

Universidad de **Cádiz**

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

Análisis de la estructura básica de un petrolero  
de productos de 20.700 m<sup>3</sup>, comprobando  
el cumplimiento de los requerimientos  
actuales de la Sociedad de Clasificación  
Bureau Veritas

Constantino CARABAL LARRAONDO



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Abril 2008**



# ÍNDICE

<b>1 MEMORIA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Memoria descriptiva.....</b>	<b>7</b>
a) Alcance y objetivos del proyecto	
b) Antecedentes	
c) Normativa y reglamentación aplicable	
d) Descripción del proyecto y sus características	
e) Justificación de las soluciones adoptadas	
f) Conclusiones	
g) Materiales y equipos	
h) Bibliografía	
<b>1.2 Anexos a la memoria.....</b>	<b>89</b>
Anexo 1. Cálculos justificativos	
<b>2 PLANOS.....</b>	<b>331</b>
<b>3 PRESUPUESTOS.....</b>	<b>343</b>



# **MEMORIA**



## **1.1 Memoria descriptiva**



## **ÍNDICE**

a)	Alcance y objetivos del proyecto.....	11
b)	Antecedentes.....	12
c)	Normativa y reglamentación aplicable.....	14
d)	Descripción del proyecto y sus características.....	15
	d.1 Comprobaciones preliminares.....	16
	d.2 Cálculos reglamentarios.....	28
	d.3 Cálculo del escantillonado.....	50
e)	Justificación de las soluciones adoptadas.....	64
f)	Conclusiones.....	65
g)	Materiales y equipos.....	80
h)	Bibliografía.....	87



## **a) Alcance y objetivos del proyecto**

El objetivo de este proyecto es analizar la estructura básica de un petrolero de productos desde el punto de vista de una Sociedad de Clasificación, es decir, escantillonar el buque según el reglamento de una Sociedad.

Esto nos permitirá conocer el trabajo que se realiza en las Sociedades de Clasificación, solo en lo referente a la parte estructural, antes de dar al buque los certificados definitivos de clase, exigidos por las Administraciones, las compañías de seguros y los armadores.

Para tal efecto, se ha elegido un petrolero de productos de 20.700 m<sup>3</sup>. Este buque fue construido a mediados de los 90 y en su día fue clasificado por Det Norske Veritas.

El Astillero ha ofrecido este proyecto a un armador que quería construir un buque de este tipo, el cual ha comunicado su intención de clasificar el buque con Bureau Veritas. Por tanto, el Astillero ha de enviar los planos de la estructura básica del buque para que la Sociedad proceda a su aprobación y pertinente sellado.

El alcance de este proyecto es la realización de los cálculos necesarios para la aprobación de los planos de la estructura básica del buque bajo los requisitos del reglamento de Bureau Veritas vigente en la actualidad, que data de abril de 2007.

Los requerimientos reglamentarios de la parte de máquinas, electricidad, seguridad y salvamento, estabilidad, francobordo e impacto medioambiental, no son objeto de este proyecto.

## **b) Antecedentes**

Las sociedades de clasificación son organizaciones que establecen y aplican normas técnicas en relación al diseño, construcción e inspección de buques y plataformas offshore. La gran mayoría de buques son construidos e inspeccionados siguiendo las normas establecidas por las sociedades de clasificación. Estas normas se recogen en las llamadas Reglas o Reglamentos y son publicados por cada sociedad de clasificación.

Cuando un buque ha sido diseñado y construido según las reglas apropiadas de una sociedad de clasificación, puede obtener un certificado de clasificación de dicha sociedad. Tal certificado es una atestación de que el buque cumple con las reglas desarrolladas y publicadas por dicha sociedad de clasificación; no es un certificado de excelencia de cumplimiento de su propósito o de su buena navegabilidad.

En el mundo hay más de 50 sociedades de clasificación, diez de las cuales forman la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS). Las sociedades pertenecientes a la IACS, conjuntamente, clasifican alrededor del 94% del tonelaje comercial del mercado internacional mundial.

El papel de la clasificación y de las sociedades de clasificación fue reconocido en la Convención Internacional para la Seguridad de la Vida en la Mar (SOLAS) y en el protocolo de 1988 de la Convención Internacional de las Líneas de Carga.

Las reglas de clasificación son desarrolladas para asegurar la resistencia estructural y la integridad de las partes esenciales del casco del buque y sus apéndices, y la fiabilidad y funcionalidad de los sistemas de propulsión y gobierno, de generación de potencia y todos los sistemas auxiliares necesarios para mantener los servicios esenciales a bordo.

El origen de las sociedades de clasificación se remonta a la segunda mitad del siglo XVIII en el café Lloyd de Londres, donde los aseguradores marítimos desarrollaron un sistema para la inspección independiente del casco y el equipo de los buques a los que iban a asegurar. En 1760 se formó un comité para este propósito y el primer resultado visible de esta iniciativa fue el Libro de Registros de Lloyd (Lloyd's Register Book) para los años 1764, 1765 y 1766.

En ese tiempo se hizo un esfuerzo para clasificar la condición de cada buque con una periodicidad anual, según el estado del casco (clasificados como A, E, I, O o U, según la excelencia de su construcción y su mantenimiento en buen estado), y de los equipos (clasificados como G, M o B, del inglés Good, Middling y Bad, aunque más tarde esta nomenclatura fue sustituida por 1, 2 y 3). Por tanto la mejor clasificación era A1.

El concepto de clasificación se hizo popular en todo el mundo, y así, en 1828 se fundó en Amberes la primera sociedad de clasificación: Bureau Veritas (BV). Ésta se trasladó a París en 1832. En 1834 se fundó Lloyd's Register of British and Foreign Shipping (LRS), publicando ese mismo año reglas para la construcción e inspección de buques.

Posteriormente se fundaron Registro Italiano Navale (RINA) en 1861; American Bureau of Shipping (ABS) en 1862; Det Norske Veritas (DNV) en 1864; Germanischer Lloyd (GL) en 1867; Nipón Kaiji Kyokay (NK) en 1899; Russian Maritime Register of Shipping (RS) en 1913; China Classification Society (CCS) en 1956; Korean Register (KR) en 1960.

Las sociedades anteriormente nombradas son los miembros actuales de la IACS, que se fundó en 1968 con las siete sociedades más importantes de entonces. En 1969 la IMO (Organización Marítima Internacional), organización dependiente de la ONU, concedió a la IACS el estatus de órgano consultivo, y permanece como la única organización no gubernamental con título de observador que está autorizada a desarrollar reglas y aplicarlas.

Los Estados que abanderan buques están obligados a ejercitar efectivamente su jurisdicción y control en asuntos administrativos, técnicos y sociales sobre dichos buques. Las convenciones internacionales acuerdan que se establezcan unas normas uniformes para la facilitación de la aceptación de buques abanderados en un país, en aguas y puertos de otro. Estas normas son comúnmente conocidas como requerimientos estatutarios.

SOLAS permite a los Estados delegar las anteriores funciones en organismos reconocidos (RO). Todos los miembros de la IACS son Organismos Reconocidos por todos los Estados que forman parte de SOLAS, ya que las reglas de clasificación son una parte vital de la legislación estatutaria.

Además, las sociedades de clasificación tienen equipos de técnicos e ingenieros que atesoran una gran experiencia y pueden ser una gran ayuda a astilleros, oficinas técnicas y armadores para resolver problemas del diseño del buque.

### **c) Normativa y reglamentación aplicable**

El proyecto del buque debe estar de acuerdo con la normativa internacional vigente de la IMO (Organización Marítima Internacional) y también con la normativa particular de la Administración a la que pertenezca la bandera del buque.

Por tanto, la reglamentación que debe satisfacer este buque es la siguiente:

- Reglamento de Bureau Veritas, ed. Abril 2007.
- Código IBC (transporte de productos químicos a granel)
- SOLAS (seguridad de la vida en la mar)
- Reglamento de Líneas de Carga (arqueo y francobordo)
- MARPOL (prevención de la polución)
- Código USCG

## d) Descripción del proyecto y sus características

El proyecto consiste en comprobar que la estructura del buque propuesto cumple con las Reglas vigentes de Bureau Veritas (Abril de 2007). Por tanto, se procede a realizar el estudio de la estructura básica del petrolero de productos de 20.700 m<sup>3</sup>.

Para realizar el estudio de la estructura del buque es necesario hacer unas comprobaciones previas relativas a las notaciones de servicio y navegación, esloras reglamentarias, etc., que afectan tanto a la disposición general del buque, como a coeficientes que intervienen más tarde en el escantillonado del buque.

Además, el departamento de casco hace otras comprobaciones relativas a la disposición general del buque, para cumplimiento de normativas internacionales y que están recogidas en el Reglamento, tales como posición y número de mamparos y disposición de cofferdams.

Una vez realizadas estas comprobaciones previas, se realiza el escantillonado de la estructura del buque, que es el objeto principal de este proyecto. En el estudio de la estructura del buque consideraremos dos partes diferenciadas. En primer lugar se contempla el buque como una viga sometida a fuerzas cortantes y momentos flectores (**viga-buque**). Las fuerzas cortantes y los momentos flectores pueden ser estáticos, debidos a la distribución de pesos y empujes en aguas tranquilas y dinámicos, debidos a la posición del buque sobre la ola y a las aceleraciones producidas por los movimientos y giros respecto a los tres ejes coordenados.

Por otra parte, hay que considerar los elementos que constituyen la estructura que están sometidos a distintas sollicitaciones, en función de su situación en el buque. Este es el estudio de la **estructura local**. En este estudio se comprueba que las planchas, refuerzos ordinarios y refuerzos primarios, no sobrepasan las tensiones admisibles. Además se verificará la unión de todos los elementos por medio de soldadura. Los topes de las planchas de forro, cubiertas, mamparos, etc., se sueldan a plena penetración. Las uniones en ángulo entre elementos deberán estar de acuerdo con las prescripciones de Pt.B, Ch.12, sec.1.

Para este estudio se divide el buque en las siguientes partes: zona de carga, cámara de máquinas, pique de proa, pique de popa, superestructura y timón.

A continuación se describen los procesos y cálculos realizados más detalladamente.

## **d.1 COMPROBACIONES GENERALES**

### **Características principales**

#### **Tipo de buque**

Buque diseñado para el transporte de productos químicos, gases licuados y productos derivados del petróleo de 20700 metros cúbicos.

#### **Notaciones de clasificación**

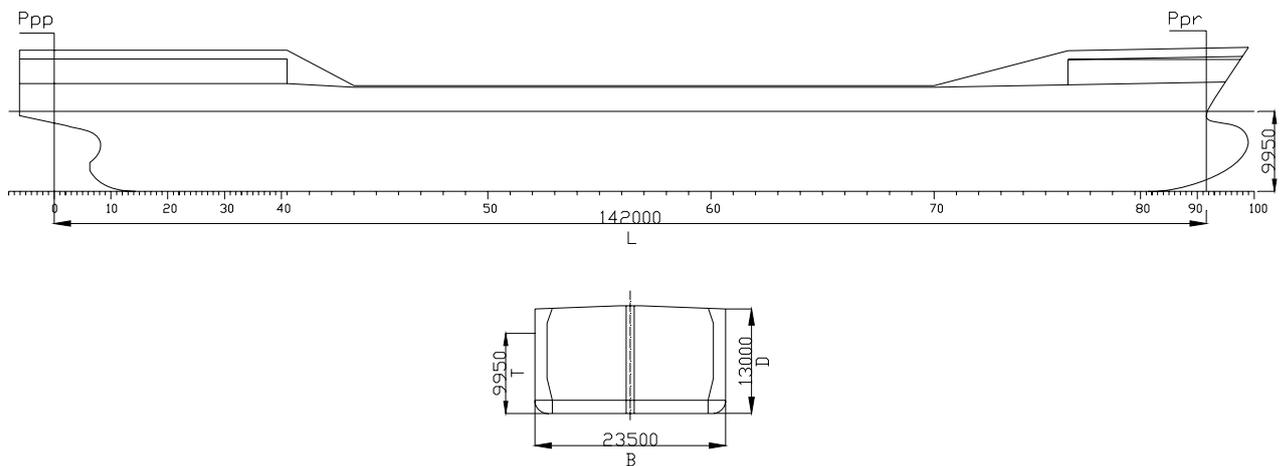
**I** ✕ **HULL** ✕ **MACH** .....(símbolos de clase, marcas de construcción)

**Oil tanker - Chemical tanker - ESP - Flash point > 60° C**  
.....(notaciones de servicio)

**Unrestricted navigation** .....(notación de navegación)

## Dimensiones principales

$L_{pp}$	Eslora entre perpendiculares .....	142,000	m
$L$	Eslora reglamentaria o de escantillonado * .....	142,000	m
$L_{LL}$	Eslora de francobordo * .....	142,580	m
$B$	Manga .....	23,500	m
$D$	Puntal .....	13,000	m
$T$	Calado de escantillonado .....	9,950	m
$C_b$	Coefficiente de bloque al calado $T$ .....	0,773	
$\Delta$	Desplazamiento al calado $T$ .....	26 173	Tm
$V_{AV}$	Velocidad .....	15,8	Nudos
$M_{SWM,H}$	Momento flector en aguas tranquilas, quebranto .....	686 490	kNm
$M_{SWM,S}$	Momento flector en aguas tranquilas, arrufo .....	392 280	kNm



# Materiales

## Aceros utilizados

Los aceros utilizados en la construcción del buque son los que se relacionan a continuación:

- NVA . . . . . Acero naval grado A de 235 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (1)
- UNS S 31803 . . Acero inoxidable naval de 470 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (2)
- NVD . . . . . Acero naval grado D de 235 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (3)
- NVE . . . . . Acero naval grado E de 235 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (4)
- NVA32 . . . . . Acero naval grado A de 315 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (5)
- NVE32 . . . . . Acero naval grado E de 315 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico (6)

## Distribución de los aceros en el buque

1. La generalidad del buque está construida con acero naval de grado A.
2. Los tanques de carga son de acero inoxidable para resistir la corrosión de algunos de los productos. Para evitar grandes espesores, se utiliza un acero cuyo límite elástico es de 470 N/mm<sup>2</sup>.
3. El acero naval de grado D tiene buena resistencia al choque (resiliencia) con probetas a baja temperatura, por lo que se emplea para cubiertas o mamparos que separan dos cámaras frías o en espesores grandes sometidos a fuertes solicitaciones.
4. El acero naval de grado E tiene buena resistencia al choque (resiliencia) con probetas a muy baja temperatura, por lo que se emplea para cubiertas o mamparos que separan dos cámaras frías y de grandes espesores. La calidad del acero que se debe utilizar en cada parte del buque se determina de acuerdo con Pt B, Ch 4, Sec 1.
5. El acero naval de grado A y de 315 N/mm<sup>2</sup> se emplea en zonas unidas al acero inoxidable.

6. El acero naval de grado E y de  $315 \text{ N/mm}^2$  se emplea en zonas sometidas a altas tensiones, o que los espesores sean grandes, o que las temperaturas de trabajo sean bajas. En el buque que nos atañe, ocurre esto en las planchas de doble fondo y doble casco que están en línea con los mamparos corrugados de bodegas.

En general, este tipo de buque suele tener el certificado de USCG. Por exigencia de este Organismo, debe tener las siguientes calidades:

- Trancanil .....calidad D
- Traca de cinta y pantoque .....calidad E
- Elementos unidos a los tanques de carga .....calidad E

## Cálculo de las esloras reglamentarias

### Eslora entre perpendiculares

En la Figura 1 (a) se observa que para el calado de trazado de 9,300 m la eslora entre perpendiculares, es decir, la distancia entre la cara de proa de la roda en su intersección con la flotación y el eje de la mecha del timón es de **142,000 m**.

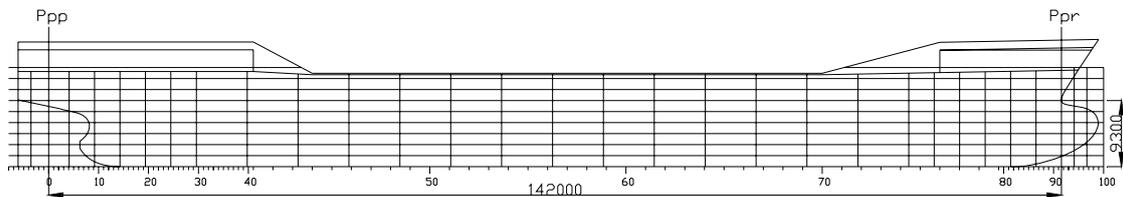


Figura 1 (a)

### Eslora de escantillado L

En la Figura 1 (b) vemos que para un calado de 9,950 m (calado de escantillado), debido a la inclinación de la roda, su intersección con la flotación se desplaza hacia proa 128 mm con lo que la eslora entre perpendiculares para el calado de escantillado es  $L_{pp} = 142,128 \text{ m}$ .

La eslora en la flotación, tal como se ve en la Figura 1 (b), es de 146,392 m.

De acuerdo con Pt B, Ch 1, Sec 2, § 3.1, en principio, la eslora L es la eslora entre perpendiculares, si bien no debe ser menor que el 96% de la eslora en la flotación

$$96\% L_{fl} = 0.96 \times 146,392 = 140,536 \text{ m}$$

Por otra parte, según el mismo párrafo, la eslora L puede no ser mayor que el 97% de la eslora en la flotación

$$97\% L_{fl} = 0.97 \times 146,392 = 142,000 \text{ m}$$

De los cálculos anteriores se deduce que la eslora  $L$  es igual a la eslora entre perpendiculares, es decir 142,000 m, ya que está comprendida entre el 96% y el 97% de la eslora, en la flotación del calado de escantillonado.

$$L = 142,000 \text{ m}$$

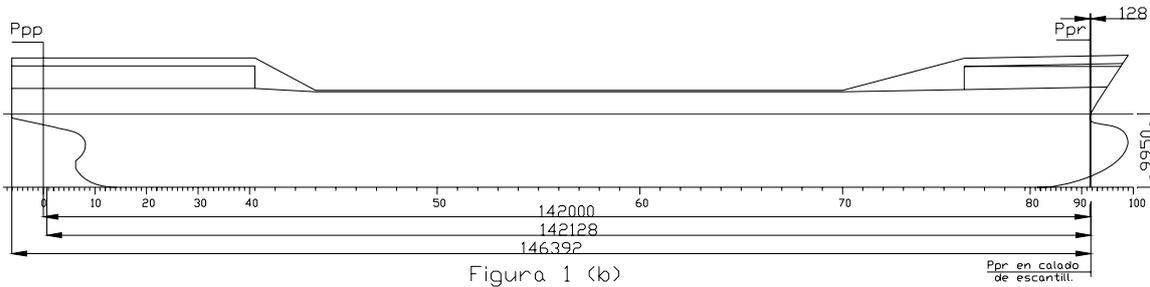


Figura 1 (b)

En el plano de cuaderna maestra, la eslora reglamentaria es  $L = 141,330 \text{ m}$ , por lo tanto hay que corregir este dato, fundamental para todos los cálculos.

### Eslora de francobordo $L_{LL}$

En principio, la eslora de francobordo  $L_{LL}$ , es la eslora entre perpendiculares para un calado  $T_{LL}$  igual al 85% del puntal del buque C, según Pt B, Ch 1, Sec 2, § 3.2.

$$T_{LL} = 0,85 \times 13,000 = 11,050 \text{ m}$$

En la Figura 1 (c) vemos que para un calado de 11,050 m,  $L_{pp} = 142,722 \text{ m}$  y la eslora en la flotación, es de 146,990 m.

De acuerdo con Pt B, Ch 1, Sec 2, § 3.2, la eslora  $L_{LL}$  no debe ser menor que el 96% de la eslora en la flotación

$$96\% L_f = 0,96 \times 146,990 = 141,110 \text{ m}$$

Es decir

$$L_{LL} = 142,722 \text{ m}$$

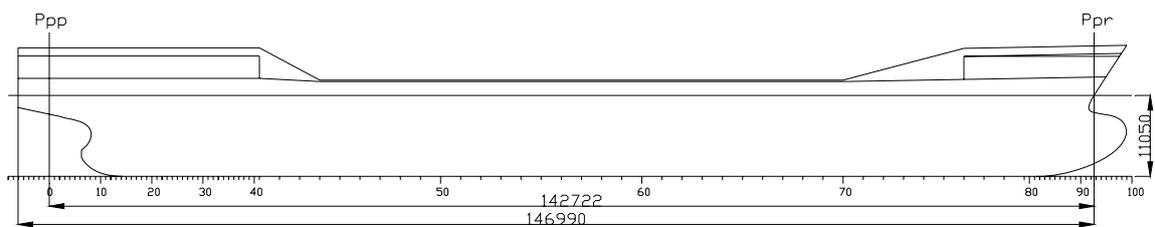


Figura 1 (c)

## Subdivisión longitudinal

### Número de mamparos transversales

Según Pt B, Ch 2, Sec 1, § 1, todos los buques deben subdividirse longitudinalmente por medio de mamparos transversales, cuyo número y disposición se indica a continuación.

- 1 mamparo de colisión o de pique de proa
- 1 mamparo de prensaestopas o de pique de popa
- 2 mamparos situados a proa y popa de la cámara de máquinas (1)
- El número total de mamparos se indica en la tabla siguiente

Length (m)	Number of bulkheads for ships with aft machinery (1)	Number of bulkheads for other ships
$L < 85$	3	4
$65 \leq L < 85$	4	5
$85 \leq L < 105$	4	5
$105 \leq L < 120$	5	6
$120 \leq L < 145$	6	7
$145 \leq L < 165$	7	8
$165 \leq L < 190$	8	9
$L > 190$	To be defined on a case by case basis	
(1) After peak bulkhead and aft machinery bulkhead are the same		

Como se ve en el plano de Disposición General y también en la Figura 2, el buque tiene el mamparo de prensaestopas en la cuaderna 11, el mamparo de proa de cámara de máquinas en la cuaderna 41, el mamparo de colisión en la cuaderna 79 y un número total de mamparos de trece.

Como el buque en cuestión tiene la notación de servicio Oil tanker, debe cumplir con lo indicado en Pt E, Ch 7, Sec 2.

En esta sección se indica lo siguiente:

- La zona de carga debe estar limitada a proa y a popa por sendos cofferdam. Sin embargo, la Sociedad de Clasificación, bajo ciertas condiciones, no requiere el cofferdam de proa, que separa la zona de carga del pique de proa.
- Los tanques de carga deben estar segregados de los espacios de acomodación, maquinaria, tanques de agua dulce o de consumos humanos.
- Los piques no deben ser usados como tanques de carga.
- Los tanques de doble fondo en la zona de carga, no deben ser usados como tanques de combustible.

En el plano de Disposición General y en la Figura 2 se observa que el buque cumple con todos los requerimientos.

### Posición del mamparo de colisión

Según Pt B, Ch 2, Sec 1, § 2.1 el mamparo de colisión debe estar situado a una distancia de la perpendicular de proa de francobordo ( $FP_{LL}$ ) comprendida el 5% de la eslora de francobordo ( $L_{LL}$ ) ó 10 m, el que sea menor,

$$5\% L_{LL} = 0,05 \times 142,722 = 7,136m$$

y el 8% de la mencionada eslora de francobordo ( $L_{LL}$ )

$$8\% L_{LL} = 0,08 \times 142,722 = 11,418m$$

Como se observa en la Figura 2, el mamparo de colisión, está situado a 9,522 m de la perpendicular de proa de francobordo ( $FP_{LL}$ ).

Por otra parte, se debe corregir la posición de la perpendicular de proa desde donde deberemos medir la posición del mamparo de colisión, debido a que el buque tiene bulbo, como se indica en Pt B, Ch 1, Sec 2, subpárrafo 2.1.2.

De acuerdo con lo anterior, la perpendicular desde la que se debe medir la posición del mamparo de colisión (Perpendicular corregida), debe estar situada a proa de  $FP_{LL}$ , a la menor de las tres distancias que se indican a continuación:

La mitad de la longitud del bulbo

$$\frac{l_B}{2} = \frac{4,444}{2} = 2,222m$$

El 1,5% de  $L_{LL}$

$$1.5L_{LL} = 1,5 \times 142,722 = 2,141m$$

A una distancia de

3m a proa de  $FP_{LL}$

La perpendicular en cuestión se situará, por tanto, a **2,141 m** a proa de  $FP_{LL}$ , tal como se puede ver en la Figura 2.

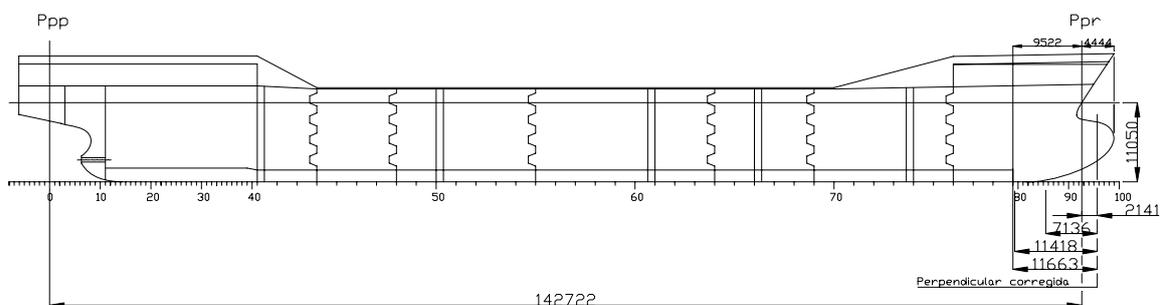


Figura 2

El mamparo de colisión queda fuera de los límites reglamentarios ; concretamente está situado a 0,245 m a popa del límite de popa.

Según Pt B, Ch 2, Sec 1, § 2.1.4. se puede aceptar que la distancia del mamparo de colisión a  $FP_{LL}$  sea mayor que la reglamentaria si, en caso de inundación del pique, ninguna parte de la cubierta de francobordo queda sumergida, o hay una pérdida de estabilidad inaceptable.

### **Mamparos de prensaestopas y de límites de Cámara de Máquinas**

En el plano de Disposición General, así como en la Figura 2, se observa que el mamparo de prensaestopas, que a la vez es el mamparo de popa de la Cámara de Máquinas, está situado en la cuaderna nº 11 y en la cuaderna nº 41, el mamparo que la limita por proa. Con esto se da cumplimiento a lo que prescribe el Reglamento en su Pt B, Ch 2, Sec 1, § 3. Además, en el mismo párrafo (3.1.2), se exige que la bocina debe estar en un espacio estanco de moderado volumen, para evitar que, en caso de avería de la misma no se inunde un gran espacio.

## **Disposición de Compartimentos**

### **Cofferdams**

Se deben disponer cofferdams, entre los tanques de combustible o de aceite lubricante y los tanques de agua dulce, ya sea potable, o agua dulce para motores y calderas.

También se dispondrán cofferdams, entre los espacios que contienen líquidos inflamables y la acomodación. Se permite, que una acomodación, esté situada sobre un tanque de combustible sin cofferdam, si la cubierta no tiene aberturas y se provee de una protección contra-incendios adecuada. Ver Pt B, Ch 2, Sec 2, § 2.

En el presente caso, el buque cumple con las prescripciones, como se ve en el plano de Disposición General.

### **Doble fondo**

El buque dispone de un doble fondo que se extiende entre el mamparo de colisión y el mamparo de prensaestopas, como prescribe el Reglamento en Pt B, Ch 2, Sec 2, § 3.

La altura mínima del doble fondo, de acuerdo con Pt B, Ch 4, Sec 4, § 4.2, es la siguiente:

$$h_{DF} = 3 \frac{B+T+10}{100} = 3 \frac{142+9.95+10}{100} = 1,620m$$

Por otra parte, para prevenir la polución, el doble fondo debe tener una altura, no menor, que la indicada en Pt E, Ch 7, Sec 2, § 3, que es como sigue:

$$h_{DF} = \frac{B}{15} = \frac{23,500}{15} = 1,567m$$

La altura real del doble fondo del buque es de 1,640m, por lo que cumple con ambas prescripciones.

### **Doble casco**

De acuerdo con Pt D, Ch 8, Sec 2, § 3 (notación Chemical Tanker) del Reglamento de BV que a su vez nos remite al Ch 2, § 2.6.1 IBC CODE REFERENCE, los tanques de carga deben estar a una distancia mínima del forro exterior, que se describe a continuación:

- Para productos tipo 1 (peligro medioambiental muy severo):

La menor de B/5 o 11,5 m:

$$\frac{B}{5} = \frac{23,5}{5} = 4,7m$$

Por tanto, los tanques destinados a transportar productos tipo 1 deben ser los centrales, que como se observa en la figura, cumple con lo establecido.

- Para productos tipo 2 (peligro medioambiental apreciablemente severo):

No menos de 760mm, por lo que, como se observa en el esquema siguiente, cumple el buque.

- Para productos tipo 3 (peligro medioambiental suficientemente severo):

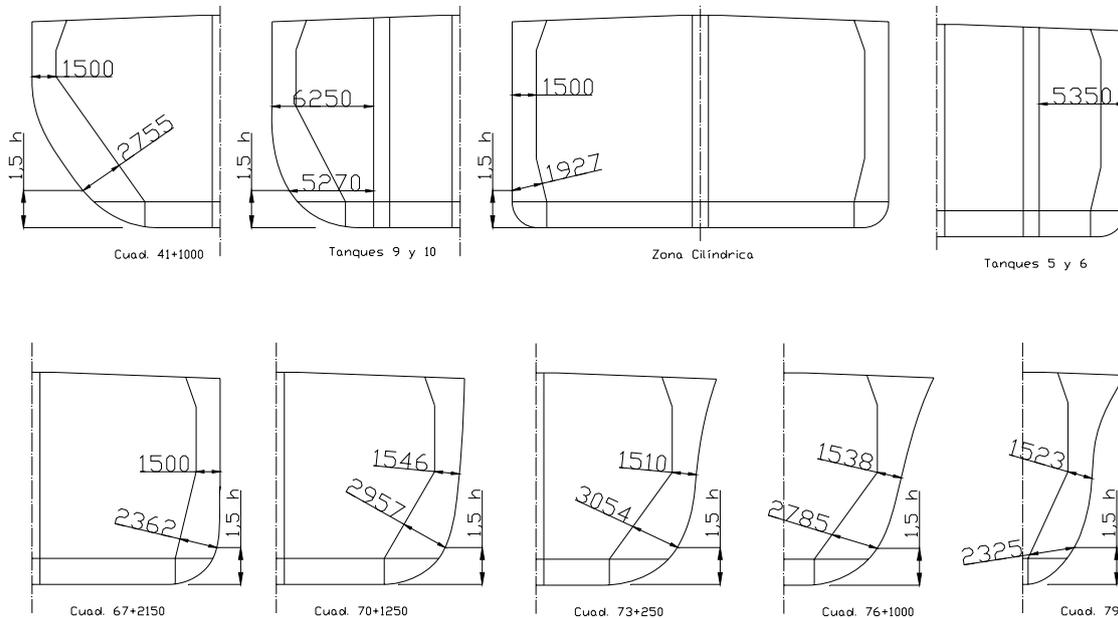
No tiene requerimientos

De acuerdo con Pt D, Ch 7, Sec 2, § 3 (notación Oil Tanker) del Reglamento de BV, los tanques de carga deben estar a una distancia mínima del forro exterior, que se describe a continuación:

La menor de 2 m y w, donde:

$$w = 0,5 + \frac{DW}{20000} = 0,5 + \frac{20000}{20000} = 1,5m$$

Por lo que, como se observa en el esquema siguiente, cumple el buque.



## Tanques de combustible

La disposición del almacenaje, distribución y utilización del combustible debe ser tal, que preserve la seguridad del buque y de las personas que están a bordo, como se indica en Pt B, Ch 2, Sec 2, § 8.

En general, en la medida de lo posible, los tanques de combustible se dispondrán fuera de la cámara de máquinas y de los locales tipo A.

En caso de que, necesariamente, se tenga que disponer un tanque de combustible adyacente a los locales mencionados anteriormente, se procurará que la zona de contacto sea lo más pequeña posible.

Sin embargo, si el punto de inflamación del combustible es inferior a 60°C, no se permitirán tanques adyacentes.

Se debe evitar que, en caso de derrame o filtración, caiga el combustible sobre una superficie caliente.

En las cámaras de calderas se evitará que los tanques de combustible estén situados encima de las calderas.

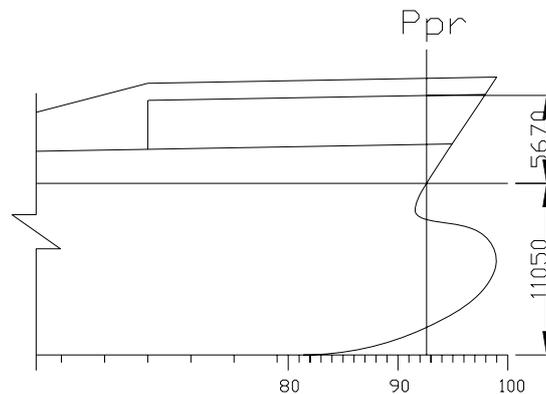
## Altura mínima en proa

Según Pt B, Ch 2, Sec 2, § 3, la altura mínima en proa de los buques sujetos a las prescripciones de *International Convention on Loadline*, se deduce de:

$$F_b = \left[ 6075(L_{LL}/100) - 1875(L_{LL}/100)^2 + 200(L_{LL}/100)^3 \right] \times \left[ 2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129(L/T_1) \right]$$

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L_{LL}}{2} \times B} = \frac{1451}{\frac{142,722}{2} \times 23,5} = 0,865$$

$$F_b = \left[ 6075(142,722/100) - 1875(142,722/100)^2 + 200(142,722/100)^3 \right] \times \left[ 2,08 + 0,609 \times 0,773 - 1,603 \times 0,865 - 0,0129(142/11,05) \right] = 5423,7mm$$



En la figura de la parte superior se observa que se cumple el requisito del párrafo indicado

## Disposición de Accesos

Todos los espacios cerrados del buque tienen que ser visitables y para ello se disponen accesos y pasos de hombre, tal como se indica en Pt B, Ch 2, Sec 3.

### Doble fondo

La tapa del doble fondo, como se trata de un plano horizontal, puede tener los accesos cuadrados con un lado mínimo de 400 mm. La zona de tanques de carga, debido al tipo de la misma, se considera zona peligrosa y las dimensiones del acceso deben ser de 600 mm x 600 mm. Estas dimensiones son las apropiadas para poder evacuar una persona herida con un aparato de respiración.

Varengas

Los pasos de hombre en las varengas deben tener una altura máxima del 50% de la altura del doble fondo. En la zona peligrosa, los pasos de hombre deben tener unas dimensiones de 800 mm x 600 mm, por la misma razón indicada en el párrafo anterior.

### **Tanques de carga**

Los tanques de carga, deben estar provistos de accesos y pasos de hombre iguales a los indicados para el doble fondo.

### **Accesos al local del servo**

El local del servo debe estar separado de la cámara de máquinas. Por otra parte, debe tener los accesos del tamaño suficiente para que permitan el mantenimiento del servo.

## d.2 CÁLCULOS REGLAMENTARIOS

### La viga-buque

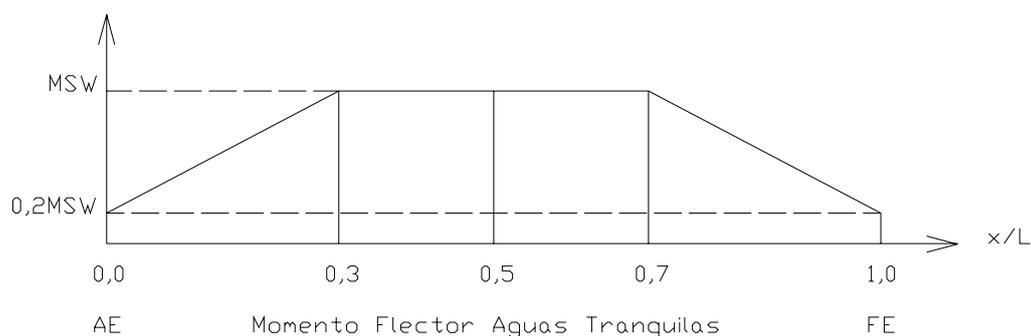
#### Fuerzas cortantes y momentos flectores en aguas tranquilas

Las fuerzas cortantes y los momentos flectores en aguas tranquilas, se deben calcular a partir de la distribución de pesos fijos y empujes.

Es normal, sin embargo, que al principio del proyecto, todavía no estén bien definidos todos los elementos del buque y, por tanto, no se conoce de forma fiable la distribución de los pesos fijos. En este caso, se parte de unos valores que puede estimar el astillero, en función de otros buques similares o se utilizan los valores que el Reglamento calcula de forma estadística.

En este caso, el Reglamento proporciona una distribución teórica, que es función del momento estimado o dado por el Reglamento.

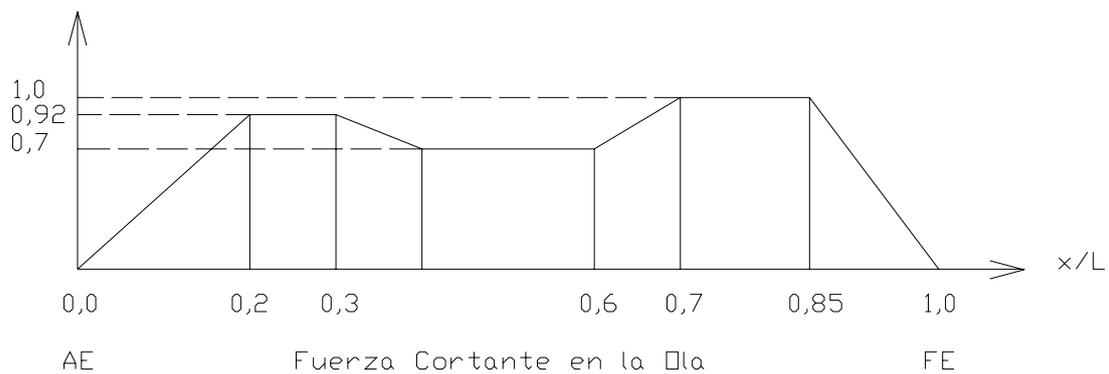
En la figura siguiente se puede ver la distribución teórica del momento, como indica el Reglamento Pt B,Ch 5, Sec 2, § 2.2.



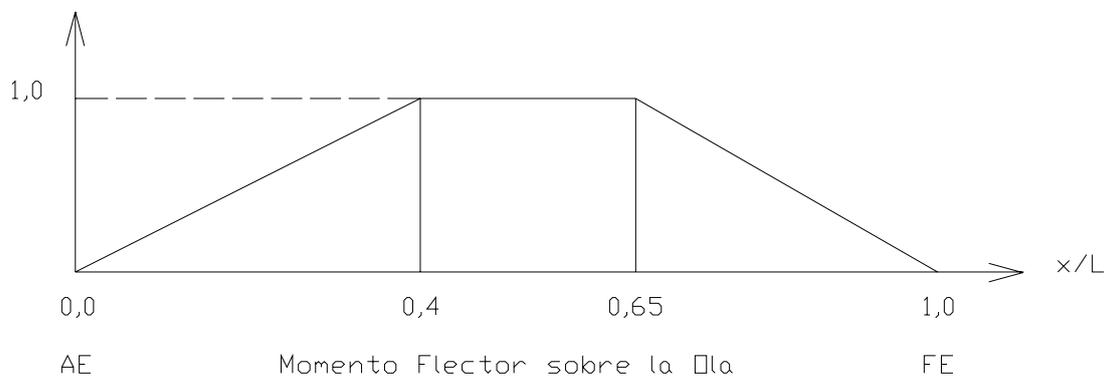
Para buques pequeños y medianos teniendo, además como en nuestro caso, doble casco, la fuerza cortante es irrelevante.

#### Fuerzas cortantes y momentos flectores y de torsión en la ola

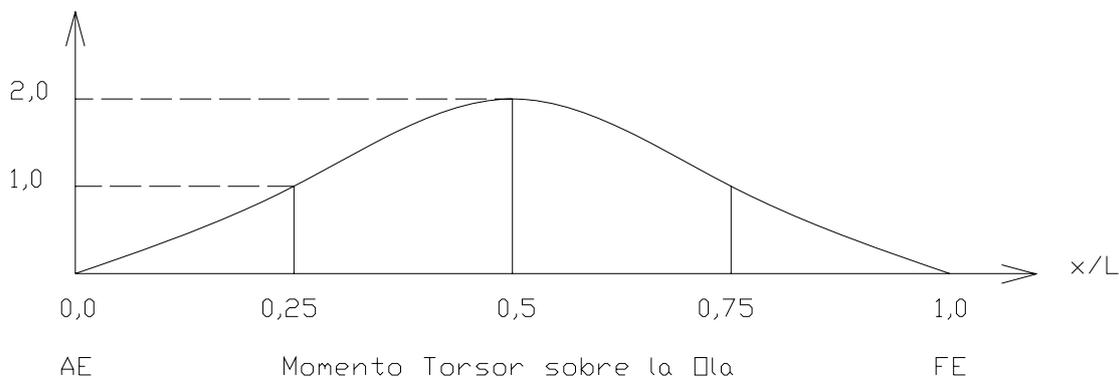
Las fuerzas cortantes en la ola y su distribución, se calculan de forma estadística, de acuerdo con las características del buque de acuerdo con Pt B,Ch 5, Sec 2, § 3.4.



Los momentos flectores en la olla y su distribución, se calculan de forma estadística, de acuerdo con las características del buque de acuerdo con Pt B, Ch 5, Sec 2, § 3.1.



Los momentos de torsión y su distribución, se calculan de forma estadística, de acuerdo con las características del buque de acuerdo con Pt B, Ch 5, Sec 2, § 3.3.



El momento de torsión solo es importante para grandes buques con grandes aberturas en cubierta, como ocurre en los porta-contenedores.

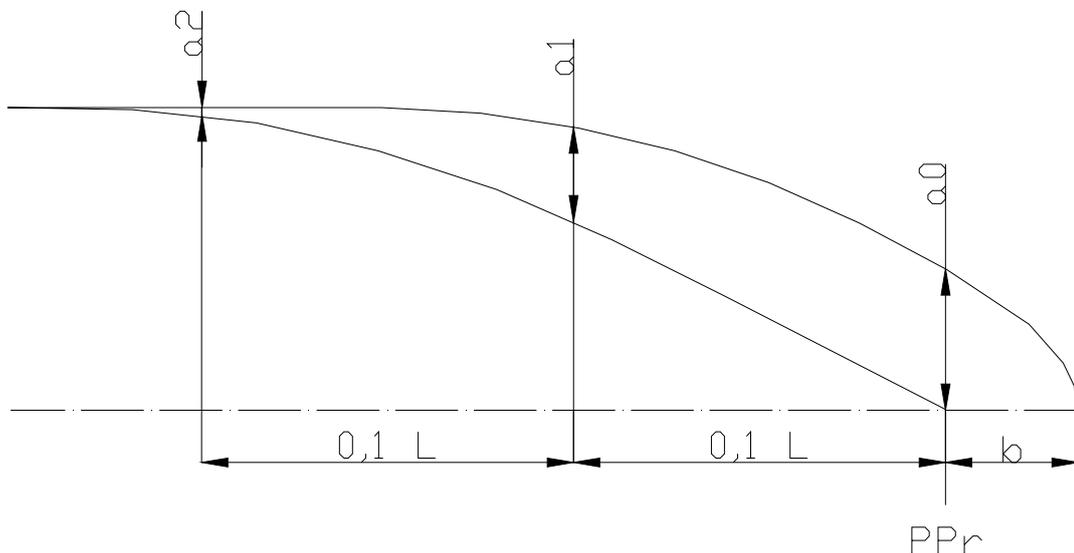
## Incremento del momento flector en arrufo por impacto en proa

De acuerdo con Pt B, Ch 5, Sec 2, § 4 los efectos del impacto sobre el “abanico” debe ser considerado en los siguientes casos:

- $120 \leq L \leq 200$  m
- $V \geq 17,5$  nudos
- $100FA_S > 1$

Donde:

- F es el número de Froude
- $A_S$  es la proyección del área del abanico comprendida entre la parte superior de la amurada y el calado, calculada como se ve en la figura



## Módulo de la viga-buque $Z_A$

Una vez conocidas las magnitudes de fuerzas y momentos se calcularán los valores del **módulo de la Viga-Buque  $Z_A$** , a lo largo de la eslora, en los puntos que se consideren críticos, y se comprobará que las tensiones resultantes no sobrepasan lo indicado en Pt B, Ch 6, Sec 2.

Para el cálculo del módulo de la viga-buque, se consideran los elementos longitudinales continuos.

Todo lo anteriormente dicho se calculará utilizando el programa MARS de Bureau Veritas. Los cálculos detallados se pueden ver en el anexo 1, los resultados se muestran a continuación:

La **distribución reglamentaria de los momentos flectores y fuerzas cortantes** en aguas tranquilas y sobre la ola, viene dada en Pt B,Ch 5, Sec 2, y es calculada por el MARS, tal como se muestra a continuación.

**Hull Girder Loads Distribution**  
(SWBM based on Builder's Proposal)

**Vertical Bending Moments - Hogging Condition**

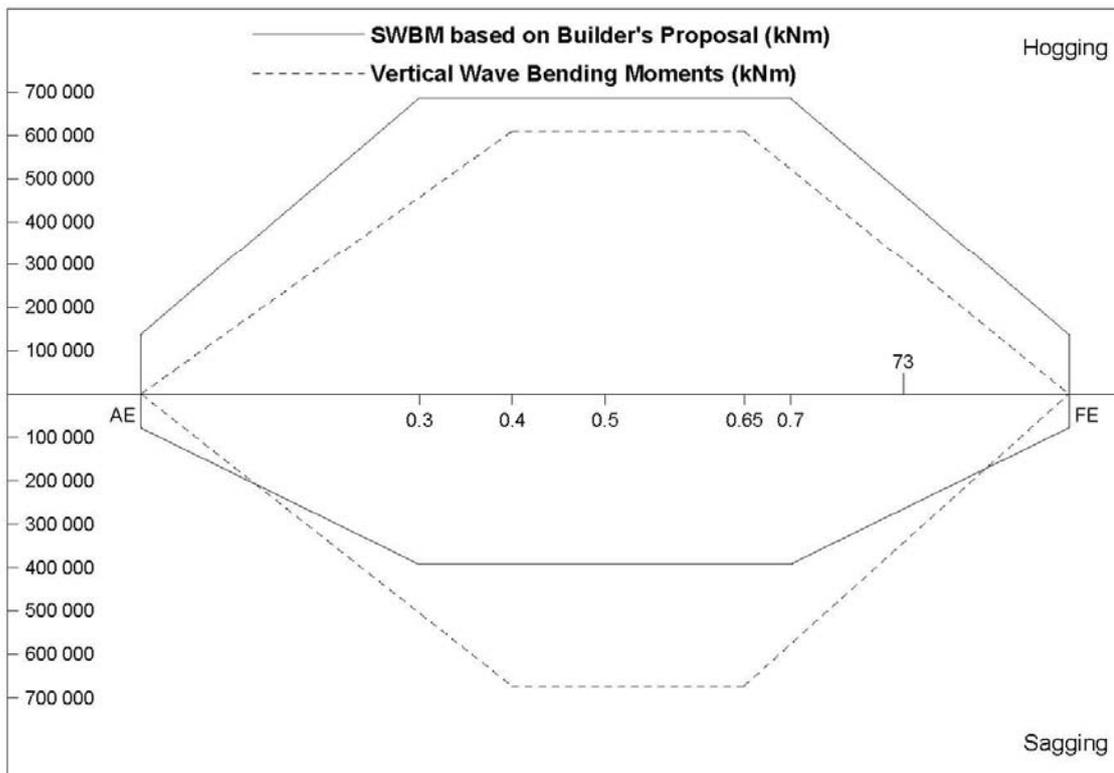
Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
116.700	116.700	463461.3	310486.5	773947.8
73	116.700	463461.2	310486.4	773947.6

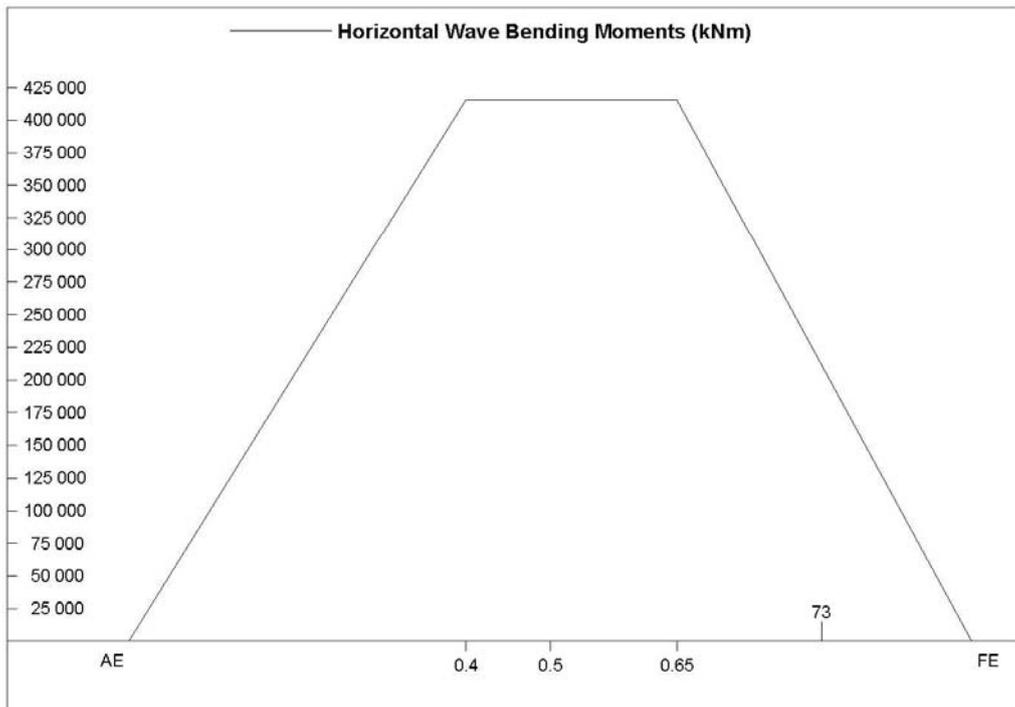
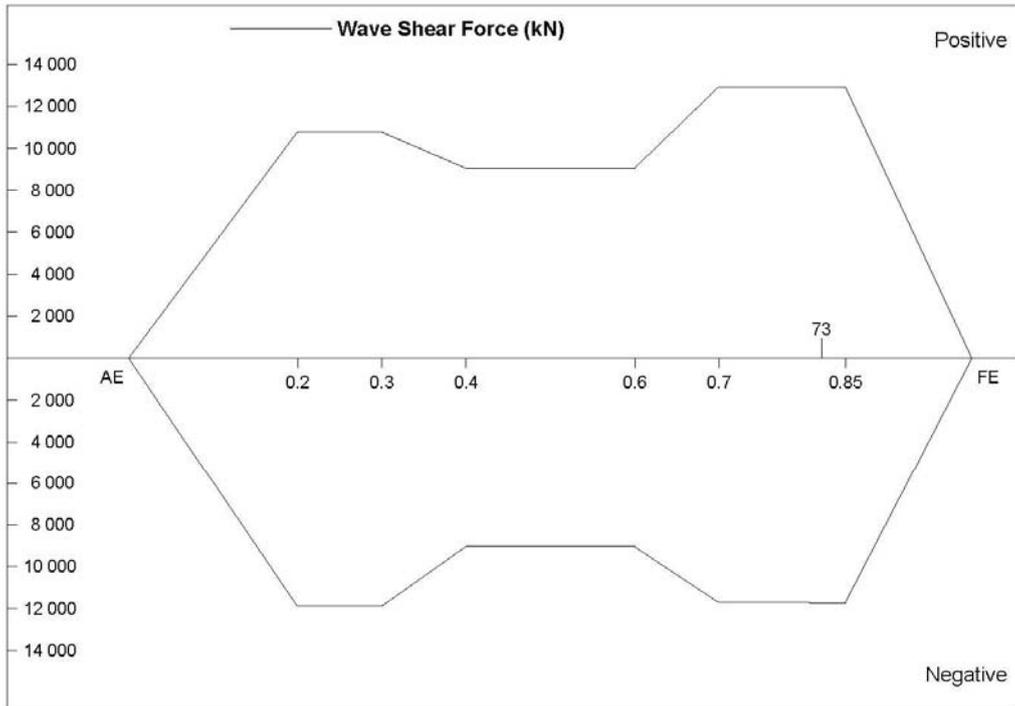
**Vertical Bending Moments - Sagging Condition**

Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
116.700	116.700	264835.0	342535.1	607370.1
73	116.700	264835.0	342534.9	607369.9

**Wave Shear Forces and Horizontal Wave Bending Moments**

Frame n°	X (m)	Shear Force Positive (kN)	Shear Force Negative (kN)	Horizontal Wave Bending Moments (kNm)
116.700	116.700	12923.5	11714.4	211589.3
73	116.700	12923.5	11714.4	211589.2





Esta distribución se basa en valores estadísticos y en el valor máximo del Momento en aguas tranquilas que figura en los datos, que en este caso ha sido suministrado por el Astillero.

El **Módulo Reglamentario de la Maestra** viene dado en Pt B,Ch 6, Sec 2, § 4 y su cálculo también está contemplado en el MARS.

