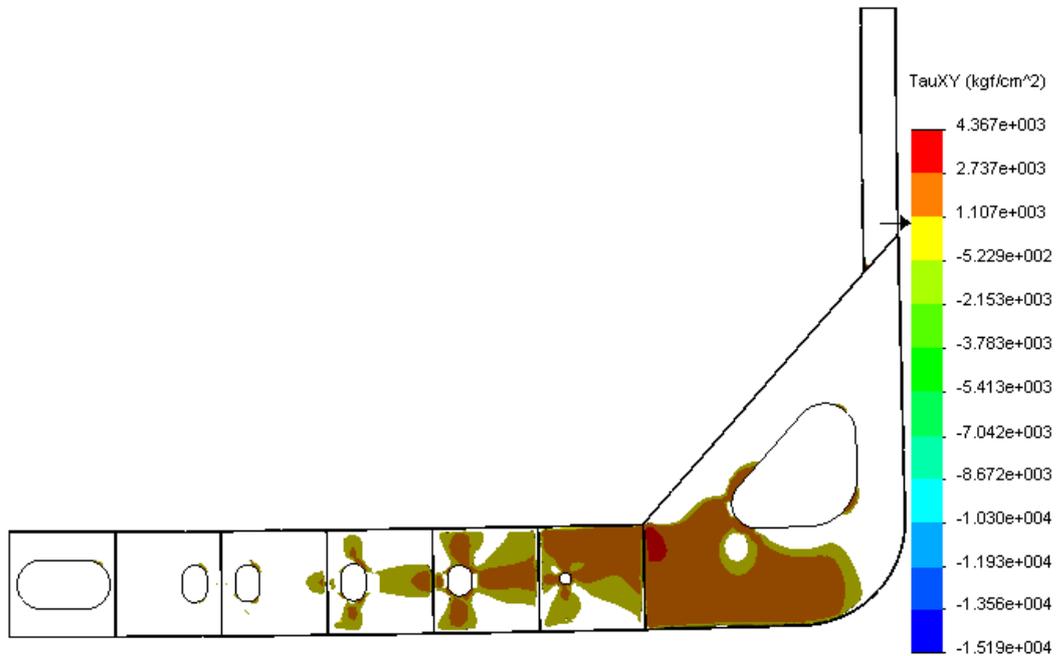


Nombre de modelo: Part1  
 Nombre de estudio: Estudio 1  
 Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 1  
 Volumen de elemento = 52.07 %



### Esfuerzos de cizalla:

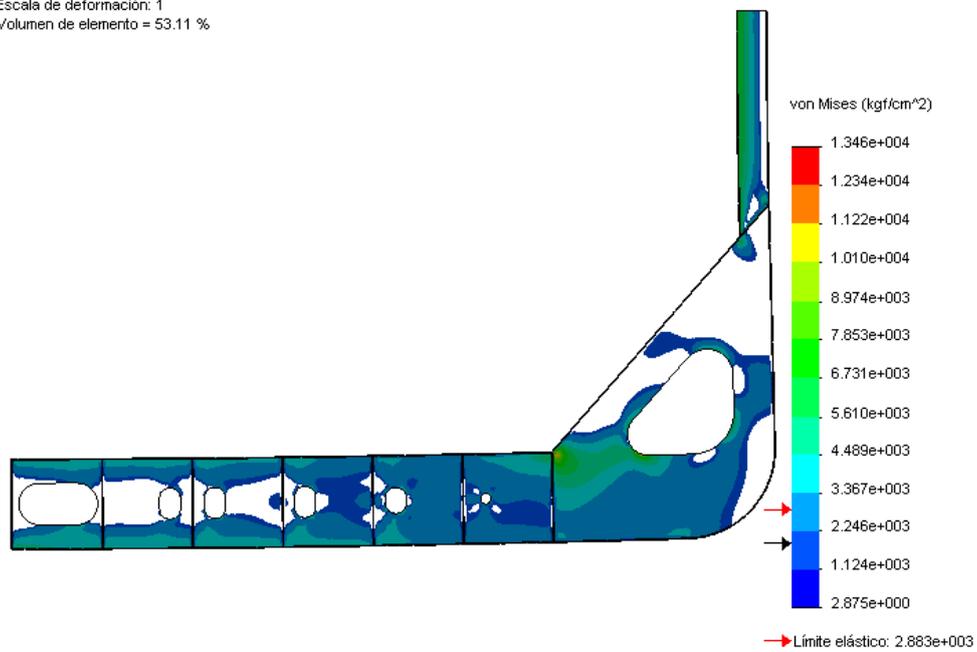
Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1  
Volumen de elemento = 10.19 %



Caso 2:

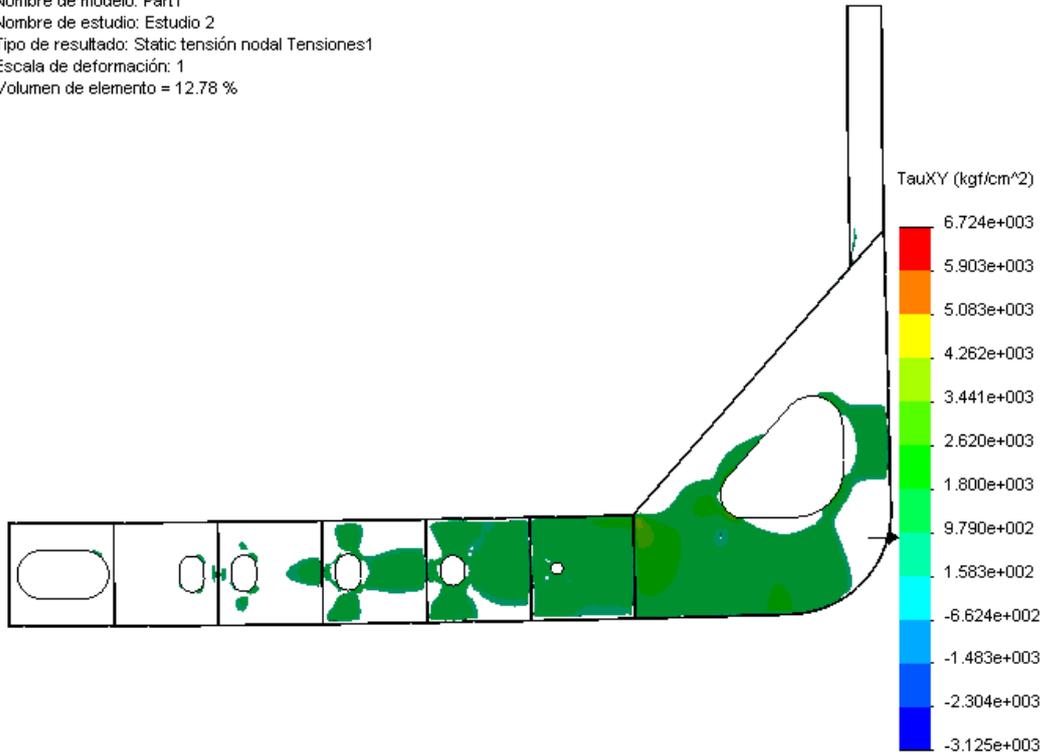
Esfuerzos de Von Mises:

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Estudio 2  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1  
Volumen de elemento = 53.11 %



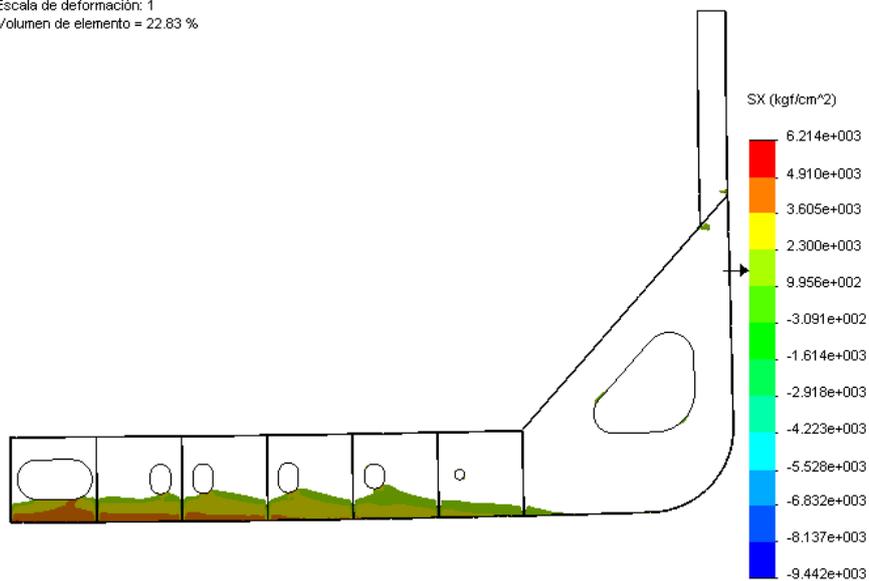
Esfuerzos de cizalla:

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Estudio 2  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1  
Volumen de elemento = 12.78 %



## Esfuerzos tracción o compresión

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Estudio 2  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 1  
Volumen de elemento = 22.83 %



### **BIBLIOGRAFIA:**

- **Reglas de la sociedad de clasificación Lloyd's Register of shipping.**
- **Técnicas de construcción naval. D.Francisco Valencia Bernal.**
- **Calculo de estructuras marinas. D.Antonio Barrios.**
- **Resistencia de materiales.**

## ANEXOS

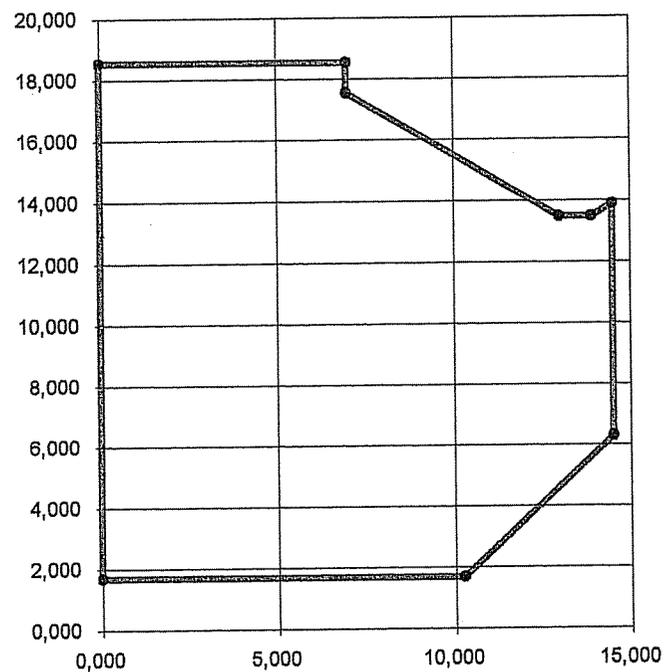


### Áreas de polígonos

Número de puntos: 9

Área	209,11	418,224
Punto	- X -	- Y -
1	0,000	1,690
2	10,260	1,690
3	14,500	6,300
4	14,500	13,900
5	13,900	13,500
6	13,000	13,500
7	7,000	17,552
8	7,000	18,552
9	0,000	18,552
10	0,000	1,690
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

### Bulkcarrier de 53.000T.P.M.



Longitud de la bodega  
Volumen nominal

21,2 m  
8.883,1 m<sup>3</sup>

Descuento por polines  
Volumen neto

20,07 m<sup>3</sup>  
**8.863,0 m<sup>3</sup>**

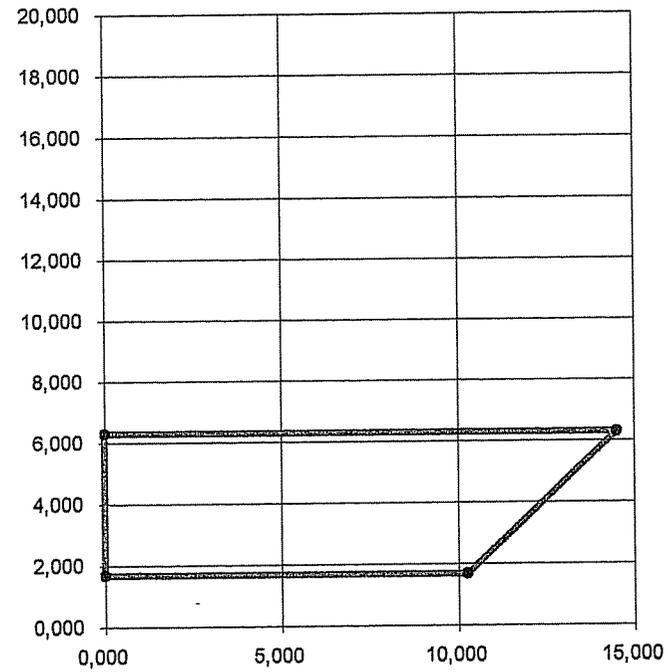
### Áreas de polígonos

Número de puntos:

Bulkcarrier de 53.000T.P.M.

Zona de tolva baja

Área	114,144	
	<input type="text" value="57,07"/>	
Punto	- X -	- Y -
1	0,000	1,690
2	10,260	1,690
3	14,500	6,300
4	0,000	6,300
5	0,000	1,690
6	0,000	1,690
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		

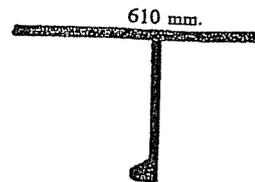


Longitud de la bodega 21,2 m  
 Volumen nominal, zona inf 2.424,4 m<sup>3</sup>

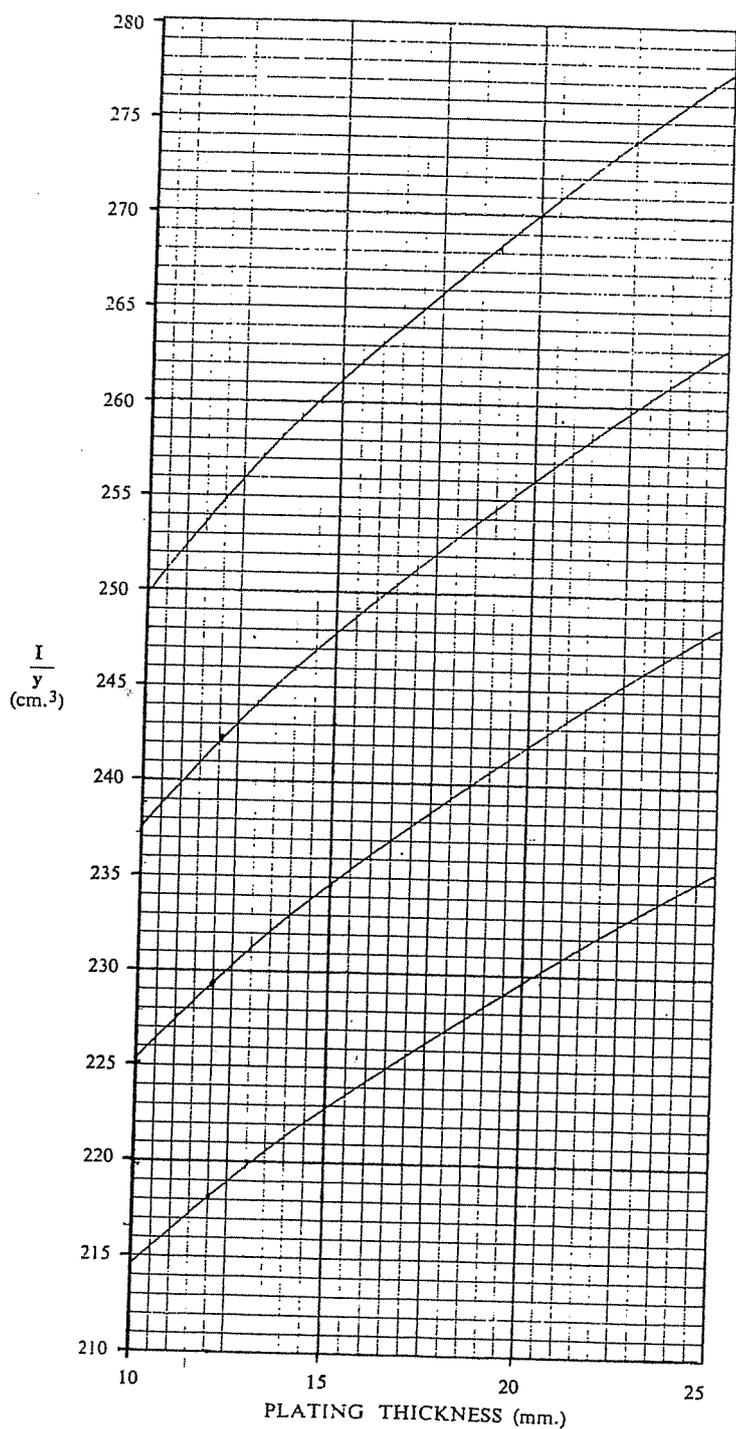
Descuento por polines 20,07 m<sup>3</sup>  
 Volumen neto, zona inf. **2.404,3 m<sup>3</sup>**

# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)