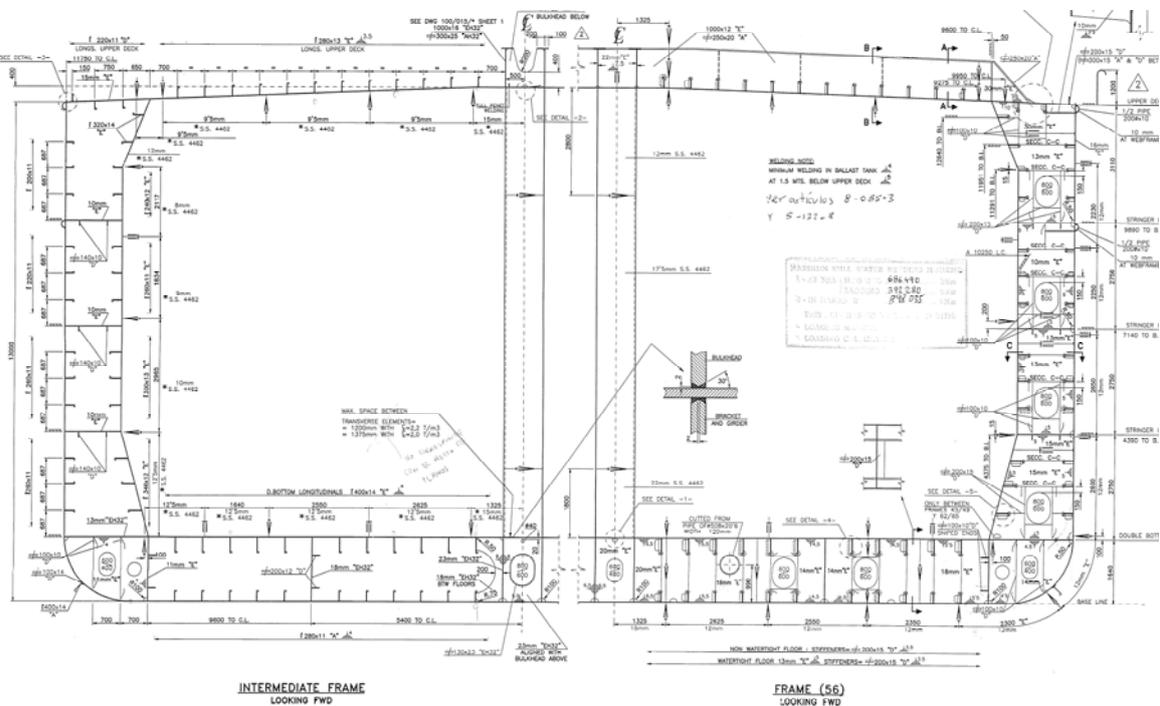
El Módulo Mínimo de la Maestra es función de las dimensiones principales del buque y, en ningún caso, el Módulo del buque debe ser inferior a este valor reglamentario. Por otra parte, el módulo debe ser suficiente para soportar el Momento Flector máximo, tanto en arrufo como en quebranto.

Los módulos mínimos y los basados en los momentos en aguas tranquilas se calcula también en esta parte preliminar y sus valores son los que aparecen a continuación:

### Rule Section Moduli ( $m^3$ ) Amidship - X = 71.000 m

	Deck	Bottom
Minimum section modulus . . . . .	6.1171	6.1171
Modulus based on design SWBM, Hog (686490 kNm) . . .	7.4081	7.4081
Modulus based on design SWBM, Sag (392280 kNm) . . .	6.0867	6.0867
Rule Modulus . . . . .	7.4081	7.4081

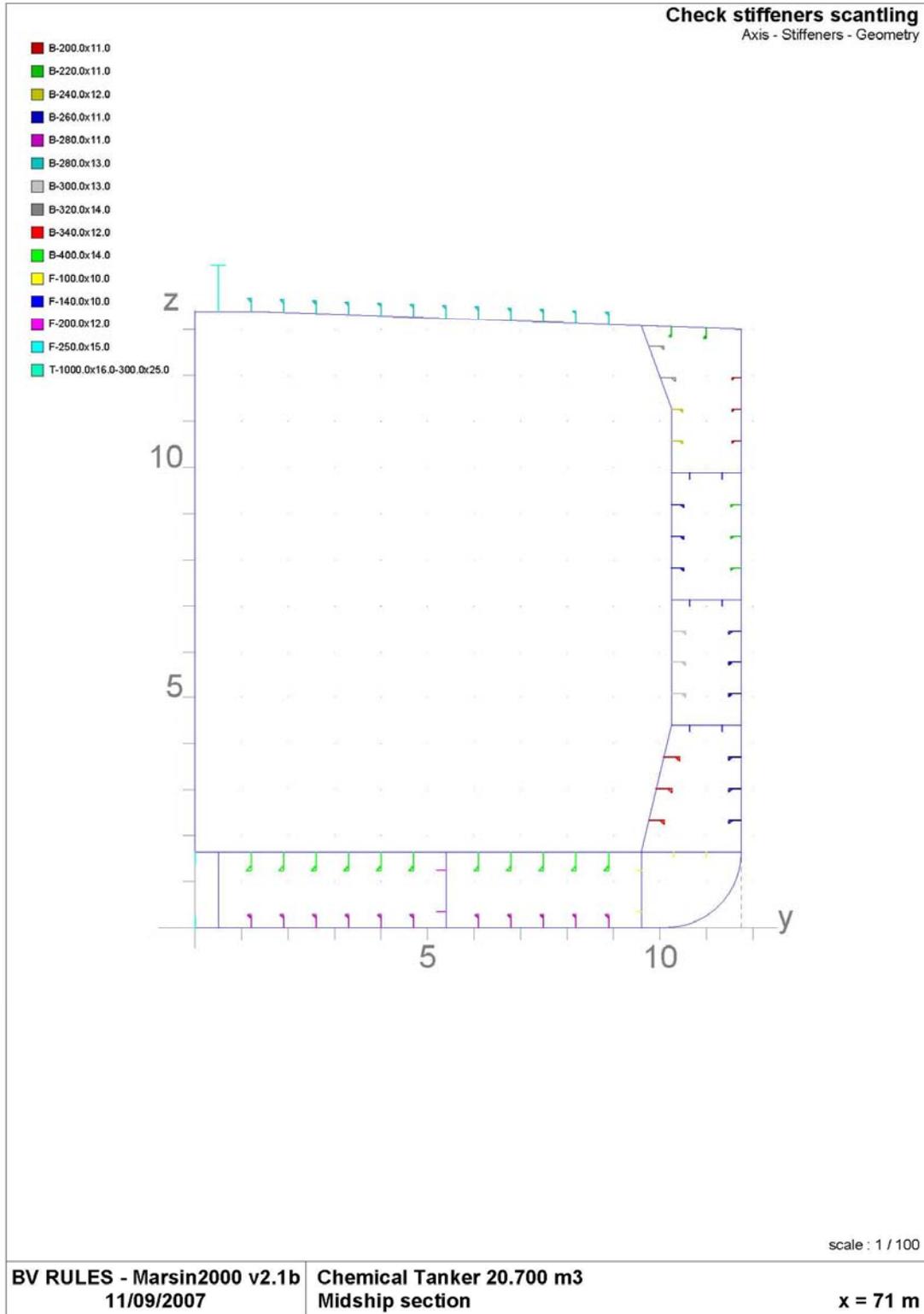
### Sección maestra:



A partir de esta sección y del plano de formas se introduce la geometría y el escantillonado de los elementos que figuran en el plano que se ha representado en la figura anterior.

En la siguiente figura se muestra la sección maestra modelada en el programa MARS, donde aparece el escantillón de los elementos longitudinales de la sección. El resto de datos introducidos se pueden ver en el anexo 1.

**Sección maestra MARS:**



**Resultados del MARS:**

**Section moduli and Inertia**

X section . . . . .	71.000 (m)
X mid - 0.2 L . . . . .	42.600 (m)
X mid + 0.2 L . . . . .	99.400 (m)

**Rule section moduli**

Minimum section modulus (k=1, n<sub>1</sub>=1) . . . . . 6.1171 (m<sup>3</sup>)

	Deck	Bottom
Minimum section modulus . . . . .	6.1171	6.1171
Modulus based on design SWBM, Hog ( 686 490.0 kNm) . . . . .	7.4081	7.4081
Modulus based on design SWBM, Sag (- 392 280.0 kNm) . . . . .	6.0867	6.0867
Rule Modulus . . . . .	7.4081	7.4081

**Check of section moduli and inertia**

	Rule	Actual
Deck ( 13.000 m)	7.4081	7.9332
Bottom ( 0.000 m)	7.4081	10.5771
Inertia	26.0590	58.9311

Warning: Mars has detected that it may be needed to check modulus at top of continuous member above strength deck. Please, check your input "Depth at top of continuous member" in Main Section Data.

**Check of Net/Gross Moduli**

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck . . . . . ( 13.000 m)	7.9332	7.4413	93.8
Bottom . . . . . ( 0.000 m)	10.5771	9.6665	91.4

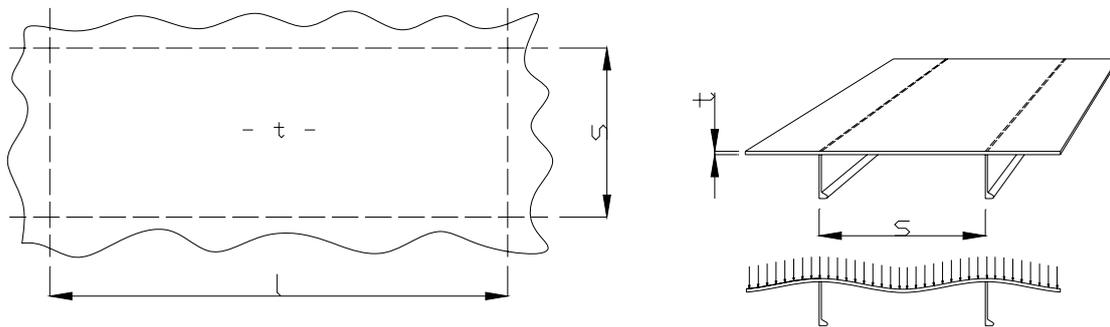
Como se ve, las inercias y los módulos, cumplen suficientemente con los requerimientos del Reglamento.

## Estructura local

Fundamentalmente, la estructura del buque está constituida por **planchas, refuerzos ordinarios y refuerzos primarios**. El Reglamento de la Sociedad de Clasificación indica, por medio de fórmulas y prescripciones, la manera de determinar el escantillonado de todos los elementos.

### Planchas

En general, las planchas están reforzadas por medio de refuerzos ordinarios y primarios que forman rectángulos como los de la figura siguiente.



La mayor parte de las planchas están sometidas a una **presión lateral** que puede ser **hidrostática** que, como ocurre en el fondo y costados del buque, es debida al calado. También los mamparos de los tanques de carga, de lastre o de combustible están sometidos a una presión lateral hidrostática.

En ocasiones, la **presión lateral** es debida a una **carga uniforme**, como ocurre en las cubiertas de carga general o a una **carga puntual**, como ocurre en las cubiertas que deben soportar **cargas rodantes**.

Hay planchas, como las varengas no estancas, que no están sometidas a una carga lateral. En este caso concreto, las varengas constituyen el alma de un refuerzo primario y deben ser tratadas de forma diferente.

En el caso de planchas que soportan una carga lateral, que es el más común, se calcula su espesor  $t$  (thickness) en función de la separación de refuerzos  $s$  (spacing) de la presión  $p$  a que está sometida la plancha y del límite elástico del material  $R_{eH}$ .

Hay otras planchas, como los mamparos interiores de superestructura para las que, el Reglamento solo da espesores mínimos.

Otras planchas, como las de los polines del motor principal, en las que el Reglamento calcula su escantillonado en función de las recomendaciones de los fabricantes.

Las planchas sometidas a una presión lateral se comportan como vigas continuas y, por tanto, como se observa en la figura anterior, como vigas empotradas en sus extremos.

Las fórmulas para el cálculo del espesor de las planchas proceden de considerar un ancho unitario a la viga-forro.

El momento máximo de estas vigas es el siguiente:

$$M = -\frac{Ps^2}{12}$$

P es la carga lineal que, para un ancho unitario de la plancha es:  $P = p \times 1 = p$

El módulo necesario es:  $W = \frac{M}{\sigma}$ ; donde  $W = \frac{1 \times t^2}{6}$ ; por tanto  $\frac{t^2}{6} = \frac{ps^2}{12\sigma}$  de

donde 
$$t = \frac{1}{2} s \sqrt{\frac{p}{\alpha}}$$

En general, las fórmulas del Reglamento son de la forma anterior, pero están afectadas por coeficientes para tener en cuenta las sollicitaciones especiales a las que está sometido el buque. Como ejemplo, comentamos la fórmula para el cálculo del espesor de una plancha que está reforzada longitudinalmente.

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{\lambda_L R_y}}$$

Donde

- $l$  separación de refuerzos primarios
- $s$  separación de refuerzos ordinarios
- $p_s$  presión estática
- $p_w$  presión dinámica
- $R_y$  límite elástico del material

y los coeficientes

14,9 coeficiente para homogeneizar las unidades utilizadas

$c_a$  coeficiente que tiene en cuenta la relación  $s/l$  del rectángulo de refuerzo

$c_r$  coeficiente que tiene en cuenta la curvatura de la plancha

$\gamma_R$  coeficiente de seguridad de resistencia (presión de impacto, colisión, etc)

$\gamma_m$  coeficiente de seguridad del material

- $\gamma_{S2}$  coeficiente de seguridad de la presión en aguas tranquilas
- $\gamma_{W2}$  coeficiente de seguridad de la presión en la ola
- $\lambda_L$  coeficiente función de la tensión  $\sigma$  de la viga-buque

Al valor del espesor calculado según la fórmula anterior, hay que añadir el aumento por corrosión que es función del lugar del buque donde está situada la plancha y que viene dado en la Tabla 2 de Pt B,Ch 4, Sec 2.

Las planchas de tanques que deben ser sometidos a prueba, hay que calcularlas teniendo en cuenta la presión de prueba y la tensión admisible para este caso.

Por último, se debe comprobar que la tensión de las planchas sometidas a compresión axial o biaxial es inferior a la tensión crítica de pandeo Pt B,Ch 7, Sec 1, § 5.

Como ejemplo, se muestra los resultados de MARS de la sección maestra. En la primera figura se muestran gráficamente los espesores de las planchas.

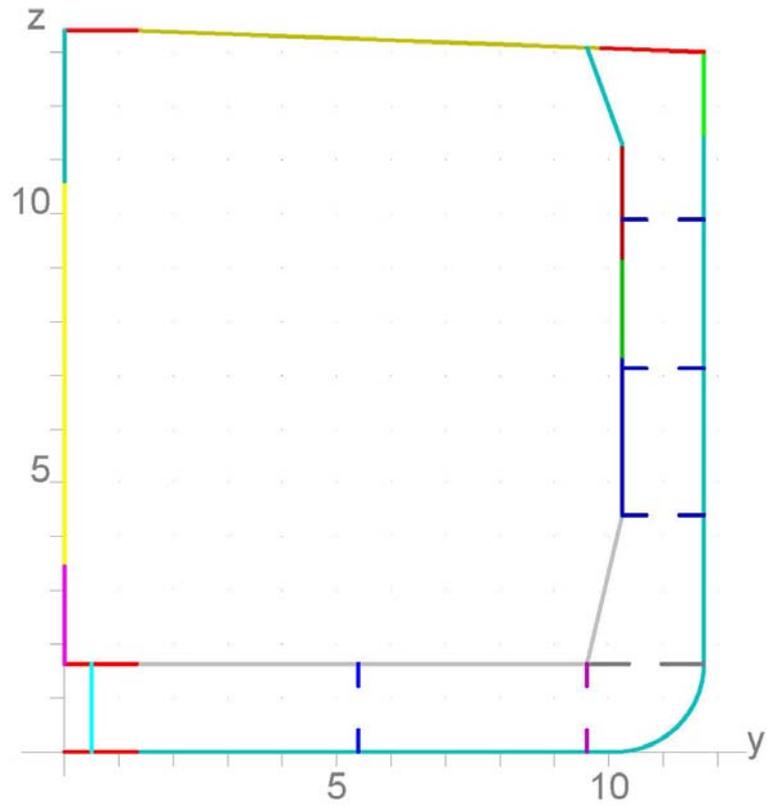
En la segunda figura aparecen los resultados gráficamente. Se observa que las planchas del doble casco tienen espesor insuficiente (aparecen en rojo), y se solicitará al Astillero el aumento de dichos espesores. También se puede comprobar que la quilla plana tiene espesor insuficiente; la solución adoptada en este caso es disponer un refuerzo longitudinal intercostal (entre varengas) para reducir la luz y así disminuir el espesor requerido (en la parte **f**) se describe esta solución).

Por último se muestran los resultados para las planchas del doble casco.

**Check strakes thickness**

Axis - Strakes

- 8.0 mm
- 9.0 mm
- 9.5 mm
- 10.0 mm
- 11.0 mm
- 12.0 mm
- 12.5 mm
- 13.0 mm
- 15.0 mm
- 16.0 mm
- 17.5 mm
- 18.0 mm
- 22.0 mm
- 23.0 mm



scale : 1 / 100

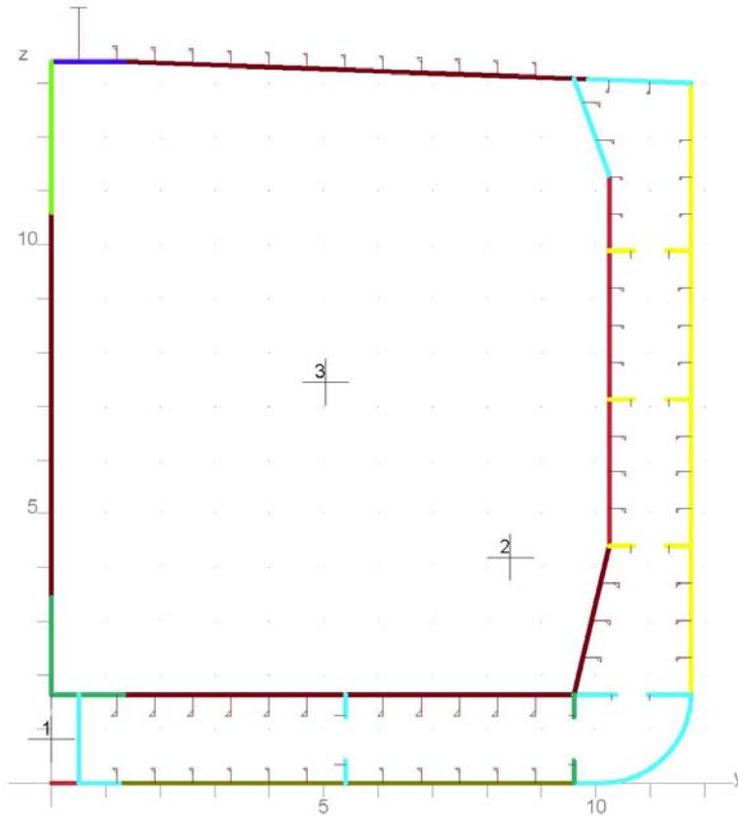
**BV RULES - Marsin2000 v2.1b**  
11/09/2007

**Chemical Tanker 20.700 m3**  
Midship section

**x = 71 m**

**Check ratio - Local strength - Stakes - All**  
 Axis - Stiffeners - Stakes

- 0 - 0.5
- 0.5 - 0.8
- 0.8 - 0.85
- 0.85 - 0.9
- 0.9 - 0.95
- 0.95 - 0.975
- 0.975 - 1
- 1 - ∞



scale : 1 / 100

**BV RULES - Mars Rule 2000 v2.1b** Chemical Tanker 20.700 m<sup>3</sup>  
 25/11/2007 Midship section

**x = 71 m**

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_{NActu.}$	$\sigma_{NRule}$		Case	$\sigma_{ApBuck}$
		tMini	$\tau_{NActu.}$	$\tau_{NRule}$		Case	$\sigma_{CRITBuck}$
						Case	$\tau_{ApBuck}$
						Case	$\tau_{CRITBuck}$

#### 6 - DOBLE CASCO

21	12.50	12.50	7.50			SS470	0.706	2.750	100
	12.50	12.60	77.43	250.73	95.53	LIQ 3-b		39.87	
0.00		6.87	81.12	257.35		c		-79.29	-209.42
		6.12	0.00	161.76		c		53.00	188.57

22	10.00	10.50	5.50			SS470	0.687	2.750	100
	10.00	10.66	24.08	196.78	76.80	LIQ 3-b		53.00	
0.00		5.98	37.46	257.35		c		-43.50	-144.07
		6.10	0.00	161.76		c		53.00	162.81

23	9.00	9.50	6.50			SS470	0.687	2.750	100
	9.00	9.37	43.75	142.82	66.53	LIQ 3-d+		39.70	
0.00		5.18	75.51	257.35		c		-57.38	-114.42
		6.10	0.00	161.76		c		53.00	144.81

24	8.00	9.00	9.00			SS470	0.687	2.750	100
	8.00	8.81	64.17	115.86	63.61	LIQ 3-d+		39.70	
0.00		4.73	119.10	257.35		a		-95.48	-79.77
		6.10	0.00	161.76		a		53.00	118.40

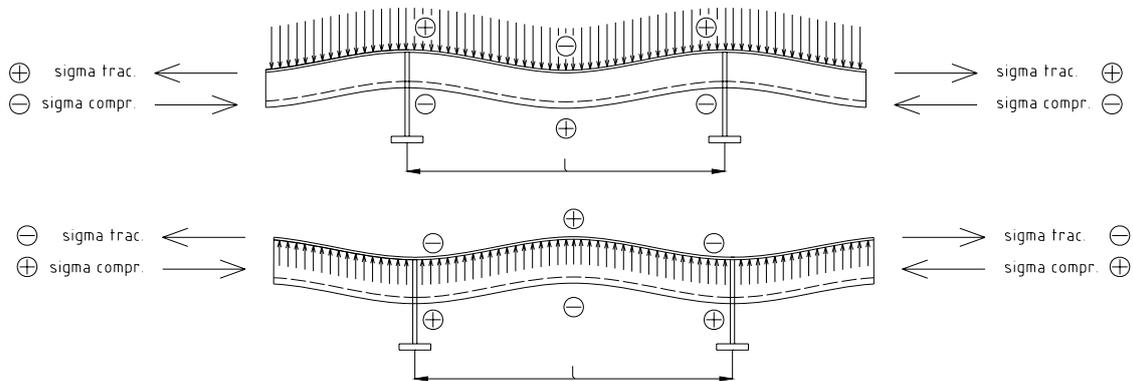
25	12.00	8.00	9.50			SS470	0.729	2.750	100
	12.00	7.94	105.05	61.91	57.75	LIQ 3-d+		30.45	
0.00		3.89	156.27	257.35		a		-105.89	-176.70
		6.14	0.00	161.76		a		40.66	180.71

### Refuerzos Ordinarios

Los refuerzos ordinarios son vigas que se apoyan en los refuerzos primarios. Cuando el reforzado de la **estructura es transversal**, (baos, cuadernas, varengas armadas, etc), los refuerzos ordinarios se apoyan en refuerzos primarios longitudinales (esloras, palmejares, mamparos longitudinales, vagras, etc). En **la estructura longitudinal**, los refuerzos, llamados longitudinales (de cubierta, de costado, de doble fondo, fondo, etc), se apoyan en refuerzos primarios transversales (baos fuertes, bulárcamas, varengas, mamparos transversales, etc). Los refuerzos ordinarios de **mamparos** pueden ser verticales u horizontales. En el primer caso se apoyan en fondo o doble fondo, palmejares de mamparo, cubiertas, etc. Los refuerzos horizontales se apoyan en costados, bulárcamas de mamparo, otros mamparos, etc.

Normalmente, los refuerzos ordinarios, son perfiles, que a su vez, pueden ser angulares de lados iguales o desiguales, llantas con bulbo, etc.

En la figura siguiente se representa un longitudinal apoyado sobre refuerzos primarios, que es una viga continua y que por tanto se comporta como una viga empotrada en sus extremos.



Como ejemplo, suponiendo que el refuerzo de la figura es un longitudinal sometido a una carga uniforme, dicha carga puede ser exterior (parte superior) o interior (parte inferior). Además, al tratarse de un longitudinal, puede estar sometido a una fuerza de conjunto, debido a las solicitaciones a que está sometida la viga-buque, que provocan tensiones de tracción (positiva) o de compresión (negativa), en función de que el buque esté en arrufo o en quebranto y que el longitudinal esté situado en la zona de cubierta o en la zona del fondo. Estas tensiones se sumarán o se restarán de las producidas por la flexión del longitudinal y el total no debe sobrepasar lo prescrito en el Reglamento.

Los momentos en la zona de apoyo y del centro del longitudinal son, respectivamente, los que se indican a continuación.

$$M_{EXTREMOS} = -\frac{Pl^2}{12} \quad M_{CENTRO} = -\frac{Pl^2}{24}$$

Aunque, claramente, se ve que el momento es mayor en los extremos que en el centro, hay que calcular ambos valores, porque las tensiones son superiores en el bulbo o en el ala del perfil, que en la plancha asociada, por lo que la suma de las tensiones de conjunto y la local puede ser mayor en el centro que en los apoyos, dependiendo del caso de carga.

La carga por unidad de longitud es igual a la presión por el espaciado de los longitudinales  $P = p \times s$  y  $w = M / \sigma$ . La fórmula del módulo será, por tanto de la forma

$$w = -\frac{psl^2}{12\sigma}$$

Como ocurre en el caso de las planchas visto anteriormente, en general, las fórmulas del Reglamento son de la forma anterior, pero están afectadas por coeficientes para tener en cuenta las solicitaciones especiales a las que está sometido el buque.

La fórmula del Reglamento para calcular un refuerzo ordinario sometido a una presión lateral, es la que sigue.

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{S2} P_S + \gamma_{W2} P_W}{12(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

Donde

$p_S$  presión estática

$p_W$  presión dinámica

$R_y$  límite elástico del material

$\sigma_{x1}$  tensión normal debida a la viga-buque

$s$  separación de refuerzos

$l$  luz del refuerzo

y los coeficientes

$10^3$  coeficiente para homogeneizar las unidades utilizadas

$\gamma_R$  coeficiente de seguridad de resistencia (presión de impacto, colisión, etc)

$\gamma_m$  coeficiente de seguridad del material

$\gamma_{S2}$  coeficiente de seguridad de la presión en aguas tranquilas

$\gamma_{W2}$  coeficiente de seguridad de la presión en la ola

El espesor mínimo neto de los refuerzos ordinarios es función de la eslora y del material y viene dado en Pt B, Ch 7, Sec 2, § 2. A este espesor, hay que añadir el aumento por corrosión que es función del lugar del buque donde está situada la plancha y que viene dado en la Tabla 2 de Pt B, Ch 4, Sec 2.

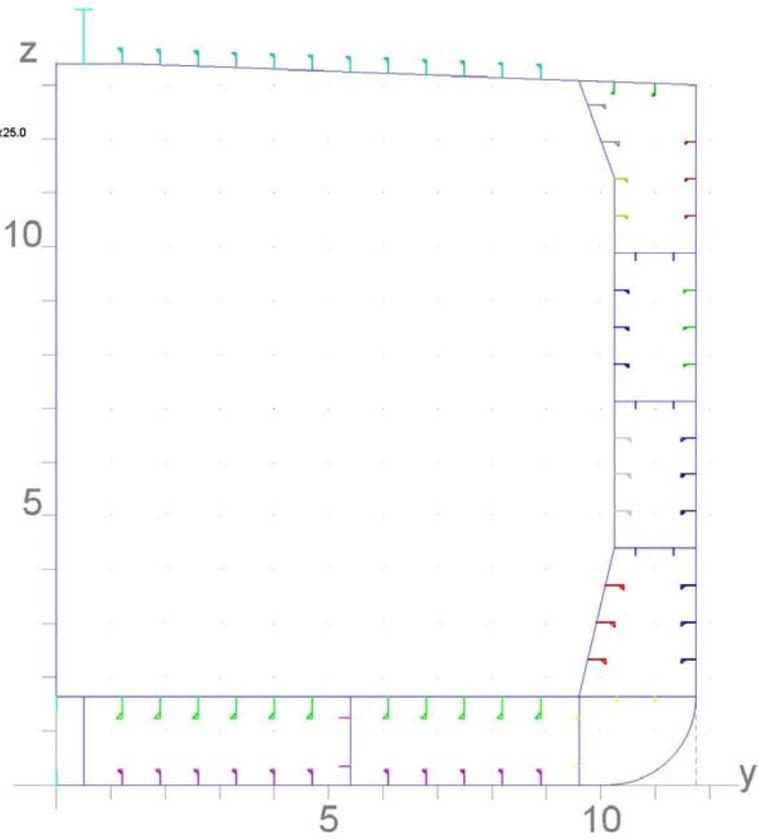
Los refuerzos de tanques que deben ser sometidos a prueba, hay que calcularlos teniendo en cuenta la presión de prueba y la tensión admisible para este caso.

Por último, se debe comprobar que la tensión de los longitudinales sometidos a compresión axial es inferior a la tensión crítica de pandeo Pt B, Ch 7, Sec 2, § 4.

Como ejemplo, se muestra los resultados de MARS de la sección maestra. En la primera figura se muestran gráficamente los escantillones de los longitudinales y en la segunda los resultados aparecen de forma gráfica.

**Check stiffeners scantling**  
Axis - Stiffeners - Geometry

- B-200.0x11.0
- B-220.0x11.0
- B-240.0x12.0
- B-260.0x11.0
- B-280.0x11.0
- B-280.0x13.0
- B-300.0x13.0
- B-320.0x14.0
- B-340.0x12.0
- B-400.0x14.0
- F-100.0x10.0
- F-140.0x10.0
- F-200.0x12.0
- F-250.0x15.0
- T-1000.0x16.0-300.0x25.0

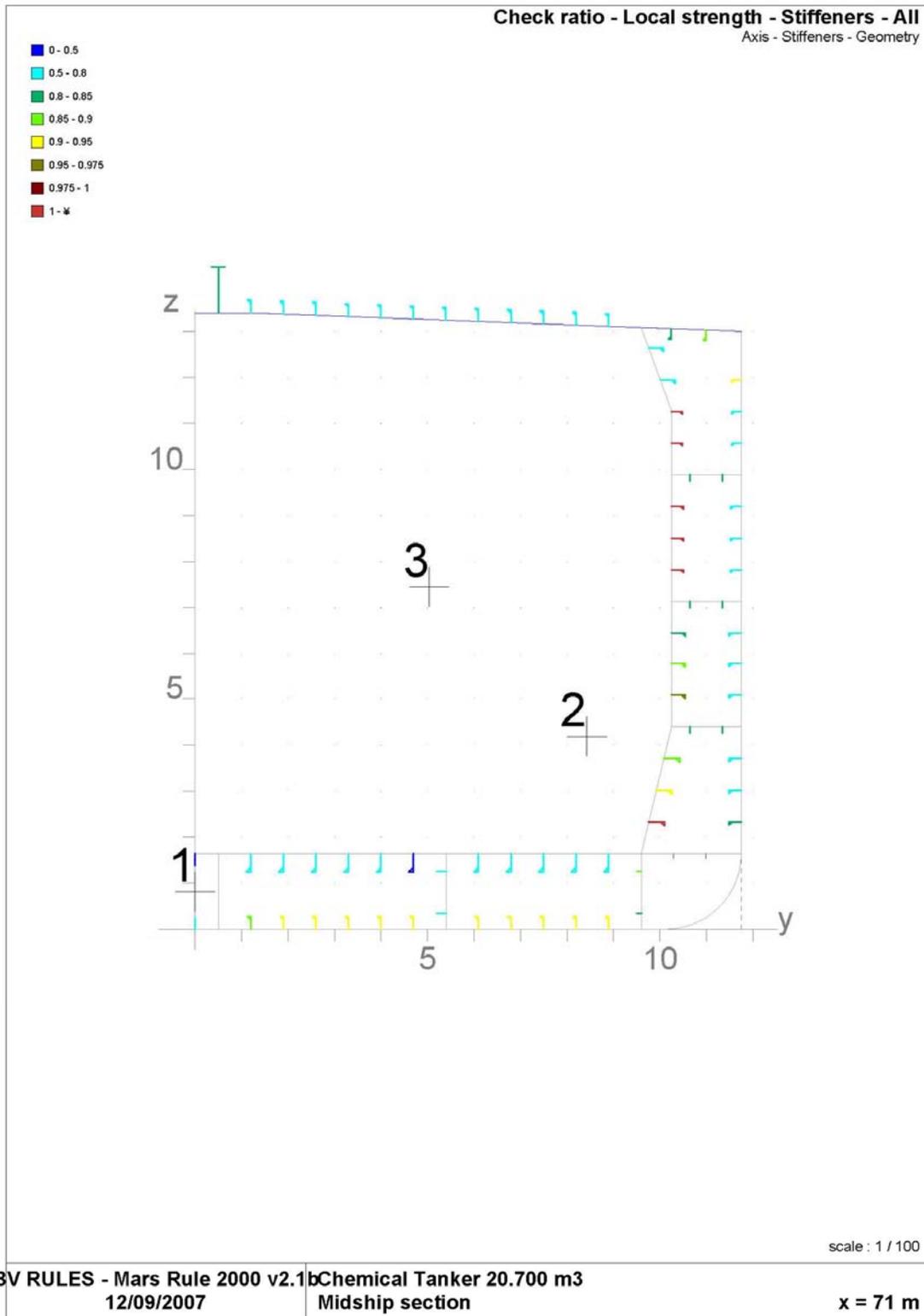


scale : 1 / 100

**BV RULES - Marsin2000 v2.1b**  
11/09/2007

**Chemical Tanker 20.700 m3**  
Midship section

**x = 71 m**



Se observa que los refuerzos longitudinales del doble casco tienen un escantillón inferior al reglamentario (aparecen en rojo), tal y como muestran a continuación los resultados. En la parte **f)** se puede ver el aumento de escantillón solicitado

### Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

#### 6 - DOBLE CASCO

9	444.46		260.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.688	2.750	100
	403.32	*	406.20	60.62	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
	23.40		12.97		102.38	62.14	LIQ 3-d+			
1.00			145.54	65.20	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
							c		-60.62	-190.97
10	380.09		240.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	346.31	*	368.49	75.30	75.39	59.21	LIQ 3-d+			
	24.00		10.72		75.39	59.21	LIQ 3-d+			
1.00			140.32	84.63	75.39	34.68	LIQ 3-b			
							a		-78.94	-190.78
11	381.09		240.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.708	2.750	100
	347.12	*	356.13	82.64	61.91	57.75	LIQ 3-d+			
	24.00		9.85		61.91	57.75	LIQ 3-d+			
1.00			133.34	96.38	61.91	30.00	LIQ 3-b			
							a		-89.91	-190.67
12	811.11		320.0	14.0	0.0	0.0	ST235	0.731	2.750	100
	732.54		335.20	89.44	48.43	55.04	LIQ 3-d+			
	36.80		8.83		48.43	55.04	LIQ 3-d+			
1.25			182.05	108.14	48.43	25.32	LIQ 3-b			
							a		-100.87	-195.65
13	796.57		320.0	14.0	0.0	0.0	ST235	0.602	2.750	100
	721.21		254.34	96.25	34.91	52.28	LIQ 3-d+			
	36.80		6.37		34.91	52.28	LIQ 3-d+			
1.25			190.45	119.92	34.91	20.63	LIQ 3-b			
							a		-111.87	-196.54

### Refuerzos Primarios

Para el cálculo de los refuerzos primarios se siguen los mismos criterios de resistencia de materiales que para los refuerzos ordinarios.

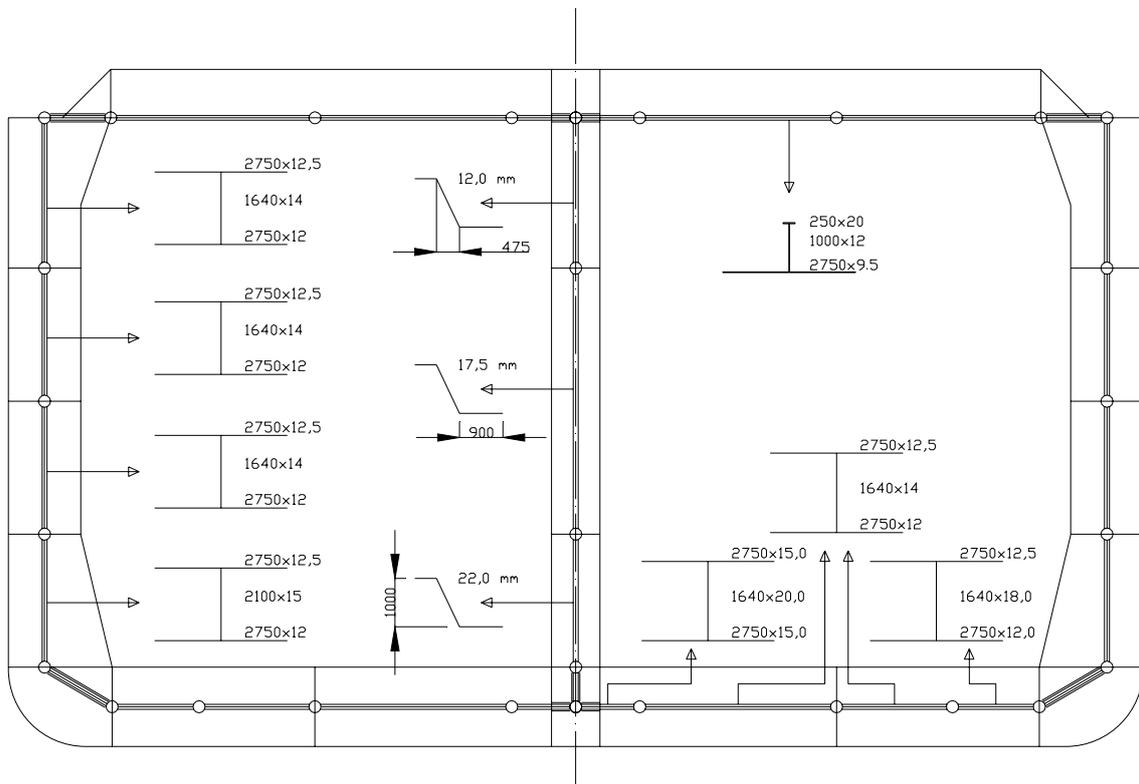
El espesor mínimo neto de los refuerzos primarios es función de la eslora, del material y de la zona, del buque, en sentido longitudinal, donde están situados. Este espesor viene dado en Pt B,Ch 7, Sec 3, § 2. A este espesor, hay que añadir el aumento por corrosión que es función del lugar del buque donde está situada la plancha y que viene dado en la Tabla 2 de Pt B,Ch 4, Sec 2.

Los refuerzos de tanques que deben ser sometidos a prueba, hay que calcularlos teniendo en cuenta la presión de prueba y la tensión admisible para este caso.

Por último, se debe comprobar que la tensión de los refuerzos primarios sometidos a compresión axial es inferior a la tensión crítica de pandeo.

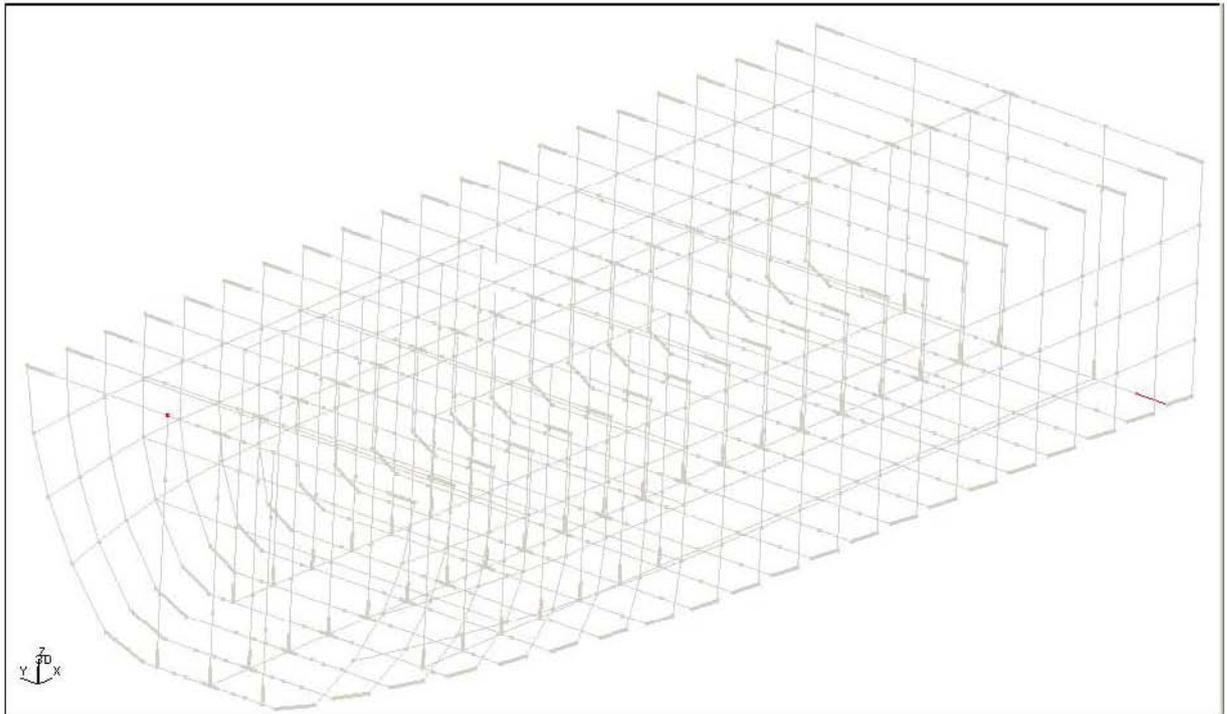
Para el cálculo de los refuerzos primarios se debe utilizar un programa de ordenador de cálculo de estructuras por barras o por elementos finitos. En nuestro caso se utilizará el Programa STEEL de cálculo por barras de Bureau Veritas.

A continuación se muestra el modelo de la zona de carga, que se ha hecho siguiendo el siguiente croquis:



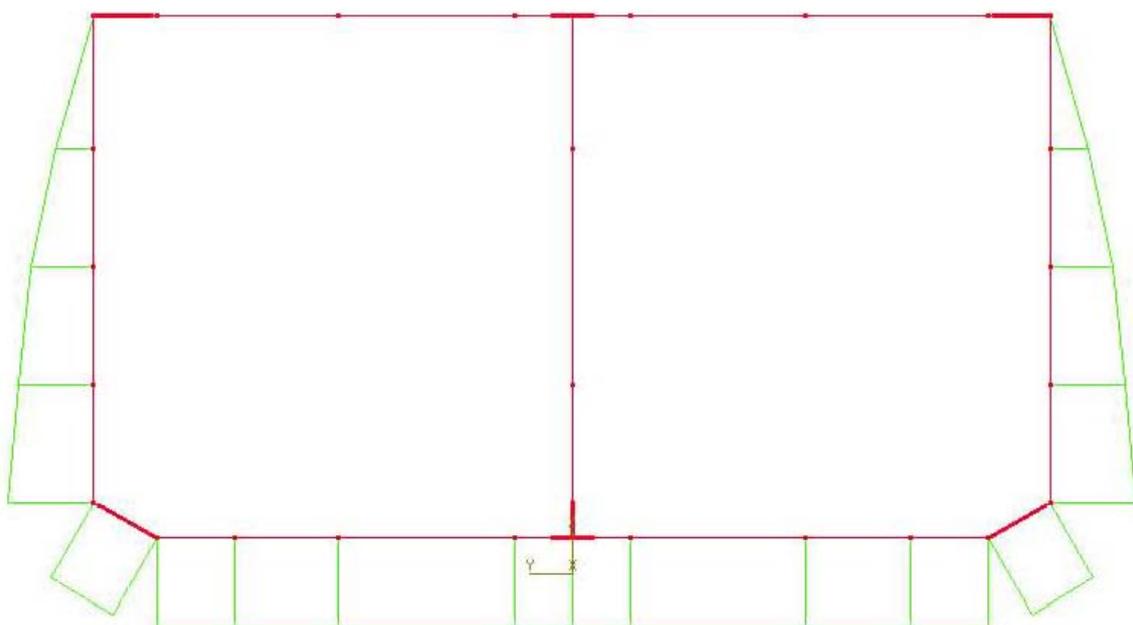
Modelo STEEL

Como se observa, las barras se modelan por la línea neutra de los refuerzos primarios. Además como se ve, las zonas de las barras que están en el interior del doble fondo, doble casco o mamparos son indeformables por lo que son consideradas como núcleos. En el dibujo están representados con trazo más grueso.

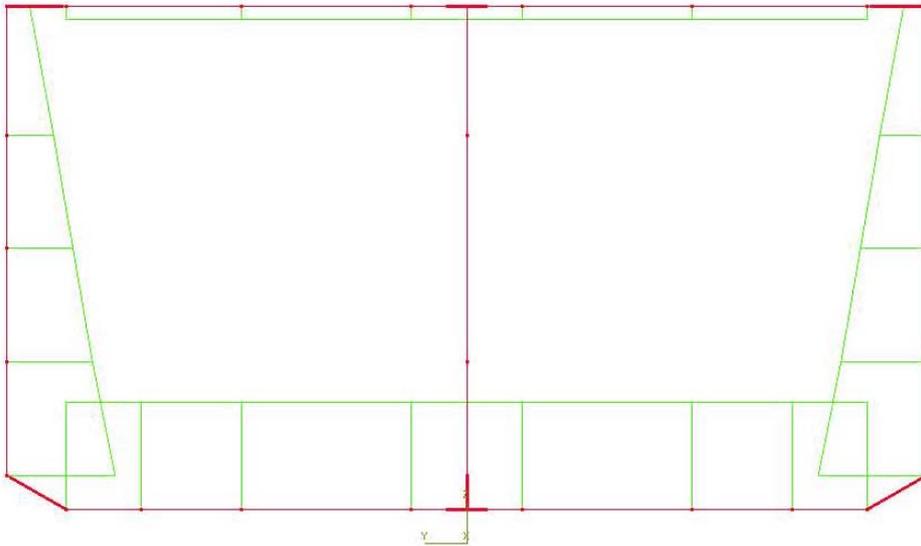


Al modelo se le aplican las cargas reglamentarias, tal y como se muestra en la figura:

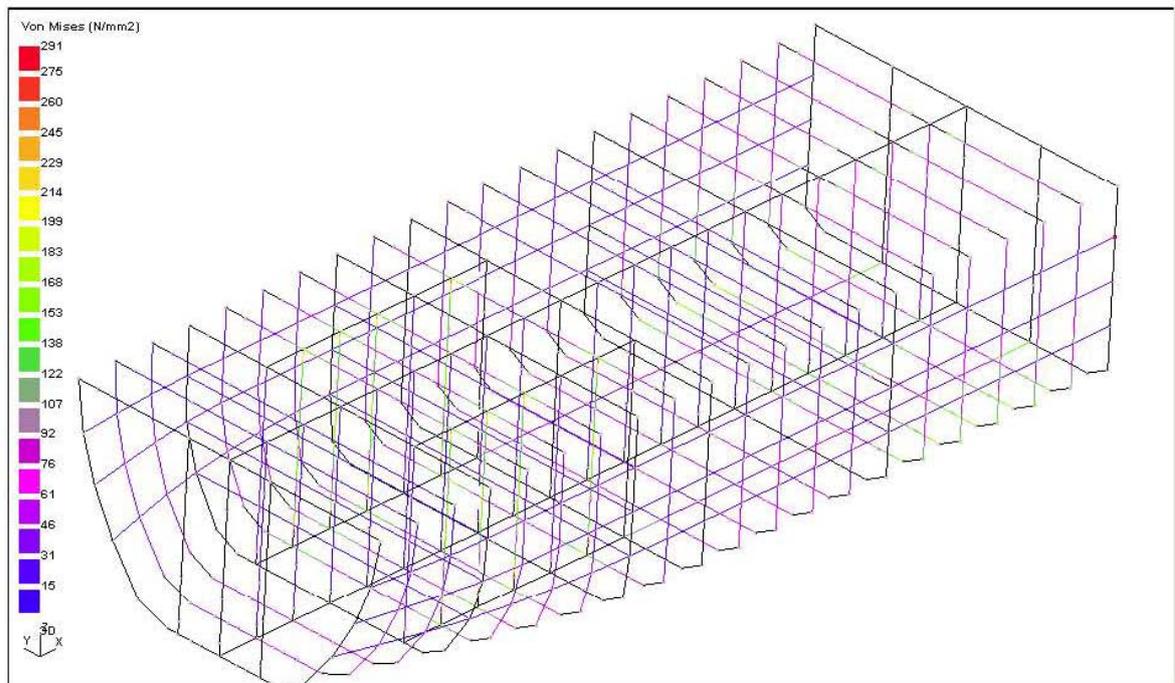
Carga exterior



## Carga interior



Y una vez resuelto nos dará las tensiones de cada barra:



### **d.3 CÁLCULO DEL ESCANTILLONADO**

El cálculo del escantillonado del buque se realiza distinguiendo las siguientes partes del buque:

- Zona de bodegas de carga
- Zona de cámara de máquinas
- Pique de proa
- Pique de popa
- Superestructura
- Timón y mecha

#### **Zona de bodegas de carga**

La zona de bodegas de carga se ha estudiado mediante el programa MARS y el programa STEEL.

Mediante el programa MARS se ha comprobado en primer lugar los requerimientos de resistencia longitudinal (viga-buque) y posteriormente los espesores de las tracas y los escantillones de los refuerzos longitudinales, tal y como se ha explicado anteriormente.

Con el programa MARS también se han calculado los mamparos transversales, es decir, el espesor de las tracas y el escantillón de los refuerzos.

Para todo ello se han seleccionado las siguientes secciones:

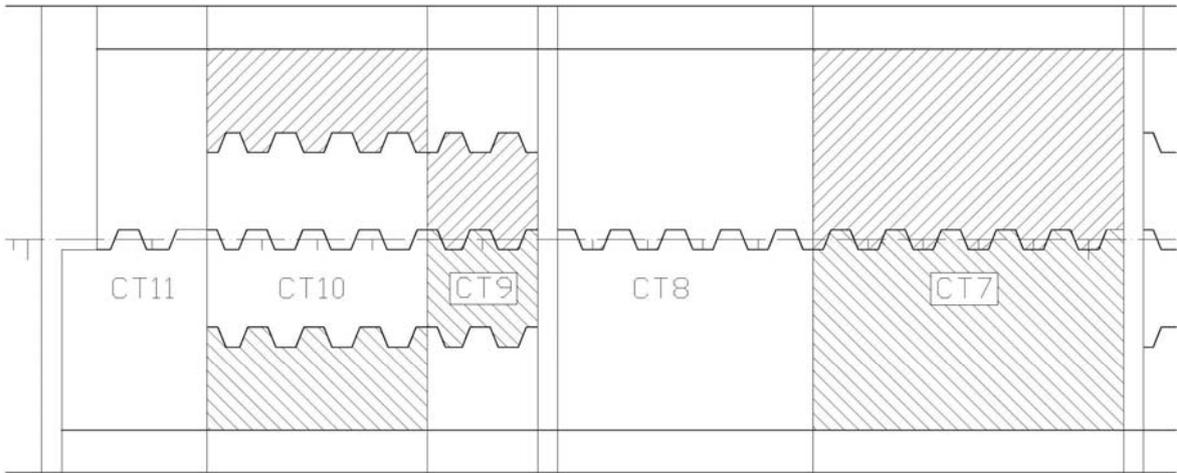
- Sección Maestra (cuaderna 56)
- Sección por cuaderna 65
- Mamparo en cuaderna 55
- Mamparo en cuaderna 61

En la parte **f)** se pueden ver las soluciones adoptadas para los elementos que no satisfacen los requerimientos del Reglamento.

En el anexo 1 se pueden ver los cálculos completos de estas secciones y mamparos transversales.

Con el programa STEEL se han comprobado las solicitaciones a que está sometido el buque en la zona de bodegas, para lo cual se ha hecho un modelo que comprenda dos bodegas y se ha aplicado, como se ha mostrado anteriormente, el caso de carga más desfavorable.