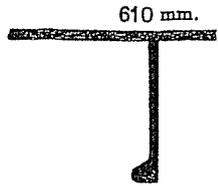
200 mm. DEPTH



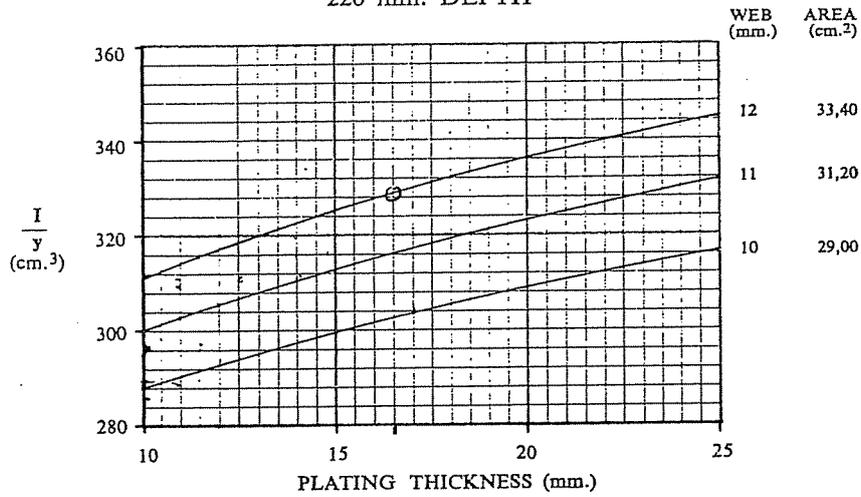
WEB (mm.)	AREA (cm. <sup>2</sup> )
12	29,60
11	27,60
10	25,60
9	23,60

# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

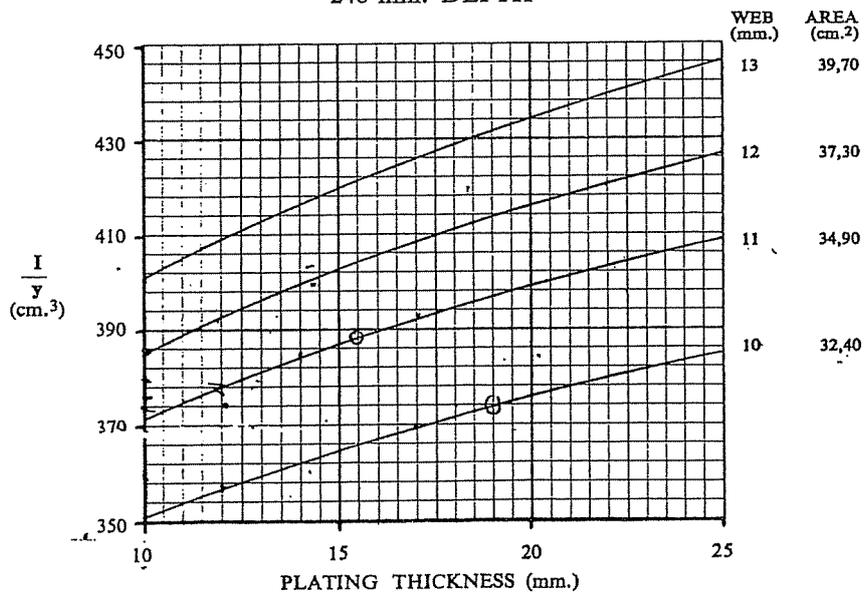
(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)



220 mm. DEPTH

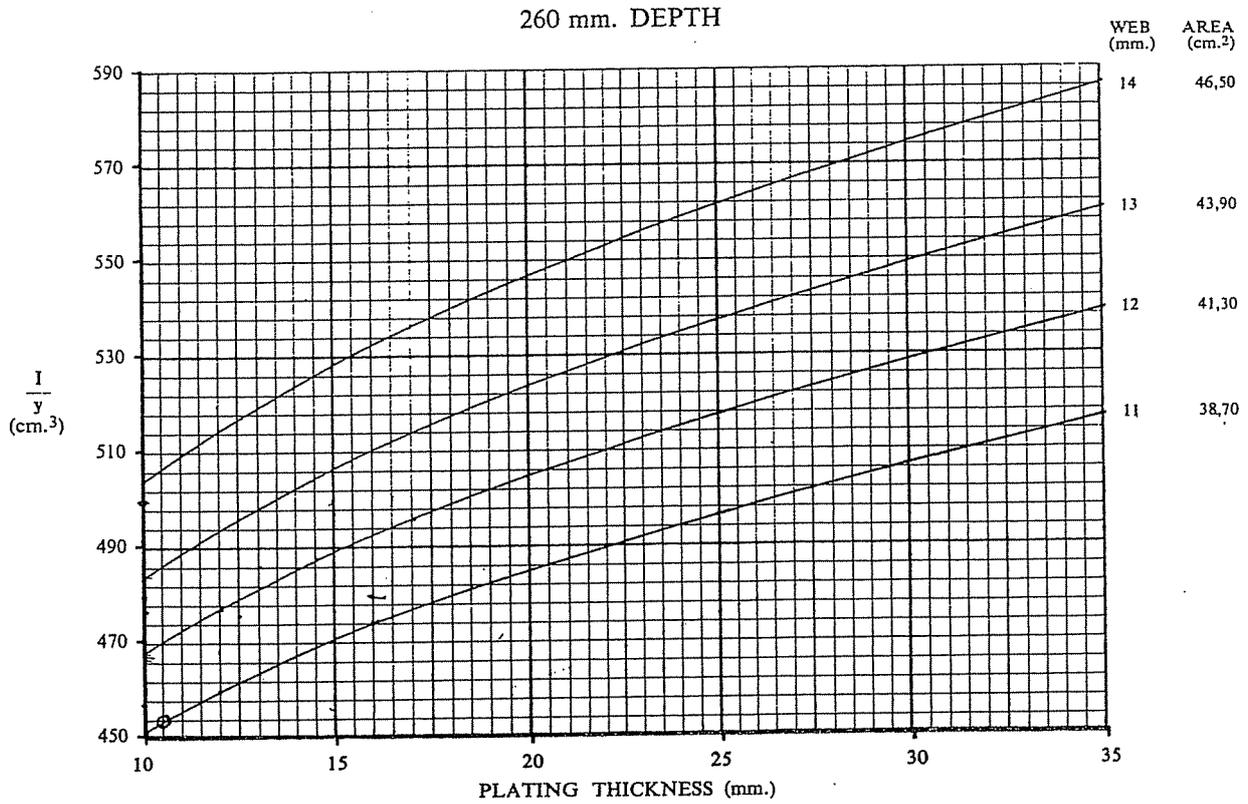
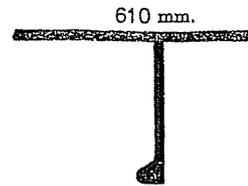


240 mm. DEPTH



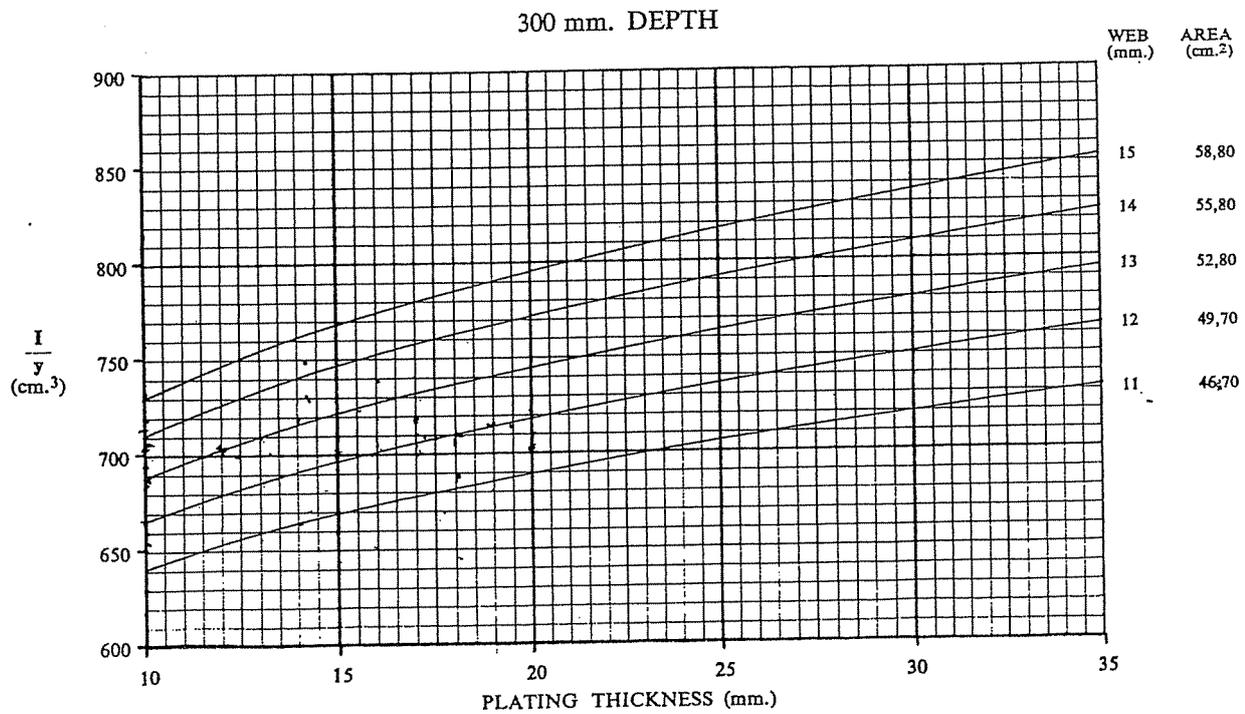
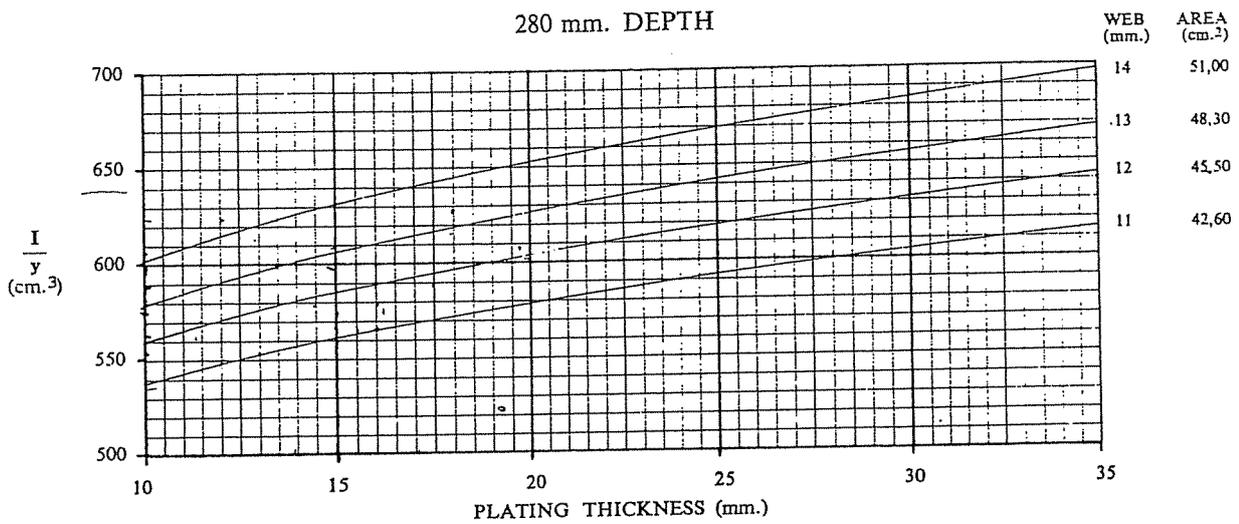
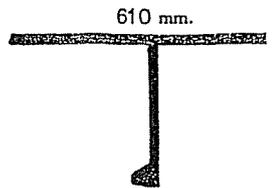
# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)