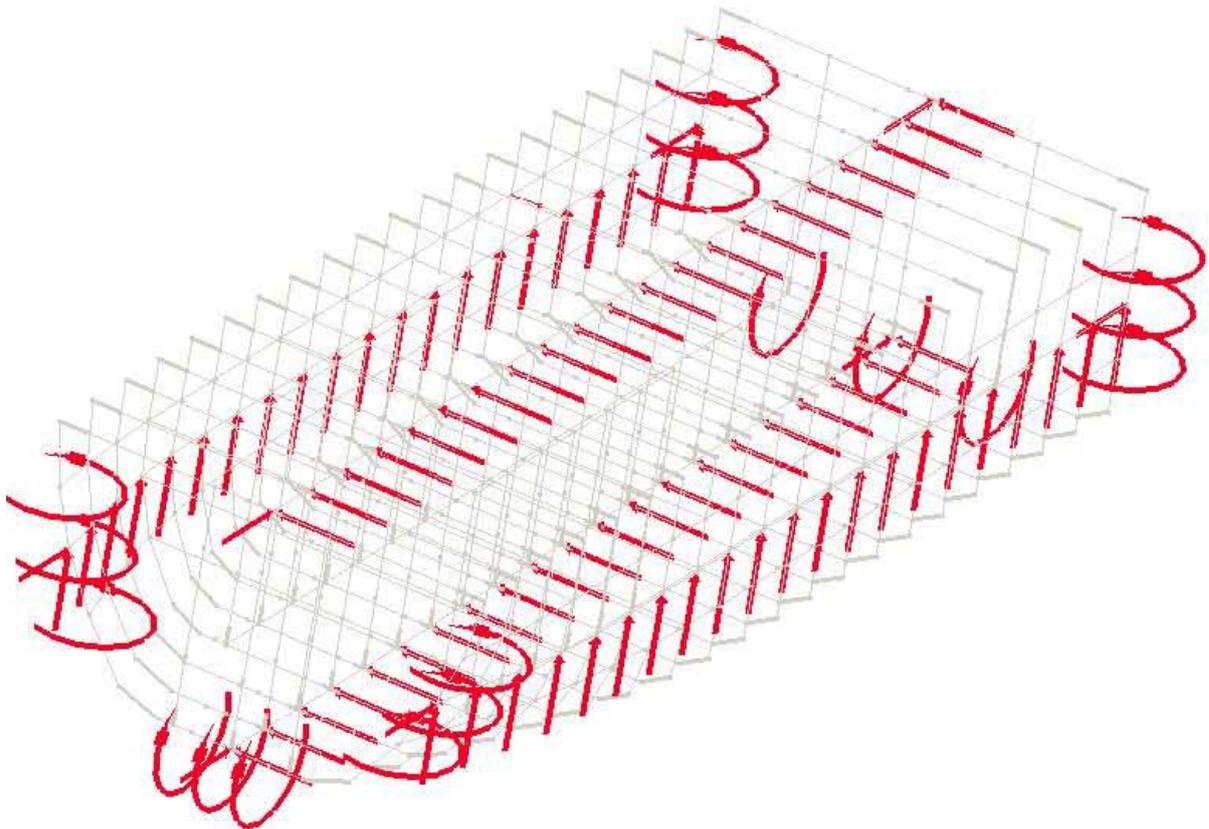
La disposición de carga es como la que aparece en el dibujo siguiente.



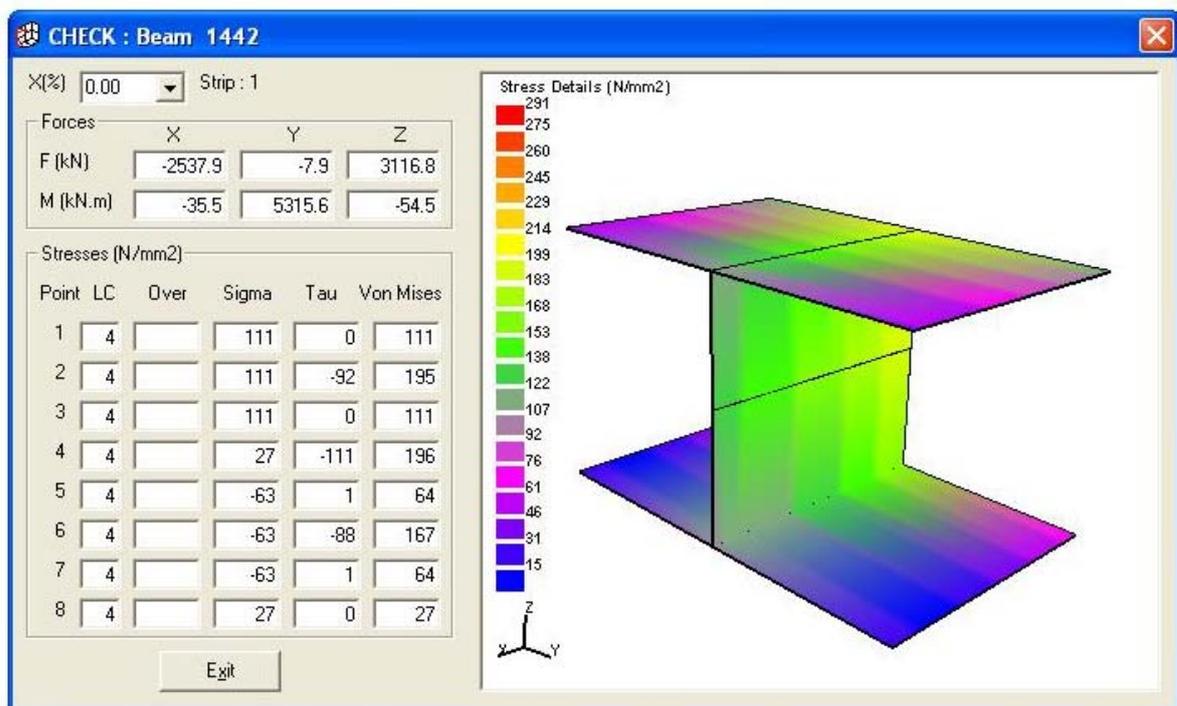
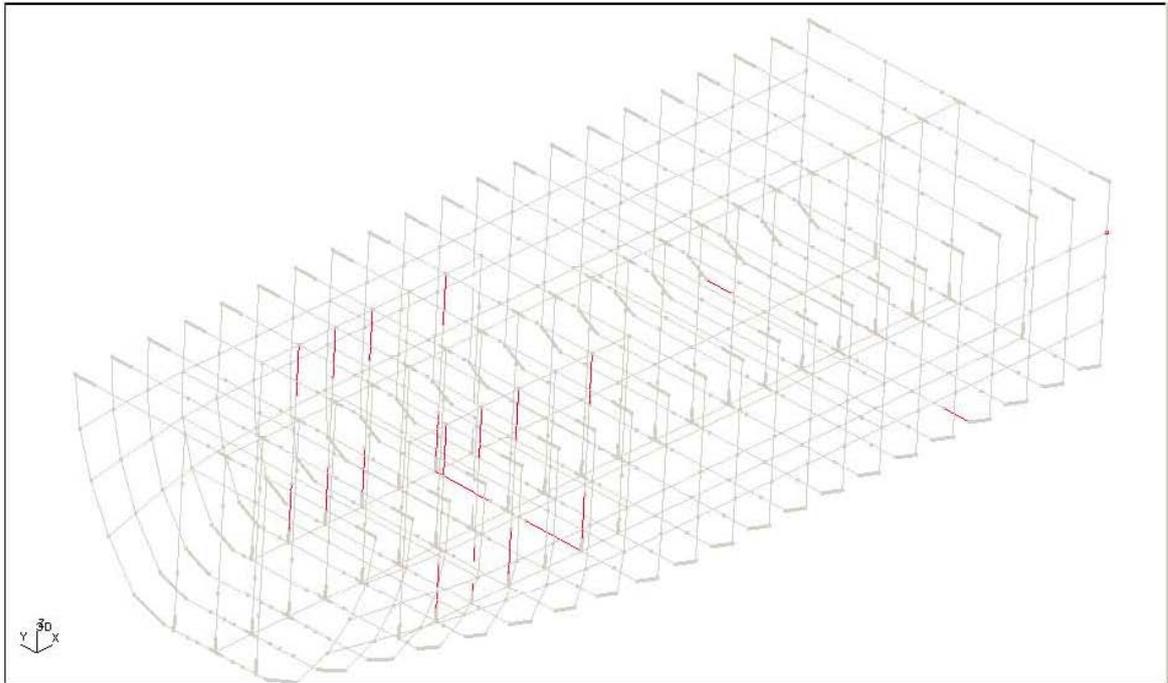
Disposición de carga

Las cargas se han tomado del cálculo del MARS, donde se tienen en cuenta las cargas estáticas y las dinámicas.

Las condiciones de contorno del modelo son las siguientes:



Una vez resuelto el modelo, se pueden verificar las tensiones de cada barra, la deformada de la estructura, reacciones, etc. Las barras que sobrepasan las tensiones admisibles aparecen en rojo (en la parte f) se comentan las soluciones adoptadas). En el anexo 1 se pueden ver los cálculos detallados.



## Zona de Cámara de Máquinas

En la zona de cámara de máquinas hay que hacer los mismos cálculos y comprobaciones que en la zona de bodegas de carga y para ello se utiliza el programa MARS tal y como se ha explicado anteriormente.

Para ello se han seleccionado las siguientes secciones:

- Sección por cuaderna 12
- Sección por cuaderna 27
- Sección por cuaderna 40
- Mamparo en cuaderna 30
- Mamparo en cuaderna 41

En la parte f) se pueden ver las soluciones adoptadas para los elementos que no satisfacen los requerimientos del Reglamento.

En el anexo 1 se pueden ver los cálculos completos de estas secciones y mamparos transversales.

Además de estos cálculos hay que realizar las siguientes comprobaciones:

- Polín del motor principal
- Estudio especial de las tracas de cinta y trancañil

### Polín del motor principal

Para el escantillonado del polín del motor principal se seguirán las indicaciones del fabricante del motor, si bien el Reglamento prevé un escantillonado mínimo, que viene dado en Pt B,Ch 9, Sec 3, § 8, Tabla 3.

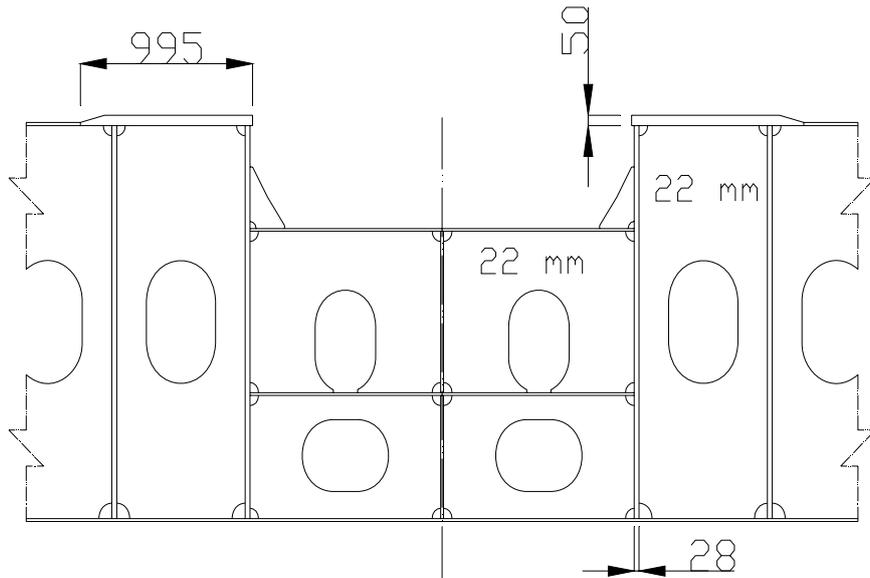
El cálculo de este escantillonado no está contemplado en el MARS, por lo que hay que realizarlo aparte, como se hace a continuación.

Las placas del polín deben estar soportadas por dos vagras a no ser que:

$$\begin{aligned}L &\leq 150m \\ P &\leq 7100kW \\ P &= 2,3n_R L_E\end{aligned}$$

donde,

- L es la eslora reglamentaria del buque
- P es la potencia del motor en kW
- $N_R$  son las revoluciones/minuto del motor
- $L_E$  es la longitud efectiva del polín



Como se ve en el esquema, el polín tiene dos vagras

Los datos necesarios para el escantillonado del polín del motor principal son los siguientes:

- Potencia del motor  $P = 8200 \text{ kW}$
- Revoluciones del motor/minuto  $n_r = 150$
- Longitud efectiva del polín  $L_E = 11,5 \text{ m}$
- Número de vagras en cada placa  $n_G = 2$

Área de la sección de la placa

$$A = 40 + 70 \frac{P}{n_r L_E} = 40 + 70 \frac{8200}{110 \times 11,5} = 494 \text{ cm}^2$$

Espesor de las placas

$$t = \sqrt{240 + 175 \frac{P}{n_r L_E}} = \sqrt{240 + 175 \frac{8200}{110 \times 11,5}} = 37 \text{ mm}$$

Espesor de las vagras

$$t = \frac{1}{n_G} \sqrt{320 + 215 \frac{P}{n_r L_E}} = \frac{1}{2} \sqrt{320 + 215 \frac{8200}{110 \times 11,5}} = 21 \text{ mm}$$

Espesor de las varengas

$$t = \sqrt{55 + 40 \frac{P}{n_R L_E}} = \sqrt{55 + 40 \frac{8200}{110 \times 11.5}} = 18 \text{ mm}$$

- Área de la sección de la placa propuesta 498 cm<sup>2</sup>
- Espesor de las placas propuesto 50 mm
- Espesor de las vagras propuesto 28 mm
- Espesor de las varengas propuesto 22 mm

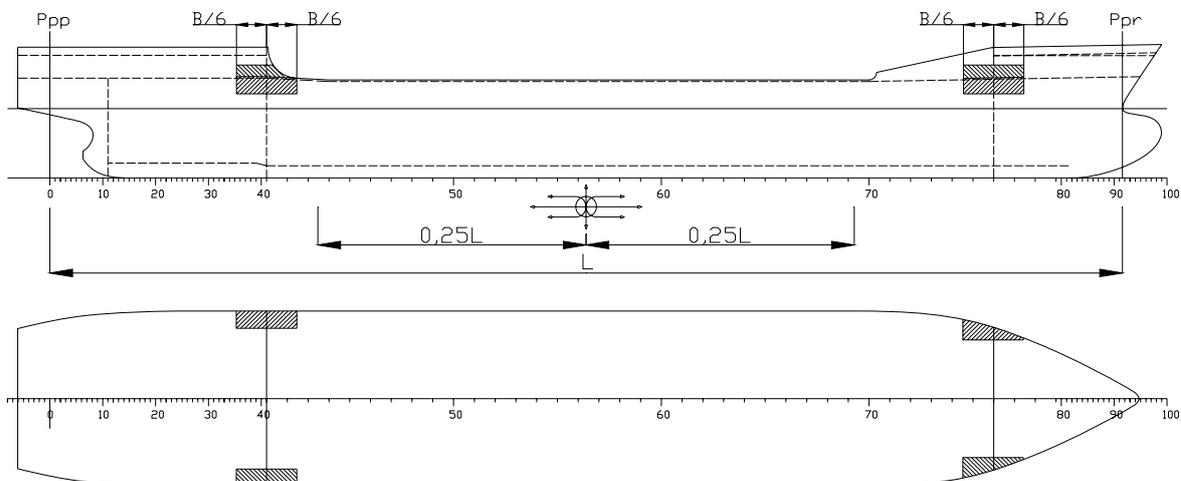
El escantillonado del polín del motor principal es correcto, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

### Estudio especial de las tracas de cinta y trancanil

En los mamparos de toldilla. En esta zona se produce una concentración de tensiones debida a la discontinuidad que significa la superestructura. Por ello, es necesario reforzar la cinta, el trancanil y la traca baja de la superestructura.

**Traca de cinta y trancanil.** Según Pt B, Ch 7, Sec 1, § 2.5.2 y Pt B, Ch 7, Sec 1, § 2.6.2, el espesor de estas tracas se deben aumentar un 40% o 4,5 mm, el que sea menor, si el frente de la superestructura está dentro del 0,5 L central del buque y un 30% o 2,5 mm, el que sea menor, si está situado fuera de la zona central

Tal como se ve en el croquis siguiente, el reforzado de estas tracas se debe extender un sexto de la manga hacia popa del mamparo frontal de la superestructura, y otro tanto hacia proa.



Como se aprecia en el croquis, el mamparo frontal de la toldilla y el mamparo de popa del castillo, están fuera del 0,5 L central del buque.

En proa, la transición de cubierta superior a cubierta castillo, se hace de una forma suave, por lo que aquí no es necesario el reforzado.

Del Mars se deduce que el espesor reglamentario de la traca de cinta, en la sección por la cuaderna 40, es 10,5 mm y el trancañil, 8mm.

Traca de cinta reforzada

$$t_{cinta} = 1,3t = 1,3 \times 10,5 = 13,65mm$$

$$t_{cinta} = 10,5 + 2,5 = 13mm$$

Se solicita 16 mm (igual que la cinta a proa)

Trancañil reforzado

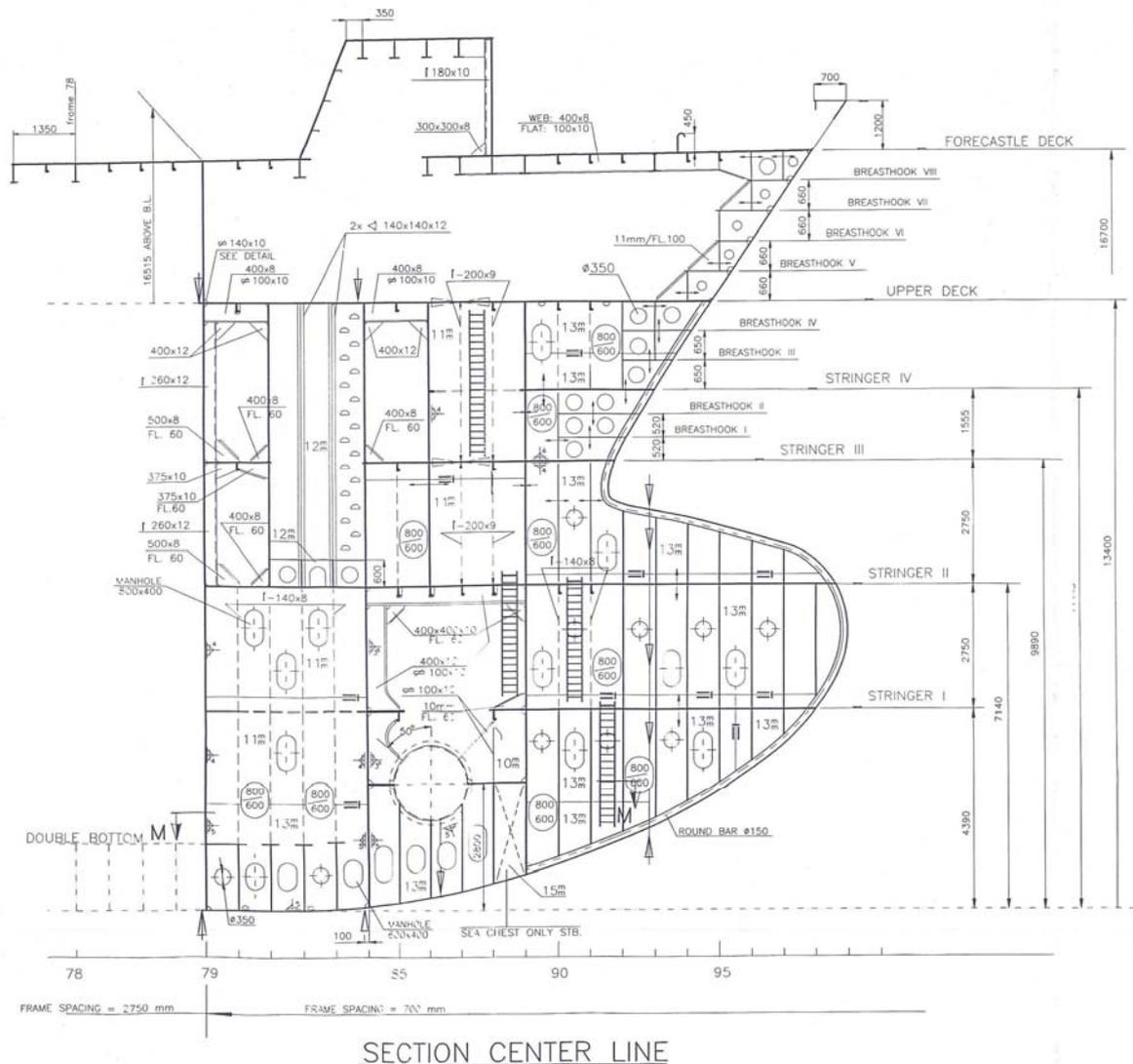
$$t_{cinta} = 1,3t = 1,3 \times 8,0 = 10,40mm$$

$$t_{cinta} = 8,5 + 2,5 = 11mm$$

Se solicita 15 mm (igual que el trancañil a proa)

## Pique de proa

Es la zona comprendida entre el mamparo de colisión y proa. Los escantillones del pique de proa se calculan de acuerdo con Pt B,Ch 9, Sec 1, § 2 del Reglamento



El mamparo de pique de proa (cuaderna 79) se ha calculado con el programa MARS, con resultado satisfactorio para todos sus elementos. Los cálculos detallados se pueden encontrar en el anexo 1.

Para el resto del pique de proa ya no se puede utilizar el programa MARS, teniéndose que realizar las siguientes comprobaciones con fórmulas del Reglamento, tal y como se detalla en el anexo 1:

- Varengas de pique de proa: espesor, altura y platabanda.
- Forro del pique de proa: espesor, roda y forro del abanico.
- Cuadernas de pique de proa: módulo y cuadernas del abanico.
- Palmejares del pique de proa: módulo y área de la sección.
- Cubierta superior del pique: espesor y módulo de los baos.
- Reforzado de los fondos planos.

## **Pique de popa**

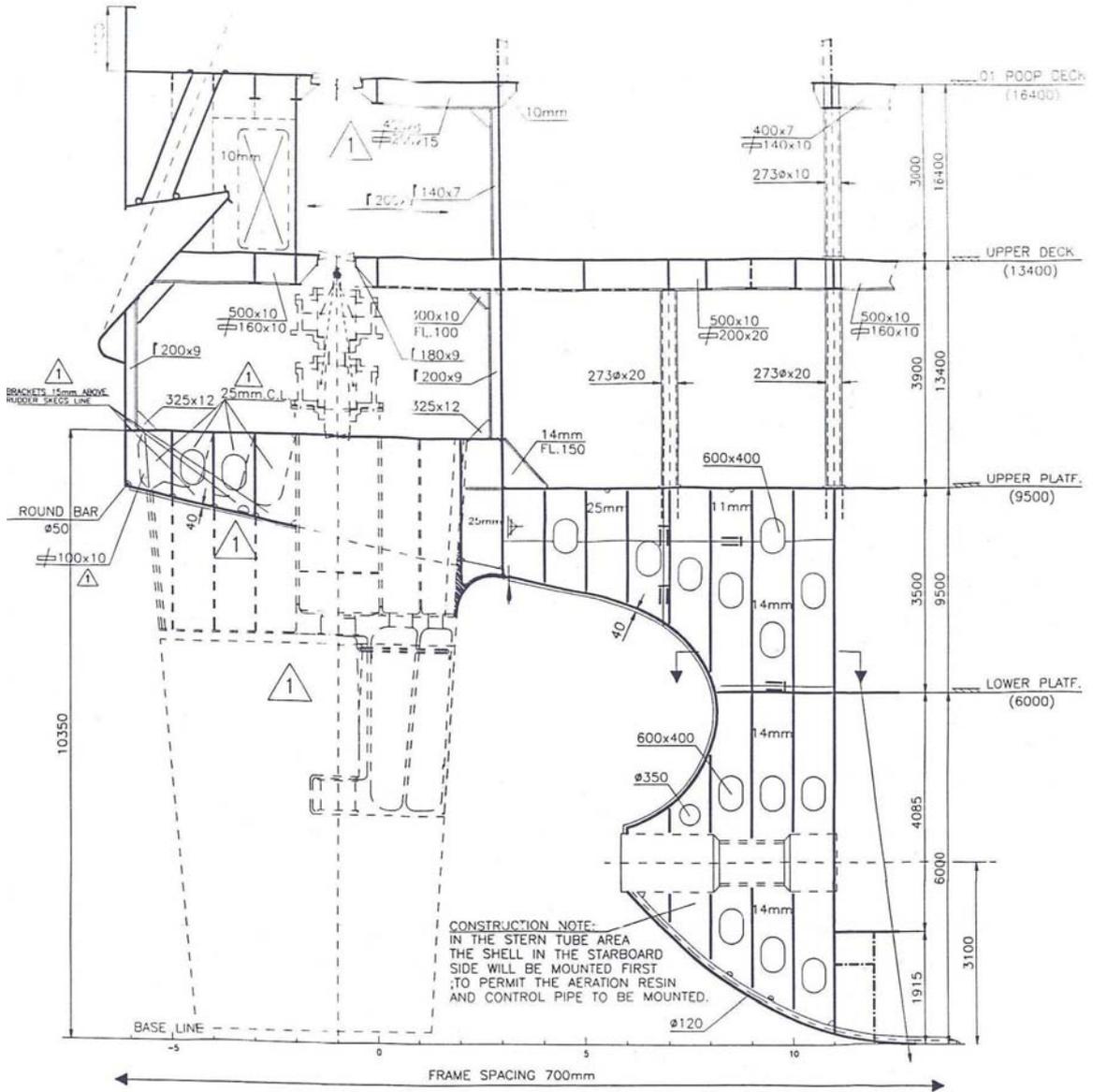
Es la zona comprendida entre popa y el mamparo de prensaestopas. Los escantillones del pique de popa se calculan de acuerdo con Pt B,Ch 9, Sec 2, § 2 del Reglamento

En primer lugar se calcula el mamparo de prensaestopas (cuaderna 11) con ayuda del programa MARS y con resultado satisfactorio para todos sus elementos. Los cálculos detallados se pueden encontrar en el anexo 1.

El pique de popa, propiamente dicho, es la zona comprendida entre la línea base y la plataforma superior. La estructura sobre dicha plataforma es igual a la de la cámara de máquinas, por lo que no es considerada en este cálculo.

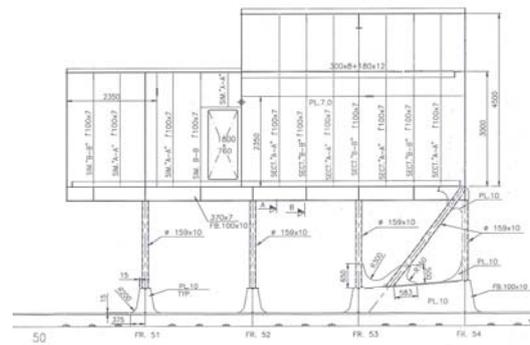
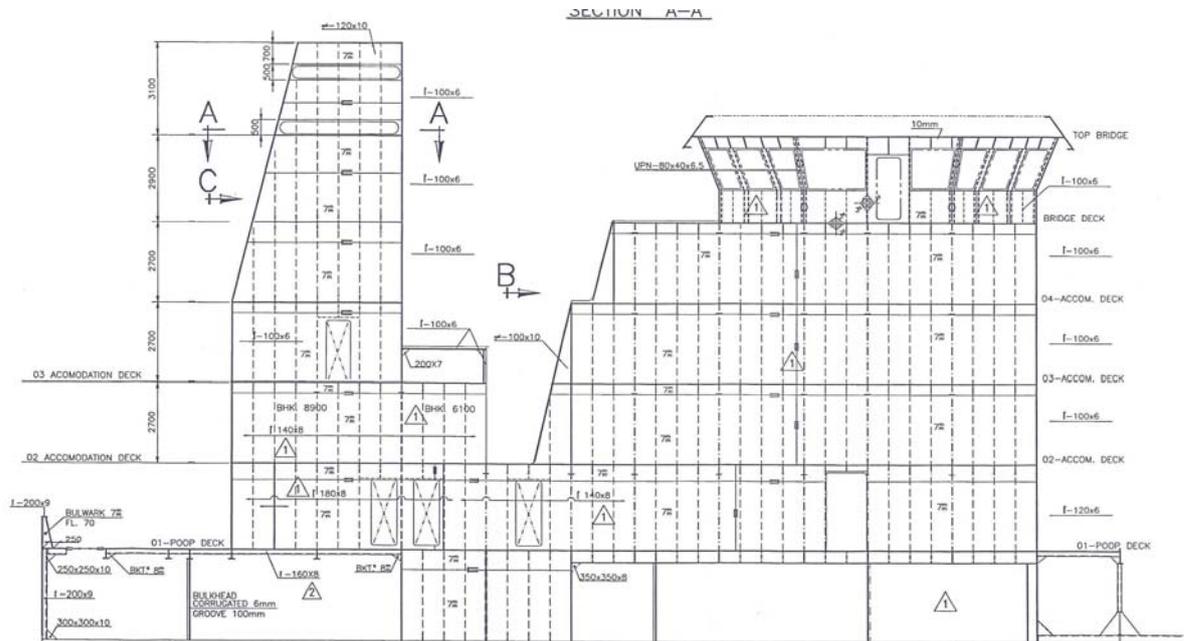
Para el resto del pique de popa ya no se puede utilizar el programa MARS, teniéndose que realizar las siguientes comprobaciones con fórmulas del Reglamento, tal y como se detalla en el anexo 1:

- Varengas de pique de popa: separación y espesor.
- Forro de pique de popa: espesor, planchas unidas al codaste y planchas de codaste.

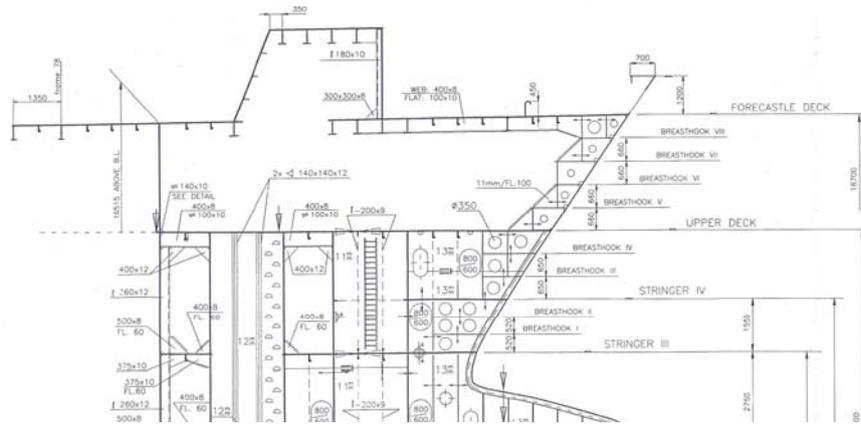


SECTION FOR C.L.

# Superestructura



LONGITUDINAL SECTION 8275 OFF C.L. PORT

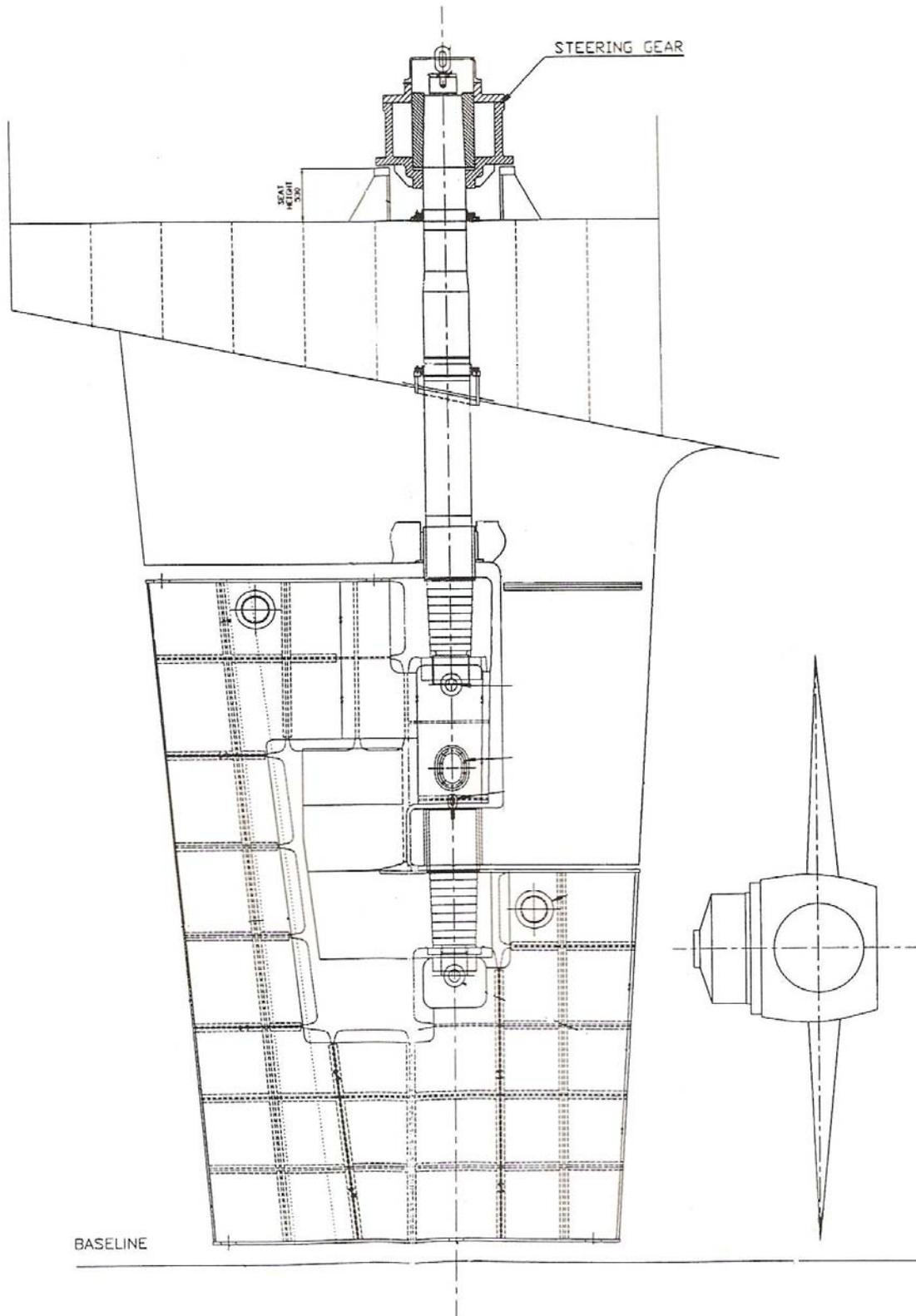


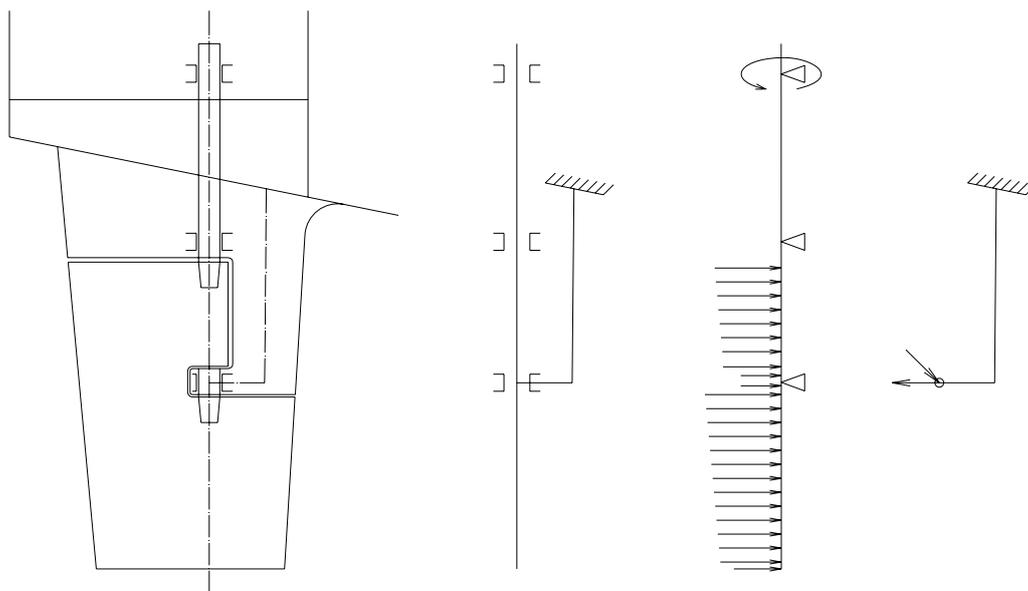
Aunque llamamos superestructura a todas las construcciones que existen sobre cubierta, realmente, solo son superestructuras las construcciones sobre cubierta de francobordo que reúnen ciertas características. En nuestro caso, solo son superestructuras la toldilla y el castillo, el resto son casetas.

Los cálculos de la superestructura se realizan directamente con fórmulas del Reglamento, tal y como se puede ver en el anexo 1. Las cargas aplicables y las fórmulas para hallar espesores de planchas y módulos de refuerzos, varían según los siguientes factores:

- Tipo de superestructura: castillo, superestructura larga, puente, etc.
- Tipo de elemento de la superestructura: mamparo frontal, mamparo trasero, mamparo lateral o cubierta.
- Posición vertical del elemento: 1<sup>er</sup> tramo, 2<sup>o</sup> tramo, etc.

# Timón y mecha





Tal como se ve en el esquema anterior, el sistema de timón y mecha se puede descomponer en dos vigas.

La primera está constituida por el conjunto de la pala y mecha. Esta viga está sobre tres apoyos. El de la parte superior es el servo, que impide que la viga pueda girar libremente sobre su eje. Como la carga está desplazada hacia popa, esta viga está sometida a un momento de flexión combinado con un momento de torsión.

La segunda viga está constituida por el soporte del timón que, como se ve, está empotrada en su parte superior.

Esta viga está, a su vez, compuesta por una parte horizontal, en cuyo extremo están aplicadas las cargas que le transmiten el conjunto timón y mecha y una parte vertical, cuya parte superior está empotrada en el casco del buque.

Las fuerzas aplicadas, una longitudinal hacia popa y otra transversal, producen una tracción y una flexión transversal. En algunas ocasiones, en función del sistema de empotramiento del pinzote, le pueden producir, también, una torsión.

La parte vertical está sometida a flexión sobre los ejes longitudinal y transversal y a torsión sobre el eje vertical.

El programa Rudder calcula los escantillones del sistema, es decir:

- Diámetro de la parte superior de la mecha
- Diámetro de la parte inferior de la mecha
- Unión de la mecha y la pala
- Diámetro del pinzote
- Espesor de las planchas de la pala
- Escantillones del soporte del timón

Todos los resultados son satisfactorios, como se comprueba en el anexo 1.

## **e) Justificación de las soluciones adoptadas**

Una vez completados los cálculos del escantillonado, se comprueban los resultados. Aquellos elementos que no satisfacen los cálculos han de ser modificados o reforzados.

Aquellas planchas que tienen un espesor menor que el reglamentario se pueden aumentar de espesor o bien insertar algún refuerzo para disminuir el espaciado y por tanto disminuir el espesor requerido.

A los refuerzos ordinarios y primarios cuyo módulo de resistencia es inferior al módulo reglamentario se les modifica el escantillón para conseguir el módulo requerido.

Una vez propuestas las soluciones a adoptar, se repiten los cálculos con dichas propuestas, comprobando después que los resultados de los cálculos son satisfactorios.

La justificación de las soluciones adoptadas se puede ver con más detalle en el anexo 1.

## f) Conclusiones

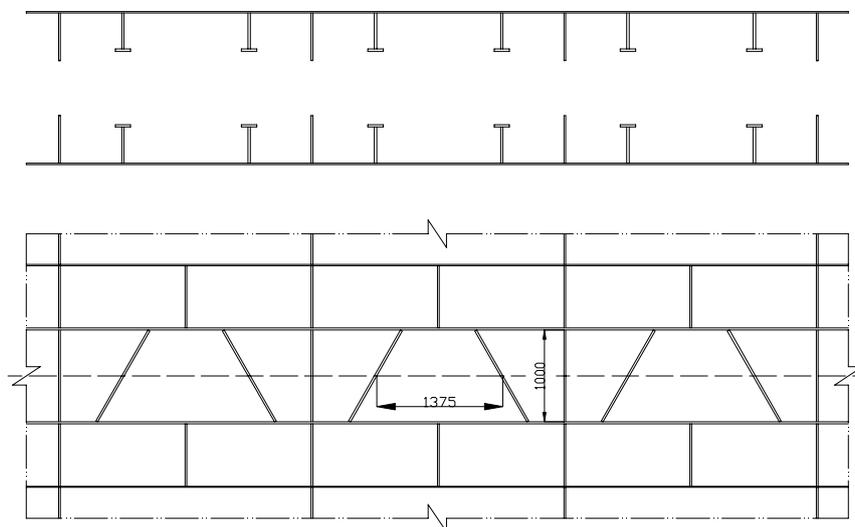
En conclusión, una vez finalizado el cálculo del escantillado de la estructura del buque, ésta resulta modificada para satisfacer los requerimientos de las reglas de Bureau Veritas en aras de asegurar la resistencia y la integridad de las partes esenciales del casco.

A continuación se muestran las modificaciones adoptadas en las distintas partes del buque. Estas soluciones constan en aumento de espesores de planchas, aumento de escantillones de refuerzos o inclusión de nuevos refuerzos.

### Zona de bodegas de carga

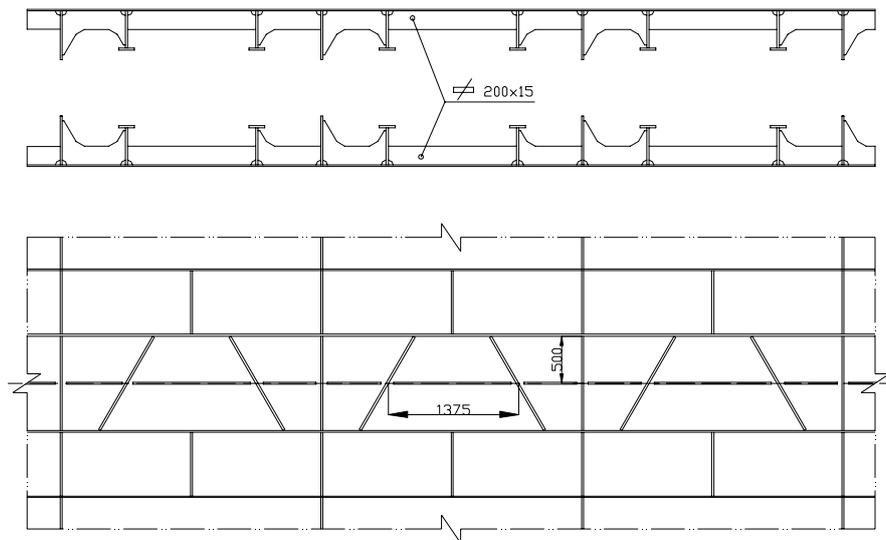
#### Quilla plana y traca central del doble fondo

Debido a que el buque no tiene quilla vertical, la clara de cálculo de la quilla plana y de la traca central del doble fondo es de 1000 mm, como se puede ver en el esquema siguiente.



Se podría solicitar aumento de los espesores, tal como se indica en la tabla anterior. Pero debido a que la quilla plana recibe la presión de los picaderos durante las varadas, es preferible reforzar ambas planchas con un longitudinal intercostal, como se indica en el croquis siguiente.

En este caso, la clara de cálculo de estas tracas es de 500 mm, con lo que los espesores propuestos son válidos.



**Se solicita disponer longitudinal central en fondo y doble fondo**

#### Tracas del doble casco

Las tracas 22, 23 y 24, que corresponden a la segunda, tercera y cuarta tracas del Doble Casco, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario, como se ve en la tabla siguiente (ver página 62).

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 22	10,0 mm	10,5 mm
• Traca 23	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 24	8,0 mm	9,0 mm

**Se solicita aumentar los espesores de estas tracas**

#### Longitudinales del doble casco

Hay algunos longitudinales cuyo módulo es inferior al reglamentario. Todos ellos pertenecen al mamparo longitudinal de doble casco.

Como se ve en la sección maestra, el mamparo longitudinal de doble casco tiene cinco grupos de longitudinales:

Grupo	Núm. de longs.	Tipo	Dimensiones
1	3	bulbo	340 x 12
2	3	bulbo	300 x 13
3	3	bulbo	260 x 11
4	2	bulbo	240 x 12
5	2	bulbo	320 x 14

#### Grupo 1

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
01	b 340 x 12	837 cm <sup>3</sup>	849 cm <sup>3</sup>

De acuerdo con Pt B,Ch 7, Sec 2, § 3.7.2, un refuerzo ordinario que pertenece a un grupo de igual escantillonado, se puede aceptar con un módulo inferior al reglamentario, siempre que el módulo de dicho refuerzo sea al menos el 90% del módulo reglamentario mayor del grupo.

El módulo neto de este long. (837 cm<sup>3</sup>) es el 98% del valor reglamentario (849 cm<sup>3</sup>), por lo que el grupo 1 es válido.

#### Grupo 3

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
07	b 260 x 11	407 cm <sup>3</sup>	474 cm <sup>3</sup>
08	b 260 x 11	407 cm <sup>3</sup>	439 cm <sup>3</sup>
09	b 260 x 11	403 cm <sup>3</sup>	406 cm <sup>3</sup>

El módulo neto del longitudinal más cargado de este grupo (407 cm<sup>3</sup>) tiene el 85% del módulo reglamentario (473 cm<sup>3</sup>), por lo que hay que aumentar su escantillonado.

**Se propone aumentar este grupo de longitudinales a b 260x12**

Una vez corregidos los longitudinales (ver cuadro siguiente), el longitudinal 7, que es el más cargado, tiene un módulo neto de 426 cm<sup>3</sup> que es el 90% del módulo reglamentario que es 473 cm<sup>3</sup>.

Grupo 4

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
10	b 240 x 12	346 cm <sup>3</sup>	368 cm <sup>3</sup>
11	b 240 x 12	346 cm <sup>3</sup>	356 cm <sup>3</sup>

El módulo neto del longitudinal más cargado de este grupo (346 cm<sup>3</sup>) tiene el 94% del módulo reglamentario (368 cm<sup>3</sup>), por lo que su escantillonado es correcto.

#### Modificación de espesores en varengas (STEEL)

En las zonas con cuatro tanques en manga, es decir, entre cuadernas 44 y 50 y entre cuadernas 61 y 66 el espesor de las varengas en los tanques centrales se modificará como se indica a continuación.

<u>Varenga</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Central	13,0 mm	16,0 mm

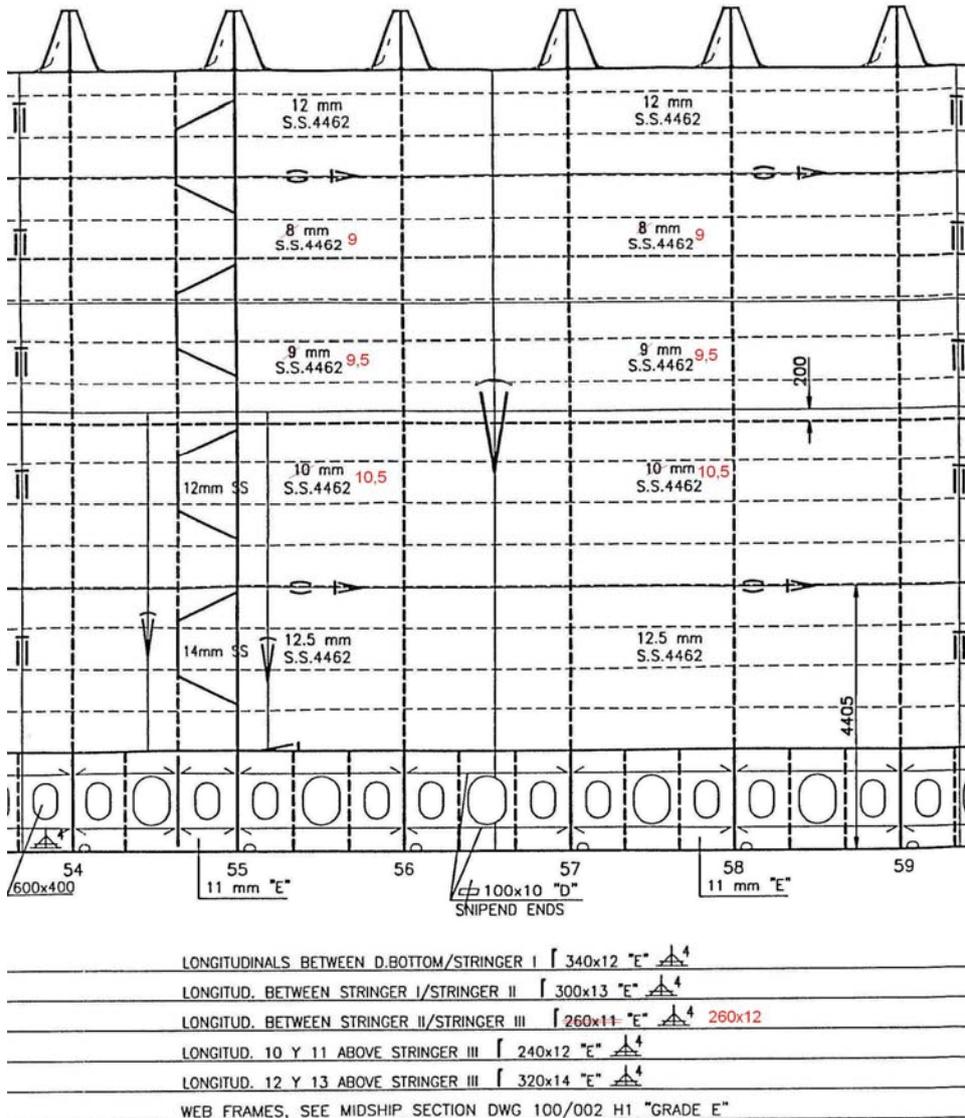
En las zonas con dos tanques en manga, es decir, entre cuadernas 50 y 61 y entre cuadernas 66 y 69 el tramo de varenga situada junto al doble casco, se modificará como se indica a continuación.

<u>Varenga</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Central	18,0 mm	21,0 mm

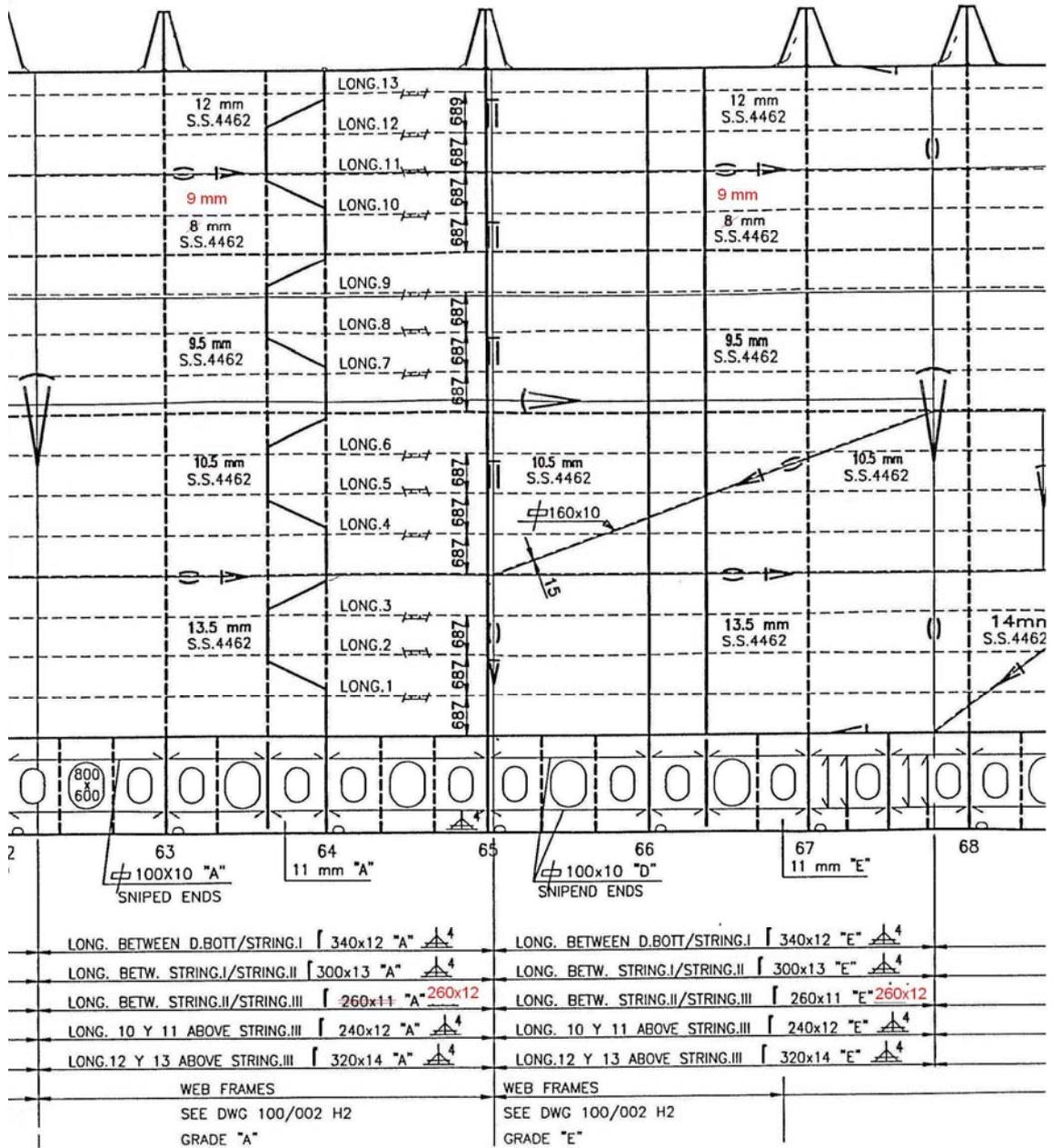
Como resumen, se indican sobre los planos, los escantillones que se modifican en la zona de los tanques de carga.

**Los escantillones modificados aparecen en rojo**

DOBLE CASCO EN CUADERNA MAESTRA (SECCIÓN 55)



## DOBLE CASCO EN SECCIÓN 65





## Zona de Cámara de Máquinas

### Tracas de costado

Las tracas 3, 4 y 5, del forro exterior, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 3	11,0 mm	14,0 mm (15,0 mm)
• Traca 4	11,0 mm	12,0 mm (14,0 mm)
• Traca 5	11,0 mm	10,5 mm (14,0 mm)

### Tracas de doble fondo

La traca 7, tiene el espesor por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 7	11,0 mm	13,0 mm

Los espesores en rojo son los solicitados, mayores que los reglamentarios, para aumentar el módulo de la sección en el fondo

### Tracas de cubierta superior

La traca 12 (trancanil), tiene el espesor por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 12	9,0 mm	15,0 mm

Se solicita el espesor reglamentario

### Tracas de tanques y cofferdam

Las tracas 3, 4 y 5, del forro exterior, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 19	9,0 mm	10,0 mm
• Traca 20	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 21	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 22	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 23	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 28	7,0 mm	8,0 mm
• Traca 29	7,0 mm	8,0 mm
• Traca 30	7,0 mm	9,5 mm

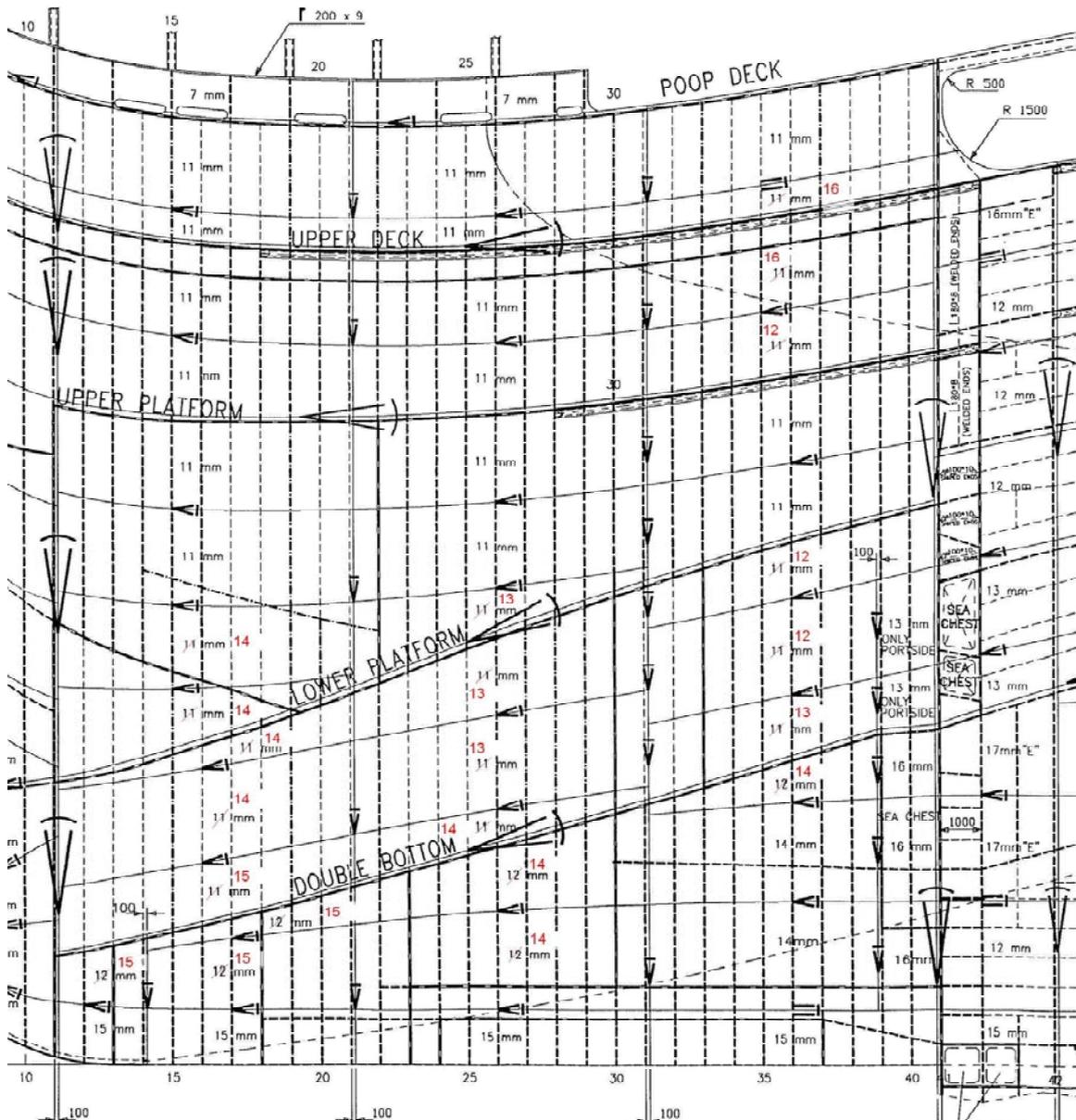
Se solicitan los espesores reglamentarios

Como resumen, se indican sobre los planos, los escantillones que se modifican en la zona de los tanques de carga.

Los escantillones modificados aparecen en rojo

### FORRO EXTERIOR EN LA ZONA DE CÁMARA DE MÁQUINAS

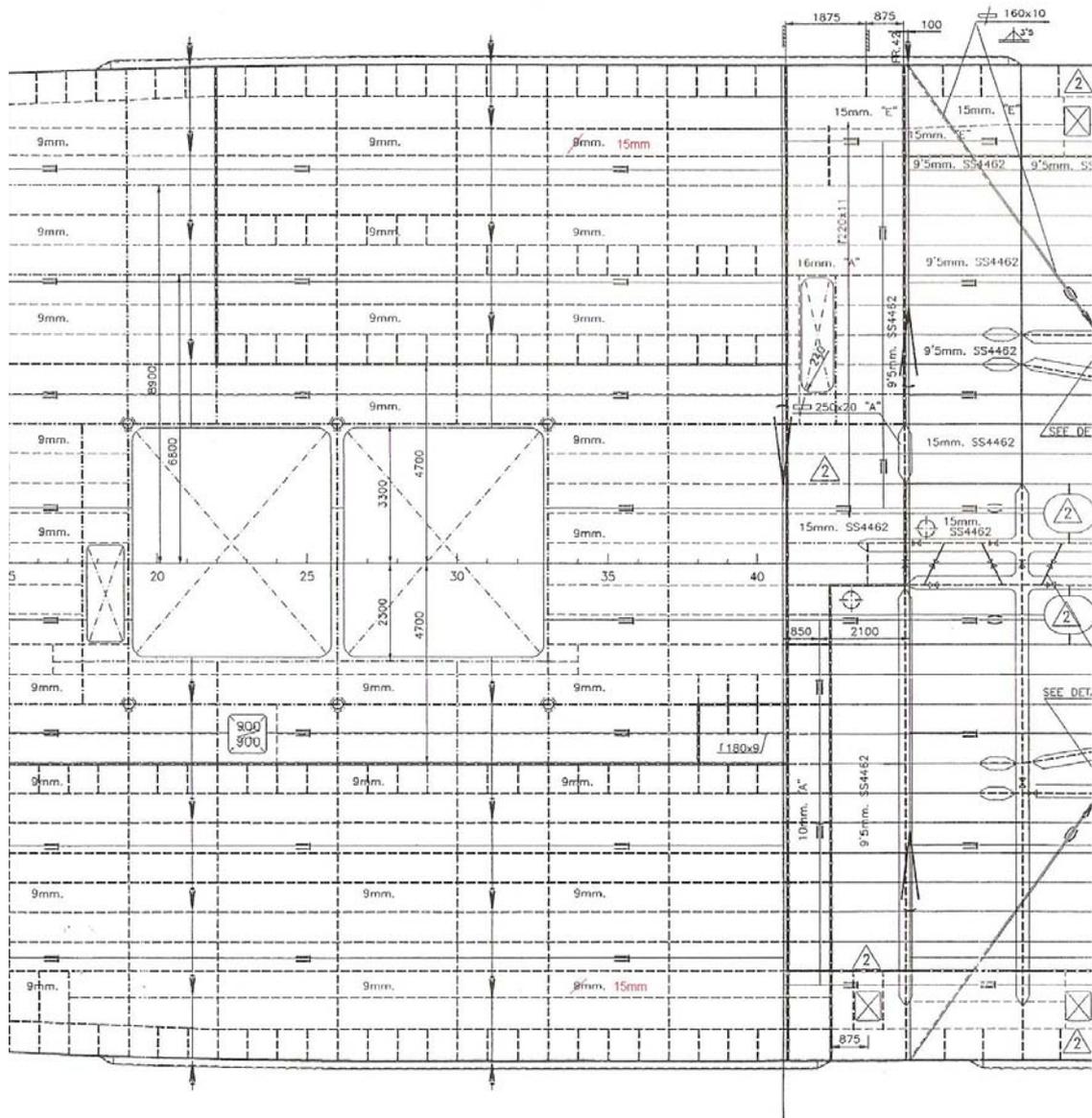
De acuerdo con lo anterior, racionalizando la variación de los espesores en el forro exterior, las modificaciones solicitadas serían las indicadas en rojo en el esquema siguiente.



La traca de cinta, podría ser, desde el punto de vista de cálculo, de un espesor menor, pero es conveniente, desde el punto de vista de las “reglas del arte”, disponer el mismo espesor que tiene a proa del mamparo frontal de la toldilla.



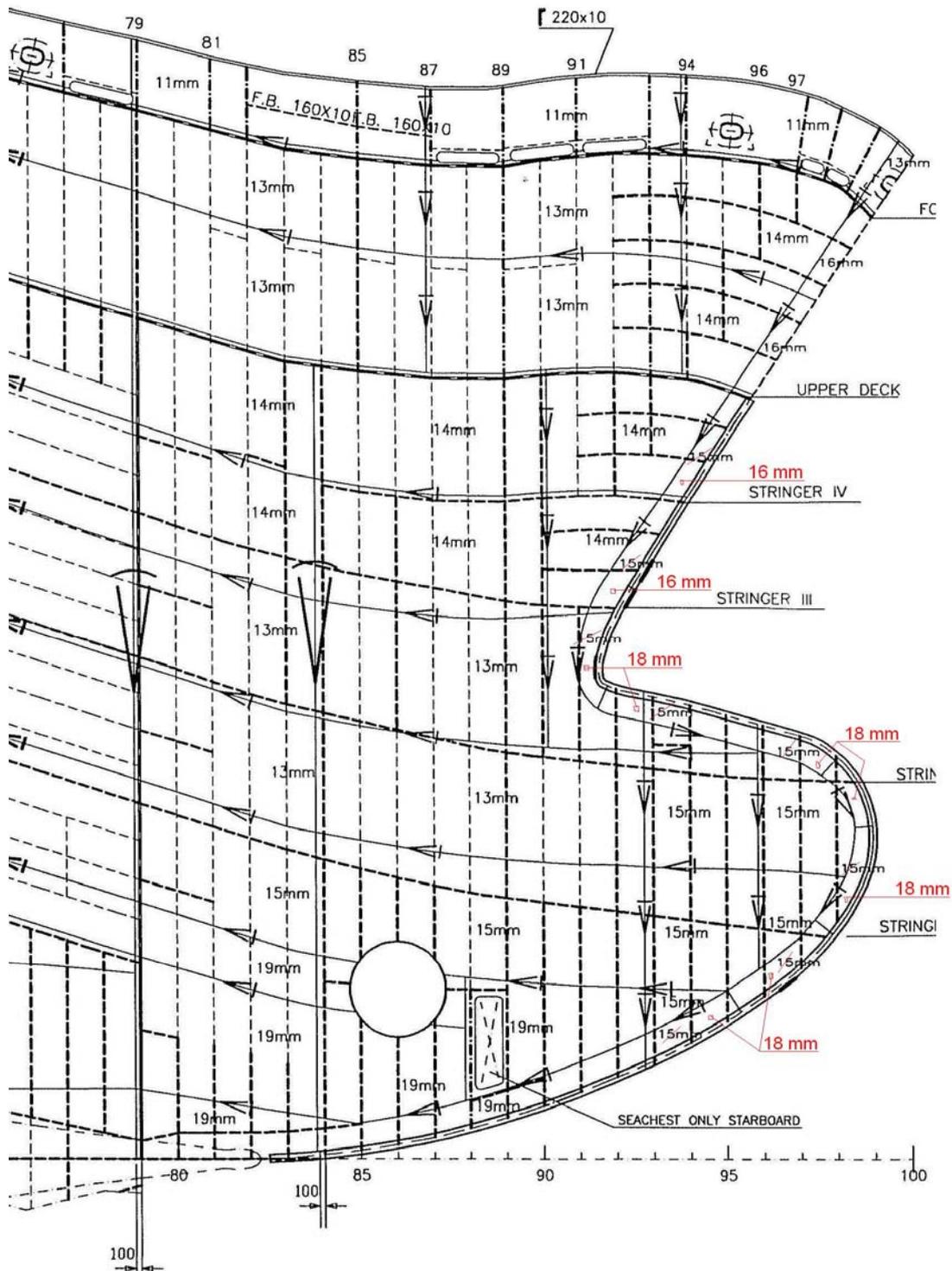
## CUBIERTA SUPERIOR EN LA ZONA DE CÁMARA DE MÁQUINAS



Como se ha dicho anteriormente, el trancañil podría ser, desde el punto de vista de cálculo, de un espesor menor, pero es conveniente, desde el punto de vista de las “reglas del arte”, disponer el mismo espesor que tiene a proa del mamparo frontal de la toldilla.

# Pique de proa

## FORRO DEL PIQUE DE PROA



El espesor reglamentario de la roda es de 18 mm pero se puede disminuir a partir de la línea de flotación. Se solicita en la zona superior 16 mm, que es el espesor que el astillero propone por encima de la cubierta superior

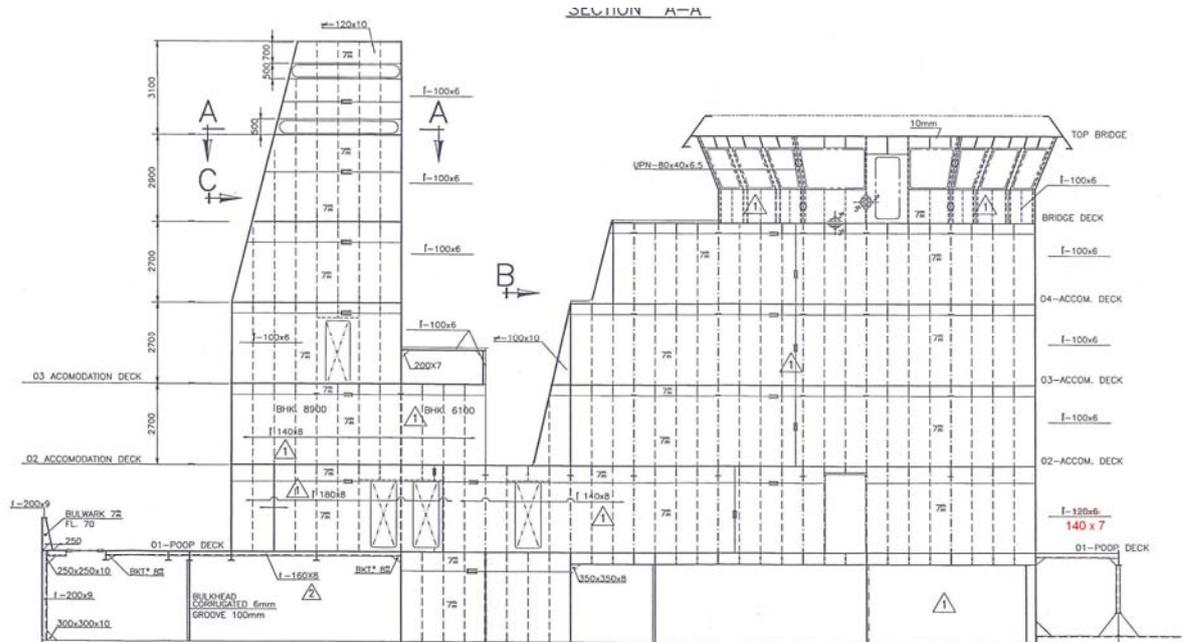
## FORRO DEL PIQUE DE POPA



Las planchas del codaste se solicitan de 30 mm que es lo reglamentario. Por otra parte, la tercera traca en la zona de popa se solicita de 14 mm para dar continuidad a lo solicitado en la zona de cámara de máquinas

# Superestructura

## MAMPARO LATERAL



Los refuerzos del segundo tramo del mamparo lateral, en la parte de proa, son de b 120x6 y se solicita su cambio por b 140x7, como se ve en el plano

## Timón y mecha

El escantillonado propuesto para el timón es correcto.

## **g) Materiales y equipos**

Debido a la dificultad y la laboriosidad, unidas al riesgo de error que supone utilizar directamente las fórmulas del Reglamento, la Sociedad de Clasificación ha desarrollado una serie de programas de ordenador, que facilitan la aplicación de las Reglas.

Los programas de ordenador desarrollados por la Sociedad de Clasificación para el cálculo de estructuras son los que se describen a continuación:

### **Mars**

Como se ha indicado anteriormente, el programa MARS de Bureau Veritas, permite el cálculo de la estructura del buque comprendida entre los mamparos de prensaestopas y de colisión.

#### **Datos generales**

En primer lugar se introducen los datos generales del buque, en la parte denominada BSD (Basic Ship Data).

- Notaciones Reglamentarias (Tipo de Buque, Navegación etc)
- Dimensiones principales del buque
- Calado de escantillonado
- Momentos flectores si se conocen
- Geometría de la proa del buque (Bow Flare)
- Materiales utilizados en la sección considerada
- Localización de las cuadernas con respecto a la perpendicular de popa de la eslora de escantillonado (distintas claras de cuaderna, etc)

#### **Resultados preliminares**

Con los datos anteriores, se pueden obtener resultados preliminares como son:

- La distribución reglamentaria de los momentos y fuerzas cortantes, tanto en ola como en aguas tranquilas
- Las aceleraciones en los tres ejes en cualquier punto del buque, tanto en mar de proa como de costado

- La distancia de todas las cuadernas a la perpendicular de popa de la eslora de escantillado
- Inercias y módulos reglamentarios de la Maestra

Estos resultados se repiten para todas las secciones que se estudien en el buque.

### **Datos de la sección**

Para cada Sección hay que introducir, en la parte denominada “Edit”, los datos necesarios para el cálculo de todos los elementos y que son los siguientes:

- **“Main data”**
  - Distancia de la sección a la perpendicular de popa
  - Materiales
  - Fuerzas cortantes y momentos flectores en aguas tranquilas, si son diferentes a los valores reglamentarios
  - Fuerzas cortantes y momentos flectores en la ola, si son diferentes a los valores reglamentarios
  - Estos datos serán tomados, automáticamente, como los indicados en B.S.D. o los introduciremos de nuevo en caso de que sean distintos
- **“Panels”**
  - Denominación de una parte concreta de la sección, p.e. “Fondo y pantoque”
  - Eficiencia. En primer lugar se indicará la eficiencia para el cálculo del Módulo de la Sección, que puede ser del 100% en caso de un panel continuo o 0% en caso de un panel que no tiene continuidad longitudinal. Hay casos de zonas que no están rígidamente unidas a la estructura general y su eficiencia puede estar comprendida entre 0% y 100%
  - Espaciado entre elementos primarios transversales (Varengas, bulárcamas, baos reforzados, etc)

- **“Nodes – plates”**

- “Nodes”. La geometría de la Sección considerada se introduce dando las coordenadas de los “nodes” que tomaremos del plano de la Sección, del Plano de Formas, Cartilla de Trazado, o cualquier otro documento en el que se indiquen estos valores
- “Plates”. Una “plate” es la zona comprendida entre dos “nodes” que puede ser recta o curva. En caso de que sea curva se indicará el radio de curvatura. En el “node” extremo de cada “plate” se introduce el “código de posición”, (fondo, D.fondo, costado, cubierta, mamparo, etc).
- El código sirve para utilizar las fórmulas adecuadas para el cálculo de los espesores de la “plate” y los módulos de los refuerzos ordinarios unidos a la misma

- **“Strakes – welding joints”**

- Strakes. Espesores de las planchas
- Welding joints”. Cada “plate” puede contener varias tracas, separadas entre si por topes de soldadura, que también pueden ser de distintos espesores

- **Stiffeners”**

- Cada “panel” tiene un reforzado de las tracas que puede ser longitudinal
- Stiffener location. A partir de los “nodes” de cada panel, se sitúan los refuerzos longitudinales
- Stiffener scantling. El escantillado de los longitudinales se puede introducir por grupos o individualmente. También se puede indicar si los longitudinales tienen cartelas en sus extremos, ya que en este caso se reduce la “luz o vano” de cálculo

- **“Transverse stiffening”**

- Hay “panels” o alguna zona de ellos que están reforzados transversalmente (cuadernas, baos, refuerzos de mamp. long., etc)
- Stiffener location. A partir de los “nodes” de cada panel o de refuerzos longitudinales, se pueden situar los refuerzos transversales
- Stiffener scantling. El escantillado de los refuerzos transversales se introduce individualmente. También se indicará si los refuerzos tienen cartelas en sus extremos, ya que en este caso se reduce la “luz o vano” de cálculo

- **“Compartments”**

- La Sección transversal se divide en compartimentos que están limitados por “plates”. Estos compartimentos pueden ser de lastre, combustible, carga líquida o semilíquida, espacio vacío, etc
- Main destination. Uso al que se destina el compartimento, p.e. lastre, tanque de combustible, tanque de carga, carga seca, cofferdam, acomodación, etc
- Type. Tipo de compartimento, p.e. tanque, doble fondo, compartimento seco, cámara de máquinas, etc
- Description by node circuit. Cada compartimento se define por medio de un circuito de “nodes”
- Dimensions. A cada compartimento se le asignan las dimensiones de eslora manga y puntal, propias
- Loading cases. A los compartimentos de carga líquida se les indica la altura de la aireación y la altura de prueba del tanque, así como la densidad del líquido que almacena

- **Deck loads”**

- A la “plate” que constituye una cubierta y lleva carga distinta a la reglamentaria, se le indica la extensión de la misma y su magnitud

## **Resultados de los cálculos de la estructura local**

Una vez introducidos todos los datos, se procede a la resolución en la parte denominada Rule.

En los resultados, se comprueban las cargas estáticas y dinámicas aplicadas a cada elemento del buque, los resultados del cálculo y su comparación con los valores propuestos, que fundamentalmente son:

- Inercias y módulos de la viga-buque
- Espesores de las planchas
- Módulos de los refuerzos, tanto longitudinales como transversales

## **STEEL**

Como se ha dicho anteriormente, el STEEL es un programa de cálculo de estructuras por barras, que se utiliza como complemento de los cálculos reglamentarios. En el presente caso, se utilizará para comprobar las sollicitaciones a que está sometido el buque en la zona de bodegas, para lo cual se hará un modelo que comprenda dos bodegas.

### **Datos generales**

- Introducción de las coordenadas de los “nodos” que constituyen la geometría del modelo
- Definición de las barras que forman la estructura, indicando los nodos de origen y extremo de la misma, la orientación de sus ejes particulares y, si los hubiera, zonas de la barra consideradas como “núcleos
- Definir los apoyos del modelo para que la estructura sea estable (condiciones de contorno)
- Tipos. Definir los tipos de las barras (dimensiones de su sección), para el cálculo de sus propiedades geométricas
- Cargas sobre las barras y los nudos

## **Resultados de los cálculos**

- Reacciones en los apoyos de la estructura
- Deformaciones de la estructura
- Fuerzas cortantes, momentos flectores y de torsión en las barras
- Tensiones normales, tangenciales y criterio de Von Mises en las barras
- Check. Comparación de las tensiones obtenidas con las admisibles en el Reglamento

## **RUDDER**

El RUDDER es un programa utilizado para el cálculo del timón, mecha y el resto de accesorios del aparato de gobierno.

### **Datos generales**

- Velocidad en servicio del buque
- Tipo de timón (suspendido, semi-suspendido, etc)
- Situación del timón en o fuera de la estela de la hélice
- Materiales
- Introducción de las coordenadas de los “nodos” que constituyen la geometría del timón y la posición de la mecha
- Definición de la forma (NACA) del timón, para calcular inercias y módulos de la pala
- Definir geoméricamente los apoyos del conjunto timón-mecha-pinzotes
- Definir el acoplamiento timón-mecha (mecha troncocónica, plato de acoplamiento y bulones, etc)

## **Resultados de los cálculos**

- Espesores reglamentarios de la pala y sus zonas reforzadas y comparación con los propuestos
- Diámetros reglamentarios inferior y superior d la mecha
- Diámetros de pinzotes, bulones de acoplamiento, etc
- Soporte del timón, en caso de que sea semi-suspendido
- Check. Comparación de las tensiones obtenidas con las admisibles en el Reglamento

## **h) Bibliografía**

- **Rules for the classification of ships in steel** (Bureau Veritas, 2007)
- **Reglamento SOLAS** (ed. IMO)
- **Código IBC** (ed. IMO)
- **Código USCG** (U.S. Coast Guard)
- **Convención de Líneas de Carga** (ed. IMO)
- **Classification Societies, what, why and how?** (ed. IACS)
- **Cálculo de estructuras** (J.M. Sáenz de Benito, E.T.S.I.N.)
- **Resistencia de Materiales** (S. Timoshenko)
- **Prontuario ENSIDESA – manual para cálculo de estructuras metálicas**



## **1.2 Anexos a la memoria**



# ÍNDICE

<b>Anexo 1. Cálculos justificativos</b> .....	93
<b>Cálculo del escantillonado</b> .....	95
<b>Cálculos generales realizados con Mars</b> .....	95
• Datos generales.....	96
• Resultados preliminares.....	99
<b>Zona de tanques de carga (Mars)</b> .....	103
• Sección Maestra (Sección cuad. 56) .....	103
• “ “ (datos) .....	104
• “ “ (datos gráficos) .....	111
• “ “ (resultados) .....	118
• “ “ (resultados gráficos) .....	122
• Sección por cuaderna 65 (datos) .....	129
• “ “ “ (resultados) .....	139
• Mamparo en sección 55 (datos) .....	145
• “ “ “ (resultados) .....	145
• Mamparo en sección 61 (datos) .....	153
• “ “ “ (resultados) .....	158
<b>Zona de tanques de carga (Steel)</b> .....	160
• Modelo de bodegas (datos) .....	161
• “ “ (resultados) .....	169
<b>Resumen del estudio de la zona de bodegas de carga</b> .....	182
<b>Zona de cámara de máquinas (Mars)</b> .....	192
• Sección por cuaderna 12 (datos) .....	194
• “ “ “ (resultados) .....	202
• Sección por cuaderna 27 (datos) .....	210
• “ “ “ (resultados) .....	217
• Sección por cuaderna 40 (datos) .....	224
• “ “ “ (resultados) .....	231
• Mamparo en sección 30 (datos) .....	236
• “ “ “ (resultados) .....	240
• Mamparo en sección 41 (datos) .....	242
• “ “ “ (resultados) .....	246
• Polín del motor principal (aplicación directa Reglamento) .....	248
• Estudio especial de las tracas de cinta y trancañil .....	250
<b>Resumen del estudio de la zona de máquinas</b> .....	251



# **Anexo 1**

## **Cálculos justificativos**



# Cálculo del escantillado

## Cálculos generales realizados con Mars

Como se ha indicado anteriormente, el programa MARS de Bureau Veritas, permite el cálculo de la estructura del buque comprendida entre los mamparos de prensaestopas y de colisión.

En la zona de tanques de carga se realizarán cálculos por las secciones que se indican a continuación y que representan la totalidad de la estructura de esta zona.



En el plano de capacidades, se observa que las densidades de carga de los tanques son:

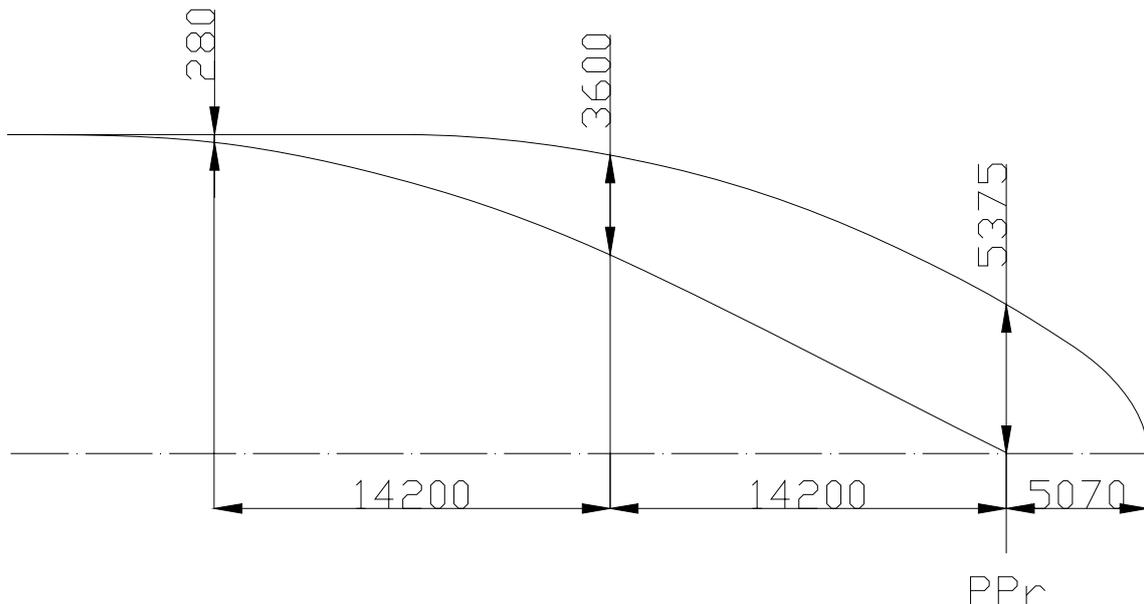
- En la mayoría de los tanques  $2,0 \text{ Tm/m}^3$
- En los tanques N° 5 y N° 10  $2,2 \text{ Tm/m}^3$
- Las aireaciones de los tanques están provistas de válvulas taradas a 0,2 bar.

De acuerdo con esto, se estudiarán las siguientes secciones:

- Sección Maestra (cuaderna 56), tanque cuya densidad es  $2,0 \text{ Tm/m}^3$
- Sección por cuaderna 56, tanque cuya densidad es  $2,2 \text{ Tm/m}^3$
- Mamparo transversal por cuaderna 55, corrugado
- Mamparo transversal por cuaderna 61, plano-cofferdam

## Datos generales (Basic Ship Data)

En la descripción que se ha hecho anteriormente del MARS, se indican los datos generales que se han de introducir y que sirven para todas las secciones que se hagan. Además de los valores que se han determinado anteriormente, se indican a continuación, tal como se ve en la figura, los datos del área proyectada del abanico (Bow flare).



En general, el calado de escantillonado se toma con un margen sobre el calado de diseño, para prever cualquier error o posterior modificación.

Normalmente, los Momentos Flectores que facilita el Astillero, están basados en un cálculo preliminar o en datos de otros buques similares. Sin embargo, en ocasiones, no se indica ningún valor para los Momentos. En este caso, el programa, calcula valores estadísticos de los momentos en arrufo y en quebranto, así como su distribución a lo largo de la eslora del Buque.

Tal como figura en la cuaderna maestra, los valores de los momentos considerados son:

- Quebranto 686490 kN x m
- Arrufo 392280 kN x m

**Los datos (BSD) del buque cuyo proyecto estamos estudiando, son los siguientes:**

## MIRE Basic Ship Data

### Identification

Ship Name : ..... Chemical Tanker 20.700 m3  
Builder : ..... U.N.L.  
Hull number : ..... 254  
Description : ..... SECCIONES TIPO  
Section number : .....

### Miscellaneous

Standard for bulb plate : ..... DIN  
Sailing factor : ..... 0.850

### Notation

Service : ..... Chemical tanker  
Navigation : ..... Unrestricted navigation

### Dimensions

Scantling length : ..... 142.000 m  
Breadth moulded : ..... 23.500 m  
Block coefficient : ..... 0.773  
Contractual service speed : ..... 15.8 knots

#### Depths :

At strength deck : ..... 13.000 m  
At freeboard deck : ..... 13.000 m  
At top of continuous member : ..... 13.000 m

#### Location of hold regions :

Aft end : ..... 7.700 m  
Fore end : ..... 133.200 m

### Bending Moments

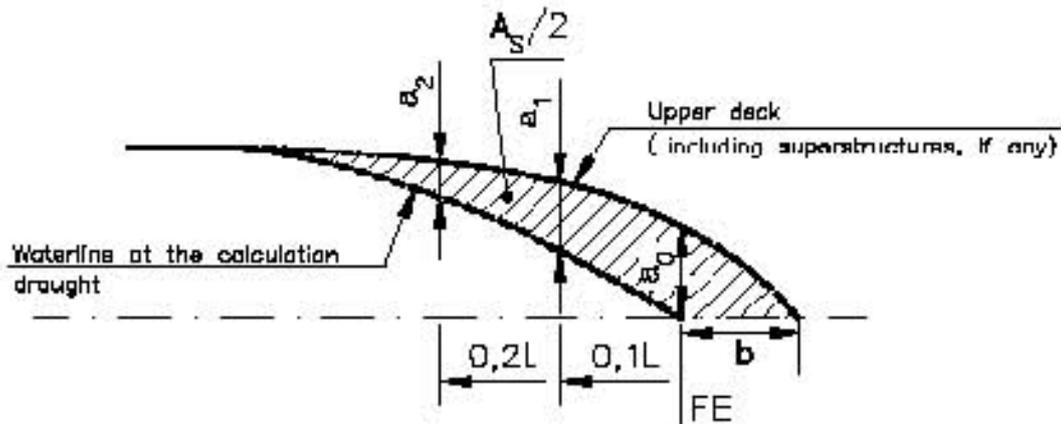
Still Water Bending Moments (SWBM)  
Hogging condition ..... 686490 kN.m  
Sagging condition ..... 392280 kN.m  
Ship behavior ..... Both Hogging / Sagging  
Min SWBM in hogging condition ..... 0 kN.m  
  
Vertical Wave Bending Moments  
Hogging condition ..... 0 kN.m  
Sagging condition ..... 0 kN.m

### Draught

*Scantling*  
Draught ..... 9.950 m  
GM transverse metacentre ..... 0.000 m  
Roll radius of gyration ( $\delta$ ) ..... 0.000 m  
  
*Ballast*  
Draught ..... 0.000 m  
GM transverse metacentre ..... 0.000 m  
Roll radius of gyration ( $\delta$ ) ..... 0.000 m

# Bow Flare

b :	5.070 m
a0 :	5.375 m
a1 :	3.600 m
a2 :	0.280 m



## Materials

Ship built in :	Steel
In neutral axis zone :	1 - ST235
In deck zone :	1 - ST235
In bottom zone :	1 - ST235

## Material definition

n°	Material type	Yield stress N/mm <sup>2</sup>	Young modulus N/mm <sup>2</sup>	Tensile strength N/mm <sup>2</sup>
1	Steel	235.0		
2	Stainless steel	470.0	195000.0	
3	Steel	315.0		

## Frames

Distance from Aft Perpendicular (AE) to frame n°0 0.000 m  
 First frame number : -6

## Frame spacing

From frame n°	To frame n°	Spacing (m)
-6	41	0.700
41	79	2.750
79	100	0.700

## Resultados preliminares

La **distribución reglamentaria de los momentos flectores y fuerzas cortantes** en aguas tranquilas y sobre la ola, viene dada en Pt B,Ch 5, Sec 2, y es calculada por el MARS, tal como se muestra a continuación.

### Hull Girder Loads Distribution (SWBM based on Builder's Proposal)

#### Vertical Bending Moments - Hogging Condition

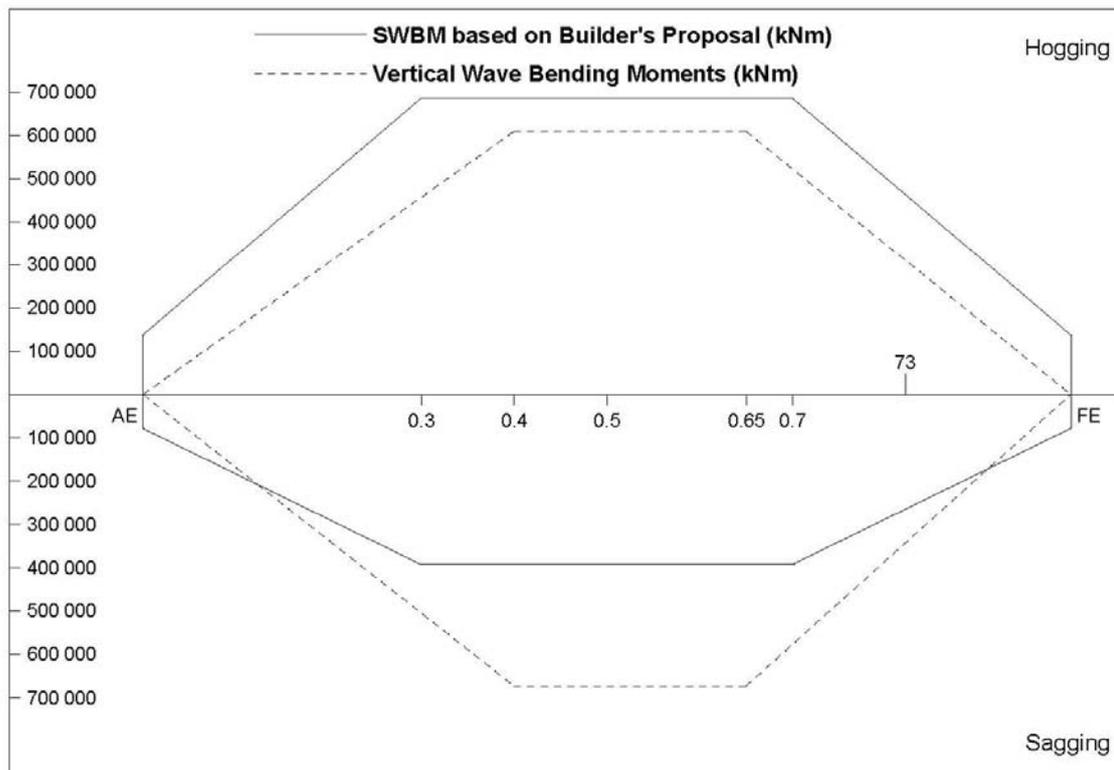
Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
116.700	116.700	463461.3	310486.5	773947.8
73	116.700	463461.2	310486.4	773947.6

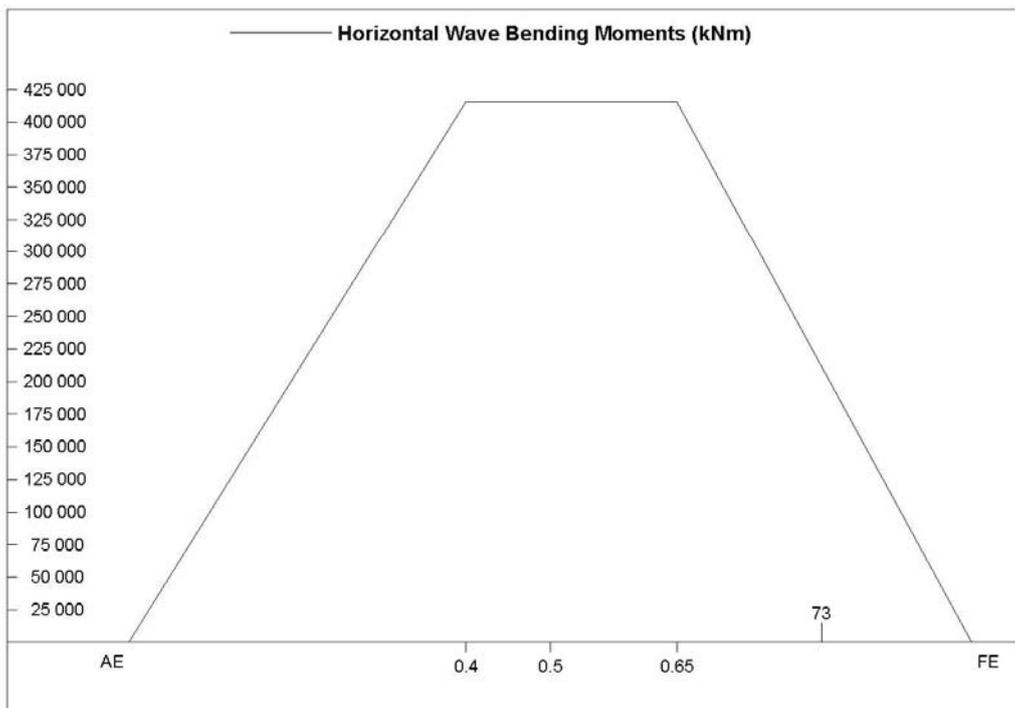
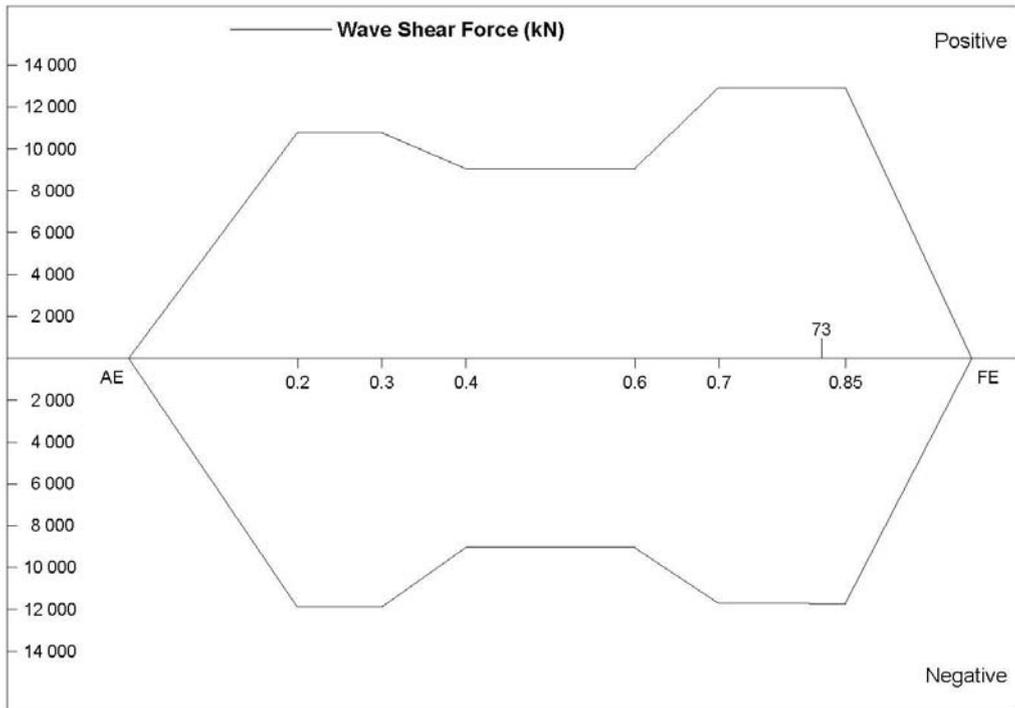
#### Vertical Bending Moments - Sagging Condition

Frame n°	X (m)	Still Water Bending Moment (kNm)	Vertical Wave Bending Moment (kNm)	Resultant Moment (kNm)
116.700	116.700	264835.0	342535.1	607370.1
73	116.700	264835.0	342534.9	607369.9

#### Wave Shear Forces and Horizontal Wave Bending Moments

Frame n°	X (m)	Shear Force Positive (kN)	Shear Force Negative (kN)	Horizontal Wave Bending Moments (kNm)
116.700	116.700	12923.5	11714.4	211589.3
73	116.700	12923.5	11714.4	211589.2





Esta distribución se basa en valores estadísticos y en el valor máximo del Momento en aguas tranquilas que figura en los datos, que en este caso ha sido suministrado por el Astillero.

En el caso de que se disponga de la distribución real, que sería la envolvente de todos los casos de carga, se puede utilizar el valor correspondiente a cada sección.

El MARS también calcula las **aceleraciones** debidas a los movimientos del buque para cualquier punto que se determine.

Como ejemplo, se calculan las aceleraciones correspondientes a la zona donde se instala el tanque para el transporte de gases licuados, situado sobre cubierta en proa.

Las coordenadas de este punto con respecto a la perpendicular de popa reglamentaria son;  $X = 116,000$   $Y = 5,000$   $Z = 17,500$ . Los resultados son los que aparecen a continuación.

### Accelerations

Point n°	Draught (m)	Upright ship condition			Inclined ship condition		
		$a_{x1,2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y1,2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{z1,2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{z2}$ (m/s <sup>2</sup> )
1	9.950 Scantling	1.733	0.000	5.001	0.000	4.418	1.520
	4.260 Ballast	2.208	0.000	5.001	0.000	6.428	1.737

#### Coordinates of calculation points

Point n°	$X_G$ (m)	$Y_G$ (m)	$Z_G$ (m)
1	116.828	5.000	17.500

#### Coordinates of calculation points

Point n°	$X_G$ (m)	$Y_G$ (m)	$Z_G$ (m)
1	116.828	5.000	17.500

La **distancia de cada cuaderna a la perpendicular de popa** se calcula, también, con los datos principales.

**Frame distances from AE**

n°	X (m)	n°	X (m)	n°	X (m)						
-6	-4.200	13	9.100	32	22.400	51	56.200	70	108.450	89	140.200
-5	-3.500	14	9.800	33	23.100	52	58.950	71	111.200	90	140.900
-4	-2.800	15	10.500	34	23.800	53	61.700	72	113.950	91	141.600
-3	-2.100	16	11.200	35	24.500	54	64.450	73	116.700	92	142.300
-2	-1.400	17	11.900	36	25.200	55	67.200	74	119.450	93	143.000
-1	-0.700	18	12.600	37	25.900	56	69.950	75	122.200	94	143.700
0	0.000	19	13.300	38	26.600	57	72.700	76	124.950	95	144.400
1	0.700	20	14.000	39	27.300	58	75.450	77	127.700	96	145.100
2	1.400	21	14.700	40	28.000	59	78.200	78	130.450	97	145.800
3	2.100	22	15.400	41	28.700	60	80.950	79	133.200	98	146.500
4	2.800	23	16.100	42	31.450	61	83.700	80	133.900	99	147.200
5	3.500	24	16.800	43	34.200	62	86.450	81	134.600	100	147.900
6	4.200	25	17.500	44	36.950	63	89.200	82	135.300		
7	4.900	26	18.200	45	39.700	64	91.950	83	136.000		
8	5.600	27	18.900	46	42.450	65	94.700	84	136.700		
9	6.300	28	19.600	47	45.200	66	97.450	85	137.400		
10	7.000	29	20.300	48	47.950	67	100.200	86	138.100		
11	7.700	30	21.000	49	50.700	68	102.950	87	138.800		
12	8.400	31	21.700	50	53.450	69	105.700	88	139.500		

El **Módulo Reglamentario de la Maestra** viene dado en Pt B,Ch 6, Sec 2, § 4 y su cálculo también está contemplado en el MARS.

El Módulo Mínimo de la Maestra es función de las dimensiones principales del buque y, en ningún caso, el Módulo del buque debe ser inferior a este valor reglamentario. Por otra parte, el módulo debe ser suficiente para soportar el Momento Flector máximo, tanto en arrufo como en quebranto.

Los módulos mínimos y los basados en los momentos en aguas tranquilas se calcula también en esta parte preliminar y sus valores son los que aparecen a continuación.

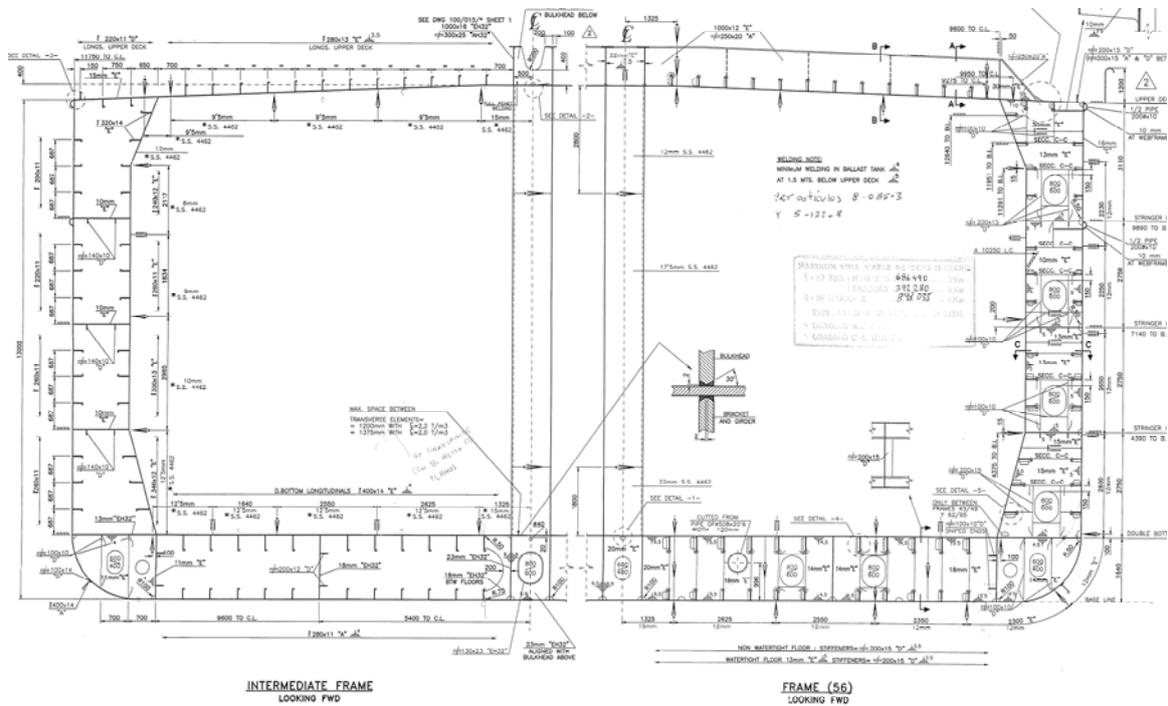
**Rule Section Moduli (m<sup>3</sup>) Amidship - X = 71.000 m**

	Deck	Bottom
Minimum section modulus . . . . .	6.1171	6.1171
Modulus based on design SWBM, Hog (686490 kNm) . . .	7.4081	7.4081
Modulus based on design SWBM, Sag (392280 kNm) . . .	6.0867	6.0867
Rule Modulus . . . . .	7.4081	7.4081

# Zona de tanques de carga (Mars)

## Sección Maestra (Sección por cuaderna 56)

El estudio de la Sección Maestra, como su nombre indica, se basa en secciones próximas al centro del buque. En este caso, las secciones a estudiar corresponden a las situadas en las proximidades de la cuaderna nº 56, que vemos representada a continuación.



A partir de esta sección y del plano de formas introduciremos la geometría y el escantillonado de los elementos que figuran en el plano que se ha representado en la figura anterior.

El listado de los datos correspondientes a la Maestra (sección 56), son los que se muestran a continuación.

## Datos

### Datos principales de la sección “Main data”

A continuación, se muestra la impresión de ordenador, con los datos de la sección maestra. Tras los datos impresos se muestran gráficamente los mismos. Para el resto de secciones solo se mostrarán los datos principales. El resto de datos se darán gráficamente.