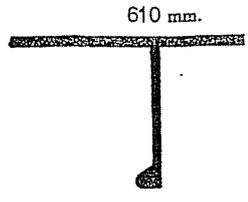
# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)

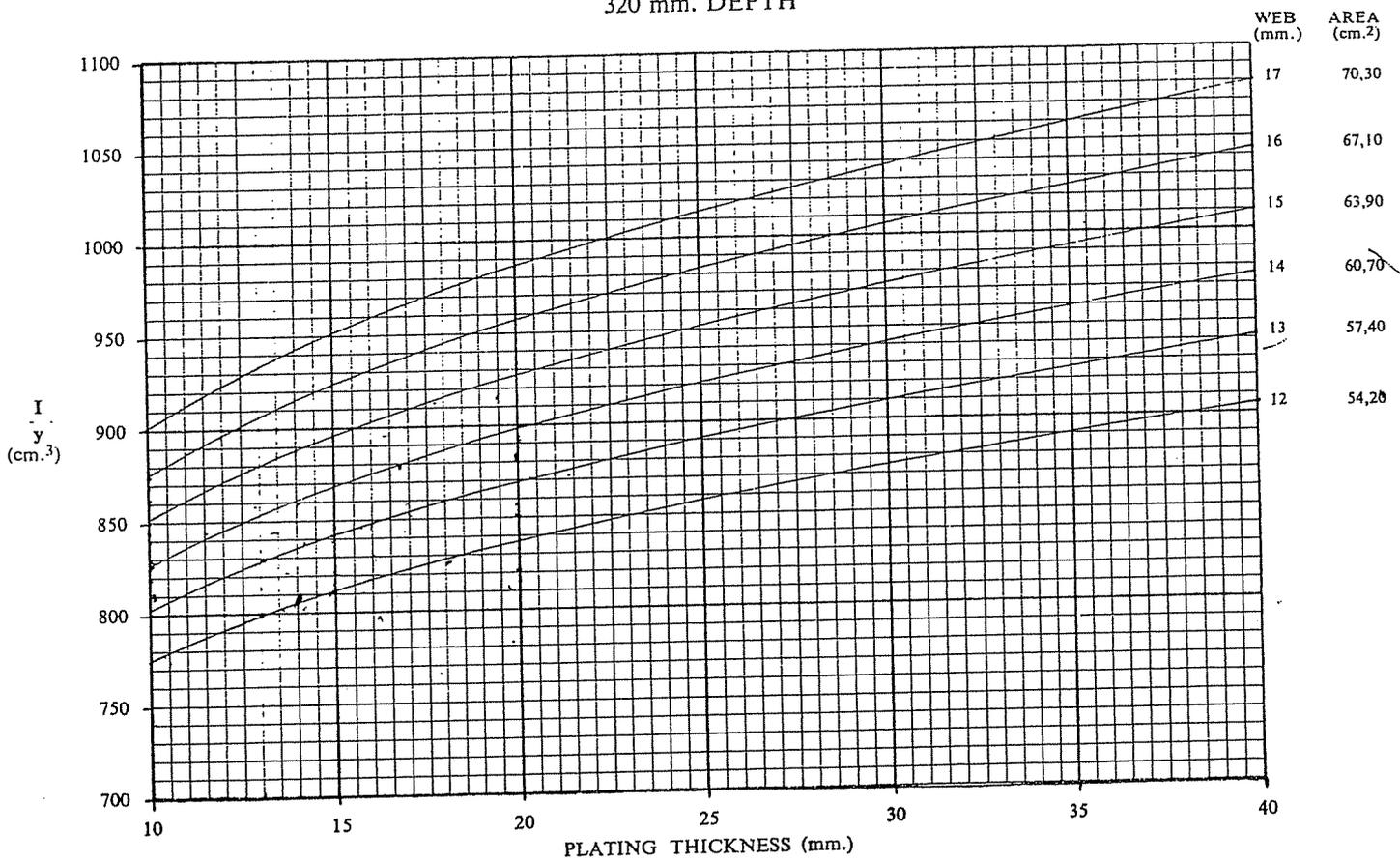


# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)



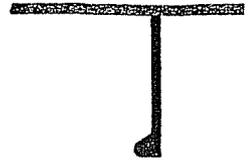
320 mm. DEPTH



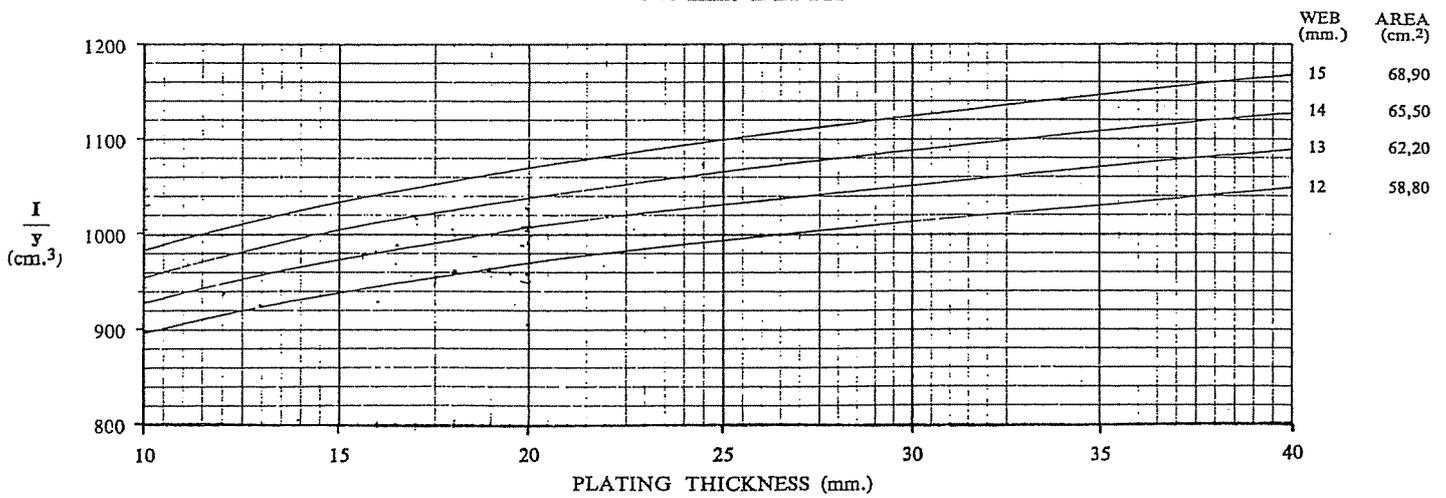
# SECTION MODULUS AND AREA OF ONE-SIDED BULB PLATES (H.P.)