#### Mars Input Data

##### Main Section Data

---

Section identification : .....	Midship section		
Longitudinal location : .....	71.000 m		
Breadth moulded : .....	23.500 m		
Depth moulded (at strength deck) : .....	13.000 m		
Depth (at top of continuous member) : .....	13.000 m		
Input of :half section			
Ship built in : .....	STEEL		
Material in neutral axis : .....	ST235		
Material in deck : .....	ST235	Extension height : .....	0.000 m
Material in bottom : .....	ST235	Extension height : .....	0.000 m

##### Still Water Bending Moments (SWBM) and strength

---

*SWBM as in Basic Ship Data + Rule distribution*

Ship Behaviour : .....	Both Hogging / Sagging
Minimum SWBM in hogging condition : .....	0 kN.m
Still water shear force : .....	0 kN

##### Wave Bending Moments

---

*Rule vertical wave bending moment*

##### Main Fatigue Data

---

Weld configuration :	
Grind welds	
Lambda : .....	1.90
Mean weld toe angle : .....	45 deg

## “Panels”

Panel Description			
n°	Name	Bending Efficiency %	Spacing of primary trans. structures (m)
1	FONDO Y PANTOQUE	100	2.750
2	COSTADO	100	2.750
3	DOBLE FONDO	100	2.750
4	CUBIERTA SUPERIOR	100	2.750
5	MAMPARO LONG. CENTRAL	0	2.750
6	DOBLE CASCO	100	2.750
7	VAGRA TUNEL	100	2.750
8	VAGRA LATERAL 1	100	2.750
9	VAGRA LATERAL 2	100	2.750
10	PALMEJAR I	100	2.750
11	PALMEJAR II	100	2.750
12	PALMEJAR III	100	2.750

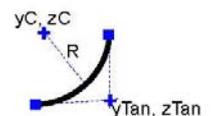
## “Nodes – plates”

### Nodes - Geometry

Pan. n°	n°	Y (m)	Z (m)	Curve type	inter.	Knuckle	Position Code
1	1	0.000	0.000	First Node			
	2	0.500	0.000	Line			Keel plate
	3	1.325	0.000	Line			–
	4	5.400	0.000	Line			Bottom
	5	9.600	0.000	Line			–
	6	10.110	0.000	Line			–
	7	11.750	1.640	Tang. Circle			Bilge
2	11.750	1.640	1.640	First Node	node 7		
	8	11.750	4.390	Line			Side shell
	9	11.750	7.140	Line			–
	10	11.750	9.890	Line			–
	11	11.750	13.000	Line			–
3	12	0.000	1.640	First Node			
	13	0.500	1.640	Line			Inner bottom
	14	5.400	1.640	Line			–
	15	9.600	1.640	Line			–
4	11.750	1.640	1.640	Line	node 7		–
	16	0.000	13.400	First Node			
	17	1.325	13.400	Line			Upper strength deck (weather)
	18	9.600	13.082	Line			–
	11.750	13.000	13.000	Line	node 11		–
5	0.000	1.640	1.640	First Node	node 12		
	0.000	13.400	13.400	Line	node 16		Tank and watertight bulkhead
6	9.600	1.640	1.640	First Node	node 15		
	19	10.250	4.390	Line			Inner hull
	20	10.250	7.140	Line			–
	21	10.250	9.890	Line			–
	22	10.250	11.290	Line			–
	9.600	13.082	13.082	Line	node 18		–
7	0.500	0.000	0.000	First Node	node 2		
	0.500	1.640	1.640	Line	node 13		Double bottom girder
8	5.400	0.000	0.000	First Node	node 4		
	5.400	1.640	1.640	Line	node 14		Double bottom girder
9	9.600	0.000	0.000	First Node	node 5		
	9.600	1.640	1.640	Line	node 15		Double bottom girder
10	10.250	4.390	4.390	First Node	node 19		
	11.750	4.390	4.390	Line	node 8		Double hull girder
11	10.250	7.140	7.140	First Node	node 20		
	11.750	7.140	7.140	Line	node 9		Double hull girder
12	10.250	9.890	9.890	First Node	node 21		
	11.750	9.890	9.890	Line	node 10		Double hull girder

### Circles

Pan. n°	n°	Tangents int. yTan	zTan	Radius (m)	Radius yC	zC	type
1	7	11.750	0.000	1.640	10.110	1.640	Tang. Circle



**“Strakes – welding joints”**

**Strakes**

Pan. n°	Width n°	Thickness (m)	Thickness (mm)	Along	Holes		Material
					Location (m)	Breadth (m)	
1	1	1.325	15.000	S			ST235
	2	4.080	12.000	S			–
	3	4.195	12.000	S			–
	4	3.086	12.000	S			–
2	5	2.750	12.000	S			–
	6	2.750	12.000	S			–
	7	2.750	12.000	S			–
	8	1.580	12.000	S			–
	9	1.530	16.000	S			–
3	10	1.325	15.000	S			SS470 (special)
	11	4.075	12.500	S			–
	12	4.200	12.500	S			–
	13	2.150	13.000	S	0.775	0.600	ST315 (special)
4	14	1.325	15.000	S			SS470 (special)
	15	7.875	9.500	S			–
	16	0.675	9.500	S			–
	17	1.883	15.000	S			ST235 (special)
5	18	1.800	22.000	S			SS470 (special)
	19	7.160	17.500	S			–
	20	2.800	12.000	S			–
6	21	2.826	12.500	S			–
	22	2.965	10.000	S			–
	23	1.834	9.000	S			–
	24	2.101	8.000	S			–
	25	1.906	12.000	S			–
7	26	1.640	23.000	S			ST315 (special)
8	27	1.640	18.000	S	0.420	0.800	–
9	28	1.640	11.000	S	0.420	0.800	ST235
10	29	1.500	10.000	S	0.450	0.600	–
11	30	1.500	10.000	S	0.450	0.600	–
12	31	1.500	10.000	S	0.450	0.600	–

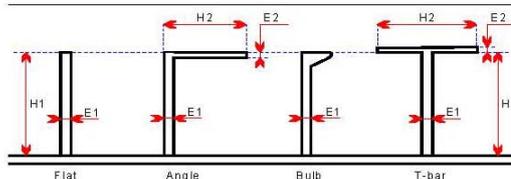
## “Stiffeners”

### Stiffener Location

Pan. n°	Grp. n°	from	Nb	Start (m)	Spacing (m)	Along	Direction	Side	Flange dir.	n°
1	1	node 1	1	0.000	0.700	S	Normal	left	<	1
	2	node 2	6	0.700	0.700	S	-	left	<	2 - 7
	3	node 4	5	0.700	0.700	S	-	left	<	8 - 12
2	1	node 7	3	0.687	0.687	S	-	left	<	1 - 3
	2	node 8	3	0.687	0.687	S	-	left	<	4 - 6
	3	node 9	3	0.687	0.687	S	-	left	<	7 - 9
	4	node 10	3	0.687	0.687	S	-	left	<	10 - 12
3	1	node 12	1	0.000	0.700	S	-	right	<	1
	2	node 13	6	0.700	0.700	S	-	right	<	2 - 7
	3	node 14	5	0.700	0.700	S	-	right	<	8 - 12
	4	prev.st.	2	1.400	0.700	S	-	right	<	13 - 14
4	1	node 16	13	0.500	0.700	Y	// Z	left	<	1 - 13
	2	prev.st.	2	1.350	0.750	Y	-	right	<	14 - 15
6	1	node 15	3	0.687	0.687	Z	// Y	right	<	1 - 3
	2	node 19	3	0.687	0.687	Z	-	right	<	4 - 6
	3	node 20	3	0.687	0.687	Z	-	right	<	7 - 9
	4	node 21	3	0.687	0.687	Z	-	right	<	10 - 12
	5	prev.st.	1	0.689	0.687	Z	-	right	<	13
8	1	node 4	2	0.350	0.900	S	Normal	left	>	1 - 2
9	1	node 5	2	0.350	0.900	S	-	left	>	1 - 2
10	1	node 19	2	0.400	0.700	S	-	right	>	1 - 2
11	1	node 20	2	0.400	0.700	S	-	right	>	1 - 2
12	1	node 21	2	0.400	0.700	S	-	right	>	1 - 2

### Stiffener Scantling

Pan. n°	from n°	to n°	Type	H <sub>1</sub> ×E <sub>1</sub> web	H <sub>2</sub> ×E <sub>2</sub> flange	Material	Efficiency %	Flat width at ends
1	1	1	flat	250.0×15.0		ST235	100	0.0
	2	12	bulb	280.0×11.0		-	100	0.0
2	1	6	-	260.0×11.0		-	100	0.0
	7	9	-	220.0×11.0		-	100	0.0
	10	12	-	200.0×11.0		-	100	0.0
3	1	1	flat	250.0×15.0		ST235 (special)	100	0.0
	2	6	bulb	400.0×14.0		-	100	0.0
	7	12	-	400.0×14.0		SS470	100	0.0
4	13	14	flat	100.0×10.0		ST315	100	0.0
	1	1	t-bar	1000.0×16.0	300.0×25.0	ST315 (special)	100	0.0
	2	13	bulb	280.0×13.0		ST235 (special)	100	0.0
6	14	15	-	220.0×11.0		-	100	0.0
	1	3	-	340.0×12.0		-	100	0.0
	4	6	-	300.0×13.0		-	100	0.0
	7	9	-	260.0×11.0		-	100	0.0
10	10	11	-	240.0×12.0		-	100	0.0
	12	13	-	320.0×14.0		-	100	0.0
8	1	2	flat	200.0×12.0		-	0	0.0
9	1	2	-	100.0×10.0		ST235	0	0.0
10	1	2	-	140.0×10.0		-	0	0.0
11	1	2	-	140.0×10.0		-	0	0.0
12	1	2	-	140.0×10.0		-	0	0.0



## “Compartments”

### Compartments

n°	Name	Node Circuit 1 Node Circuit 2	Main destination Type
1	Tanque D.F.	1 2 13 12	Ballast Double bottom, skin
2	D.F. & Doble Casco	2 4 5 6 7 8 9 10 11 18 22 21 20 19 15 14 13 2	Ballast Tank
3	Tanque de Carga	12 13 14 15 19 20 21 22 18 17 16 12	Cargo oil tank Tank

### Compartment dimensions (m) (*italic values are computed*)

n°	Len.	Breadth	Height	$X_{start}$ from AE	$X_G$	$Y_G$	$Z_G$	$Z_{min}$ /BL	$Z_{top}$
1	16.500	12.000	13.000	62.750	71.000	0.000	0.820	0.000	1.640
2	16.500	12.000	13.000	62.750	71.000	8.430	4.183	0.000	13.082
3	16.500	12.000	13.400	62.750	71.000	5.036	7.458	1.640	13.400

### Compartment loading

n°	Type	Load test Height (m/BL)	Air pipe (m/BL)	Density liquid	Setting press. (bar)	Load in hold (t)	Density Bulk /spoil	Friction angle deg
1	Ballast	15.400	13.760	1.025	0.000			
2	Ballast	15.400	13.760	1.025	0.000			
3	Liquid cargo	14.200	13.760	2.200	0.200			

### Request for calculation of dynamic pressure (no restrictions on the filling level)

n°	Effective length (m)	Effective breadth (m)	Tank geometry
1	0.000	0.000	Smooth tanks or bottom girders height is less than 0,1H Smooth tanks or bottom transverses height is less than 0,1H
2	0.000	0.000	Smooth tanks or bottom girders height is less than 0,1H Smooth tanks or bottom transverses height is less than 0,1H
3	0.000	0.000	Smooth tanks or bottom girders height is less than 0,1H Smooth tanks or bottom transverses height is less than 0,1H

### Free surface dimensions for evaluation of risk of resonance

n°	Compartment Name	n°	Filling level (m)	Free surface length (m)	Free surface breadth (m)
1	Tanque D.F.		nothing		
2	D.F. & Doble Casco		nothing		
3	Tanque de Carga		nothing		

## “Deck loads”

### Deck Load

Pan. n° n°	Zone from to	Load kN/m2 or t	Number of wheels on the axle	Type
---------------	-----------------	--------------------	---------------------------------	------

En esta Sección no hay ninguna cubierta con carga, por lo que no aparece ningún dato.

## “Risk of resonance”

### Evaluation of Risk of resonance

Compartment no. 3

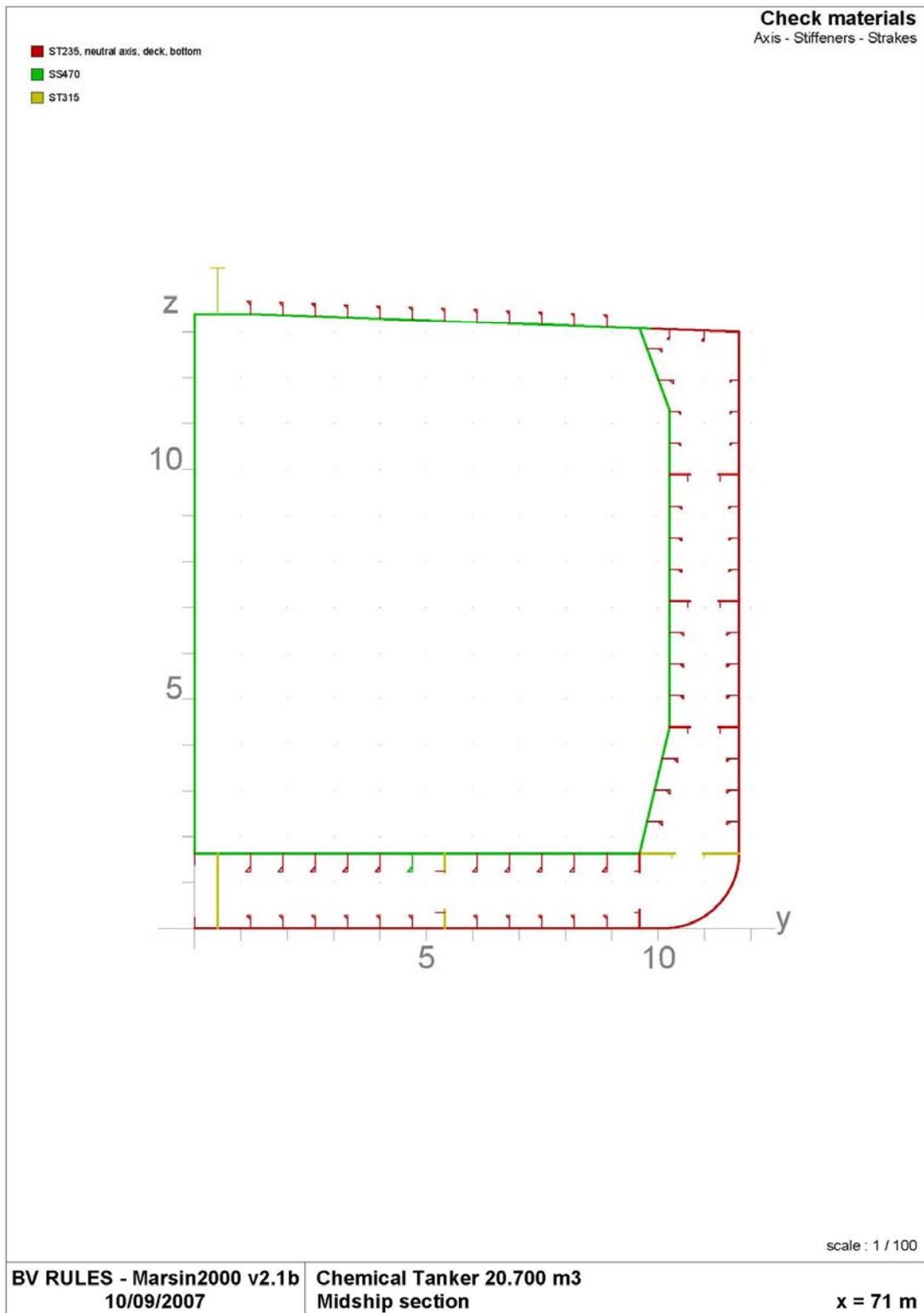
Main destination . . . . .	Cargo oil tank
Effective length . . . . .	16.500 m
Effective breadth . . . . .	9.600 m
Roll period (Tr) . . . . .	14.11 s
Pitch period (Tp) . . . . .	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
1.136	9.869	6.04	NO	16.500	9.96	NO
2.272	10.137	4.63	NO	16.500	7.20	YES
3.408	10.250	4.10	NO	16.500	6.08	YES
4.544	10.250	3.85	NO	16.500	5.50	YES
5.680	10.250	3.74	NO	16.500	5.16	YES
6.816	10.250	3.68	NO	16.500	4.95	YES
7.952	10.250	3.65	NO	16.500	4.83	YES
9.088	10.250	3.64	NO	16.500	4.74	YES
10.224	10.042	3.59	NO	16.500	4.69	YES
10.792	9.836	3.55	NO	16.500	4.67	YES

Observamos que con mar de proa, hay riesgo de resonancia. Esto lo tendremos que tener en cuenta cuando hagamos el cálculo de los mamparos transversales de los tanques de carga. El programa MARS tiene en cuenta este riesgo y calcula el reforzado necesario para prevenir este riesgo.

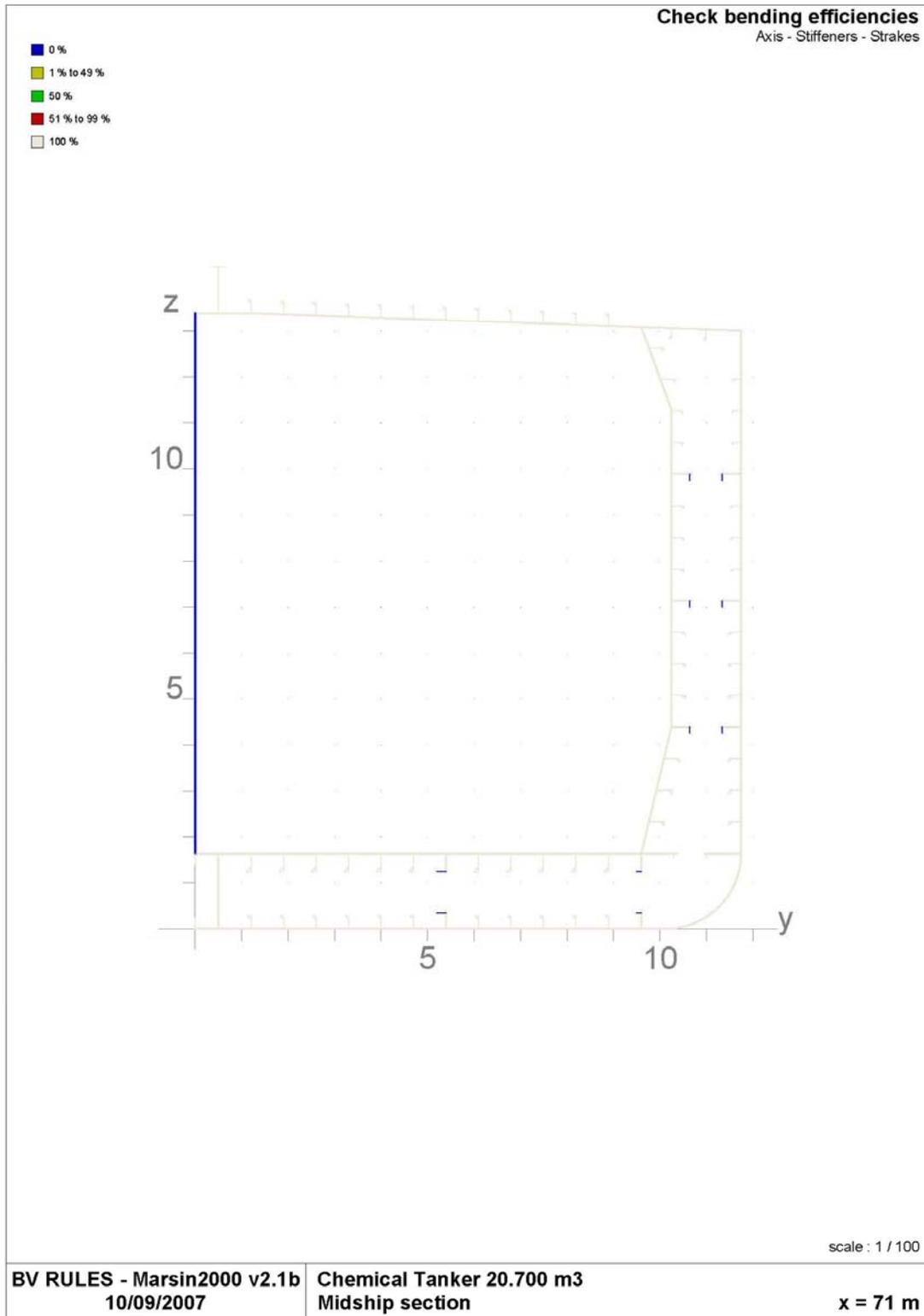
## Datos gráficos

### Materiales (“data check”)

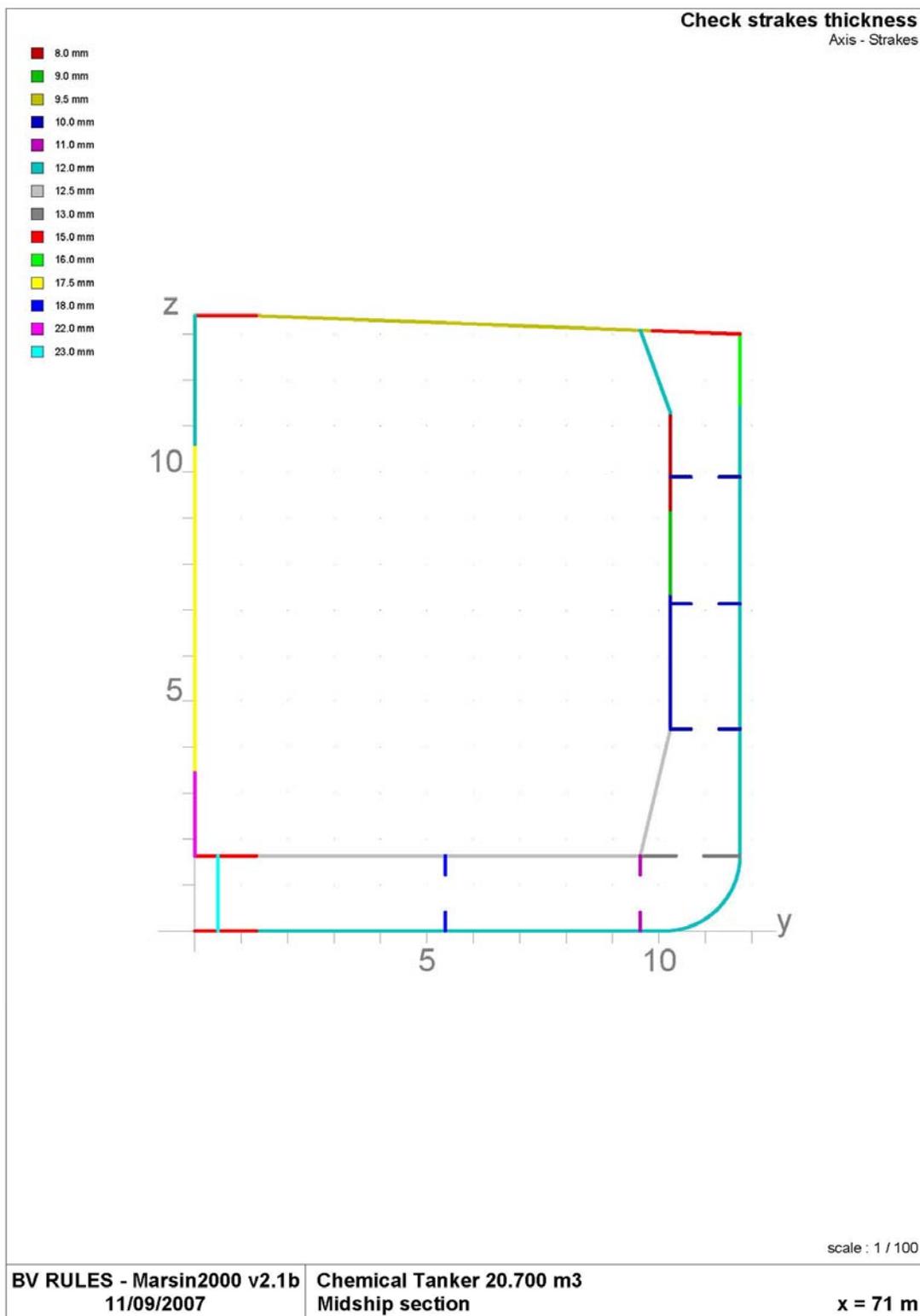


## Eficiencia (“data check”)

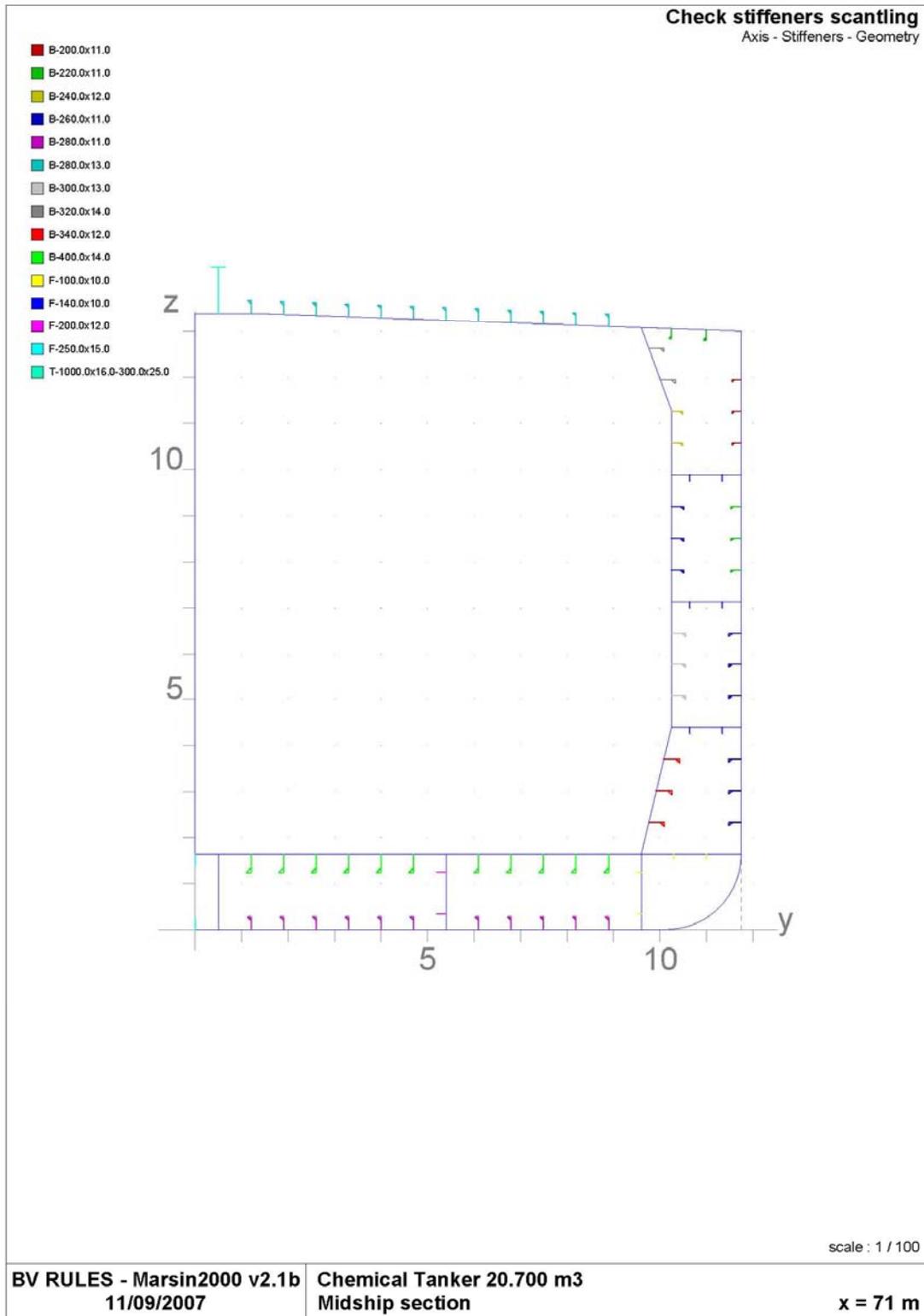
En esta Sección, todos los elementos trabajan al 100%, excepto el mamparo longitudinal central que es corrugado de corrugas verticales y los refuerzos de las vagras y palmejares que tienen discontinuidades.



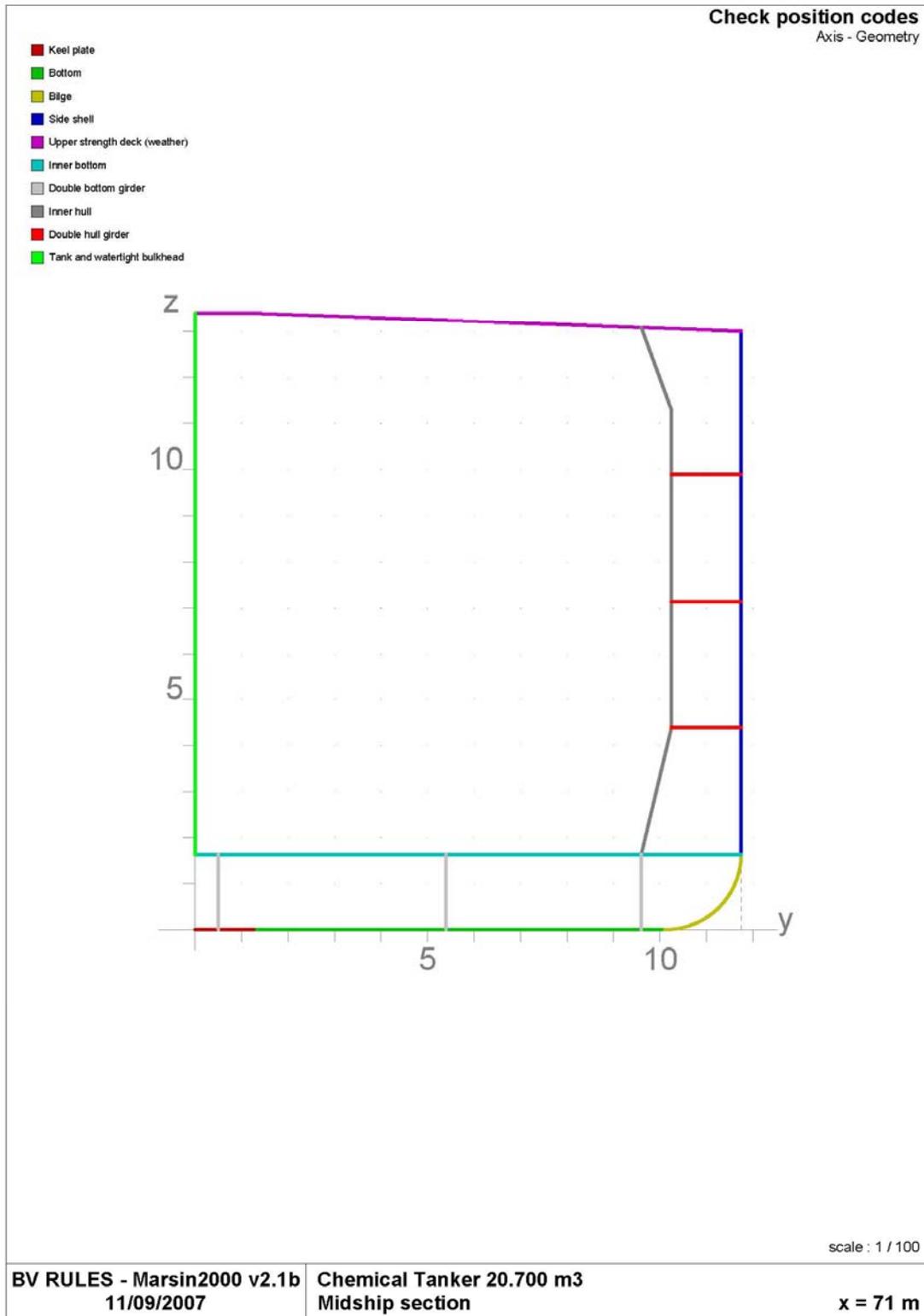
# Espesores (“data check”)



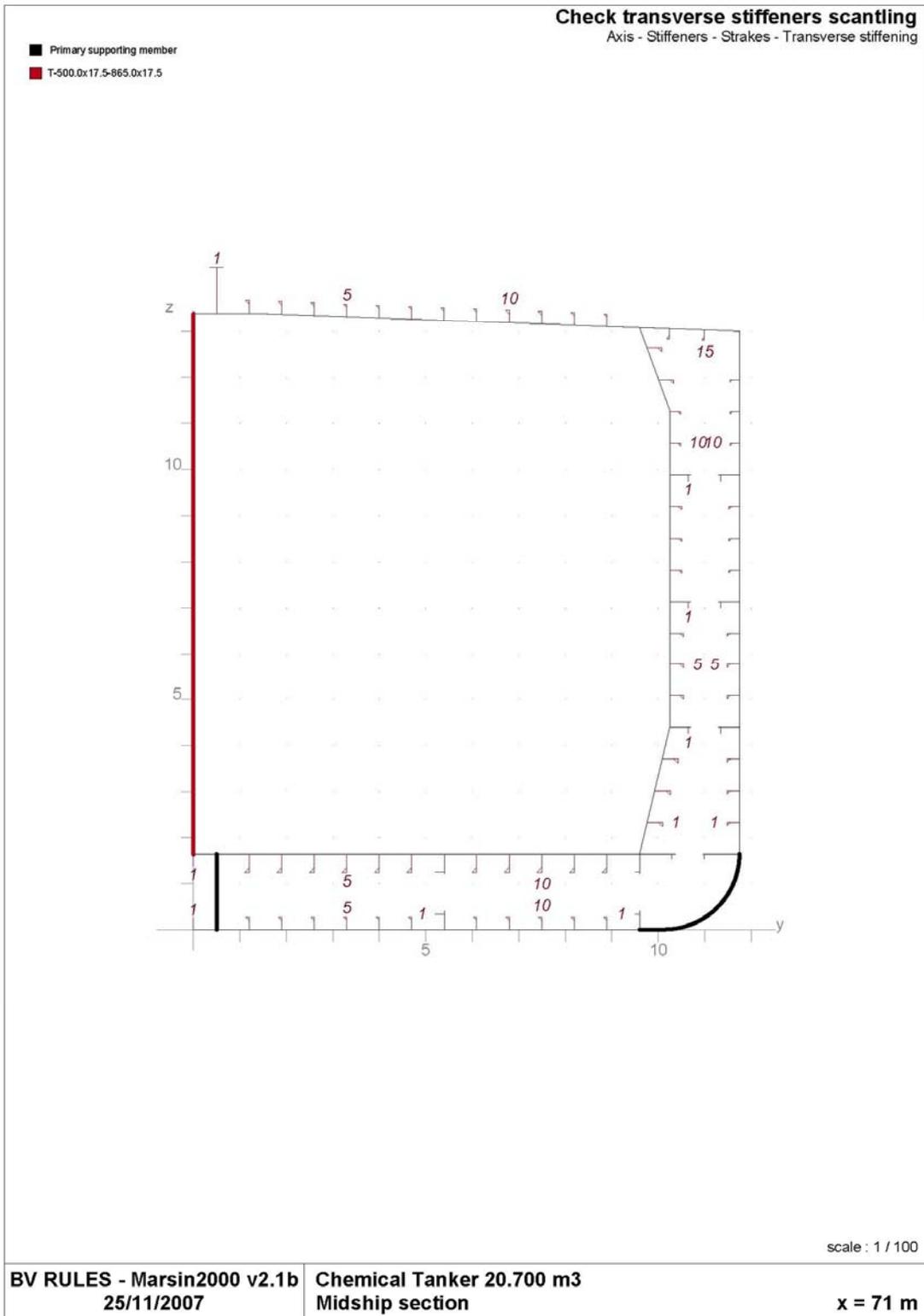
## Escantillones de longitudinales (“data check”)



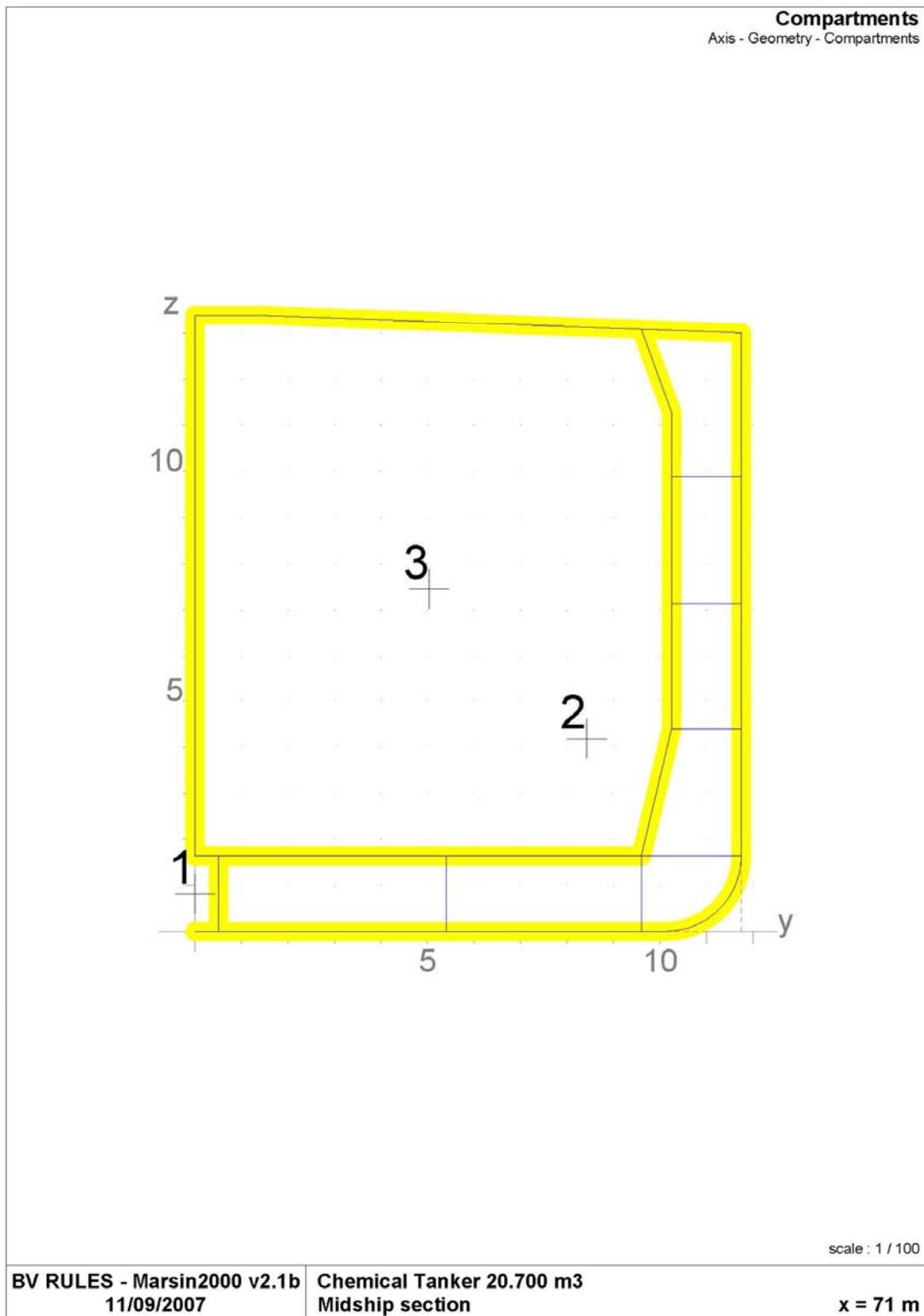
## Códigos de posición (“data check”)



## Reforzado transversal (“data check”)



## Compartimentos (“data check”)



## Resultados

El listado completo de los resultados del MARS para la Sección Maestra, se puede ver en el anexo correspondiente.

Sin embargo, aquí reproducimos la impresión de los criterios de Resistencia longitudinal, que es suma importancia en la cuaderna maestra.

### Resistencia longitudinal

#### Section moduli and Inertia

X section .....	71.000 (m)
X mid - 0.2 L .....	42.600 (m)
X mid + 0.2 L .....	99.400 (m)

#### Rule section moduli

Minimum section modulus ( $k=1, n_1=1$ ) ..... 6.1171 (m<sup>3</sup>)

	Deck	Bottom
Minimum section modulus .....	6.1171	6.1171
Modulus based on design SWBM, Hog ( 686 490.0 kNm) .....	7.4081	7.4081
Modulus based on design SWBM, Sag (- 392 280.0 kNm) .....	6.0867	6.0867
Rule Modulus .....	7.4081	7.4081

#### Check of section moduli and inertia

	Rule	Actual
Deck ( 13.000 m)	7.4081	7.9332
Bottom ( 0.000 m)	7.4081	10.5771
Inertia	26.0590	58.9311

Warning: Mars has detected that it may be needed to check modulus at top of continuous member above strength deck. Please, check your input "Depth at top of continuous member" in Main Section Data.

#### Check of Net/Gross Moduli

	Actual Gross	Actual Net	%
Deck ..... ( 13.000 m) .....	7.9332	7.4413	93.8
Bottom ..... ( 0.000 m) .....	10.5771	9.6665	91.4

**Cross Section Characteristics  
Net scantling**

**Geometric Properties (For the whole cross-section)**

**Geometric Area of Cross-Section**

	Steel (235)	Stain. (470)	Steel (315)	Total Area
Strakes	0.632604	0.889648	0.129860	1.652112
Longitudinals	0.571622	0.000000	0.044400	0.616022
Total (m <sup>2</sup> )	1.204225	0.889648	0.174260	2.268134

Geometric area of cross-section .....	2.268133	m <sup>2</sup>
Effective area .....	2.008088	m <sup>2</sup>
Single moment above neutral axis .....	( / neutral axis) ... 4.790268	m <sup>3</sup>
Single moment of half section .....	( / centre line) ... 7.255554	m <sup>3</sup>
Moment of inertia / G <sub>y</sub> axis .....	(IG <sub>y</sub> ) ... 54.659420	m <sup>4</sup>
Moment of inertia / G <sub>z</sub> axis .....	(IG <sub>z</sub> ) ... 135.628800	m <sup>4</sup>
Position of neutral axis .....	(above base line) .... (N) .... 5.65454	m
Modulus at deck .....	(13.000 m) ... (Z <sub>AD</sub> ) ... 7.441255	m <sup>3</sup>
Modulus at bottom .....	(0.000 m) ... (Z <sub>AB</sub> ) ... 9.666460	m <sup>3</sup>
Transverse sectional area of deck flange .....	0.501296	m <sup>2</sup>
Transverse sectional area of bottom flange .....	0.428699	m <sup>2</sup>

These characteristic (except geometric area) are effective values assuming an homogeneous material of 206000 (N/mm<sup>2</sup>) as Young modulus.

## Hull Girder Loads

### Vertical Bending Moment

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. Builder's proposal in Basic Ship Data . . . . .	686 490.	392 280.
S.W.B.M. Builder's proposal at X = 71 m		
S.W.B.M. preliminary value at midship . . . . .	460 571.	- 397 614.
S.W.B.M. preliminary value at X = 71 m . . . . .	460 571.	- 397 614.
Rule Vertical Wave Bending Moment at X = 71 m . . . . .	609 928.	- 672 885.

### Design Hull Girder Loads at X = 71 m

	Hogging (kNm)	Sagging (kNm)
S.W.B.M. . . . .	686 490.	- 392 280.
Wave bending moment (rule) . . . . .	609 928.	- 672 885.
Horizontal wave bending moment . . . . .	415 652.	

	Positive (KN)	Negative (KN)
Vertical still water shear force . . . . .	0.	
Vertical wave shear force . . . . .	9 046.	- 9 046.

### Admissible Vertical Shear Forces

Total Admissible Vert. Shear Force . . . . .	(KN) . . . . .	53 215.
Positive Admissible Vert. Still Water Shear Force . . . . .	(KN) . . . . .	44 168.
Negative Admissible Vert. Still Water Shear Force . . . . .	(KN) . . . . .	44 168.

\* Shear forces are not taking into account

### Section moduli and Inertia

X section .....	71.000 (m)
X mid - 0.2 L .....	42.600 (m)
X mid + 0.2 L .....	99.400 (m)

#### Rule section moduli

Minimum section modulus (k=1, n <sub>1</sub> =1) .....	6.1171 (m <sup>3</sup> )	
	Deck	Bottom
Minimum section modulus .....	6.1171	6.1171
Modulus based on design SWBM, Hog ( 686 490.0 kNm) .....	7.4081	7.4081
Modulus based on design SWBM, Sag (- 392 280.0 kNm) .....	6.0867	6.0867
Rule Modulus .....	7.4081	7.4081

#### Check of section moduli and inertia

		Rule	Actual
Deck ( 13.000 m)		7.4081	7.9332
Bottom ( 0.000 m)		7.4081	10.5771
Inertia		26.0590	58.9311

Warning: Mars has detected that it may be needed to check modulus at top of continuous member above strength deck. Please, check your input "Depth at top of continuous member" in Main Section Data.

#### Check of Net/Gross Moduli

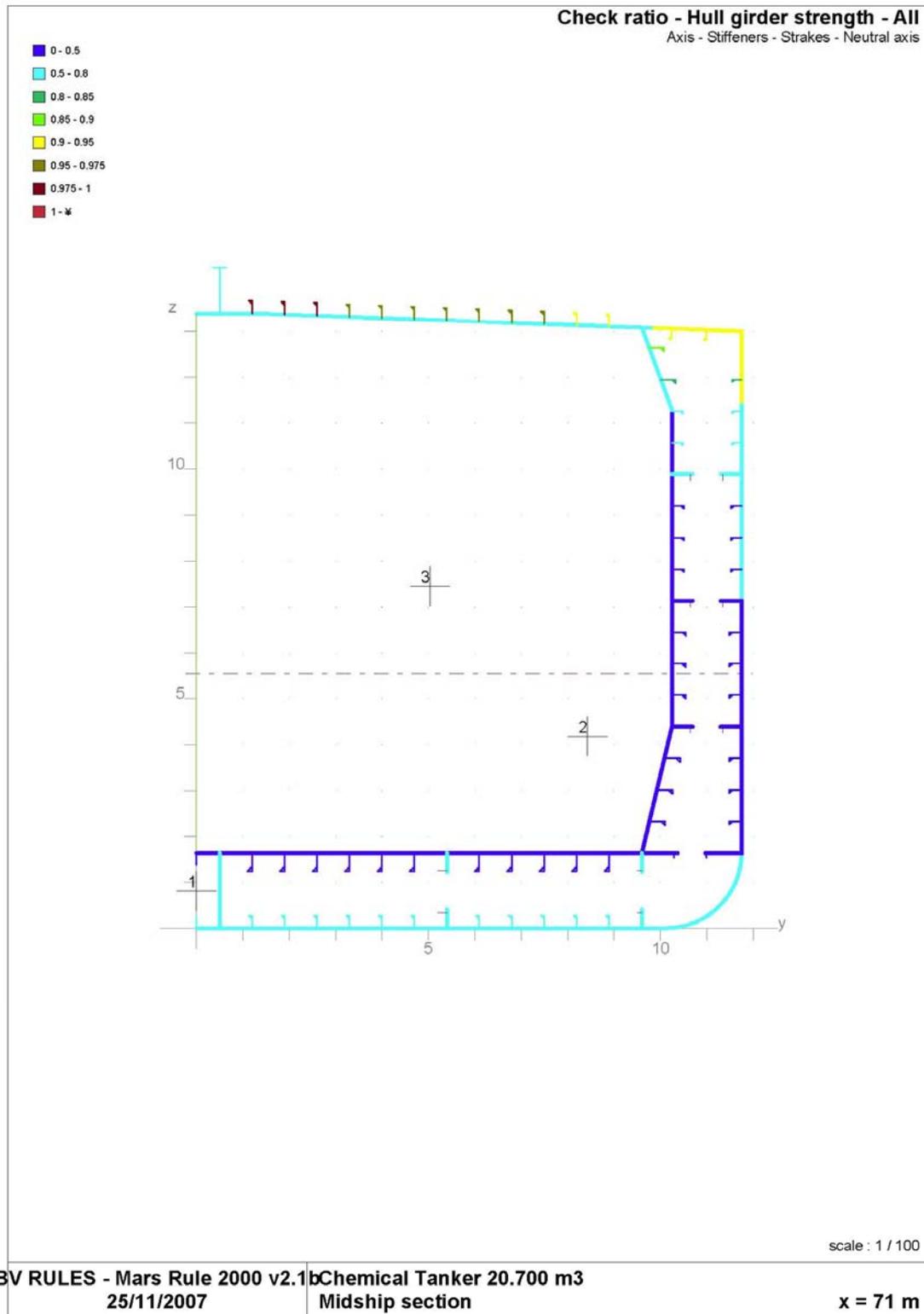
	Actual Gross	Actual Net	%
Deck ( 13.000 m) .....	7.9332	7.4413	93.8
Bottom ( 0.000 m) .....	10.5771	9.6665	91.4

Como se ve, las inercias y los módulos, cumplen suficientemente con los requerimientos del Reglamento.

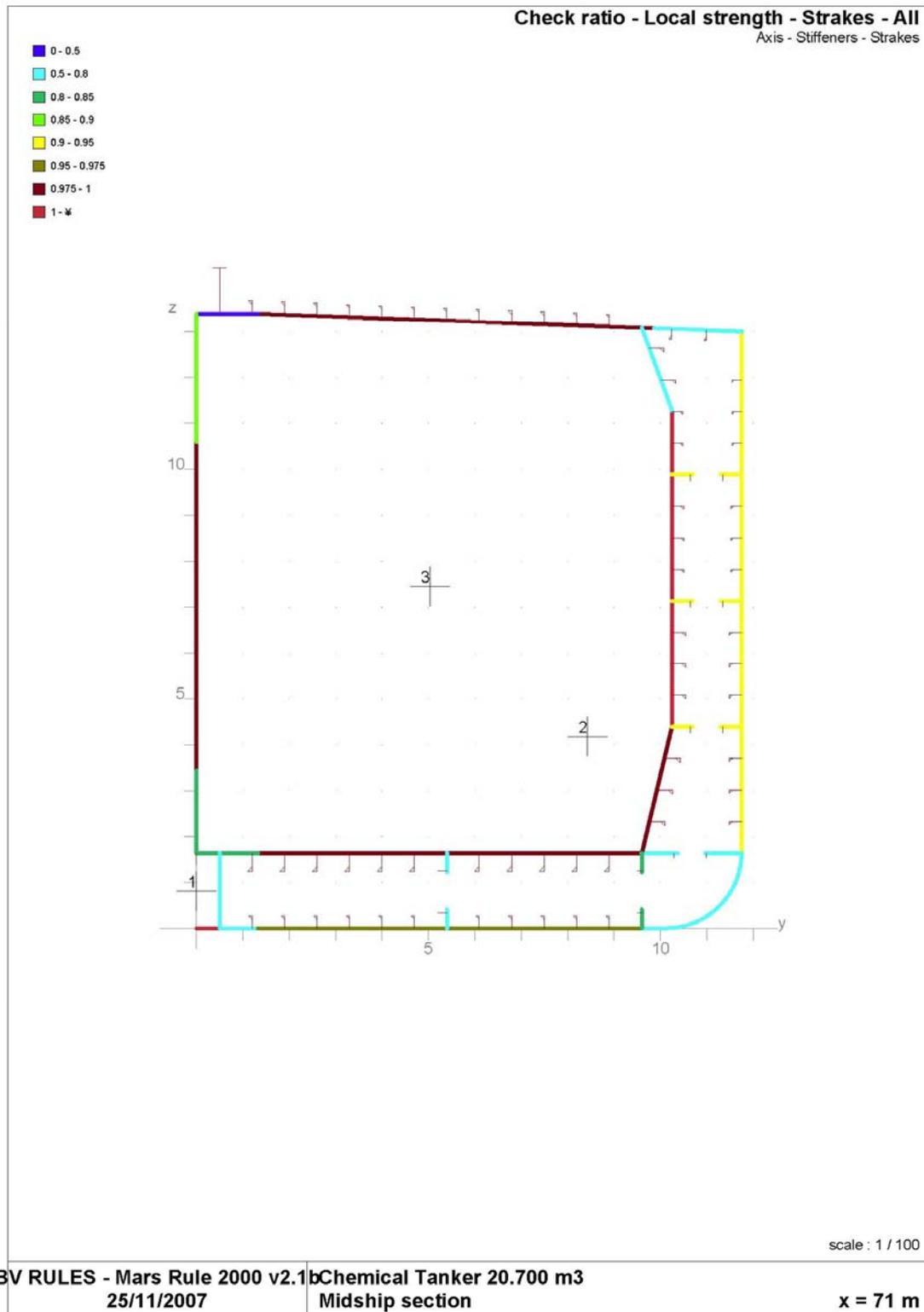
## Resultados gráficos

En el gráfico se observa, además de la posición de la línea neutra, las solicitaciones de los elementos longitudinales, que son inferiores del a los valores admisibles.

### Viga-Buque ("ratio")



# Tracas ("ratio")



## Tracas (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, los espesores de las tracas n° 1 (quilla) y las n° 22, 23 y 24, señaladas con asterisco en la tabla siguiente, no son correctos. Aunque no aparece en el gráfico, también la traca central de doble fondo tiene espesor insuficiente, tal como se observa a continuación.

- Quilla plana

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck $\sigma_{CRIT}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck $\tau_{CRIT}$ Buck

#### 1 - FONDO Y PANTOQUE

1	15.00		15.50	15.00		ST235	1.000	2.750	100
	13.50	*	13.96	116.37	100.05	26.19	SEA-a1	0.00	
			10.45	122.57	175.00		a	-116.37	-118.79
1.50		*	13.98	0.00	110.00		a	0.00	0.00

- Traca central del doble fondo

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck $\sigma_{CRIT}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck $\tau_{CRIT}$ Buck

#### 3 - DOBLE FONDO

11	15.00		18.00	11.00		SS470	1.000	2.750	100
	15.00	*	18.19	78.21	273.80	105.08	LIQ 3-b	0.00	
			9.59	81.87	257.35		a	-78.21	-141.37
0.00			9.21	0.00	161.76		a	0.00	0.00

En el resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga, que aparece al final de los cálculos de la zona de tanques de carga, se indica la solución adoptada para las tracas anteriores.

- Tracas del mamparo longitudinal lateral

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule tGRuleBuck				Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1		
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck	$\sigma_{CRIT}$ Buck	
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck	$\tau_{CRIT}$ Buck	

#### 6 - DOBLE CASCO

21	12.50	12.50	7.50			SS470	0.706	2.750	100
	12.50	12.60	77.43	250.73	95.53	LIQ 3-b	39.87		
0.00		6.87	81.12	257.35		c	-79.29	-209.42	
		6.12	0.00	161.76		c	53.00	188.57	

22	10.00	10.50	5.50			SS470	0.687	2.750	100
	10.00	10.66	24.08	196.78	76.80	LIQ 3-b	53.00		
0.00		5.98	37.46	257.35		c	-43.50	-144.07	
		6.10	0.00	161.76		c	53.00	162.81	

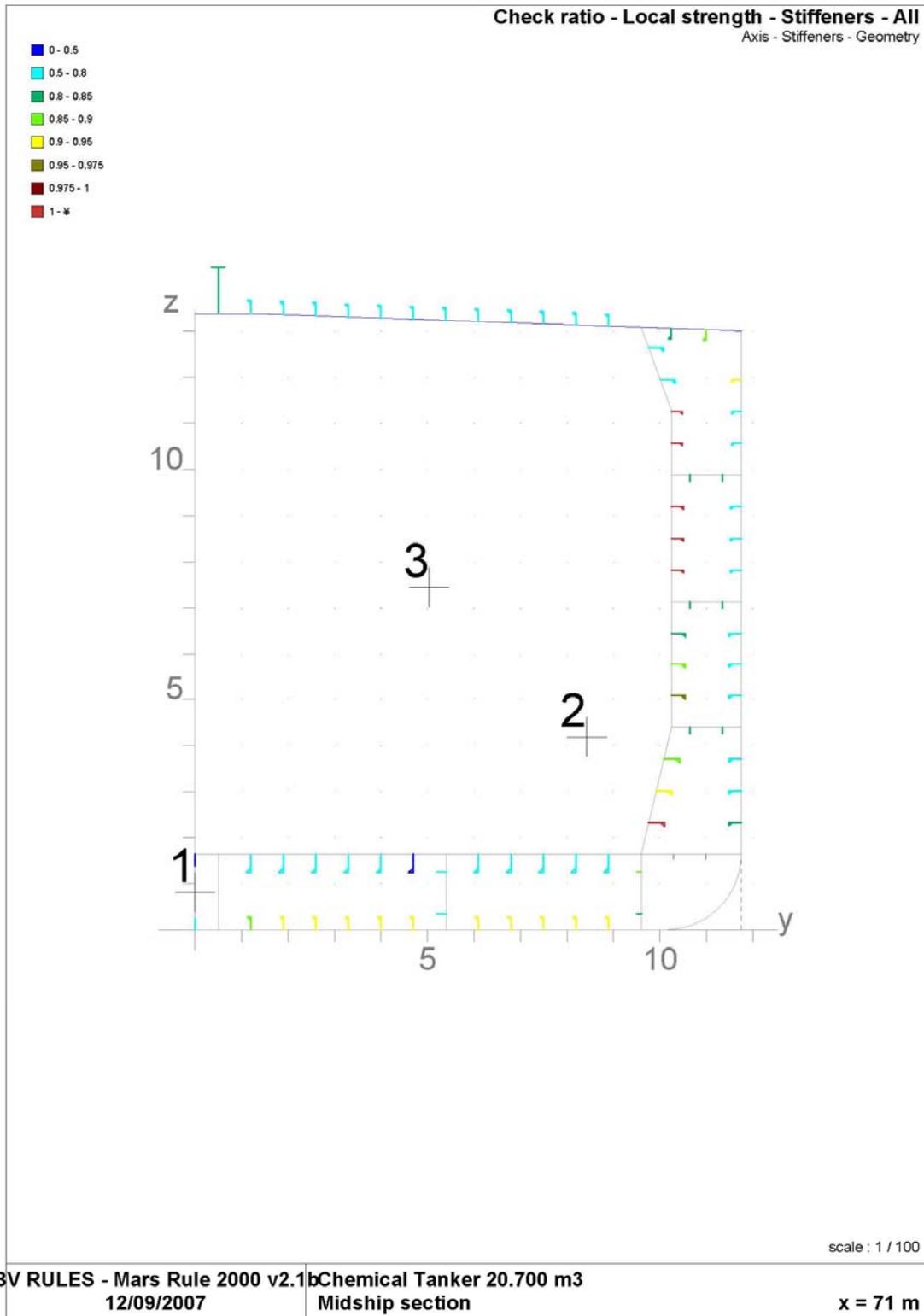
23	9.00	9.50	6.50			SS470	0.687	2.750	100
	9.00	9.37	43.75	142.82	66.53	LIQ 3-d+	39.70		
0.00		5.18	75.51	257.35		c	-57.38	-114.42	
		6.10	0.00	161.76		c	53.00	144.81	

24	8.00	9.00	9.00			SS470	0.687	2.750	100
	8.00	8.81	64.17	115.86	63.61	LIQ 3-d+	39.70		
0.00		4.73	119.10	257.35		a	-95.48	-79.77	
		6.10	0.00	161.76		a	53.00	118.40	

25	12.00	8.00	9.50			SS470	0.729	2.750	100
	12.00	7.94	105.05	61.91	57.75	LIQ 3-d+	30.45		
0.00		3.89	156.27	257.35		a	-105.89	-176.70	
		6.14	0.00	161.76		a	40.66	180.71	

En el resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga, que aparece al final de los cálculos de la zona de tanques de carga, se indica la modificación de los espesores de las tracas anteriores.

# Longitudinales (“ratio”)



## Longitudinales (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, los módulos de los longitudinales son correctos, con la excepción de algunos longitudinales del mamparo longitudinal del Doble Casco, cuyos resultados numéricos reproducimos a continuación.

### Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.	H <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	ANetActu.	ANetRule	SigX1	ps	pw	Case			
	DFatActu.	DFatRule	SigU	ps	pw	Case		sigApBu	sigCritBu
CAdd									

#### 6 - DOBLE CASCO

1	907.75	340.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.706	2.750	100
	837.44	*	849.03	67.72	237.25	90.85	LIQ 3-b		
	34.00		25.94		237.25	90.85	LIQ 3-b		
1.00			168.06	77.50	237.25	74.25	LIQ 3-d+		
						c		-73.33	-194.77
2	907.75	340.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.706	2.750	100
	837.44		764.88	60.00	223.77	86.17	LIQ 3-b		
	34.00		24.51		223.77	86.17	LIQ 3-b		
1.00			169.27	66.83	223.77	73.63	LIQ 3-d+		
						c		-62.90	-194.77
3	907.86	340.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.707	2.750	100
	837.53		721.14	60.00	210.29	81.49	LIQ 3-b		
	34.00		23.11		210.29	81.49	LIQ 3-b		
1.00			170.48	56.16	210.29	73.01	LIQ 3-d+		
						c		-52.47	-194.77
4	696.99	300.0	13.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	647.22		616.36	60.00	183.30	72.13	LIQ 3-b		
	33.00		19.75		183.30	72.13	LIQ 3-b		
1.00			161.02	34.38	183.30	70.92	LIQ 3-d+		
						c		-31.21	-193.21
5	696.99	300.0	13.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	647.22		578.27	60.00	169.82	69.46	LIQ 3-d+		
	33.00		18.53		169.82	69.46	LIQ 3-d+		
1.00			162.89	26.93	169.82	69.46	LIQ 3-d+		
						c		-23.93	-193.21
6	697.08	300.0	13.0	0.0	0.0	ST235	0.688	2.750	100
	647.30		544.15	60.00	156.34	68.00	LIQ 3-d+		
	33.00		17.44		156.34	68.00	LIQ 3-d+		
1.00			164.77	34.58	156.34	68.00	LIQ 3-d+		
						c		-31.27	-193.19
7	450.11	260.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	407.86	*	473.78	60.00	129.34	65.07	LIQ 3-d+		
	23.40		15.18		129.34	65.07	LIQ 3-d+		
1.00			157.62	49.90	129.34	65.07	LIQ 3-d+		
						c		-45.95	-192.12
8	450.11	260.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	407.86	*	438.98	60.00	115.86	63.61	LIQ 3-d+		
	23.40		14.07		115.86	63.61	LIQ 3-d+		
1.00			159.27	57.55	115.86	63.61	LIQ 3-d+		
						c		-53.29	-192.12

### Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

#### 6 - DOBLE CASCO

9	444.46		260.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.688	2.750	100
	403.32	*	406.20	60.62	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
	23.40		12.97		102.38	62.14	LIQ 3-d+			
1.00			145.54	65.20	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
							c		-60.62	-190.97
10	380.09		240.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	346.31	*	368.49	75.30	75.39	59.21	LIQ 3-d+			
	24.00		10.72		75.39	59.21	LIQ 3-d+			
1.00			140.32	84.63	75.39	34.68	LIQ 3-b			
							a		-78.94	-190.78
11	381.09		240.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.708	2.750	100
	347.12	*	356.13	82.64	61.91	57.75	LIQ 3-d+			
	24.00		9.85		61.91	57.75	LIQ 3-d+			
1.00			133.34	96.38	61.91	30.00	LIQ 3-b			
							a		-89.91	-190.67
12	811.11		320.0	14.0	0.0	0.0	ST235	0.731	2.750	100
	732.54		335.20	89.44	48.43	55.04	LIQ 3-d+			
	36.80		8.83		48.43	55.04	LIQ 3-d+			
1.25			182.05	108.14	48.43	25.32	LIQ 3-b			
							a		-100.87	-195.65
13	796.57		320.0	14.0	0.0	0.0	ST235	0.602	2.750	100
	721.21		254.34	96.25	34.91	52.28	LIQ 3-d+			
	36.80		6.37		34.91	52.28	LIQ 3-d+			
1.25			190.45	119.92	34.91	20.63	LIQ 3-b			
							a		-111.87	-196.54

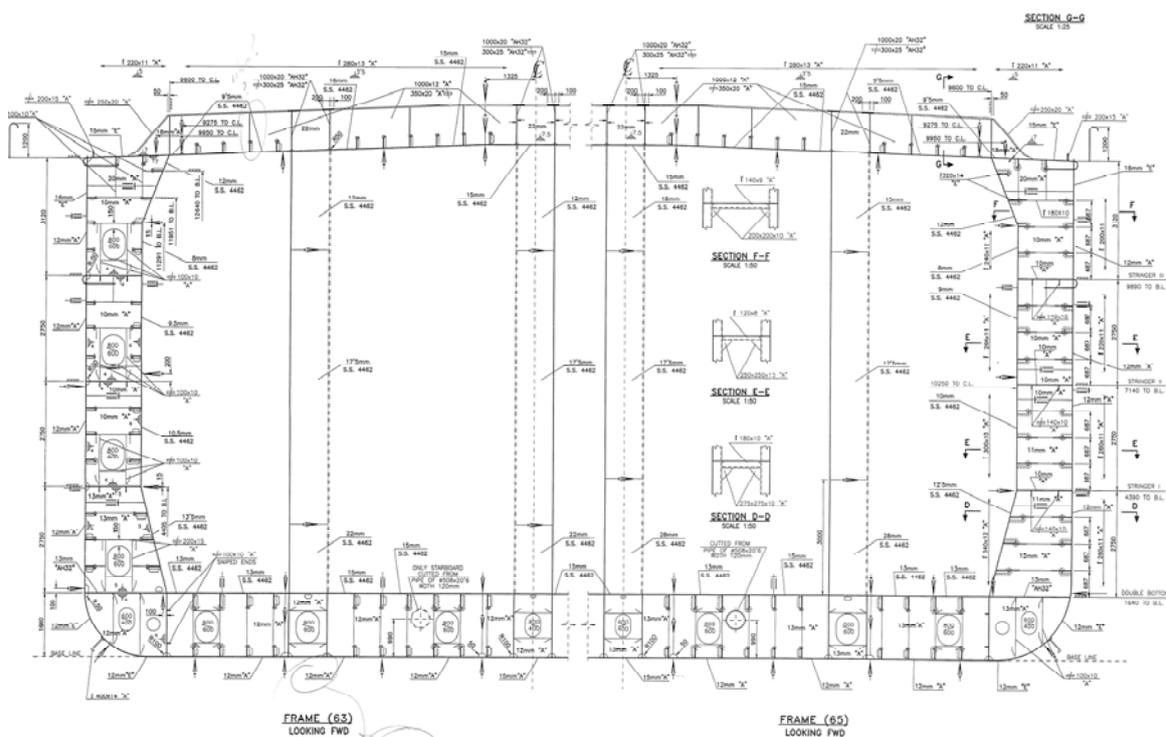
En el resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga, que aparece al final de los cálculos de la zona de tanques de carga, se indica la modificación de los escantillones de los longitudinales anteriores.

## Sección por cuaderna 65

La cuaderna 65 está en el tanque N° 5 que, como se ha dicho anteriormente, puede transportar una carga de densidad  $2.2 \text{ Tm/m}^3$ . Como se verá, el escantillonado de esta sección es superior al de la Maestra, en el D. Fondo, D. Casco y mamparos, es decir, en el contorno de los tanques.

Las dimensiones del tanque también son distintas. Por todo ello, solo reproducimos los datos principales de la Sección y sus casos de carga. El resto de datos de esta sección se muestran gráficamente.

Esta sección tiene dos mamparos laterales corrugados, como en crujía, por lo que tiene el mismo problema en las planchas de fondo y doble fondo que en la quilla plana y en la plancha central de doble fondo. Aplicaremos la misma solución que en la cuaderna maestra que consiste en disponer llantas de  $250 \times 15 \text{ mm}$  entre las vagras que sirven de empotramiento al mamparo.



En la figura anterior se muestran las secciones por cuadernas 63 y 65, ambas en el tanque N° 5.

La diferencia con la cuaderna maestra es, como se ha dicho anteriormente, la densidad de carga y la disposición de tres mamparos corrugados en manga.

## Datos principales de la sección

### Mars Input Data

#### Main Section Data

---

Section identification : ..... Section Fr. 65  
Longitudinal location : ..... 94.700 m  
Breadth moulded : ..... 23.500 m  
Depth moulded (at strength deck) : ..... 13.000 m  
Depth (at top of continuous member) : ..... 13.000 m  
Input of : half section  
Ship built in : ..... STEEL  
Material in neutral axis : ..... ST235  
Material in deck : ..... ST235      Extension height : ..... 0.000 m  
Material in bottom : ..... ST235      Extension height : ..... 0.000 m

#### Still Water Bending Moments (SWBM) and strength

---

*SWBM as in Basic Ship Data + Rule distribution*  
Ship Behaviour : ..... Both Hogging / Sagging  
Minimum SWBM in hogging condition : ..... 0 kN.m  
Still water shear force : ..... 0 kN

#### Wave Bending Moments

---

*Rule vertical wave bending moment*

#### Main Fatigue Data

---

Weld configuration :  
Grind welds  
Lambda : ..... 1.90  
Mean weld toe angle : ..... 45 deg

## Evaluation of Risk of resonance

---

### Compartment no. 3

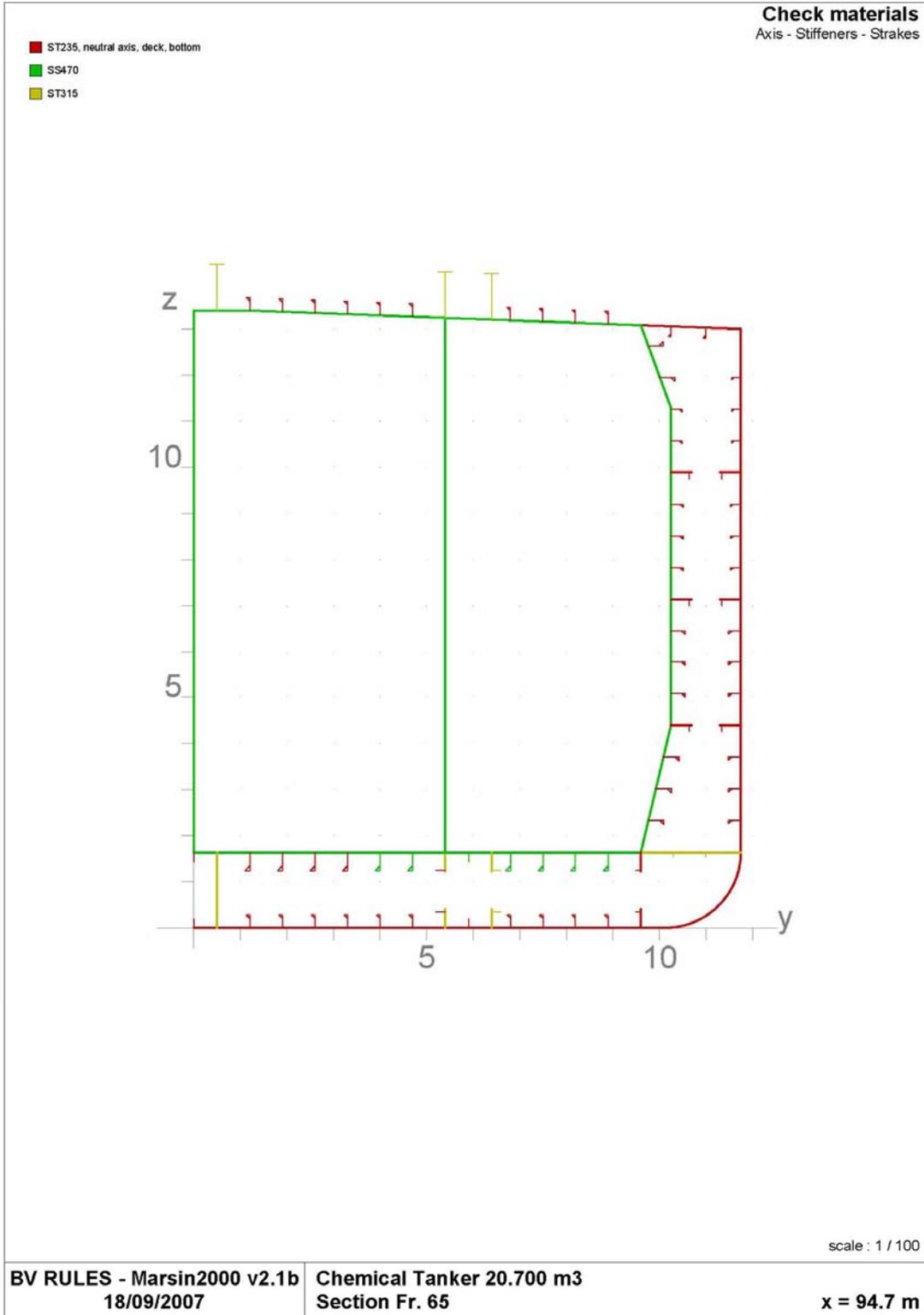
Main destination .....	Cargo oil tank
Effective length .....	2.700 m
Effective breadth .....	5.400 m
Roll period (Tr) .....	14.11 s
Pitch period (Tp) .....	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
0.550	5.400	4.73	NO	2.700	2.47	NO
1.100	5.400	3.50	NO	2.700	2.01	NO
1.650	5.400	3.05	NO	2.700	1.90	NO
2.200	5.400	2.84	NO	2.700	1.87	NO
2.750	5.400	2.74	NO	2.700	1.86	NO
3.300	5.400	2.69	NO	2.700	1.86	NO
3.850	5.400	2.66	NO	2.700	1.86	NO
4.400	5.400	2.65	NO	2.700	1.86	NO
4.950	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO
5.225	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO

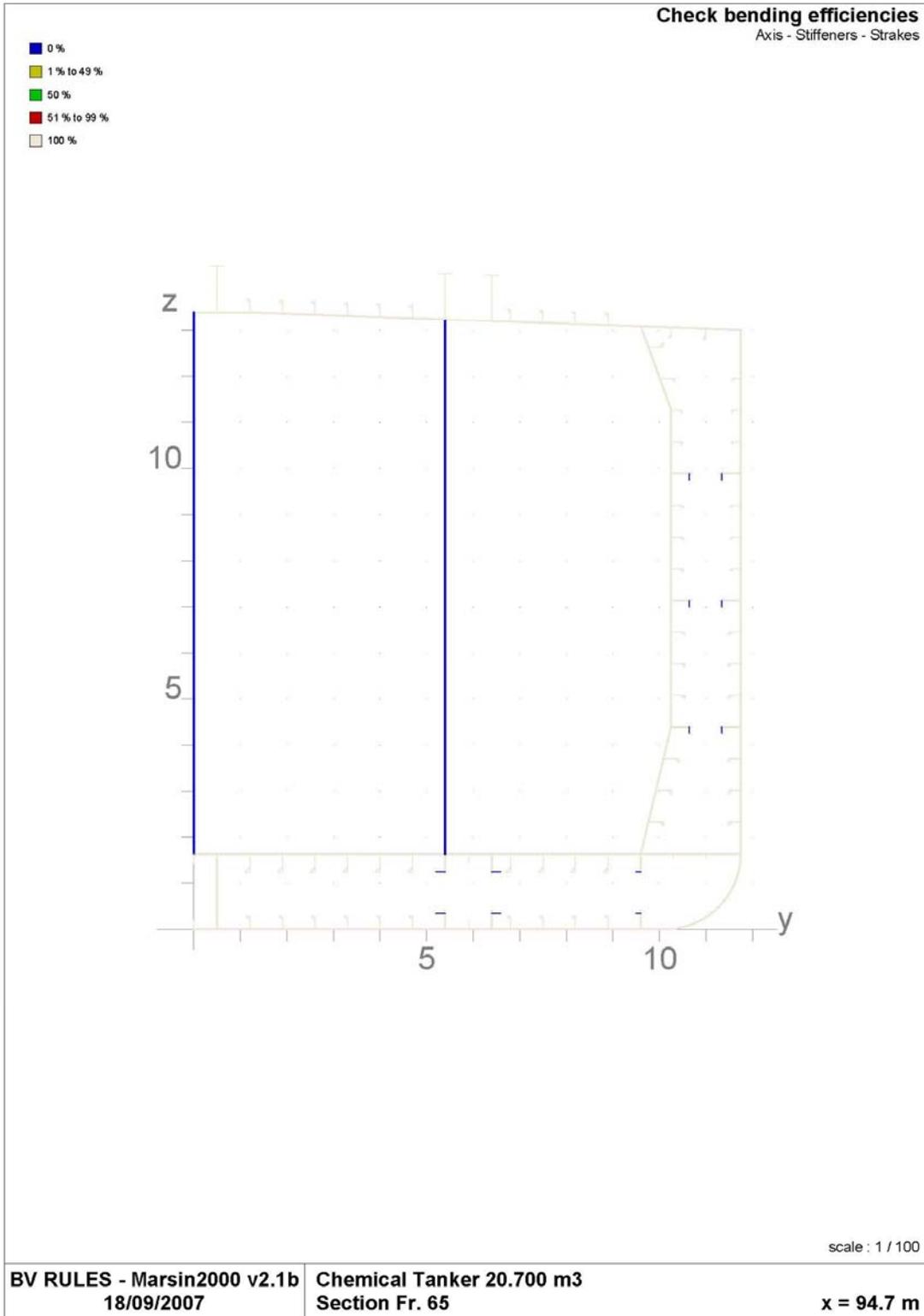
Como se observa en la tabla anterior, no existe riesgo de resonancia, por lo que hacer ningún estudio para el reforzado de los mamparos.

# Datos gráficos

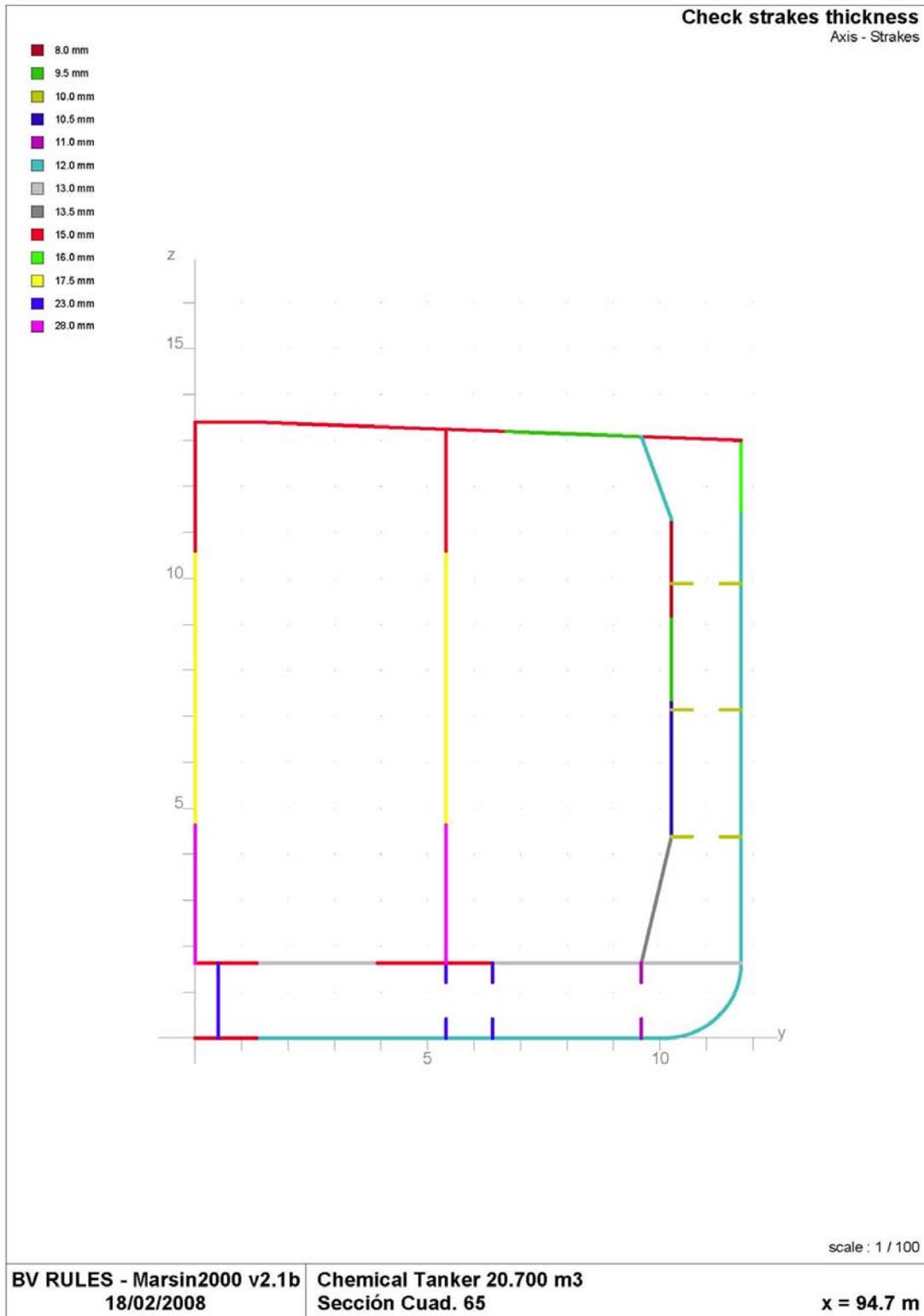
## Materiales (“data check”)



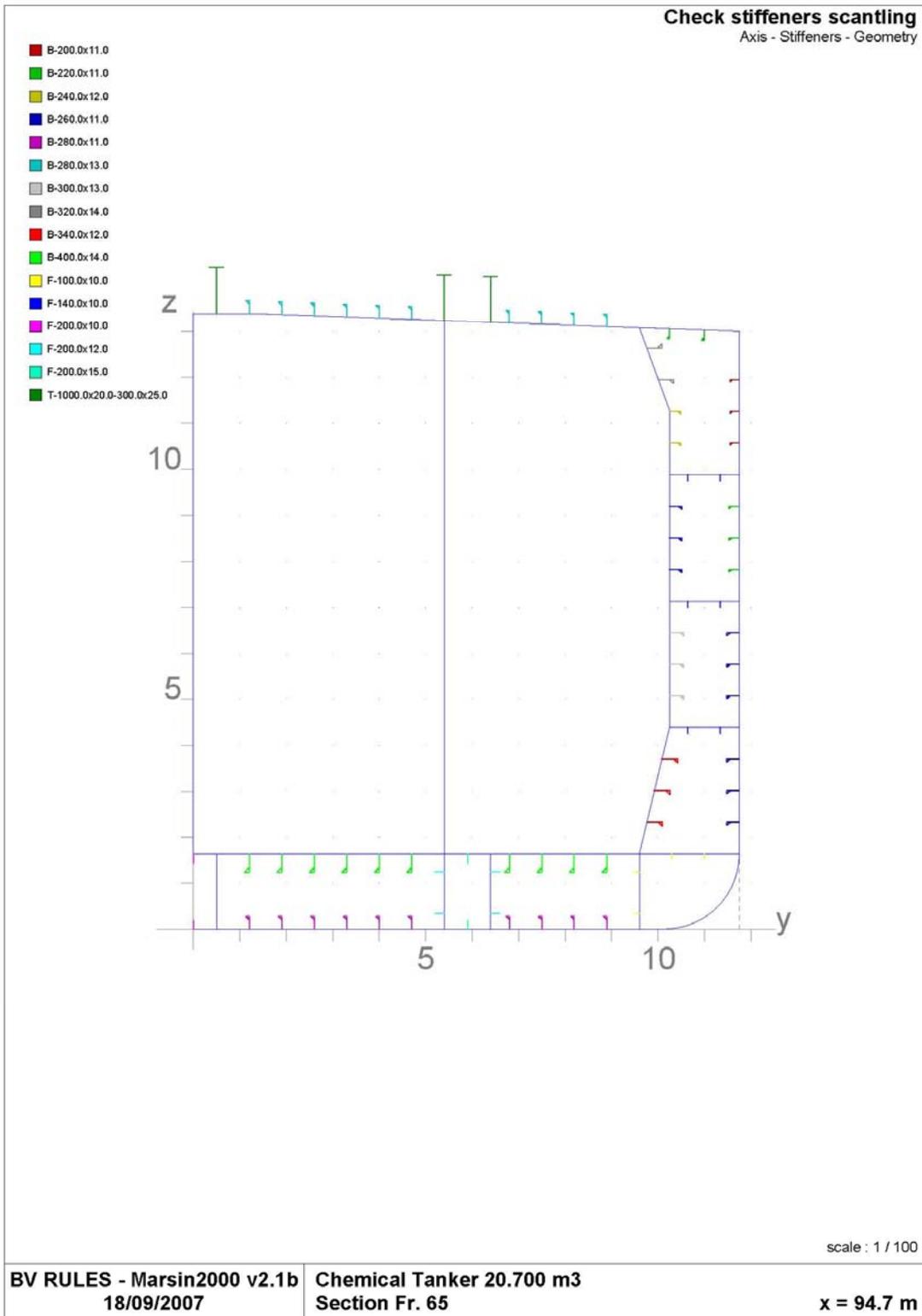
# Eficiencia (“data check”)



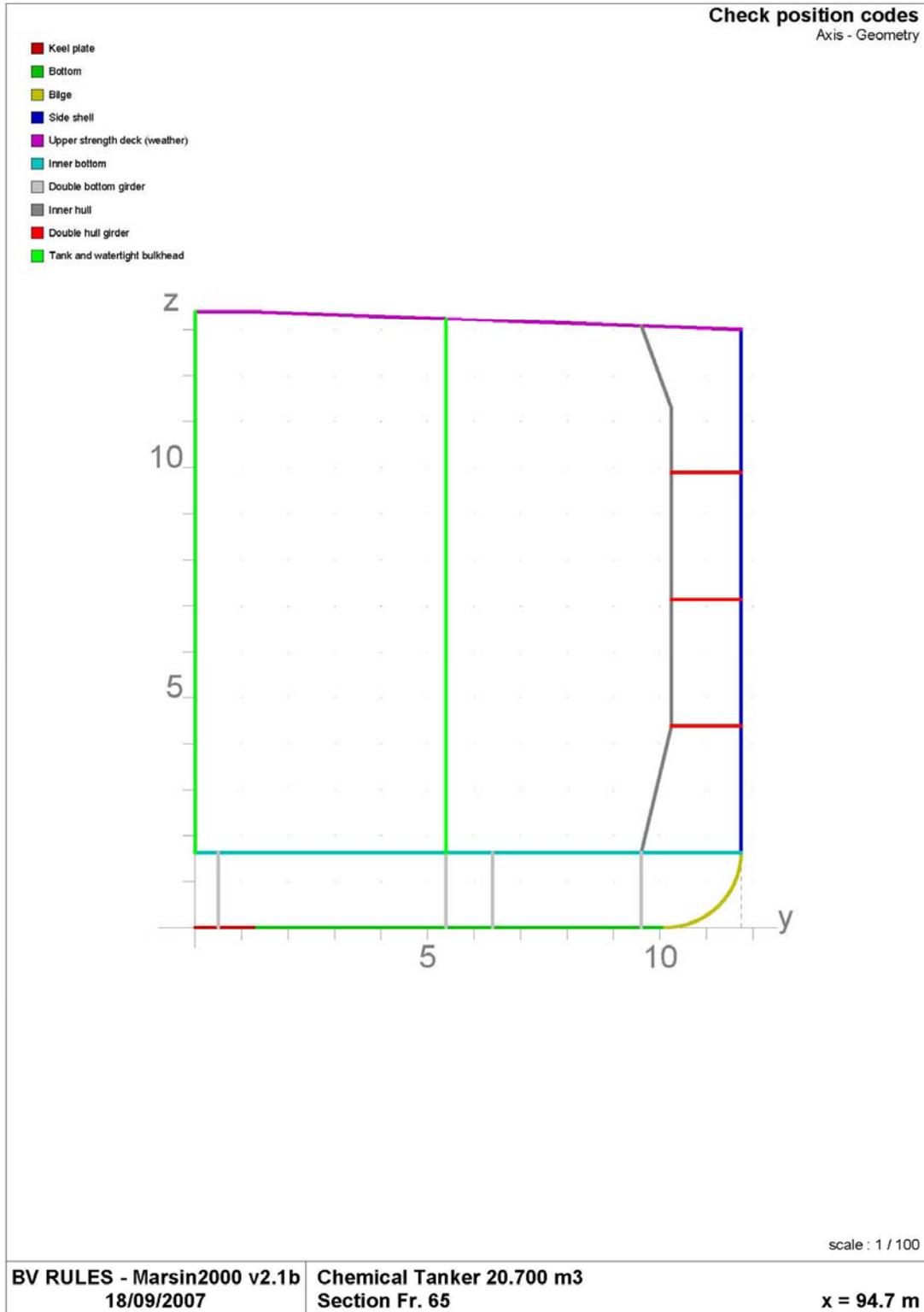
# Espesores (“data check”)



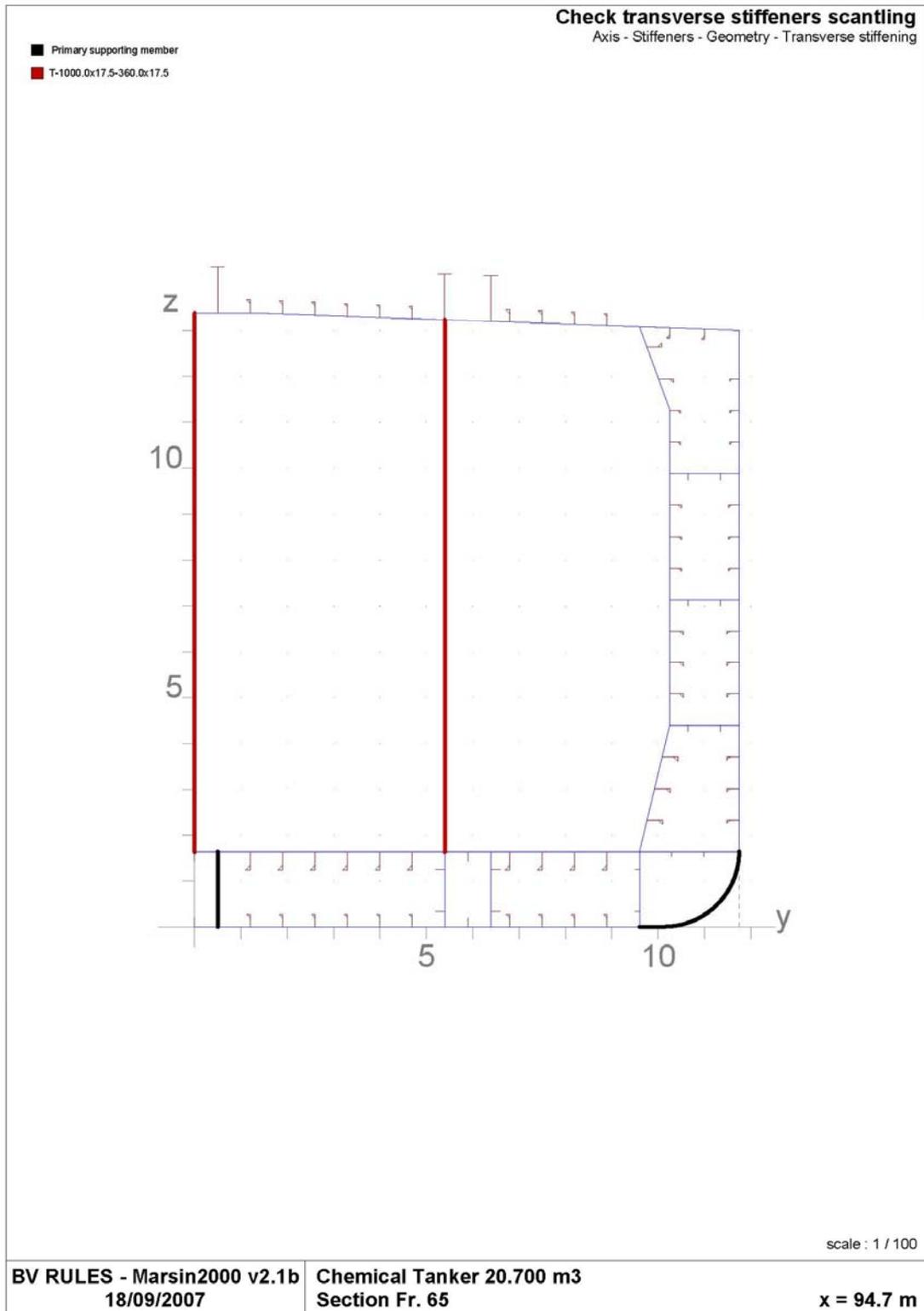
# Escantillones de longitudinales (“data check”)



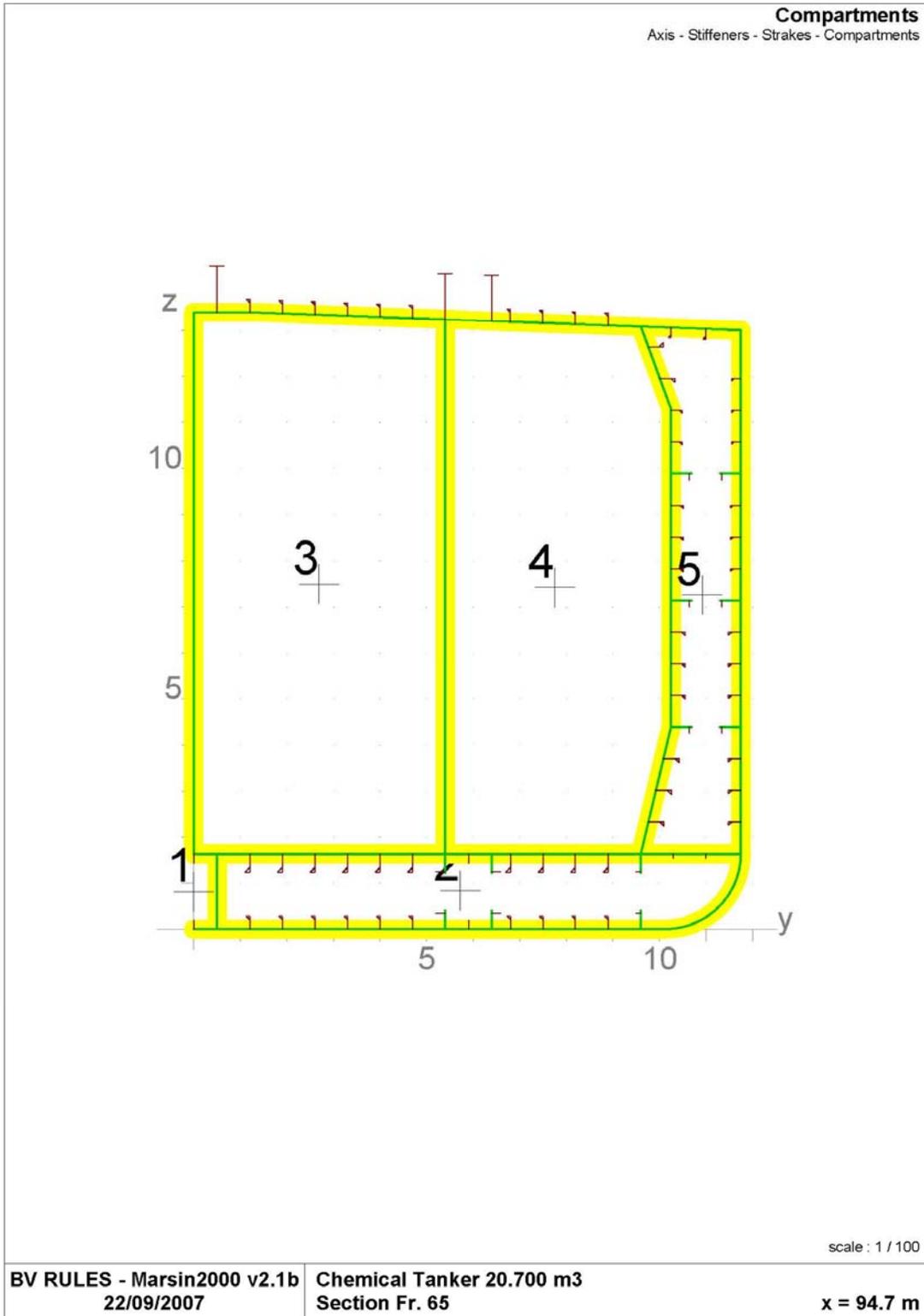
## Códigos de posición (“data check”)



## Reforzado transversal (“data check”)

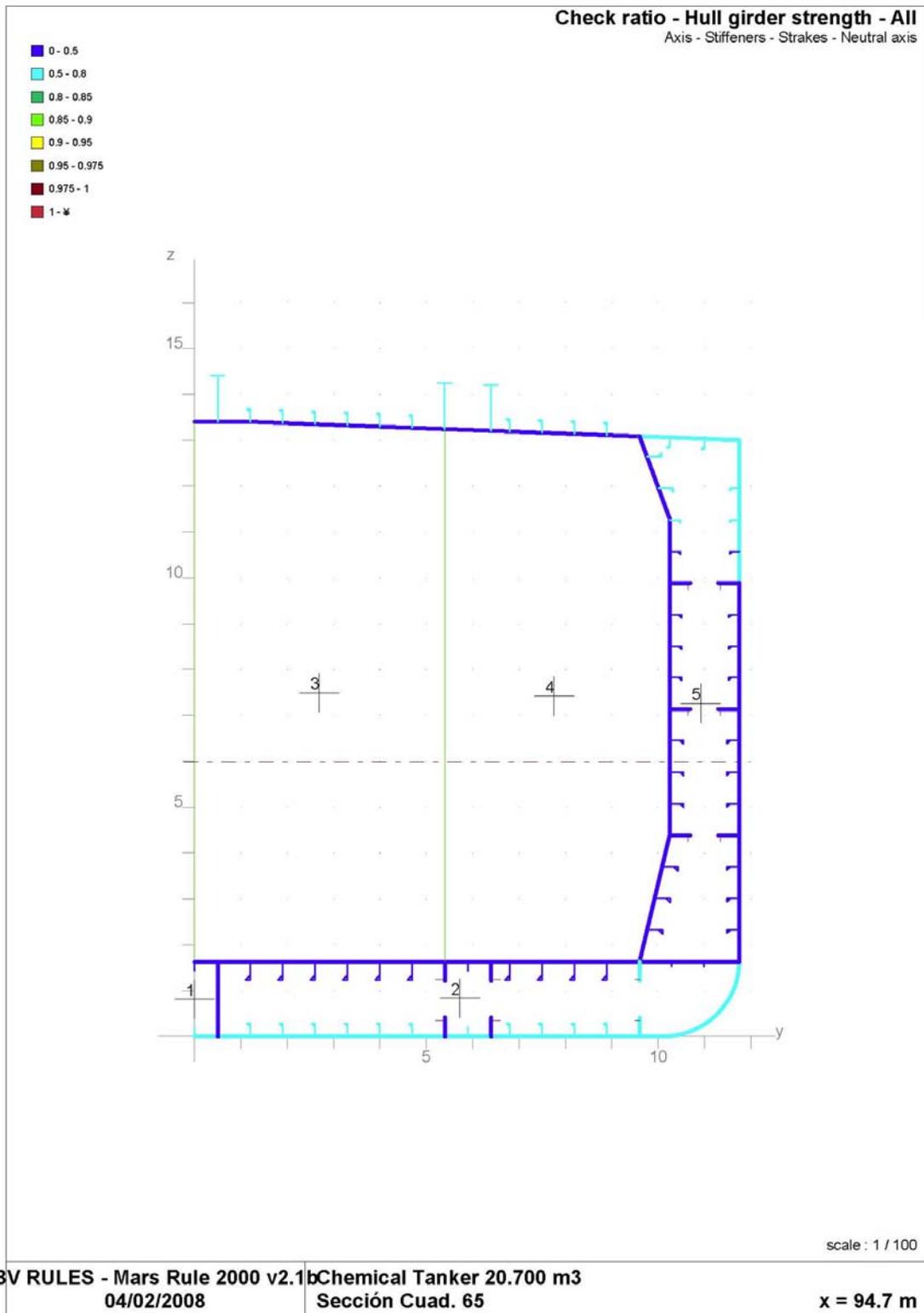


# Compartimentos (“data check”)



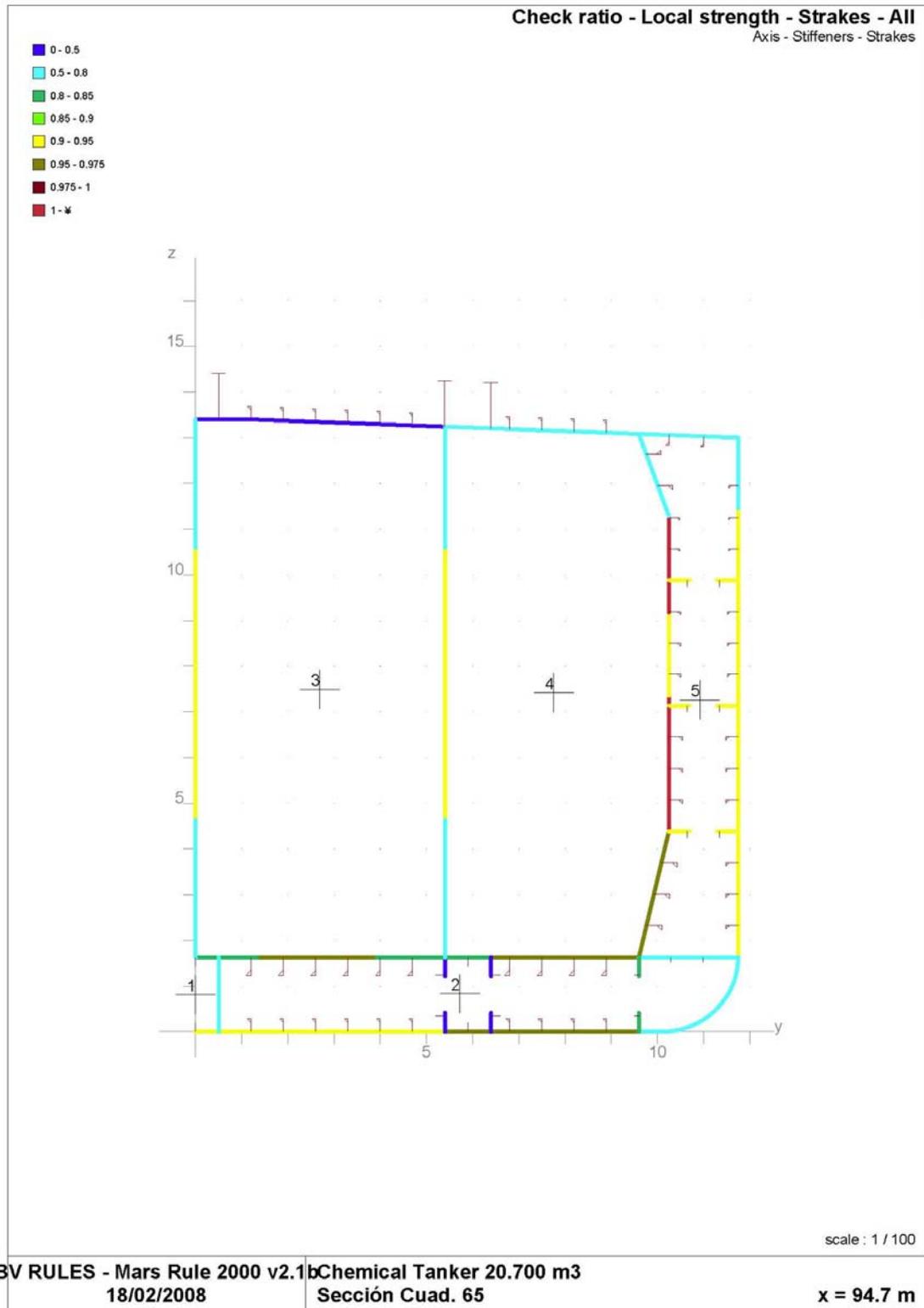
## Resultados gráficos

### Viga-Buque ("ratio")



Como se observa en el dibujo donde aparece la línea neutra de la sección, el elemento mas solicitado, está por debajo del 80% de los valores admisibles.

# Tracas ("ratio")



## Tracas (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, hay dos tracas, 23 y 25 del mamparo longitudinal del doble casco, cuyos resultados numéricos se ven en la tabla siguiente, señaladas con un asterisco.

- Tracas del doble casco

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\sigma_{CRIT}$ Buck
							$\tau_{Ap}$ Buck
							$\tau_{CRIT}$ Buck

#### 6 - DOBLE CASCO

22	13.50	13.00	7.50	SS470	0.706	2.750	100
	13.50	12.81	70.06	270.42	92.55	LIQ 4-b	39.87
		6.87	73.73	257.35		c	-72.01
0.00		6.12	0.00	161.76		c	53.00
							196.17

23	10.50	11.00	5.50	SS470	0.687	2.750	100
	10.50	* 10.82	26.39	211.07	71.96	LIQ 4-b	53.00
		5.98	26.92	257.35		c	-39.45
0.00		6.10	0.00	161.76		c	53.00
							170.16

24	9.50	9.00	5.50	SS470	0.687	2.750	100
	9.50	9.13	17.28	151.72	51.36	LIQ 4-b	53.00
		5.18	54.78	257.35		c	-45.17
0.00		6.10	0.00	161.76		c	53.00
							154.75

25	8.00	8.50	7.50	SS470	0.687	2.750	100
	8.00	* 8.27	39.10	122.06	41.07	LIQ 4-b	53.00
		4.73	90.54	257.35		a	-72.37
0.00		6.10	0.00	161.76		a	53.00
							118.40

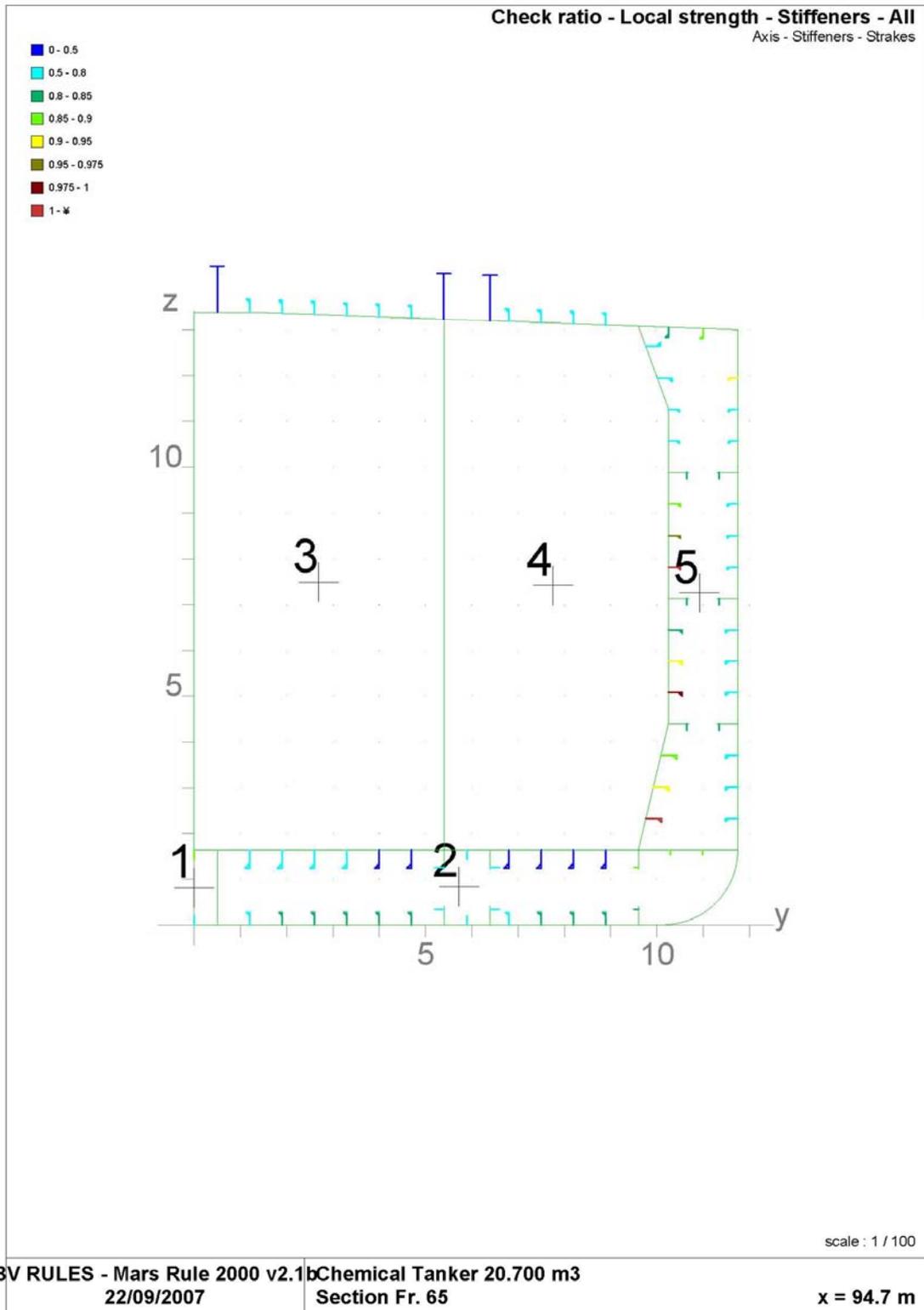
26	12.00	7.00	8.00	SS470	0.729	2.750	100
	12.00	6.86	83.05	62.71	32.44	LIQ 4-d+	30.45
		3.89	121.05	257.35		a	-80.82
0.00		6.14	0.00	161.76		a	40.66
							180.71

- Quilla plana y traca central de D. Fondo
- Tracas de fondo y de D. Fondo en zona de mamparo corrugado lateral

Estas tracas, no aparecen en el gráfico como no válidas porque, a priori, en el cálculo, se ha dispuesto un longitudinal en ambas zonas como el indicado en la sección maestra.