(SECTION MODULUS WITH PLATING—AREA WITHOUT PLATING)

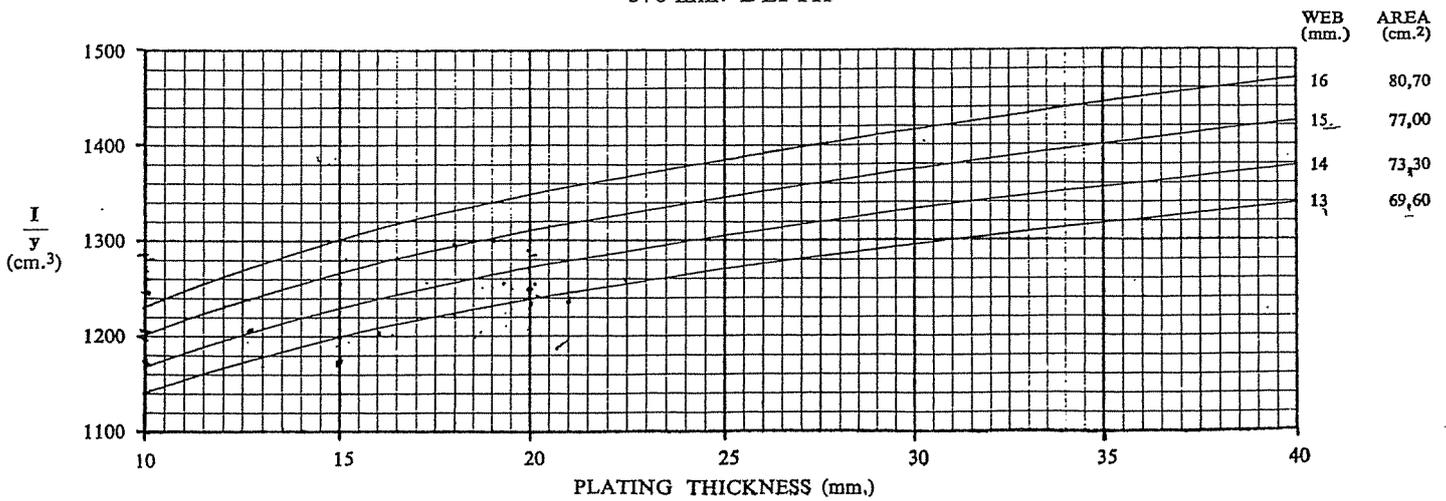
610 mm.

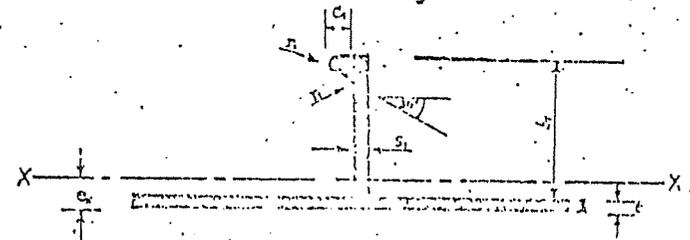


## 340 mm. DEPTH



## 370 mm. DEPTH





Production and tolerances according to DIN 1019

Dimension mm					Sect. area. F	Weight (7,85 kg/dm <sup>3</sup> ) Without plate G	Distance			Moment of Inertia			Moment of resistance		
	b <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>			ex cm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>			W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>		
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	With- out	With plate		With- out	With plate		With- out	With plate	
								t=10	t=15		t=10	t=15		t=10	t=15
200 x 9 10 11 12 13	200	9	28	8	23,6	18,5	12,1	4,0	3,4	941	3640	4044	77,7	215	223
		10			25,6	20,1	11,9	4,2	3,5	1020	3785	4237	85,0	225	235
		11			27,6	21,7	11,8	4,4	3,7	1090	3955	4464	92,3	240	251
		12			29,6	23,2	11,7	4,6	3,8	1160	4127	4662	99,6	250	260
		13			31,6	24,8	11,6	4,7	3,9	1235	4293	4863	106	264	277
220 x 9 10 11 12 13	220	9	31	9	26,8	21,0	13,7	4,9	4,0	1200	5025	5680	99	270	288
		10			29,0	22,8	13,4	5,0	4,2	1400	5175	5800	105	280	301
		11			31,2	24,5	13,2	5,1	4,3	1500	5365	6100	113	300	311
		12			33,4	26,2	13,0	5,3	4,5	1590	5495	6270	122	310	322
		13			35,6	27,9	12,9	5,5	4,6	1690	5705	6707	133	326	341
240 x 10 11 12 13 14	240	10	34	10	32,4	25,4	14,7		4,8	1860		7571	126		366
		11			34,9	27,4	14,6		5,0	2020		7797	137		382
		12			37,3	29,3	14,4		5,2	2120		8097	143		400
		13			39,7	31,2	14,3		5,4	2260		8477	158		422
		14			42,1	33,1	14,1		5,5	2315		8730	164		437
250 x 10 11 12 13 14	250	10	37	11	36,1	28,3	16,3		5,6	2240		9700	150		444
		11			38,7	30,3	16,0		5,8	2610		10200	162		471
		12			41,3	32,4	15,8		6,0	2770		10843	175		490
		13			43,9	34,5	15,6		6,1	2940		10677	182		505
		14			46,5	36,5	15,5		6,3	3120		11213	200		527
280 x 10 11 12 13 14	280	10	40	12	39,8	31,2	17,7		5,4	3120		12437	175		540
		11			42,6	33,5	17,4		6,6	3330		12997	191		566
		12			45,5	35,7	17,2		6,8	3580		13527	206		587
		13			48,3	37,9	17,0		6,9	3760		13631	221		604
		14			51,0	40,0	16,9		7,2	3970		14128	235		632
300 x 11 12 13 14 15 16	300	11	43	13	46,7	36,7	18,9		7,5	4190		16110	222		673
		12			49,7	39,0	18,7		7,7	4430		16640	239		700
		13			52,8	41,5	18,5		7,9	4720		17370	256		725
		14			55,9	43,8	18,3		8,0	4920		17950	273		745
		15			53,8	46,2	18,1		8,2	5240		17600	288		745
		16			61,0	48,5	18,0		8,4	5490		18310	305		780

320 x	11	320	46	14	51,1	40,0	20,4	8,4	5170	19777	253	188
	12				54,2	42,5	20,1	3,6	5530	20370	274	816
	13				57,4	45,0	19,9	5,8	5930	20970	294	850
	14				60,7	47,6	19,7	9,0	6170	21390	313	874
	15				63,9	50,1	19,5	9,2	6480	21900	332	902
	16				67,1	52,6	19,3	9,3	6790	22415	351	926
340 x	12	340	49	15	58,8	46,1	21,5	9,5	6750	21590	343	846
	13				62,2	48,8	21,3	9,3	7160	22400	358	880
	14				65,5	51,5	21,1	10,0	7570	23260	377	908
	15				68,9	54,0	20,9	10,1	7920	24290	379	934
	16				72,3	56,7	20,7	10,3	8330	25760	401	1045
	17				75,7	59,4	20,5	10,5	8705	27460	425	1096
370 x	13	370	53,5	16,5	69,6	54,6	23,5	11,3	9470	32570	402	1197
	14				73,3	57,3	23,2	11,5	9780	33170	428	1229
	15				77,0	60,5	23,0	11,7	10490	34010	455	1270
	16				80,7	63,4	22,8	11,9	10980	34595	473	1306
	17				84,4	66,3	22,7	12,1	11500	35465	504	1343
	18				88,1	69,2	22,6	12,3	12000	36290	530	1385
400 x	14	400	58	18	91,8	72,1	22,6	12,5	12500	37220	555	1432
	15				81,4	63,9	25,5	13,2	12930	42450	507	1500
	16				85,4	67,0	25,2	13,4	13500	43104	537	1534
	17				89,4	70,2	25,0	13,6	14220	43972	568	1573
	18				93,4	73,3	24,7	13,7	14850	44875	599	1608
	19				97,5	76,4	24,3	13,9	15470	45830	630	1640
430 x	15	430	62,5	19,5	101,5	79,5	24,3	14,0	16030	46960	661	1670
	16				94,1	73,9	27,4	15,2	17260	53080	629	1810
	17				98,4	77,3	27,1	15,3	18070	54560	667	1870
	18				103,0	80,6	26,7	15,5	18850	55690	700	1925
	19				107,3	84,0	26,7	15,7	19640	56540	736	1985
	20				111,0	87,4	26,5	15,8	20420	57473	770	2003
21	115,3	90,8	26,3	15,9	21190	58490	805	2055				
	120,0	94,1	26,1	16,2	21950	59170	839	2090				

### Dimension tolerances

Dimension mm	Tolerances, mm	
	Width	Thickness
200 x 9 to 300 x 16	+ 4.5 - 2.2	+ 1.2 - 0.3
320 x 11 to 430 x 21	+ 6 - 3	+ 1.6 - 0.4

### LENGTH RANGE

6—16 m.