En el resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga, que aparece al final de los cálculos de la zona de tanques de carga, se indica la solución adoptada para las tracas anteriores.

# Longitudinales (“ratio”)



## Longitudinales (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, los módulos de los longitudinales son correctos, con la excepción del primer longitudinal del primer grupo y el primer longitudinal del tercer grupo del mamparo longitudinal del Doble Casco, cuyos resultados numéricos reproducimos a continuación.

### Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

#### 6 - DOBLE CASCO

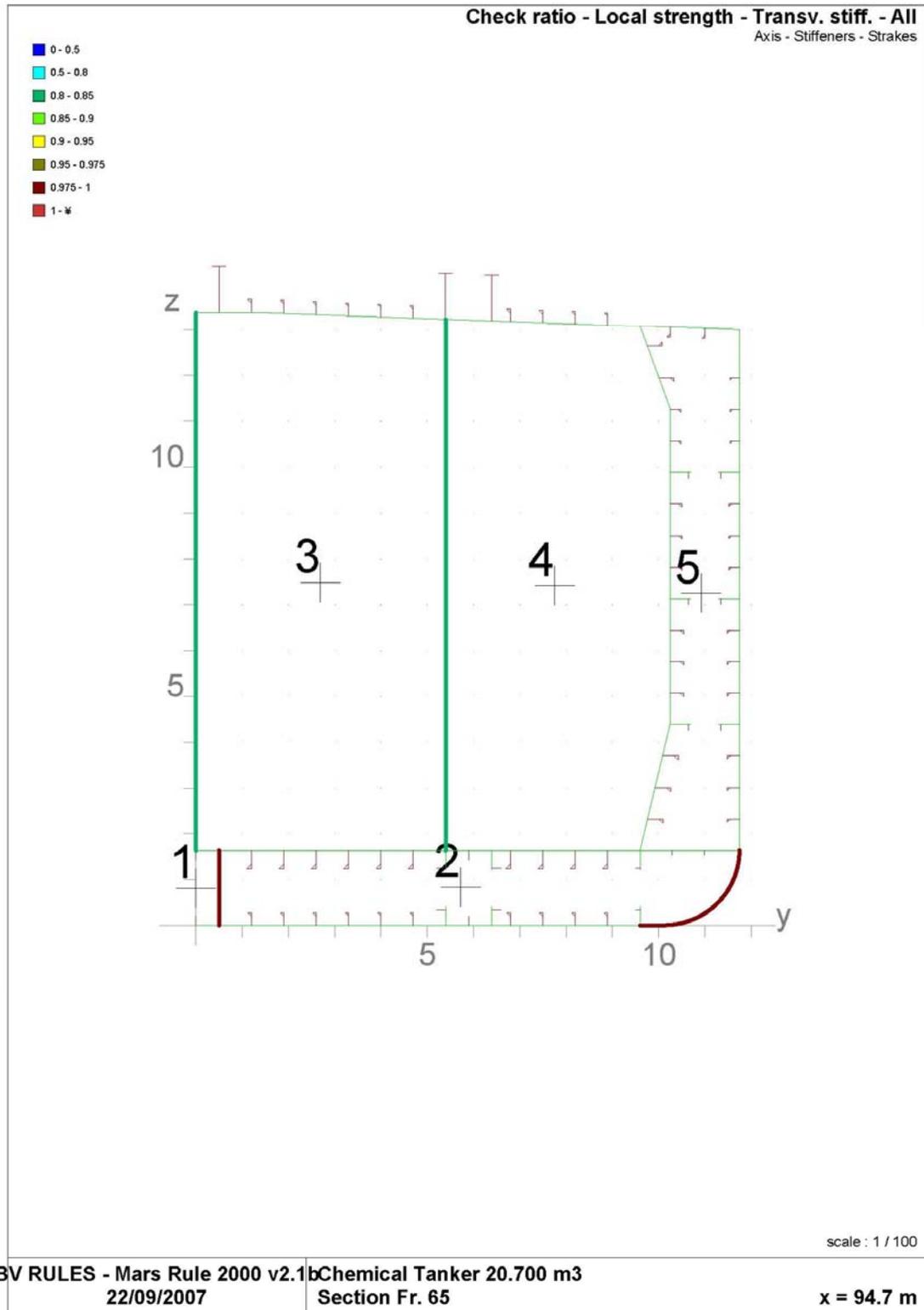
1	907.75		340.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.706	2.750	100
	837.44	*	856.75	62.71	255.59	87.41	LIQ 4-b			
	34.00		27.01		255.59	87.41	LIQ 4-b			
			169.24	71.44	255.59	51.15	LIQ 4-d+			
1.00							c		-67.70	-194.77

7	450.11		260.0	11.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	407.86	*	439.34	60.00	136.89	46.21	LIQ 4-b			
	23.40		14.08		136.89	46.21	LIQ 4-b			
			162.00	38.72	136.89	40.71	LIQ 4-d+			
1.00							c		-35.45	-192.12

Llama la atención el hecho de que, en esta sección, a pesar de que la carga es de mayor densidad, los módulos reglamentarios son similares a los de la sección maestra, de menor densidad. Ello es debido a que, en la sección maestra, al no tener un mamparo corrugado entre crujía y el doble casco, hay riesgo de resonancia, por lo que la carga dinámica es mayor.

En el resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga, que aparece al final de los cálculos de la zona de tanques de carga, se indica la modificación de los escantillones de los longitudinales anteriores.

## Refuerzos transversales (“ratio”)

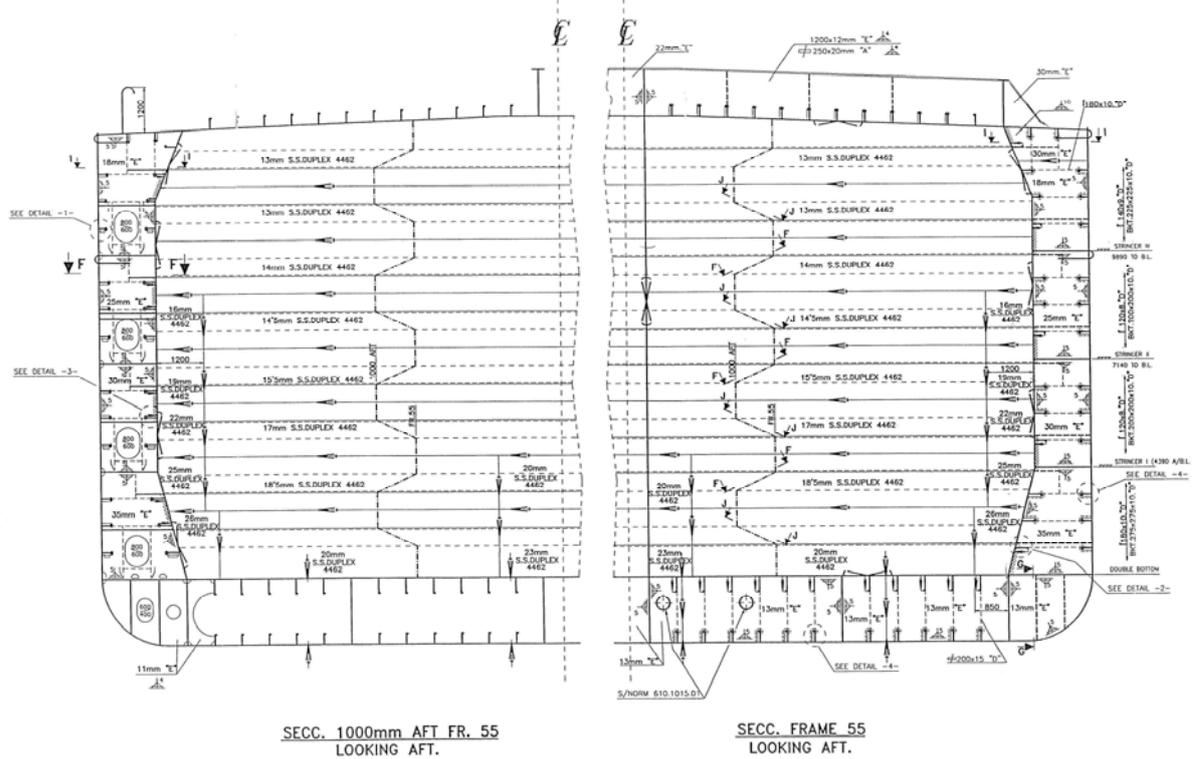


Las corrugas de los mamparos corrugados se han introducido en los datos como refuerzos transversales con una separación igual a la de una corruga.

Como se aprecia en el gráfico anterior la sollicitación a la que está sometido el mamparo es inferior al 85% del valor admisible.

## Mamparo en cuaderna 55

El mamparo en cuaderna 55 es corrugado de corrugas horizontales y su escantillonado es igual a todos los del mismo tipo, en la zona de tanques de carga. Por tanto, el estudio de este mamparo, sirve para todos los transversales de la misma zona.



El mamparo se empotra en el costado, haciendo coincidir la corrugas con dos bulárcamas. Por ello las bulárcamas están separadas 1 m, ya que corresponde a la altura de las corrugas.

Una de las dos bulárcamas es estanca, concretamente, la correspondiente a la sección 55.

## Datos

Los únicos datos que se muestran, son los correspondientes al riesgo de resonancia y las dimensiones de las corrugas. El resto de datos y los resultados se pueden ver en el anexo correspondiente.

### Evaluation of Risk of resonance - Bulkead nº 3

compartment :

Main destination .....	Cargo oil tank
Effective length .....	16.500 m
Effective breadth .....	9.600 m
Roll period (Tr) .....	14.11 s
Pitch period (Tp) .....	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
1.136	9.869	6.04	NO	16.500	9.96	NO
2.272	10.137	4.63	NO	16.500	7.20	YES
3.408	10.250	4.10	NO	16.500	6.08	YES
4.544	10.250	3.85	NO	16.500	5.50	YES
5.680	10.250	3.74	NO	16.500	5.16	YES
6.816	10.250	3.68	NO	16.500	4.95	YES
7.952	10.250	3.65	NO	16.500	4.83	YES
9.088	10.250	3.64	NO	16.500	4.74	YES
10.224	10.042	3.59	NO	16.500	4.69	YES
10.792	9.836	3.55	NO	16.500	4.67	YES

### Evaluation of Risk of resonance - Bulkead nº 3

compartment :

Main destination .....	Cargo oil tank
Effective length .....	16.500 m
Effective breadth .....	9.600 m
Roll period (Tr) .....	14.11 s
Pitch period (Tp) .....	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
1.136	9.869	6.04	NO	16.500	9.96	NO
2.272	10.137	4.63	NO	16.500	7.20	YES
3.408	10.250	4.10	NO	16.500	6.08	YES
4.544	10.250	3.85	NO	16.500	5.50	YES
5.680	10.250	3.74	NO	16.500	5.16	YES
6.816	10.250	3.68	NO	16.500	4.95	YES
7.952	10.250	3.65	NO	16.500	4.83	YES
9.088	10.250	3.64	NO	16.500	4.74	YES
10.224	10.042	3.59	NO	16.500	4.69	YES
10.792	9.836	3.55	NO	16.500	4.67	YES

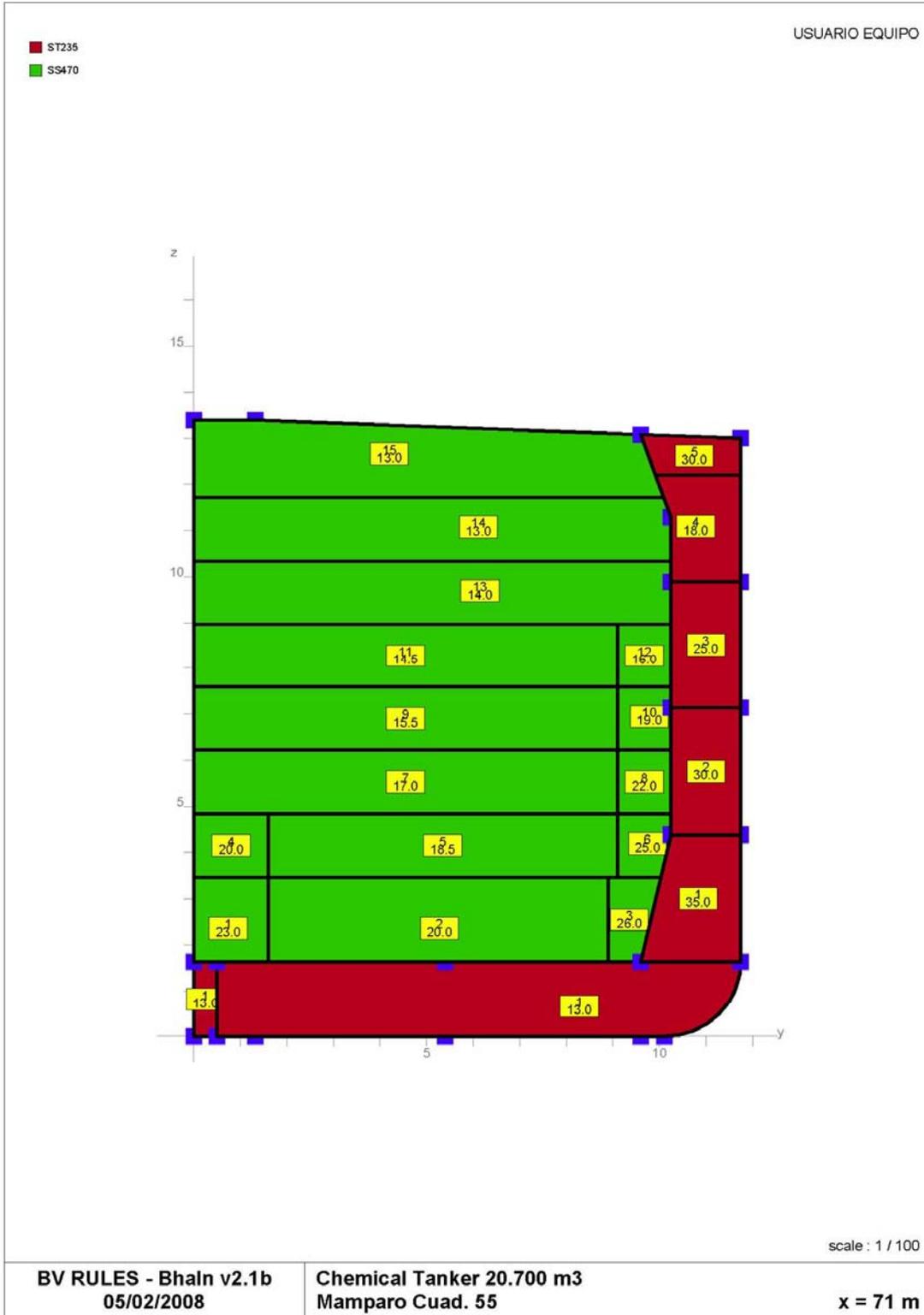
## Dimensiones de las corrugas

General corrugation data			Corrugation			
Bulk. n°	Start	Geometry (m)			Fixed Support	
		Spacing	Flange Width	Depth	Lower	Upper
3	0.900	1.375	0.900	1.000	No	No

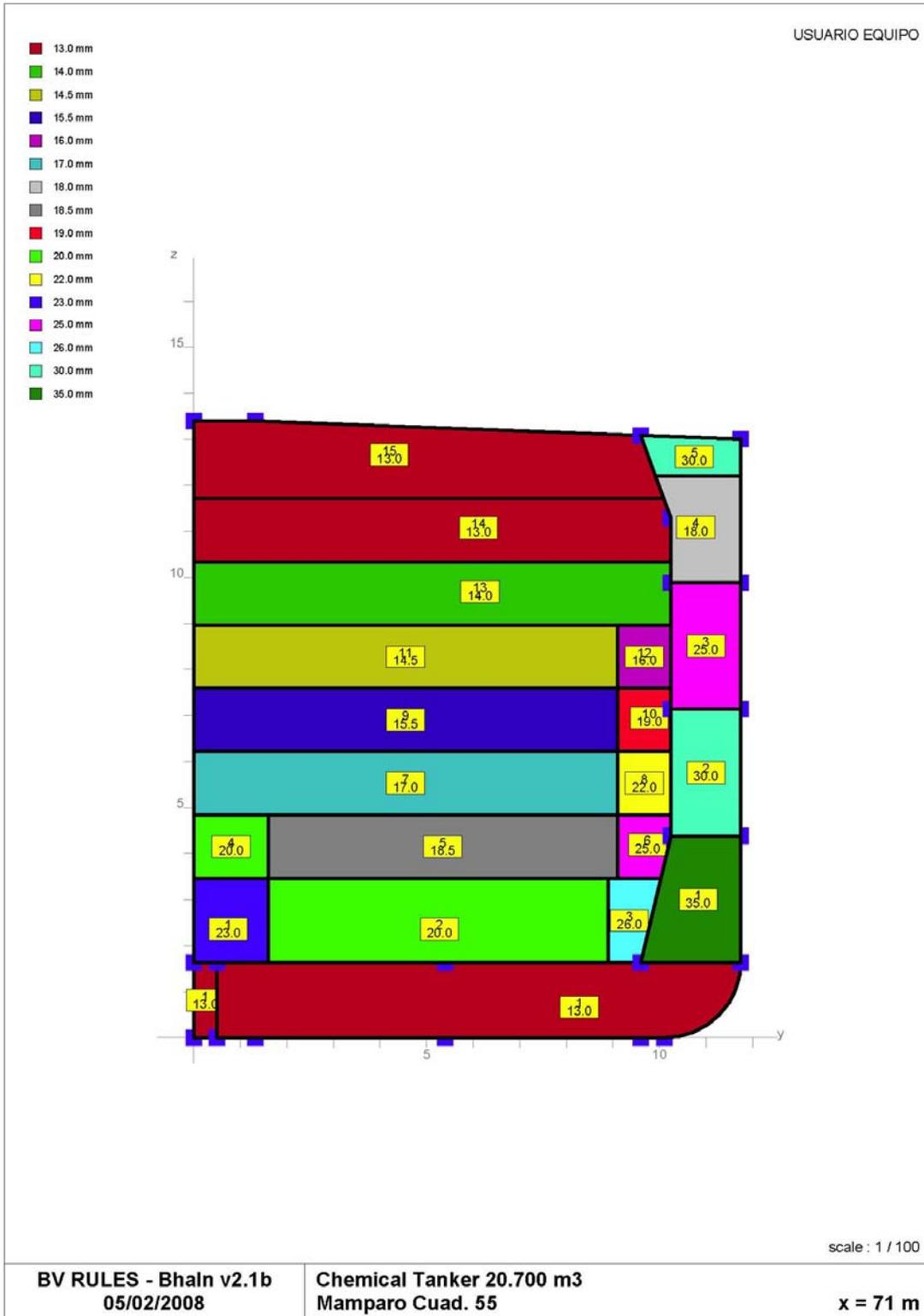
El MARS tiene en cuenta el riesgo de resonancia y en consecuencia, calcula el reforzado adicional para prevenir esta eventualidad.

# Datos gráficos

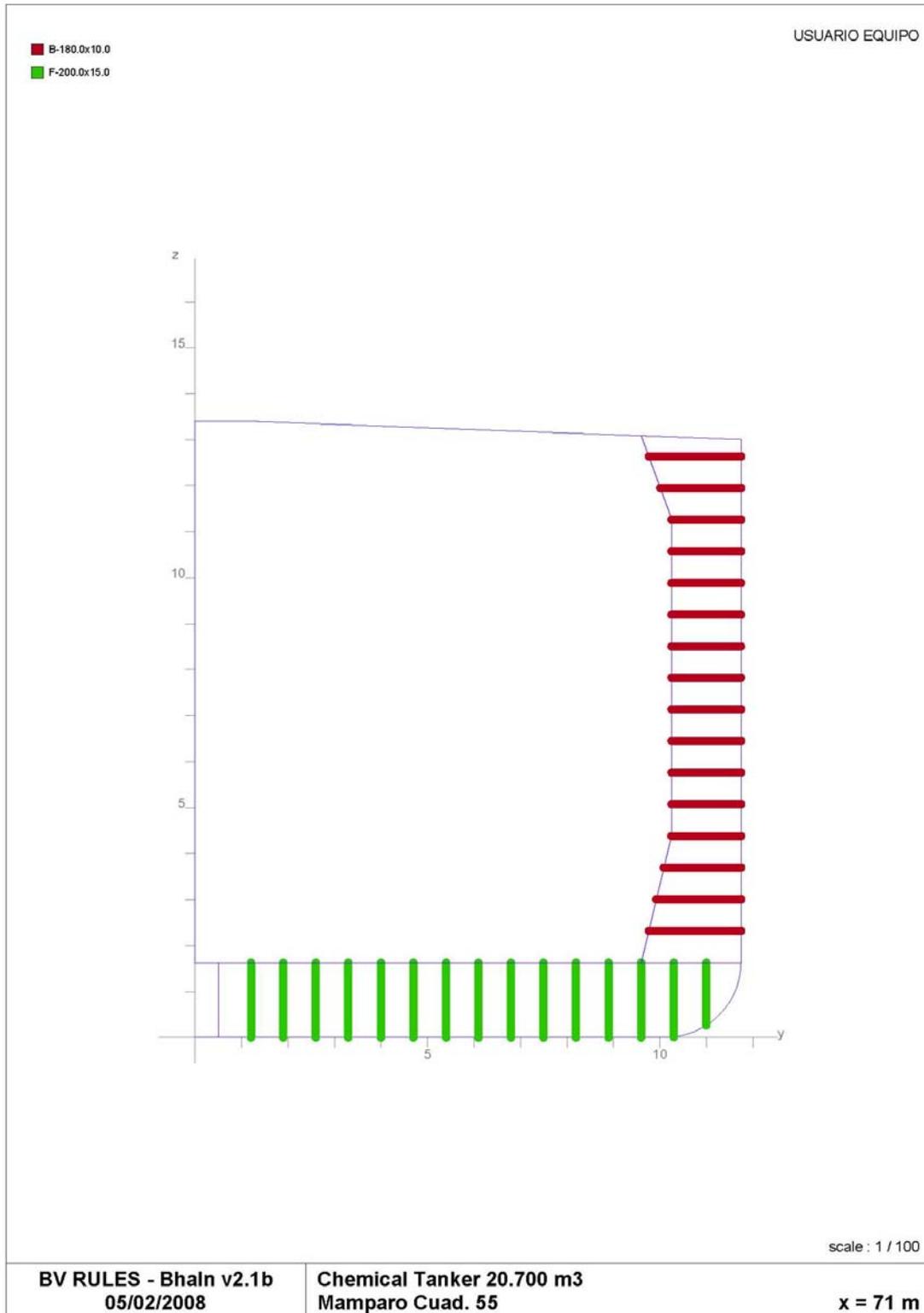
## Materiales (“data check”)



# Espesores (“data check”)

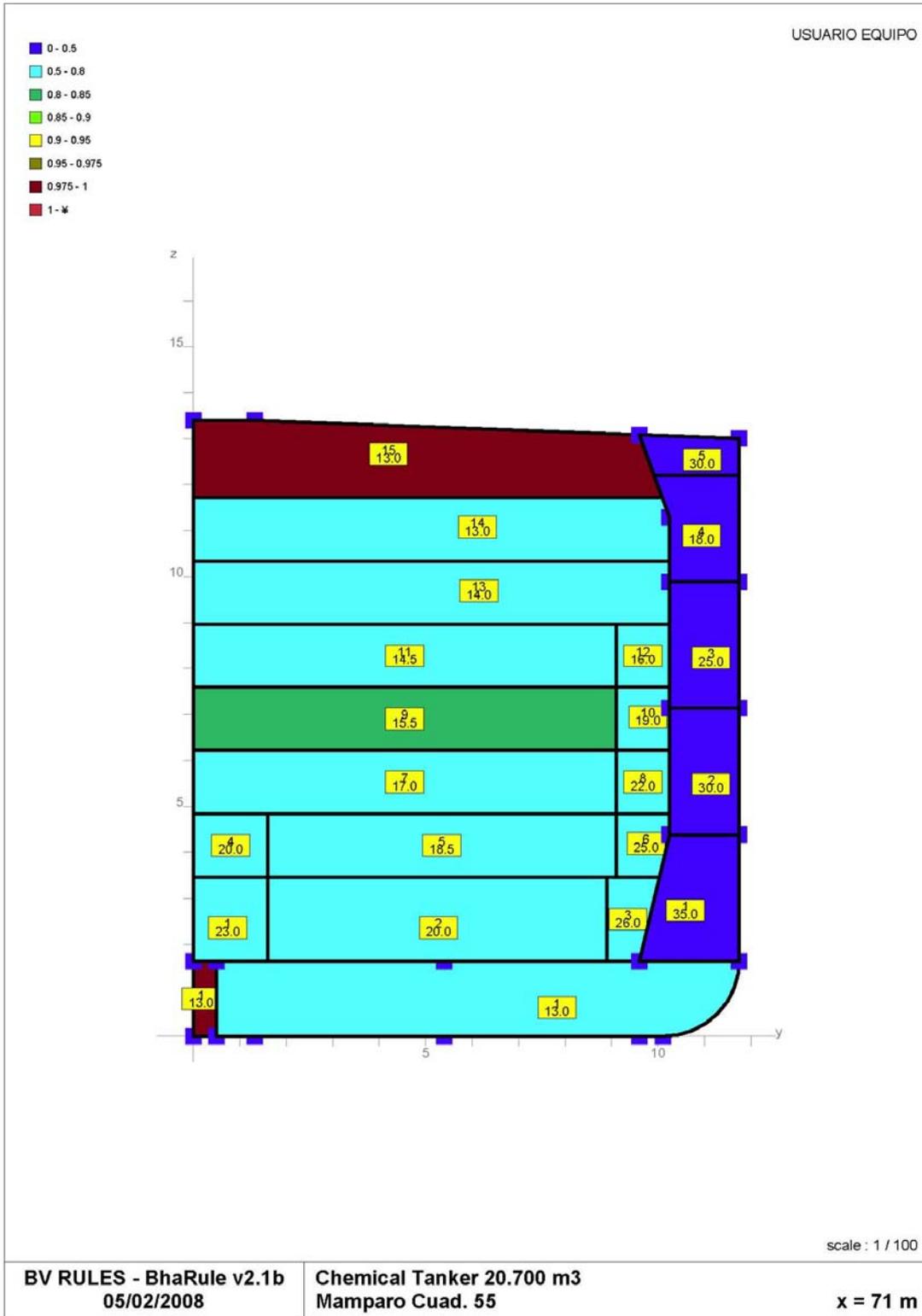


## Refuerzos (“data check”)



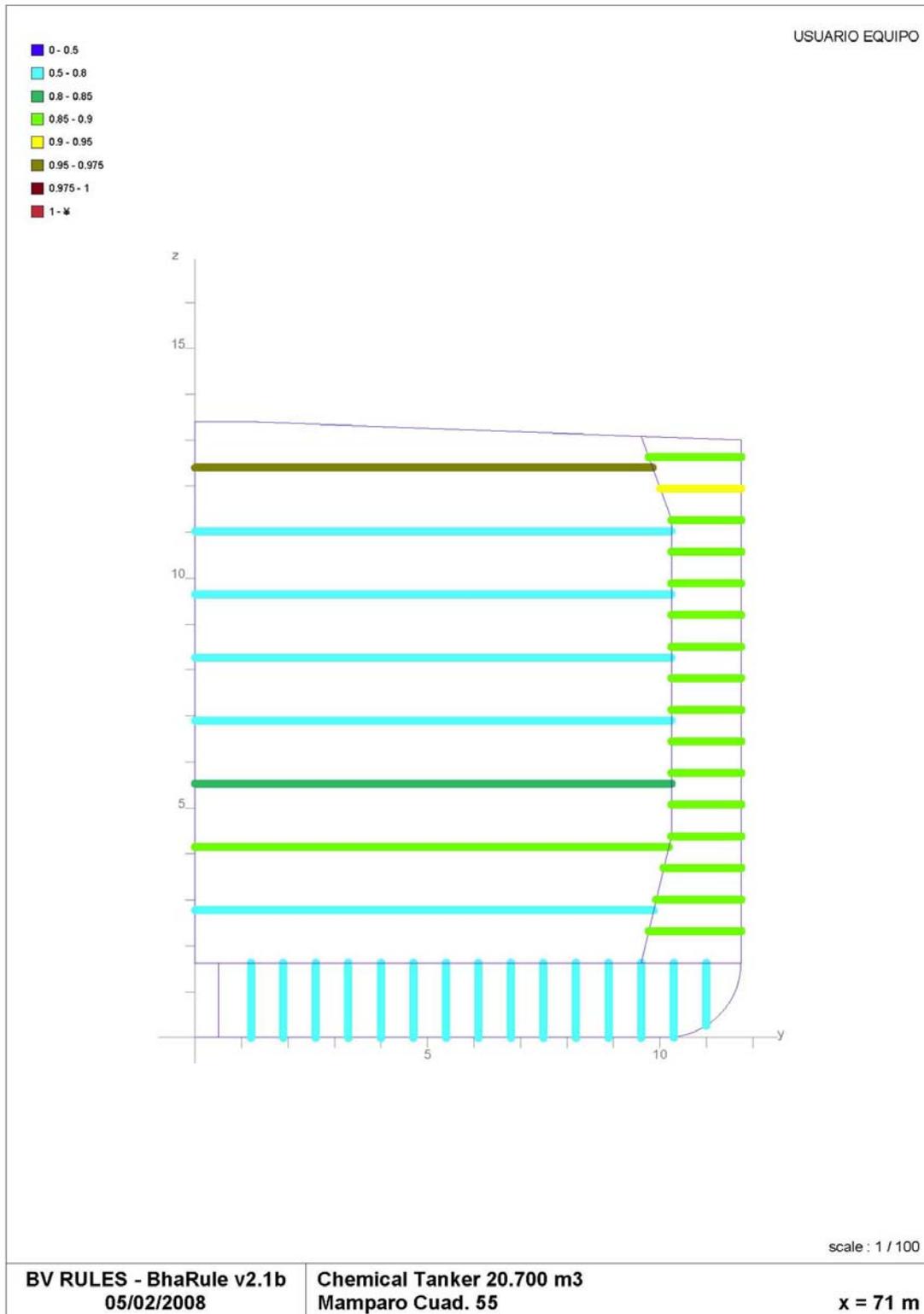
# RESULTADOS

## Tracas ("ratio")



Los espesores de las corrugas y de las tracas planas son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

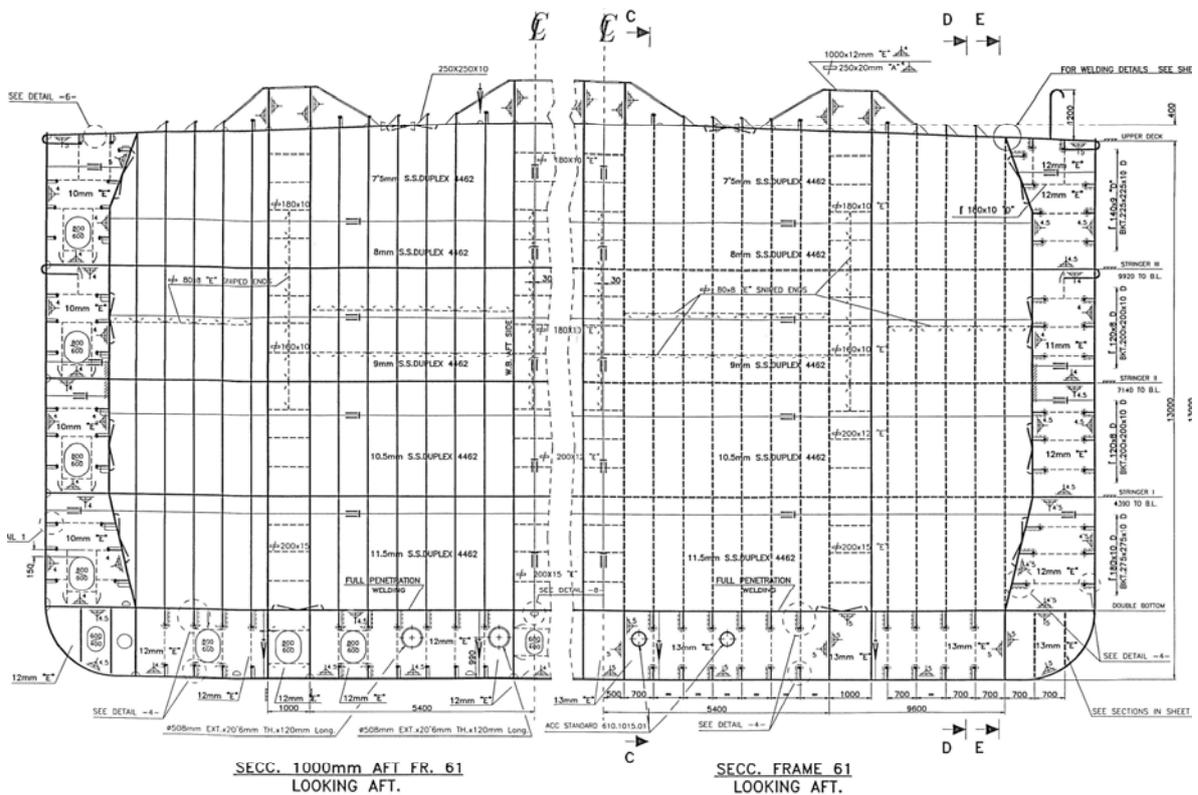
## Refuerzos ("ratio")



Los escantillones de las corrugas como refuerzos y de los refuerzos de las partes planas son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

# Mamparo en cuaderna 61

El mamparo en cuaderna 61 es un cofferdam, por lo que está constituido por dos planchas unidas por diafragmas. Los diafragmas, con sus correspondientes planchas asociadas, constituyen por si mismos, los refuerzos verticales. Los diafragmas horizontales constituyen los palmejares de mamparo. El escantillonado es igual a todos los del mismo tipo, en la zona de tanques de carga. Por tanto, el estudio de este mamparo, sirve para todos los transversales-diafragma de la misma zona.



El mamparo se empotra en el costado y en el doble fondo, haciendo coincidir las planchas con varengas y bulárcamas. Por ello las bulárcamas están separadas 1 m, ya que corresponde a la altura de las corrugas.

Una de las dos bulárcamas es estanca, concretamente, la correspondiente a la sección 61.

## Datos

Los únicos datos que se muestran, son los correspondientes al riesgo de resonancia. El resto de datos y los resultados se pueden ver en el anexo correspondiente.

### Evaluation of Risk of resonance - Bulkead n° 3

compartment :

Main destination .....	Cargo oil tank
Effective length .....	2.700 m
Effective breadth .....	5.400 m
Roll period (Tr) .....	14.11 s
Pitch period (Tp) .....	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
0.550	5.400	4.73	NO	2.700	2.47	NO
1.100	5.400	3.50	NO	2.700	2.01	NO
1.650	5.400	3.05	NO	2.700	1.90	NO
2.200	5.400	2.84	NO	2.700	1.87	NO
2.750	5.400	2.74	NO	2.700	1.86	NO
3.300	5.400	2.69	NO	2.700	1.86	NO
3.850	5.400	2.66	NO	2.700	1.86	NO
4.400	5.400	2.65	NO	2.700	1.86	NO
4.950	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO
5.225	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO

### Evaluation of Risk of resonance - Bulkead n° 3

compartment :

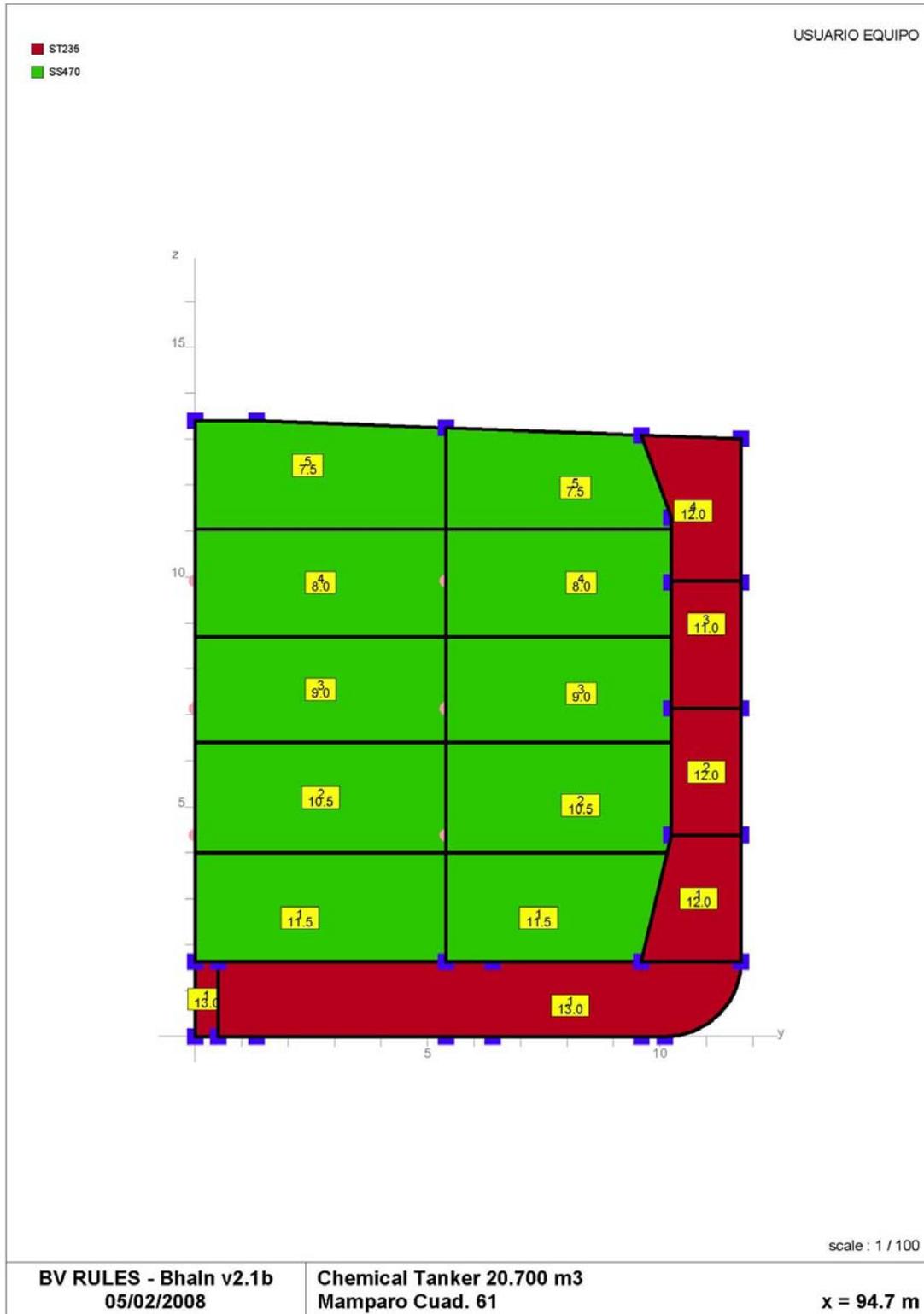
Main destination .....	Cargo oil tank
Effective length .....	2.700 m
Effective breadth .....	5.400 m
Roll period (Tr) .....	14.11 s
Pitch period (Tp) .....	6.85 s

Filling level (m)	Inclined ship cond.			Upright ship cond.		
	Free surface breadth (m)	Ty (s)	Risk roll	Free surface length (m)	Tx (s)	Risk pitch
0.550	5.400	4.73	NO	2.700	2.47	NO
1.100	5.400	3.50	NO	2.700	2.01	NO
1.650	5.400	3.05	NO	2.700	1.90	NO
2.200	5.400	2.84	NO	2.700	1.87	NO
2.750	5.400	2.74	NO	2.700	1.86	NO
3.300	5.400	2.69	NO	2.700	1.86	NO
3.850	5.400	2.66	NO	2.700	1.86	NO
4.400	5.400	2.65	NO	2.700	1.86	NO
4.950	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO
5.225	5.400	2.64	NO	2.700	1.86	NO

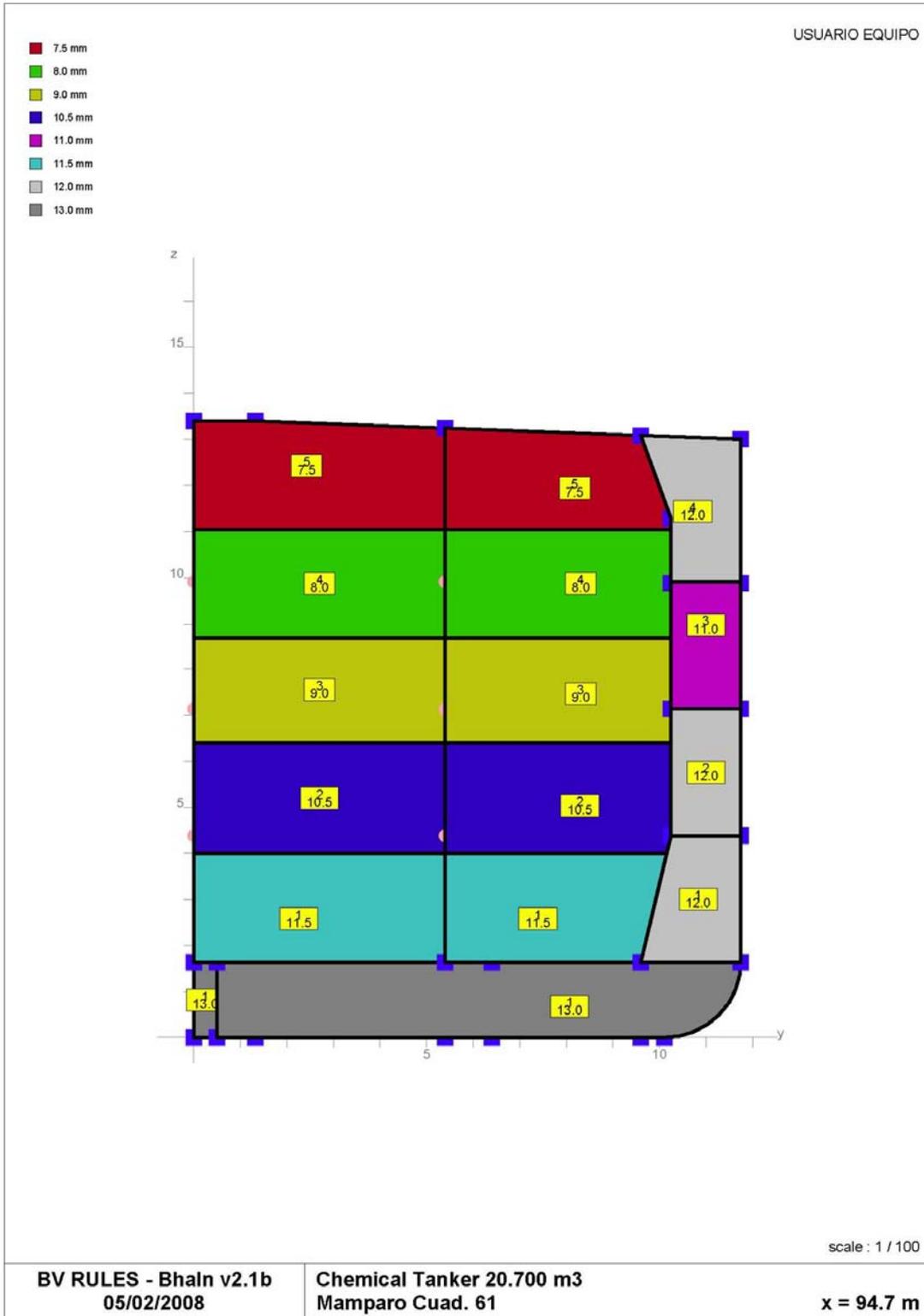
El MARS tiene en cuenta el riesgo de resonancia y en consecuencia, calcula el reforzado adicional para prevenir esta eventualidad. Como se ve, en este caso no hay riesgo.

## Datos gráficos

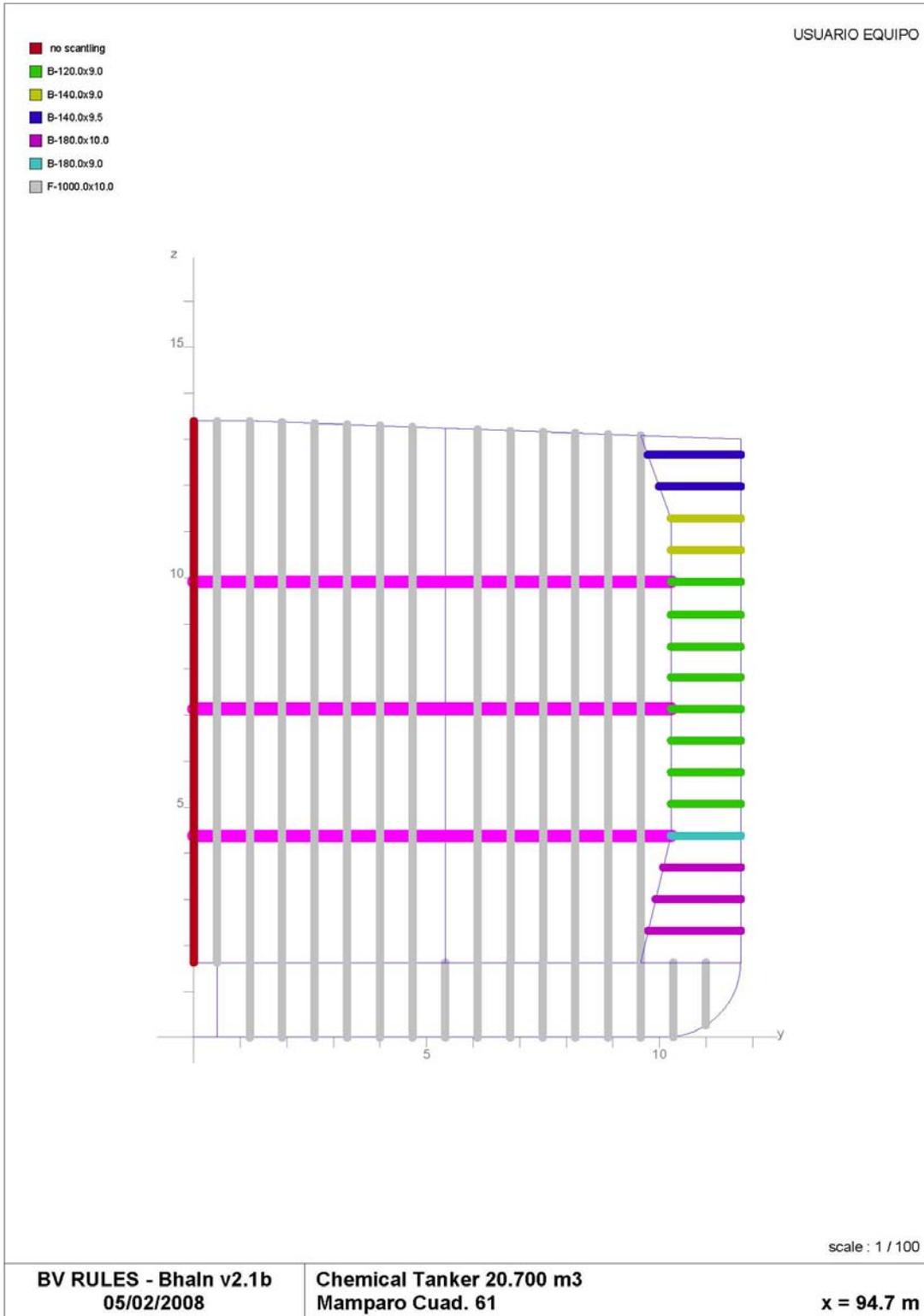
### Materiales (“data check”)



# Espesores (“data check”)

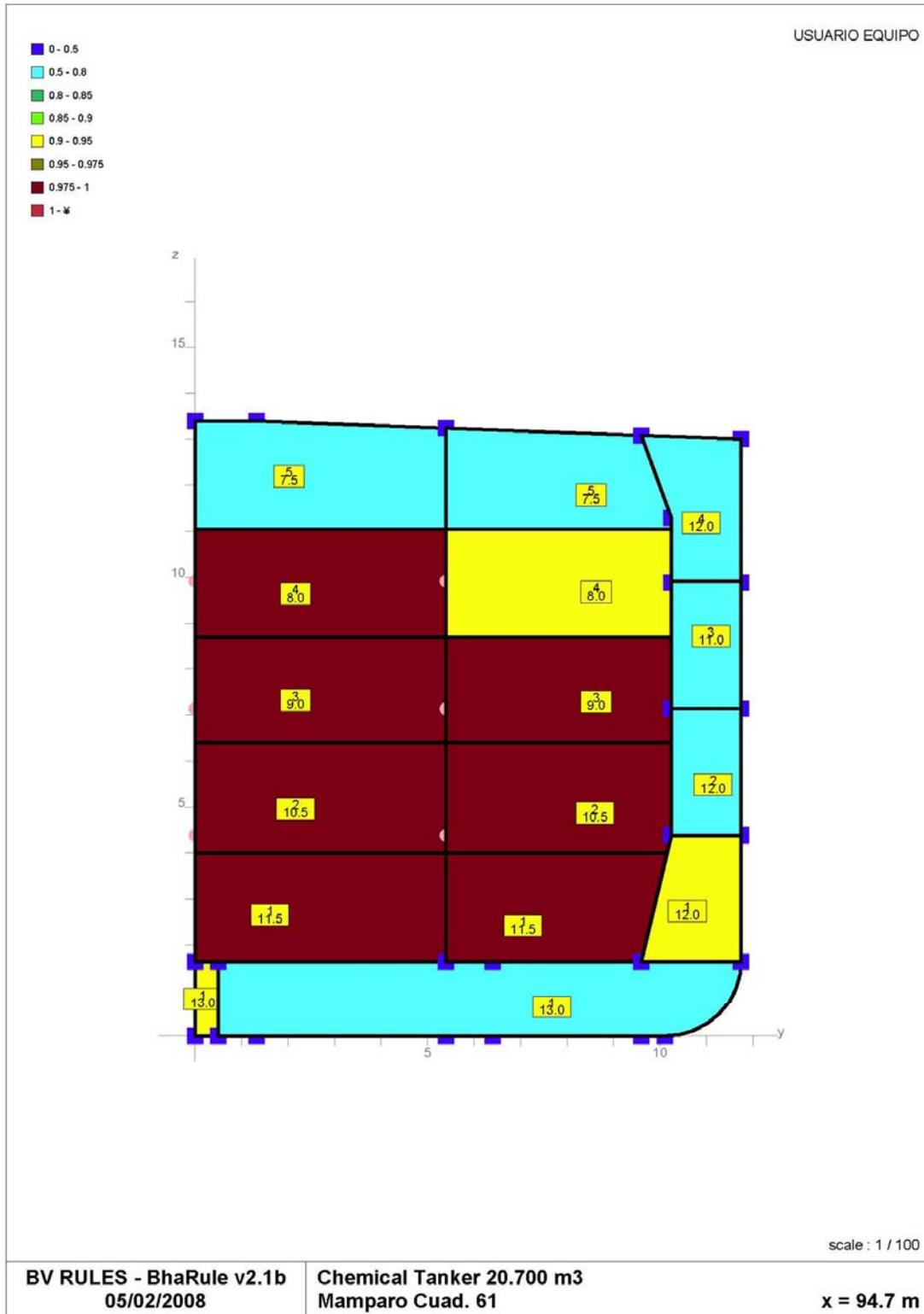


# Refuerzos (“data check”)



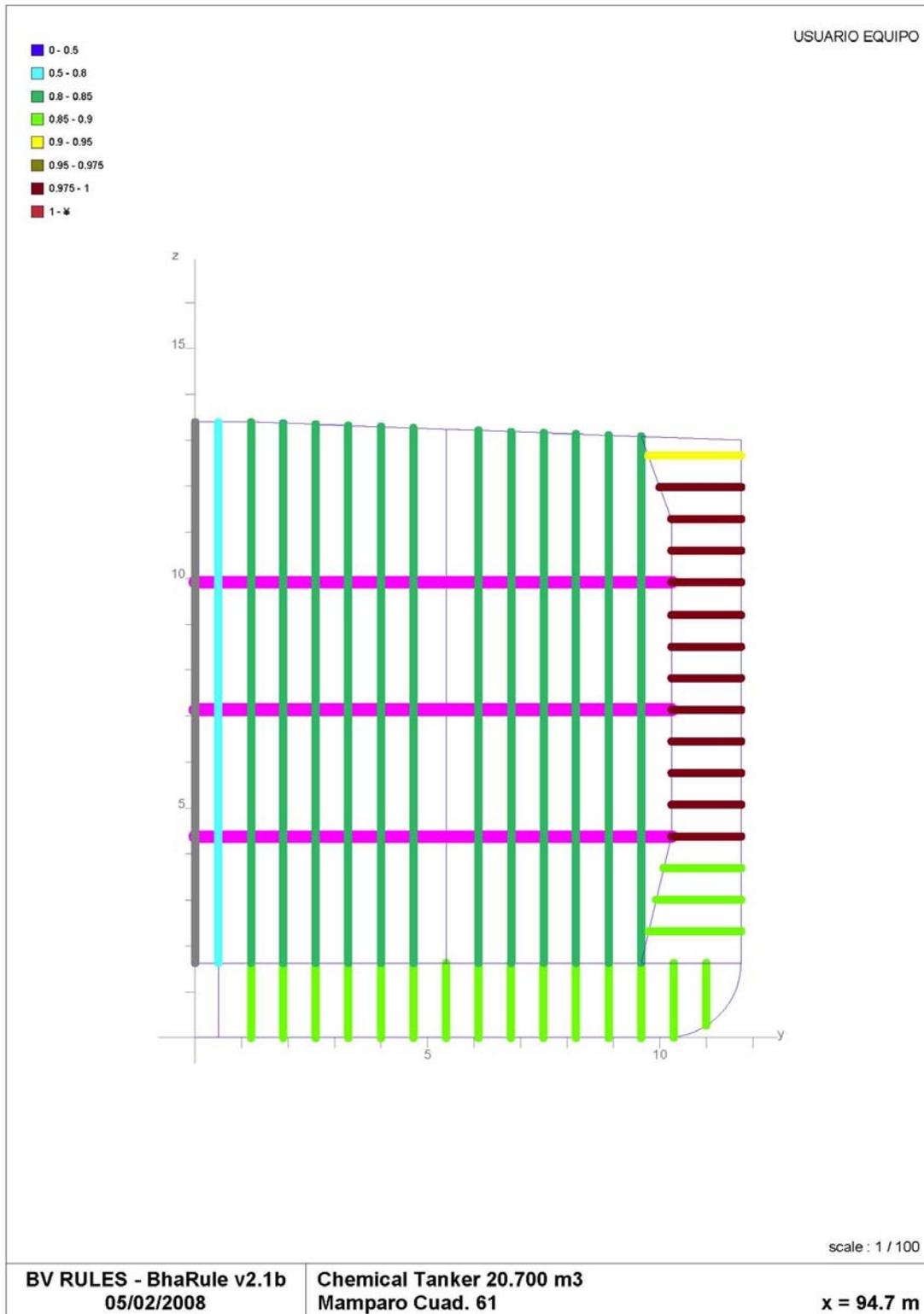
# RESULTADOS

## Tracas ("ratio")



Los escantillones de las planchas correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Refuerzos ("ratio")

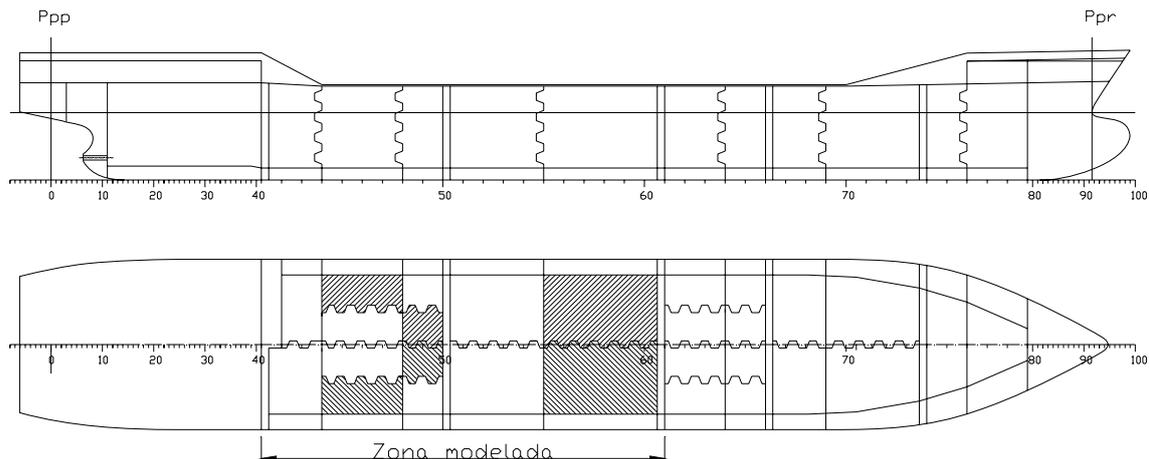


Los escantillones de los refuerzos son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

# Zona de tanques de carga (STEEL)

## Modelo de bodegas (Datos)

La zona de bodegas modelada en el estudio por STEEL es la indicada en el croquis que se muestra a continuación y que corresponde a la zona comprendida entre las cuadernas 41 y 61, que representa algo más de la mitad de la zona de bodegas.