Other lengths by agreement.

### LENGTH TOLERANCES

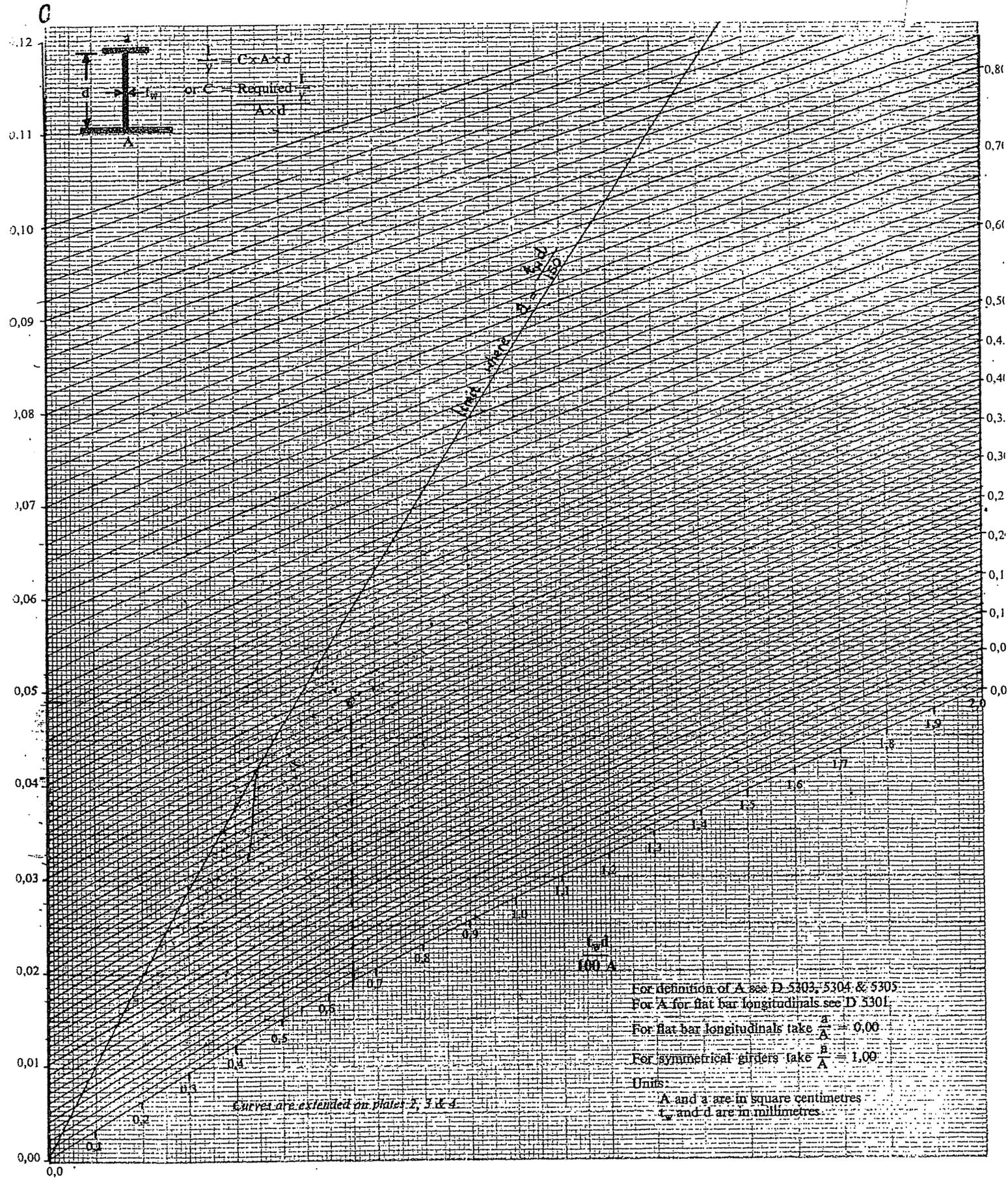
± 100 mm.

Narrower tolerances by agreement.

### STRAIGHTNESS.

Max. tolerance on straightness: 0.35 % of length.

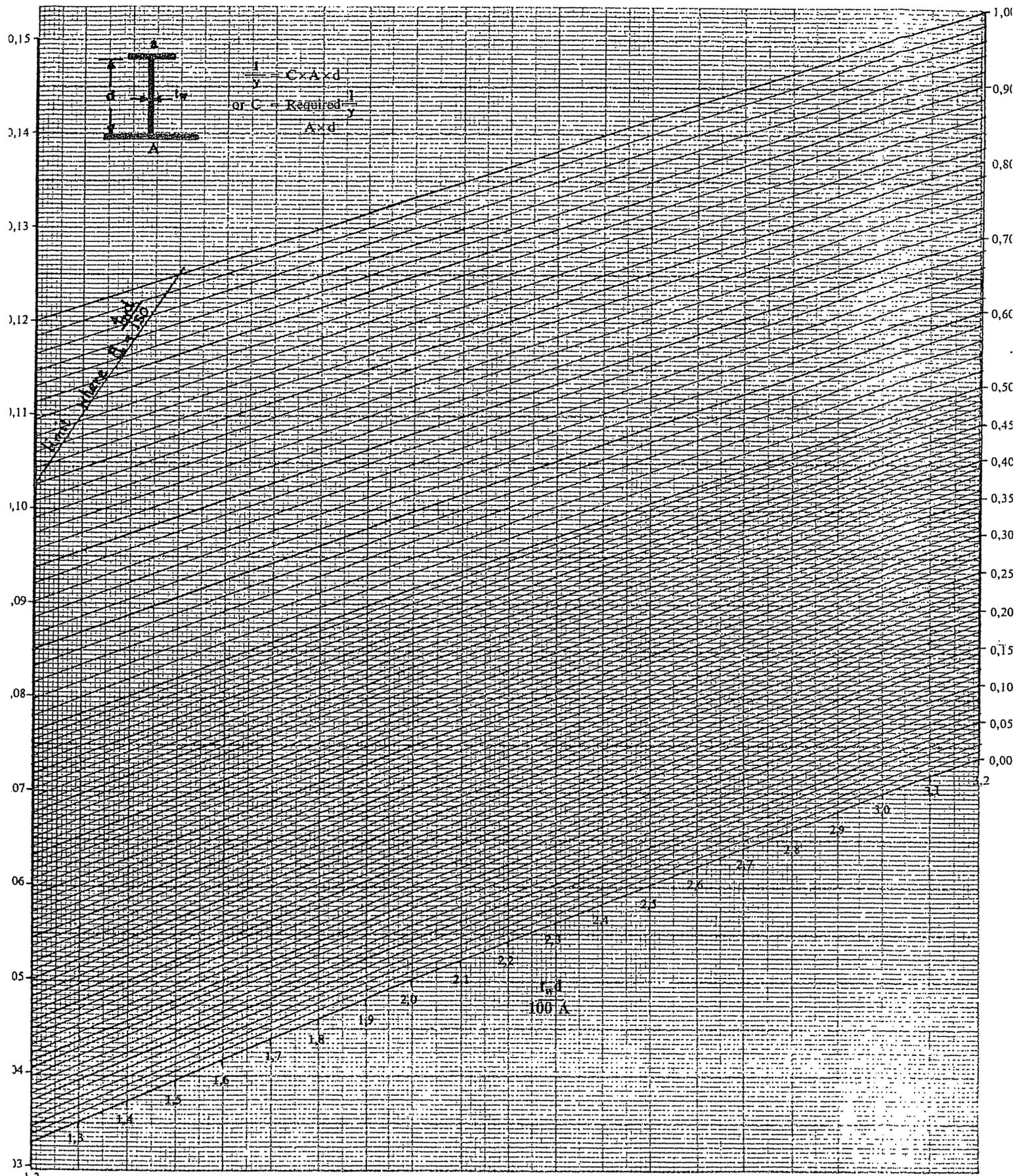
# SECTION MODULUS OF BUILT GIRDERS (IN ASSOCIATION WITH PLATING)



# SECTION MODULUS OF BUILT GIRDERS

(IN ASSOCIATION WITH PLATING)

(Continued)



# SECTION MODULUS OF BUILT GIRDERS

(IN ASSOCIATION WITH PLATING)

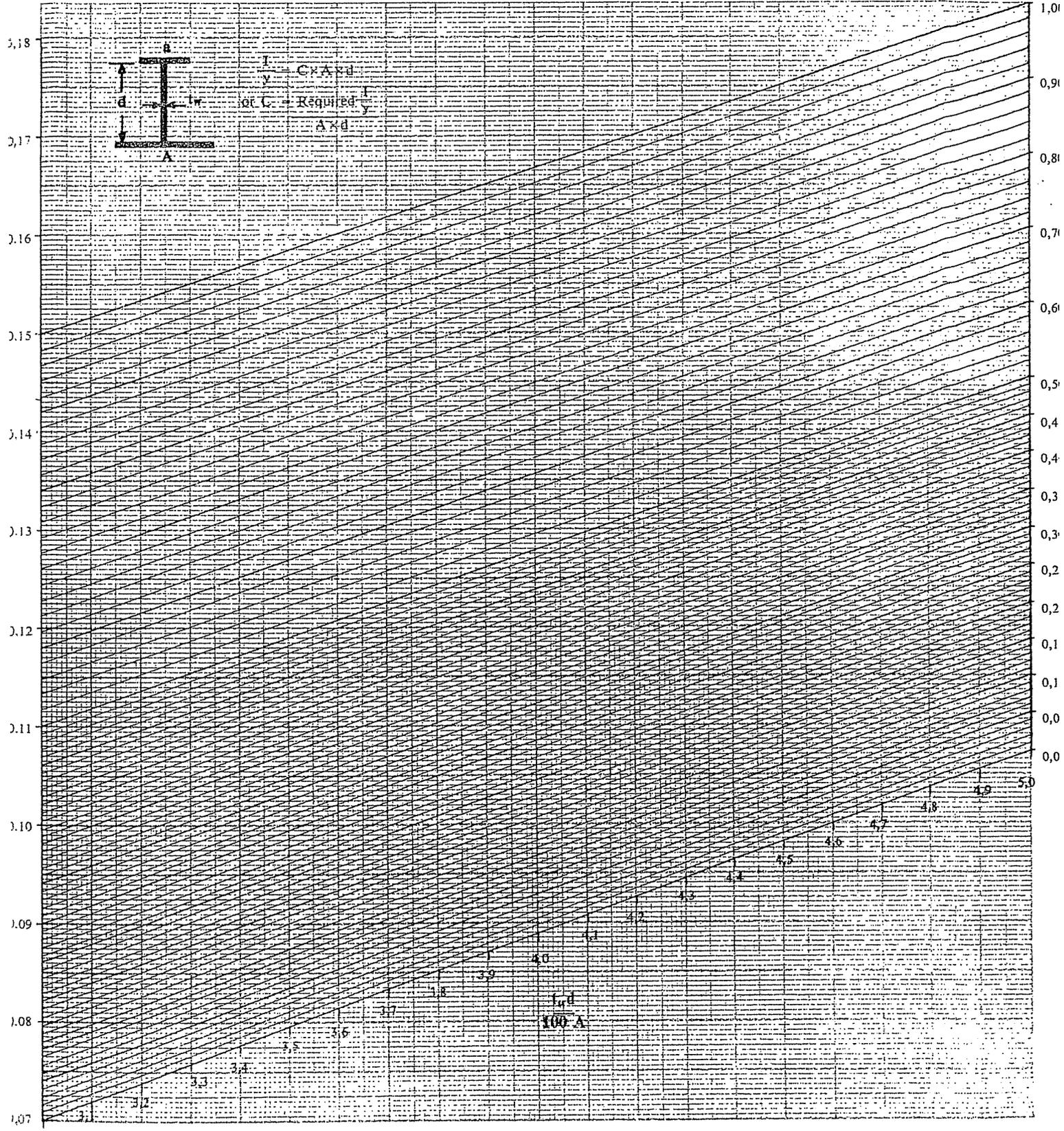
(Continued)

C



$$\frac{I}{y} = C_{rA} d$$

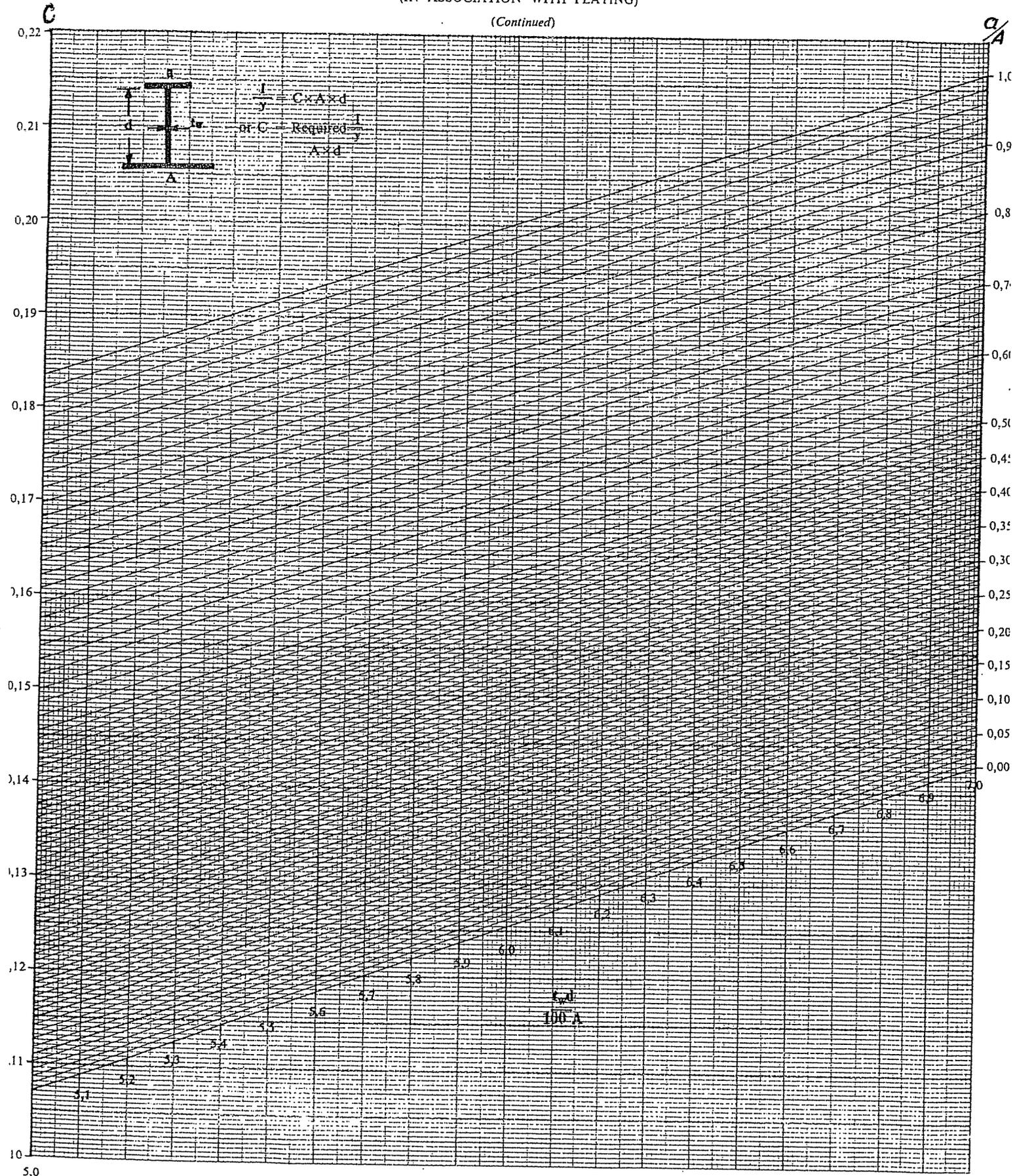
$$\text{or } C = \frac{I}{A d y} \text{ Required}$$



# SECTION MODULUS OF BUILT GIRDERS

(IN ASSOCIATION WITH PLATING)

(Continued)



LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

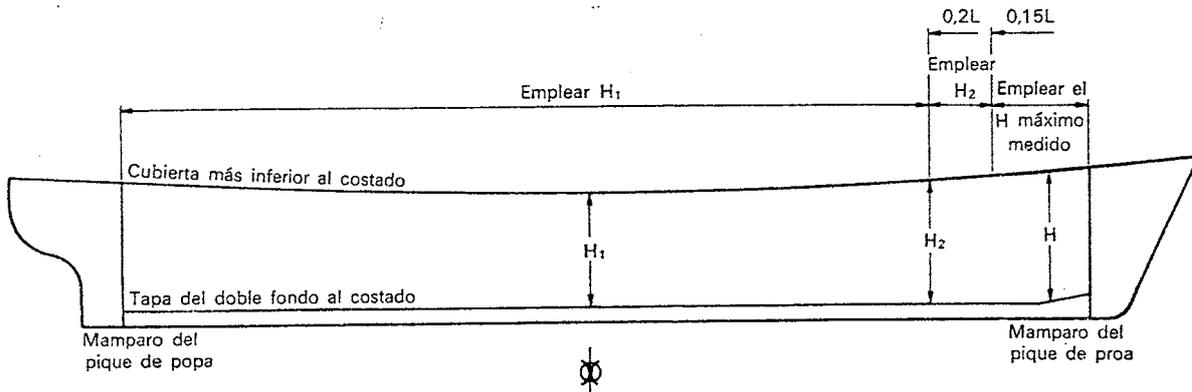


FIG. D 7.1—Medición de H en las cuadernas principales, teniendo en cuenta el arrufo.

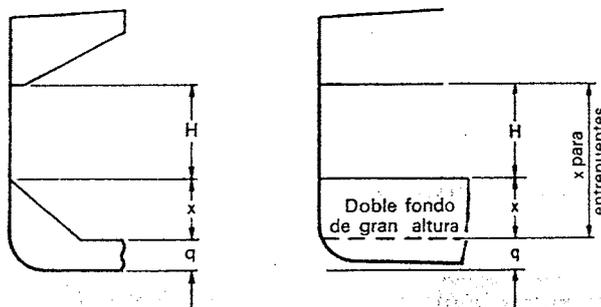
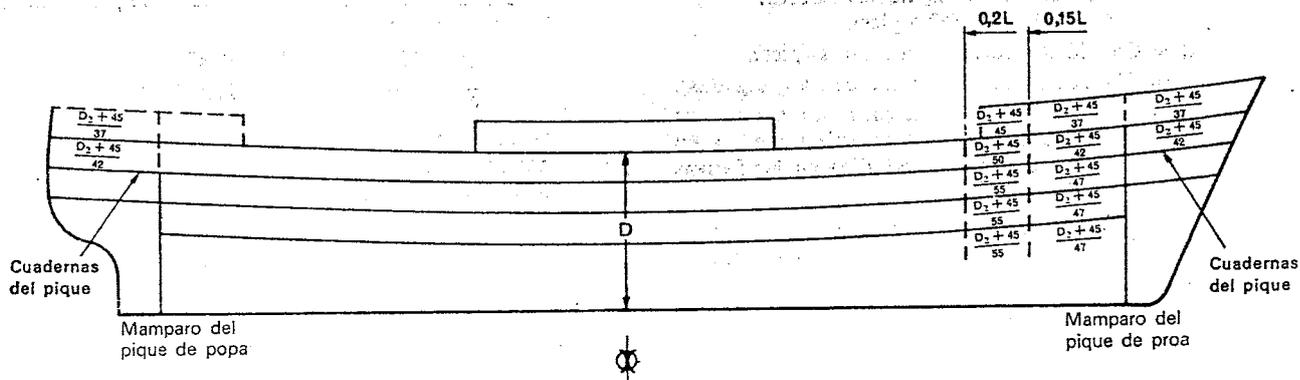
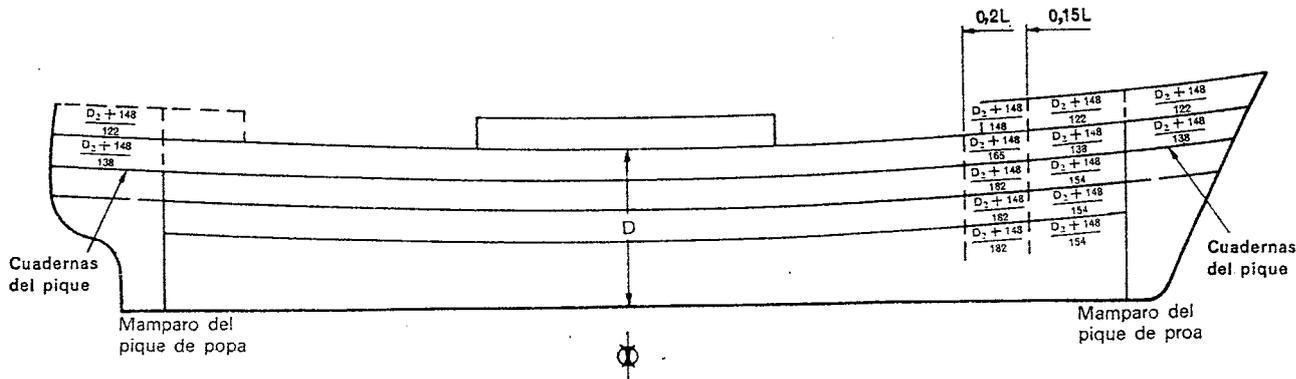


FIG. D 7.2—Medición de H, x y q cuando exista un tanque lateral de cántara o un doble fondo de gran altura. (En los entrepuentes debe medirse x excluyendo el arrufo.)

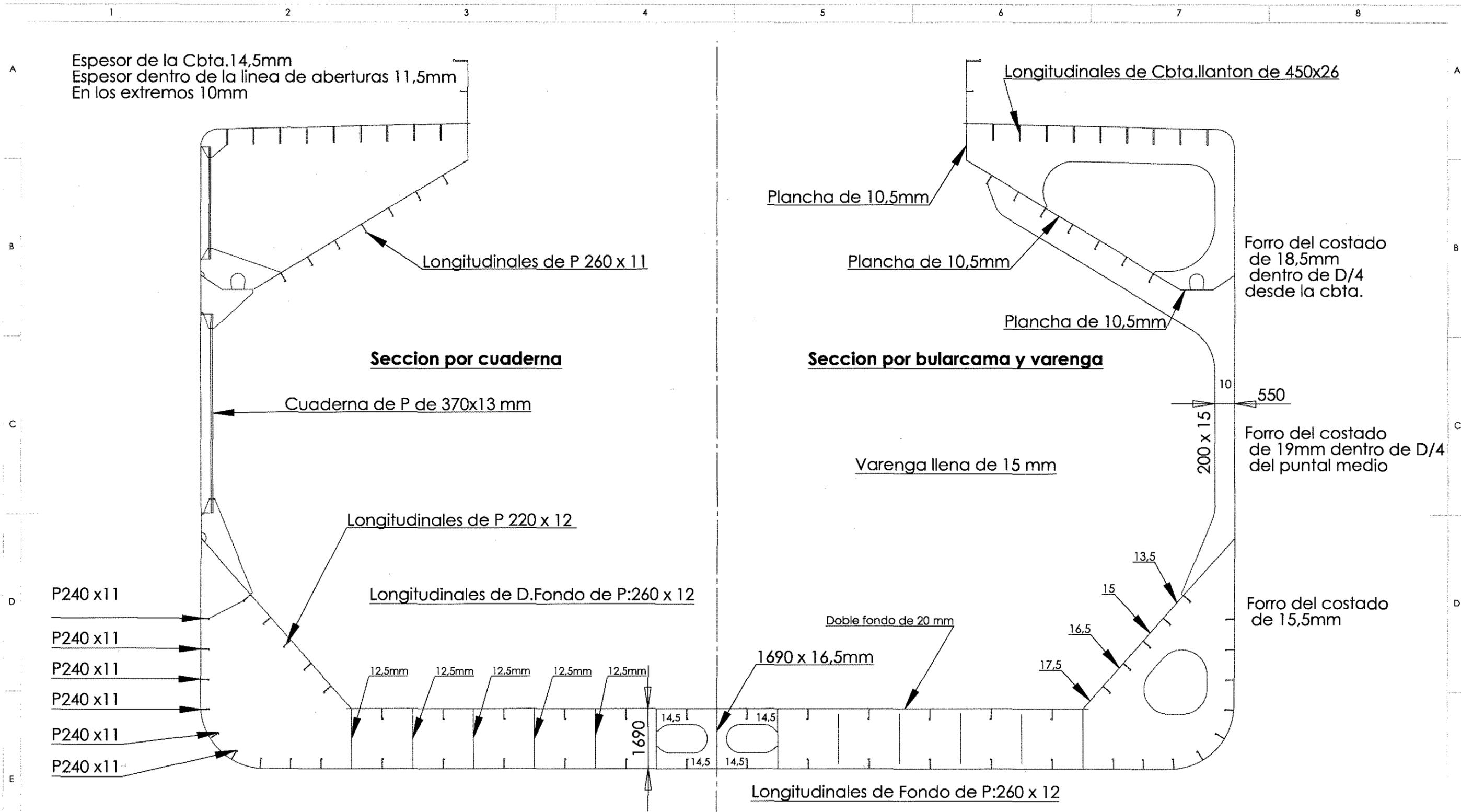


Unidades métricas



Unidades en pies

FIG. D 7.3—Indicando la distribución del factor f.



**Características principales:**  
 Eslora entre perpendiculares: 194 m  
 Manga: 29 m  
 Puntal: 18 m  
 Calado: 13,35 m

CALCULO DE LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL DE UN BULKARRIER DE 53.000 TPM  
 Y DE LOS ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL INFERIOR  
 DE UNA DE SUS BODEGAS DE MINERAL

CUADERNA MAESTRA

FIRMA		FECHA		
DIBUJADO	INTISSAR GRIQUIT	16/07/2009		
ESCALA: 1/100		HOJA: 1 DE 1		