Esquema de llenado de tanques en la zona modelada

En los mamparos de proa y popa de la zona modelada se han supuesto condiciones de contorno de simetría, con lo cual está representada toda la zona de bodegas.

En el croquis anterior se ve la carga interior que se ha considerado en el cálculo, que corresponde a tanques llenados alternativamente.

Esta carga nos permite calcular mamparos que están cargados por una cara y vacíos por la otra. También nos permite calcular el reforzado del forro exterior (Doble casco), cuando el tanque está lleno y cuando está vacío.

Esta carga, junto con la carga de calado más ola, es la peor condición que se ha encontrado para el cálculo.

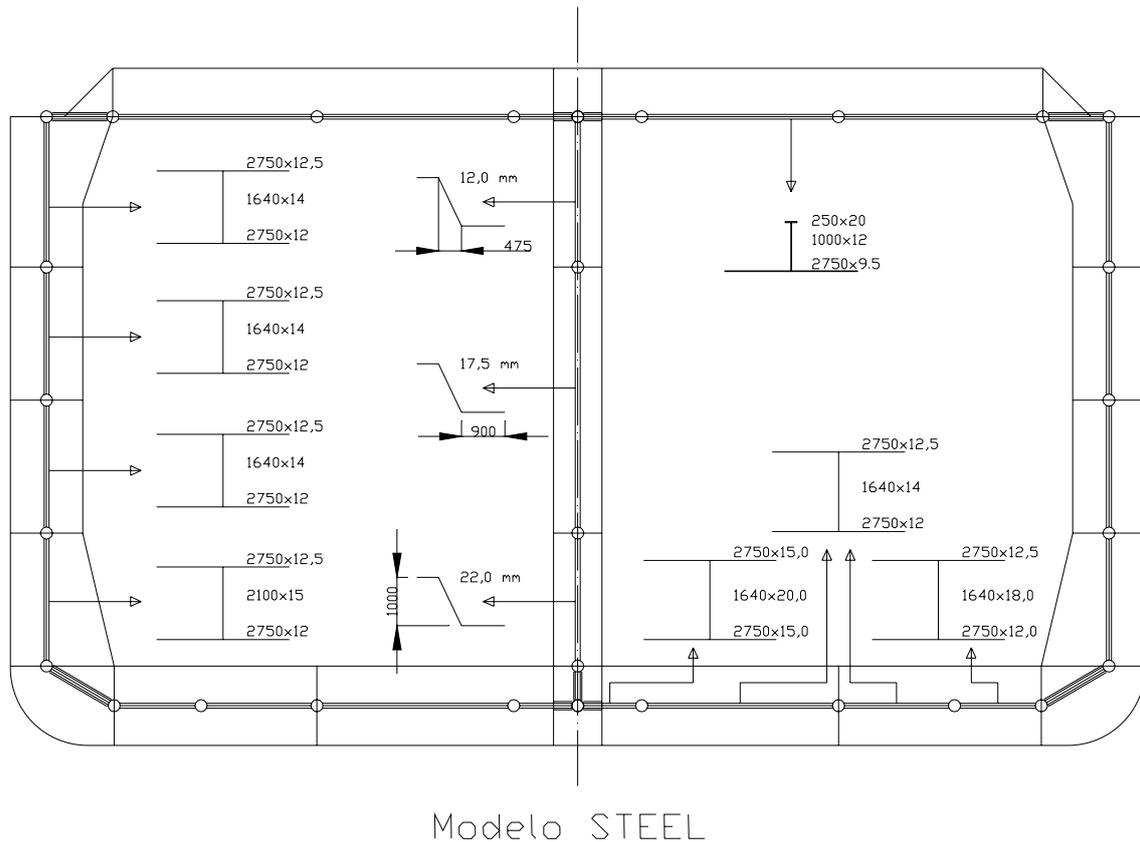
Los valores de las cargas interiores y exteriores se han extraído del Mars, lo que da homogeneidad al estudio.

Como es lógico, los valores admisibles de las tensiones normales, tangenciales y de Von Mises son los reglamentarios.

## Datos

Como se ve en la figura que se muestra a continuación, el modelo se realiza por la mitad de la altura del doble fondo y del doble casco.

Sin embargo, los baos reforzados y esloras en cubierta se modelan al nivel del forro. Ello se debe a que la línea neutra de estos elementos está cerca del forro. Teniendo en cuenta, además, que el centro de giro de estos elementos está prácticamente en el forro, se justifica esta forma de modelar.



En la imagen anterior, se muestran los tipos de las secciones transversales. Las secciones longitudinales son similares, teniendo en cuenta los espesores de cada tipo y las planchas asociadas.

Como se ve en el croquis anterior, las zonas de las barras que están en el interior del doble fondo, doble casco o mamparos son indeformables por lo que son consideradas como núcleos. En el dibujo están representados con trazo más grueso.

## Tipos

A continuación se reproduce el listado de los tipos, donde aparecen su denominación, la clase de refuerzo, las dimensiones, los espesores, las inercias y los módulos.

### Beam Types

Name	Type	Materials	H1 m	H2 m	H3 m	e1 mm	e2 mm	e3Cont mm	Nb	Corr	WLoad	W
Varenga 1	I Sec	Mat1	2.750	1.640	2.750	12.5	18.0	11.0	X			
Varenga 2	I Sec	Mat1	2.750	1.640	2.750	12.5	14.0	11.0	X			
Varenga 3	I Sec	Mat1	2.750	1.640	2.750	15.0	20.0	14.0	X			
Mamparo 22mm	Corr	Mat1	0.900	1.000	0.475	22.0	19.0	14.0	X	1	2.750	
Mamparo 17.5m	Corr	Mat1	0.900	1.000	0.475	17.5	19.0	14.0	X	1	2.750	
Mamparo 12mm	Corr	Mat1	0.900	1.000	0.475	12.0	19.0	14.0	X	1	2.750	
Mamparo	User	Mat1										
Doble casco 1	I Sec	Mat1	2.750	2.150	2.750	10.0	19.0	12.0	X			
Bao reforzado	I Sec	Mat1	0.250	1.000	2.750	20.0	12.0	9.5	X			
Vagras	I Sec	Mat1	4.000	1.640	4.000	12.5	11.0	12.0	X			
Doble casco 2	I Sec	Mat1	2.750	1.500	2.750	10.0	13.0	12.0	X			
Doble casco 3	I Sec	Mat1	2.750	1.500	2.750	10.0	10.0	12.0	X			
Doble casco 4	I Sec	Mat1	2.750	2.150	2.750	10.0	13.0	12.0	X			

### Beams Types Characteristics

Name	Type	AX cm2	AY cm2	AZ cm2	IX dm4	IY dm4	IZ dm4	eY m	eZ m
Varenga 1	I Sec	941.45	0.00	297.83	438.992	505.734	407.280	0.0000	0.0000
Varenga 2	I Sec	875.85	0.00	232.02	438.992	490.938	407.276	0.0000	0.0000
Varenga 3	I Sec	1125.50	0.00	332.17	545.114	618.836	502.602	0.0000	0.0000
Mamparo 22	Corr	883.11	330.00	494.34	0.449	144.013	26.826	0.0000	0.0000
Mamparo 17	Corr	702.48	262.50	390.71	0.226	113.828	21.311	0.0000	0.0000
Mamparo 12	Corr	481.70	180.00	265.82	0.073	77.448	14.596	0.0000	0.0000
Mamparo	User	2000.00	1000.00	1000.00	0.018	25580.970	25000.000	0.0000	-0.4439
Doble casc	I Sec	1013.50	0.00	409.05	700.488	860.229	381.288	0.0000	0.0000
Bao reforz	I Sec	431.25	0.00	119.85	0.020	63.333	164.904	0.0000	0.0000
Vagras	I Sec	1160.40	0.00	182.83	668.554	709.044	1306.669	0.0000	0.0000
Doble casc	I Sec	800.00	0.00	197.20	342.468	379.743	381.279	0.0000	0.0000
Doble casc	I Sec	755.00	0.00	151.85	342.468	371.175	381.277	0.0000	0.0000
Doble casc	I Sec	884.50	0.00	280.93	700.488	810.024	381.280	0.0000	0.0000

### Beam Types Data for Stress

Name	Type	SX m*mm	SY m*mm	SZ m*mm	WX dm3	WYu dm3	WYI dm3	WZu dm3	WZI dm3
Varenga 1	I Sec	94.15	43.08	27.86	49.97	63.53	58.30	0.00	0.00
Varenga 2	I Sec	87.59	43.08	21.94	49.97	61.88	56.42	0.00	0.00
Varenga 3	I Sec	112.55	53.17	31.19	63.70	75.97	72.43	0.00	0.00
Mamparo 22	Corr	88.31	26.50	43.28	0.92	27.59	27.59	5.96	5.96
Mamparo 17	Corr	70.25	21.05	34.31	0.58	22.00	22.00	4.74	4.74
Mamparo 12	Corr	48.17	14.42	23.42	0.27	15.13	15.13	3.24	3.24
Mamparo	User	121.25	20.17	72.76	0.26	384.53	402.31	13.86	13.86
Doble casc	I Sec	101.35	40.33	37.54	59.43	75.20	83.67	0.00	0.00
Bao reforz	I Sec	43.13	17.44	10.66	0.10	8.26	24.09	0.00	0.00
Vagras	I Sec	116.04	65.33	17.66	79.31	86.66	83.78	0.00	0.00
Doble casc	I Sec	80.00	40.33	18.71	41.55	46.75	53.51	0.00	0.00
Doble casc	I Sec	75.50	40.33	14.54	41.55	45.52	52.53	0.00	0.00
Doble casc	I Sec	88.45	40.33	26.30	59.43	70.28	79.46	0.00	0.00

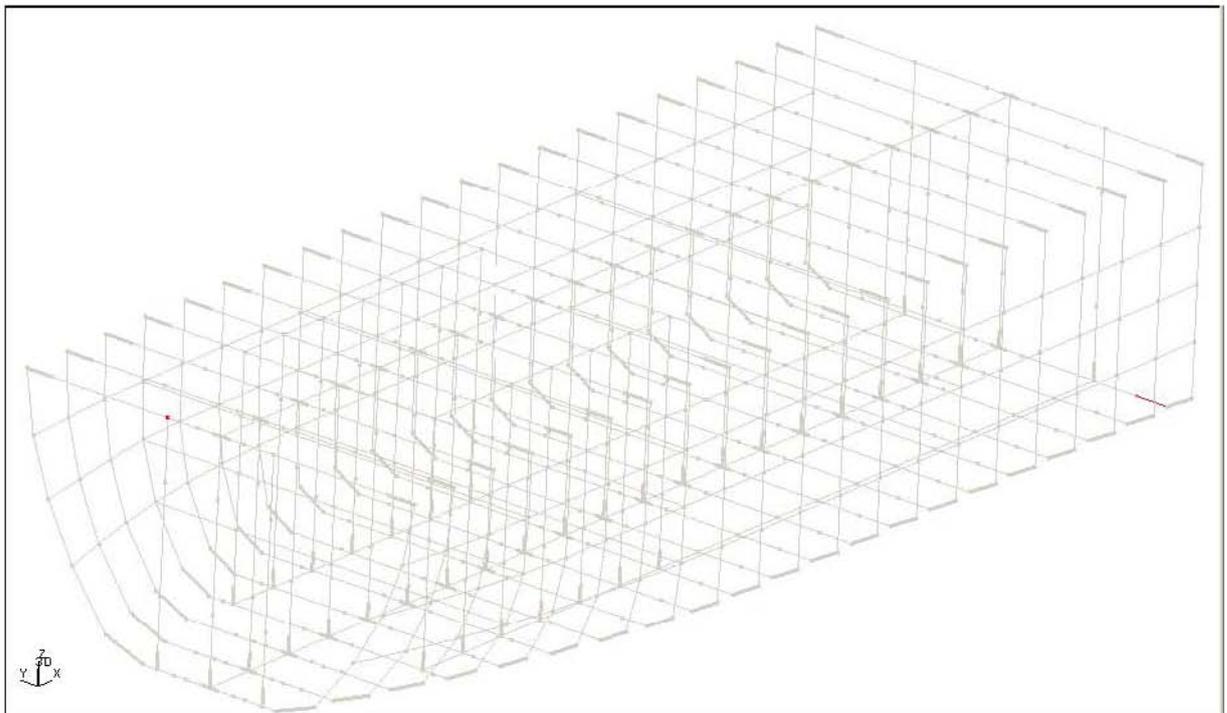
## Geometría

Como datos, se introducen las coordenadas de los nodos. El programa tiene automatismos que facilitan la introducción de los datos.

A continuación se introducen los datos de las barras, que consiste en indicar los nodos de origen y de extremo.

A cada barra se le asigna el tipo que le corresponde y, en caso de que sea necesario, se giran sus ejes particulares para que coincidan con la orientación de la estructura.

En la imagen siguiente se representa el modelo de la zona considerada en el cálculo por STEEL.



Como se verá a continuación, en el modelo se pueden aislar planos, para ver con mayor claridad la estructura modelada. Los planos pueden ser perpendiculares a cualquiera de los tres ejes principales.

Los planos perpendiculares al eje X son transversales como, por ejemplo, los mamparos o las secciones transversales.

Los planos perpendiculares al eje Y son longitudinales como, por ejemplo, los costados o los mamparos longitudinales.

Los planos perpendiculares al eje Z son horizontales como, por ejemplo, los fondos o las cubiertas.

#### Condiciones de contorno

El modelo está apoyado verticalmente en el forro exterior, con lo cual se evita su desplazamiento en el eje Z y el giro sobre el eje X.

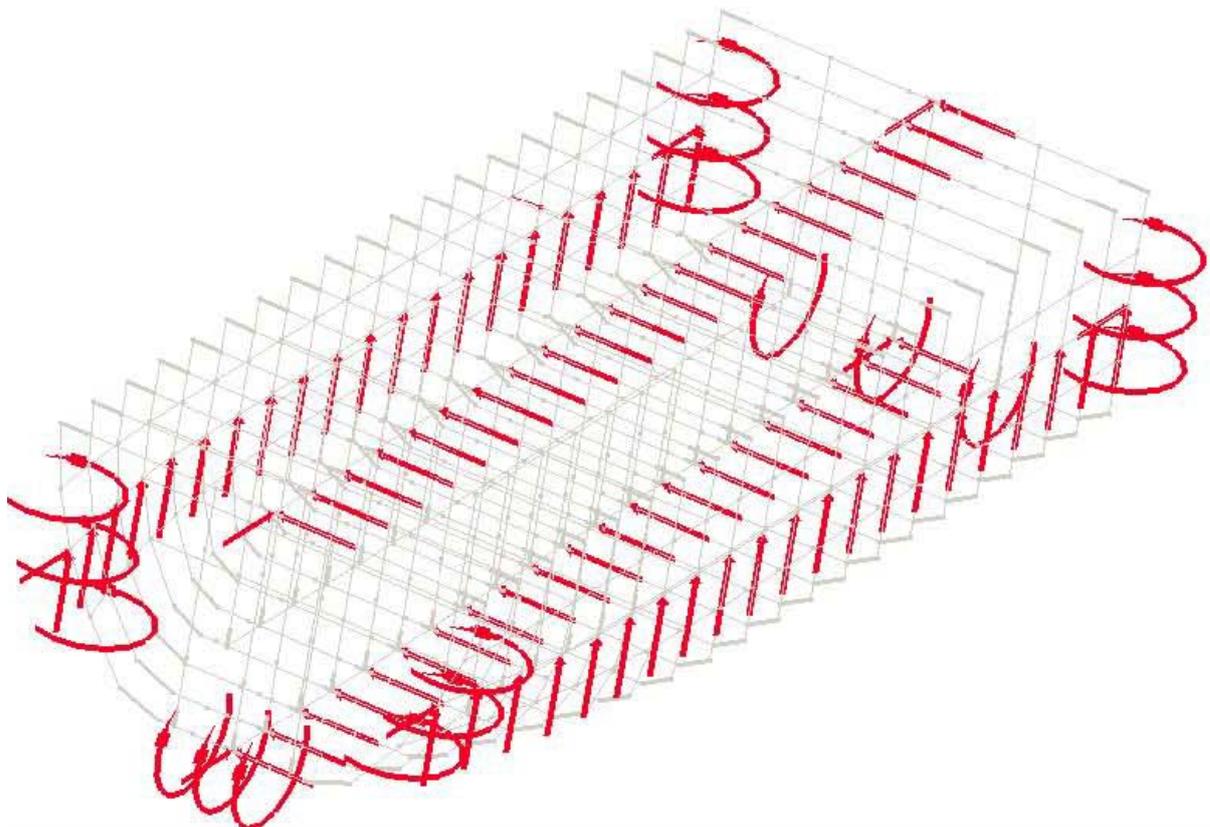
Los apoyos en el eje Y, en cubierta y fondo en el plano de crujía, evitan el desplazamiento del modelo sobre este eje.

En los extremos de popa y proa, que corresponden a los mamparos que limitan el modelo, se disponen apoyos en X para evitar el desplazamiento del modelo en este eje, con lo cual tenemos el modelo totalmente estable.

A las vagras del fondo les bloqueamos el giro en el eje Y en sus extremos, puesto que son continuas.

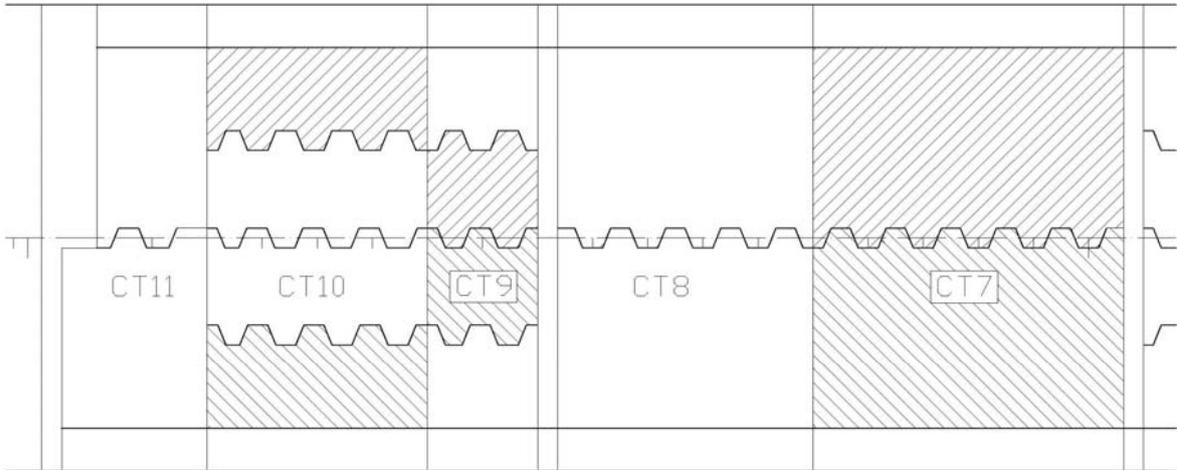
Lo mismo se hace con los extremos de los palmejares de costado, pero en este caso, se bloquea el giro en el eje Z.

En la figura de abajo se representan con flechas rectas los bloqueos de los desplazamientos, y con flechas curvas los bloqueos de los giros.



## Cargas

Tal como se ha dicho anteriormente, la disposición de carga es como la que aparece en el dibujo siguiente.

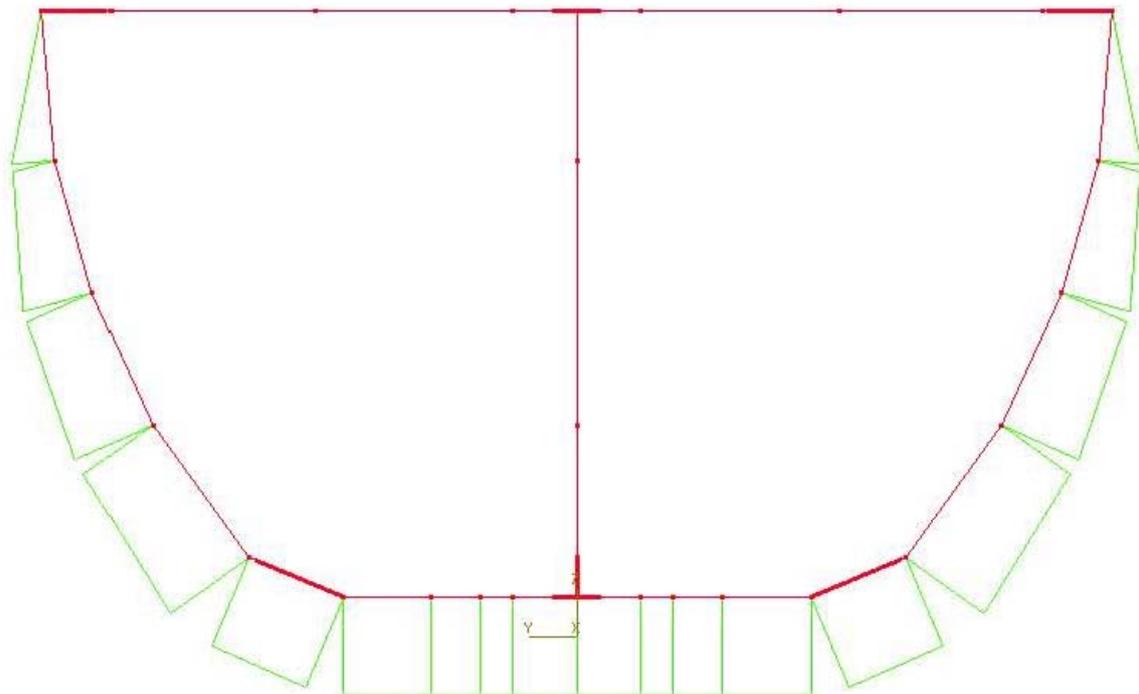


Disposición de carga

Las cargas se han tomado del cálculo del Mars, donde se tienen en cuenta las cargas estáticas y las dinámicas.

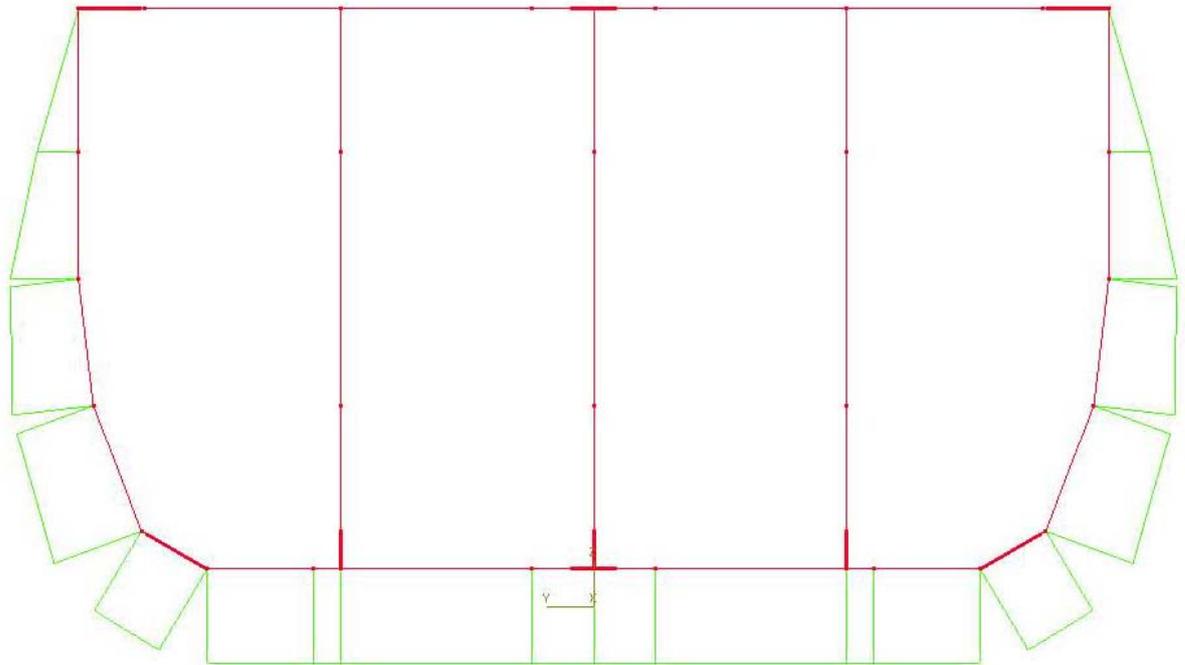
## Tanque CT11

Carga exterior

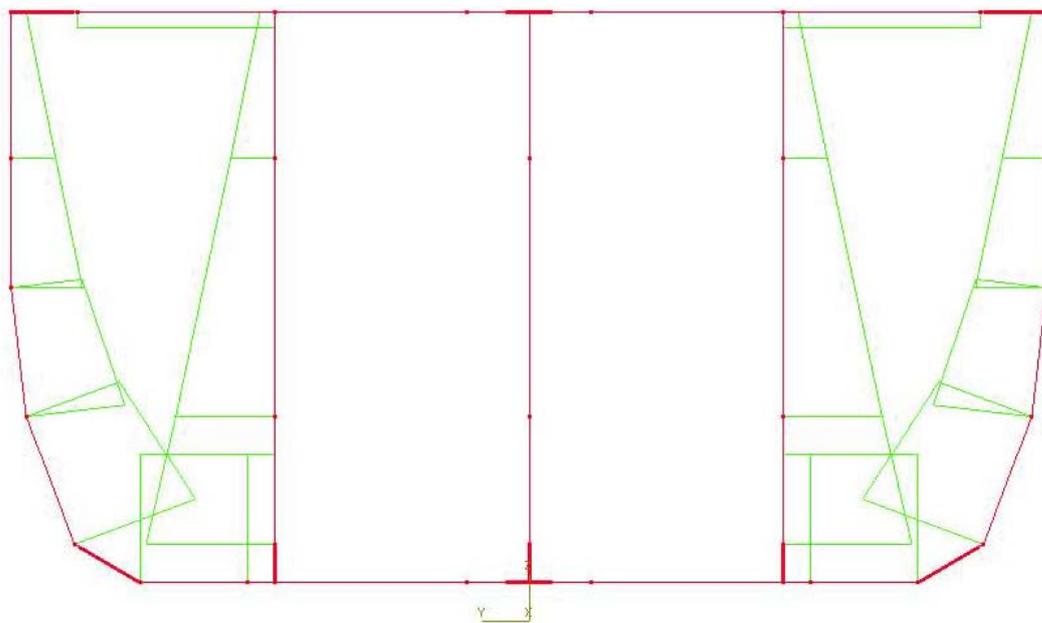


El tanque CT11 no tiene carga interior  
Tanque CT10

Carga exterior

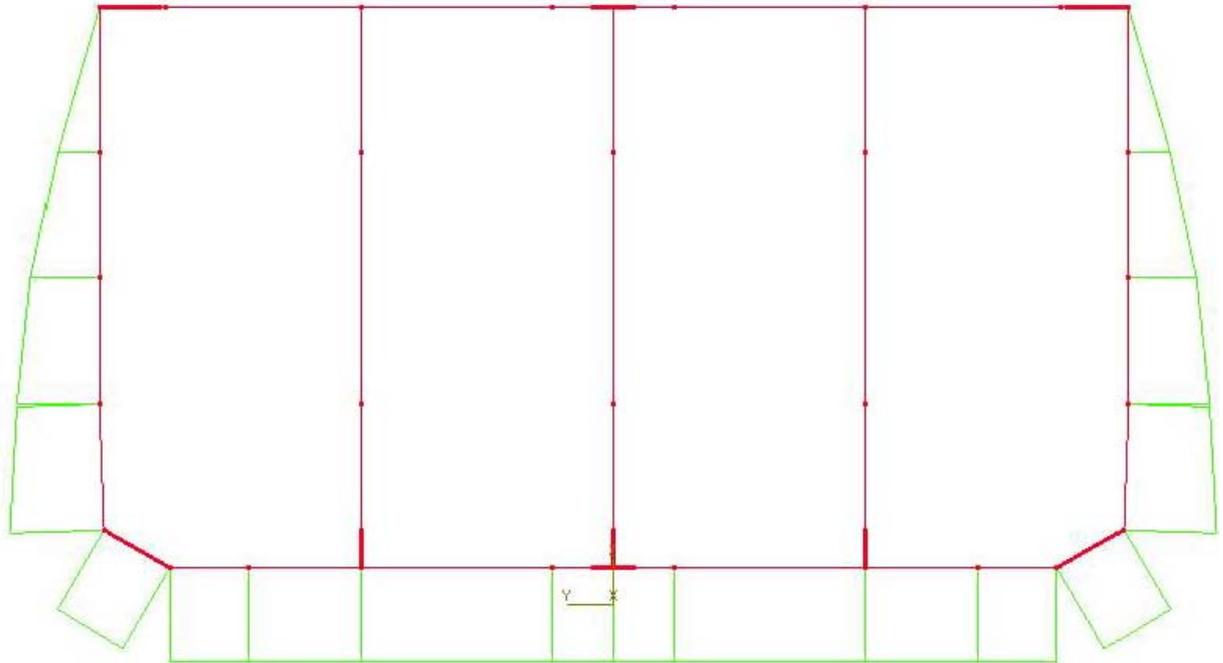


Carga interior

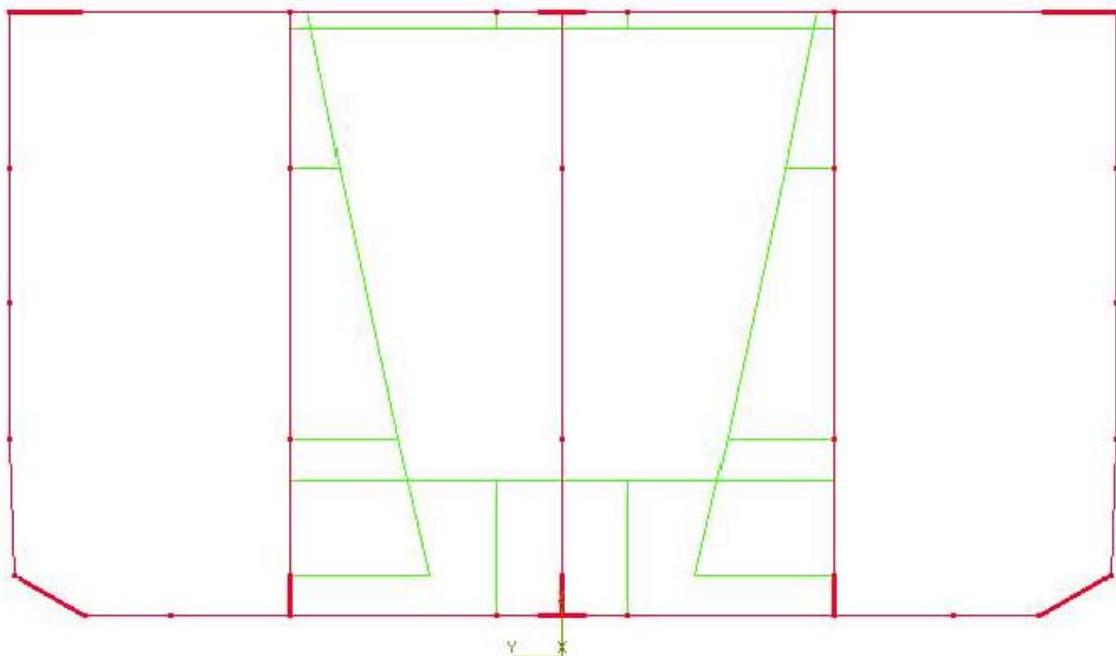


# Tanque CT9

Carga exterior

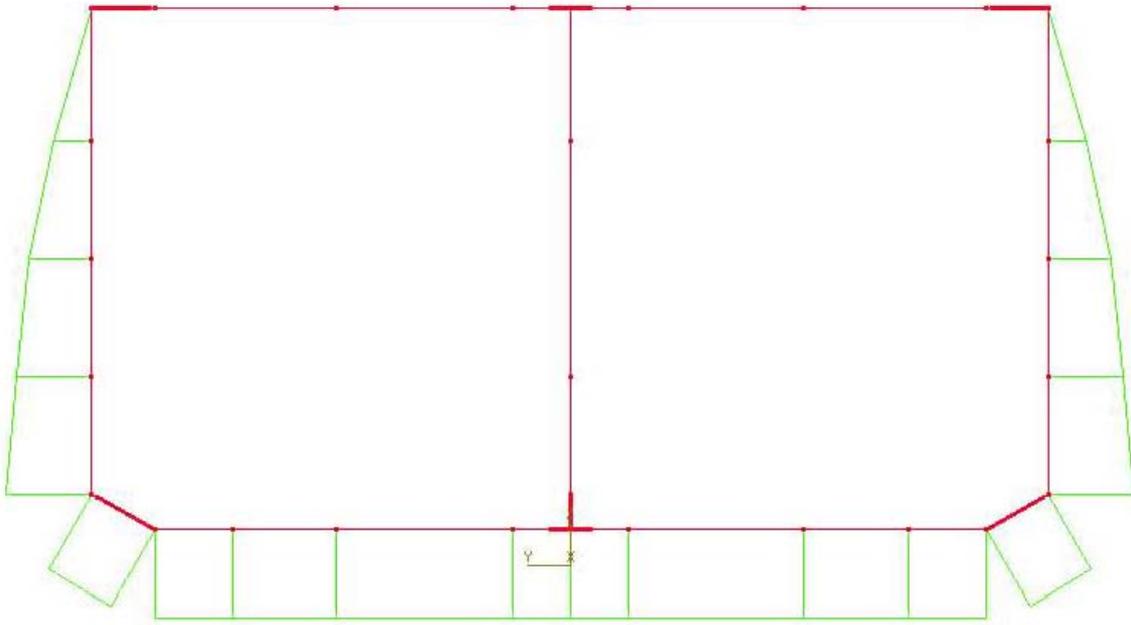


Carga interior



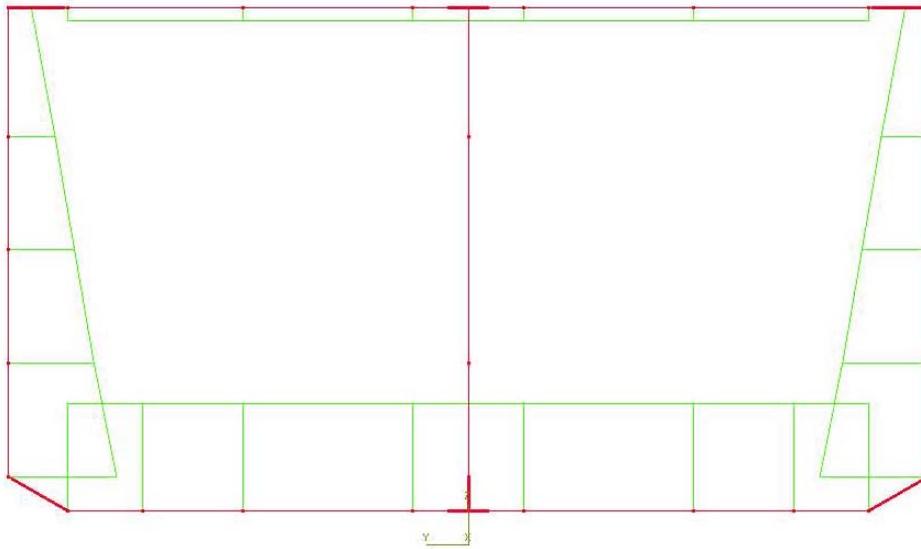
## Tanque CT7

Carga exterior



La carga exterior del tanque CT8 es igual a la del CT7

Carga interior



## Resultados

Una vez procesado el STEEL, se puede imprimir la lista de deformaciones, fuerzas cortantes y momentos flectores.

El paso mas importante es calcular las tensiones en las barras (Check), que también realiza el programa.

Las tensiones admisibles para acero normal, según Pt B,Ch 7, Sec 3, § 3.6 & 4.3, vienen dadas por las siguientes fórmulas:

$$\text{Tensión normal} \quad \sigma \leq \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = \frac{235}{1.02 \times 1.2} = 192 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tensión tangencial} \quad \tau \leq 0,5 \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = 0,5 \frac{235}{1.02 \times 1.2} = 96 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tensión Von Mises} \quad \sigma_{VM} \leq \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = \frac{235}{1.02 \times 1.2} = 192 \text{ N/mm}^2$$

En caso de que el acero tenga un límite elástico diferente al acero normal, como ocurre en el contorno de los tanques de carga y en los mamparos corrugados interiores, las tensiones admisibles son las siguientes:

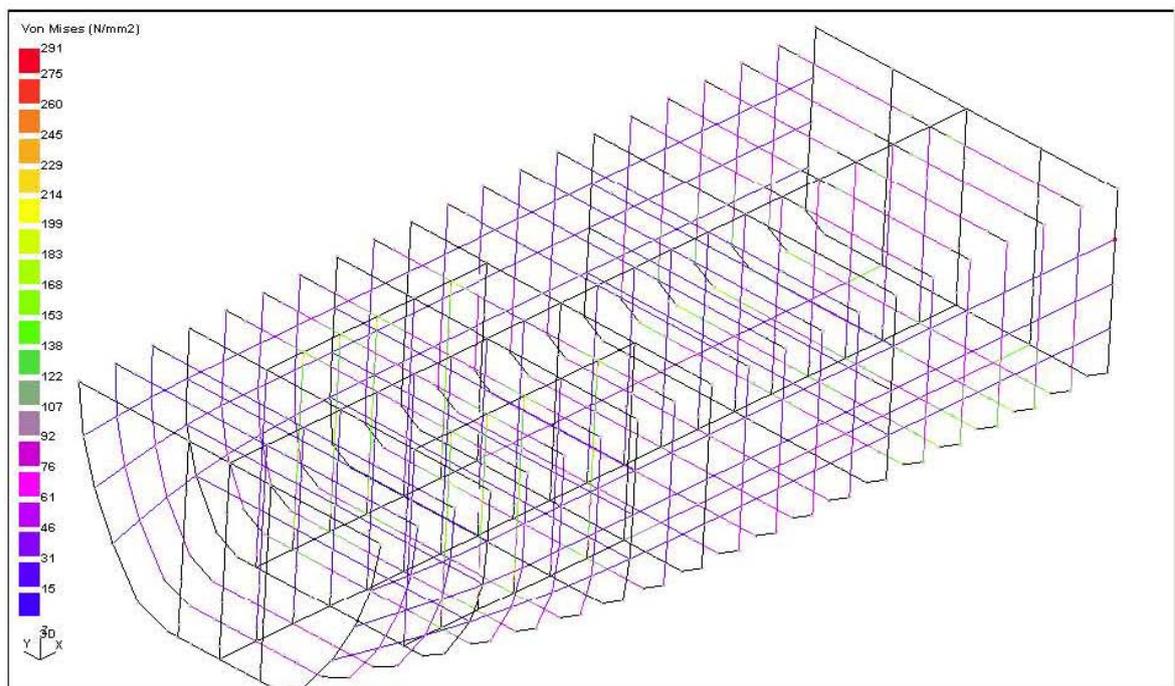
$$\text{Tensión normal} \quad \sigma \leq \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = \frac{470}{1.02 \times 1.2} = 384 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tensión tangencial} \quad \tau \leq 0,5 \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = 0,5 \frac{470}{1.02 \times 1.2} = 192 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tensión Von Mises} \quad \sigma_{VM} \leq \frac{R_y}{\gamma_R \gamma_m} = \frac{470}{1.02 \times 1.2} = 384 \text{ N/mm}^2$$

## Resultados gráficos

Los resultados del “check” se pueden imprimir en color, para poder ver gráficamente, los valores de las tensiones resultantes, como se muestra en la figura siguiente.

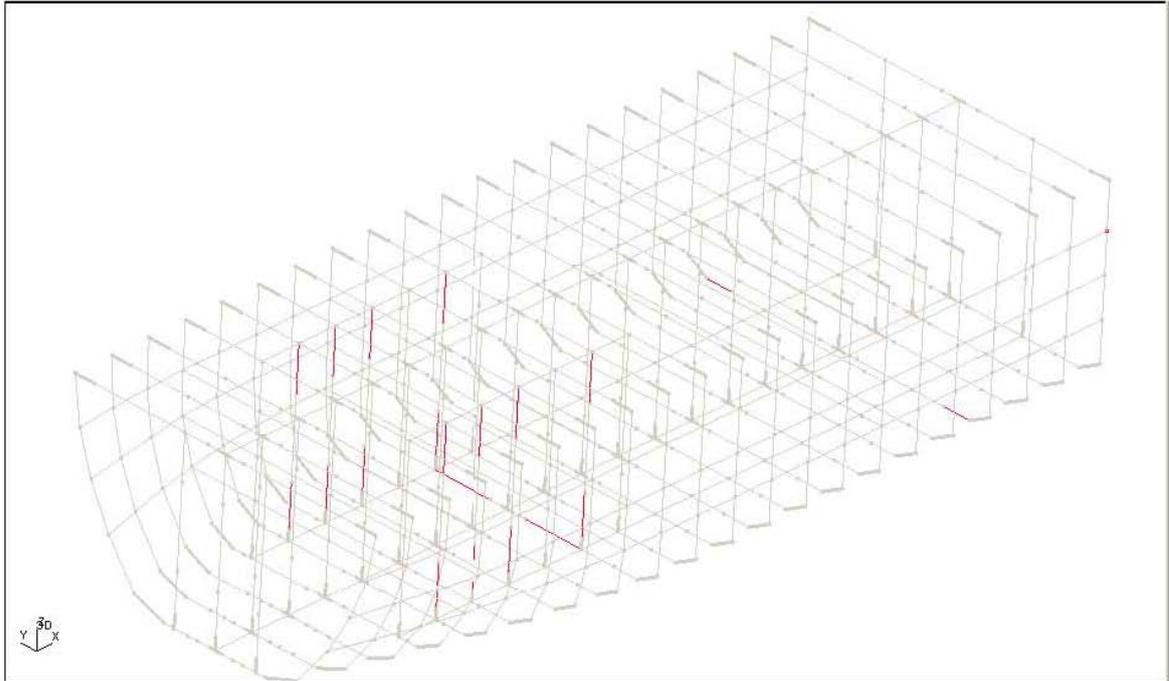


Esta figura nos da idea de las zonas más cargadas, aunque con ella no se puede analizar ninguna barra. Para ello, el Steel tiene otros medios que se verán a continuación, en las páginas siguientes.

## Determinación de las barras que sobrepasan las tensiones admisibles

El “check” se puede fijar para que imprima en rojo las barras que superen una determinada tensión.

En este caso fijamos el “check” para que imprima en rojo las barras que superen la tensión VM de  $192 \text{ N/mm}^2$ , tal como se ve en la figura siguiente.



En la figura anterior se ve que en el tanque CT10 (el segundo por popa) hay doce barras verticales en rojo. Estas barras corresponden a los mamparos corrugados.

En el tanque CT9 (el tercero por popa) hay ocho barras verticales y dos barras horizontales en rojo. Las barras verticales corresponden a los mamparos corrugados y las horizontales corresponden a varengas.

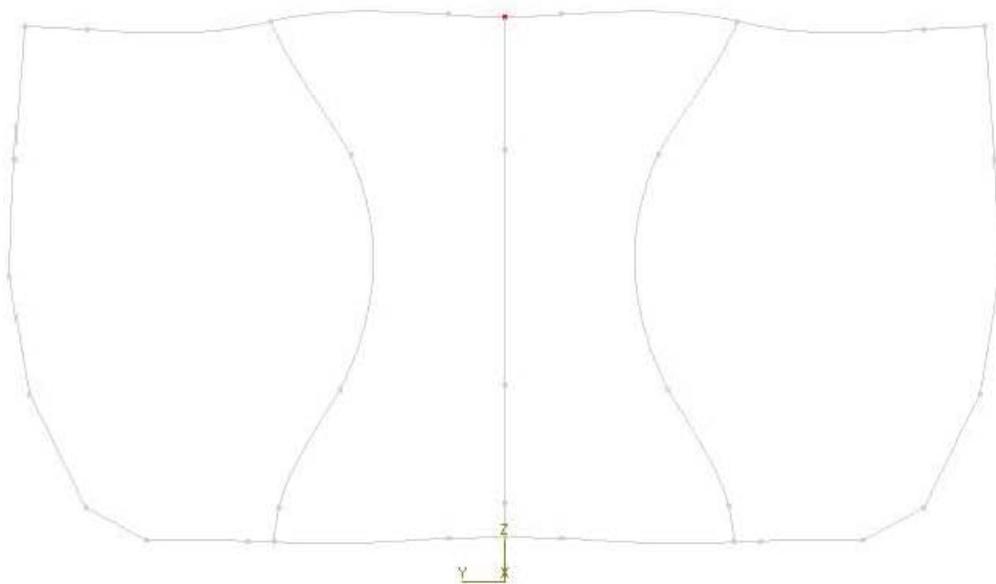
En el tanque CT7 (el primero por proa) hay dos barras horizontales en rojo. Estas barras corresponden a varengas.

Estas barras las analizamos más detenidamente en las páginas siguientes.

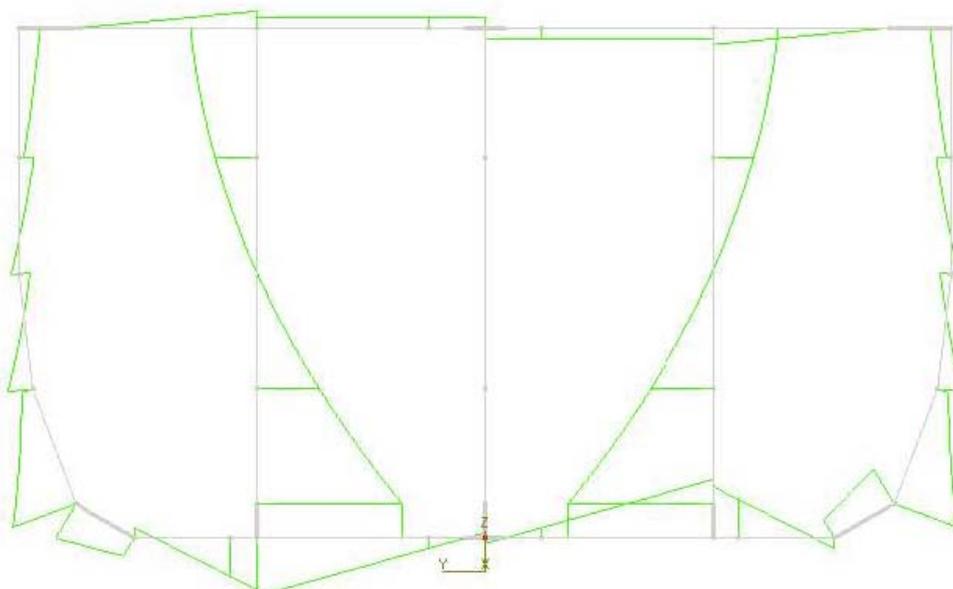
## Tanque CT10

Como se ha visto anteriormente, este tanque tiene cargados los tanques laterales y vacíos los centrales.

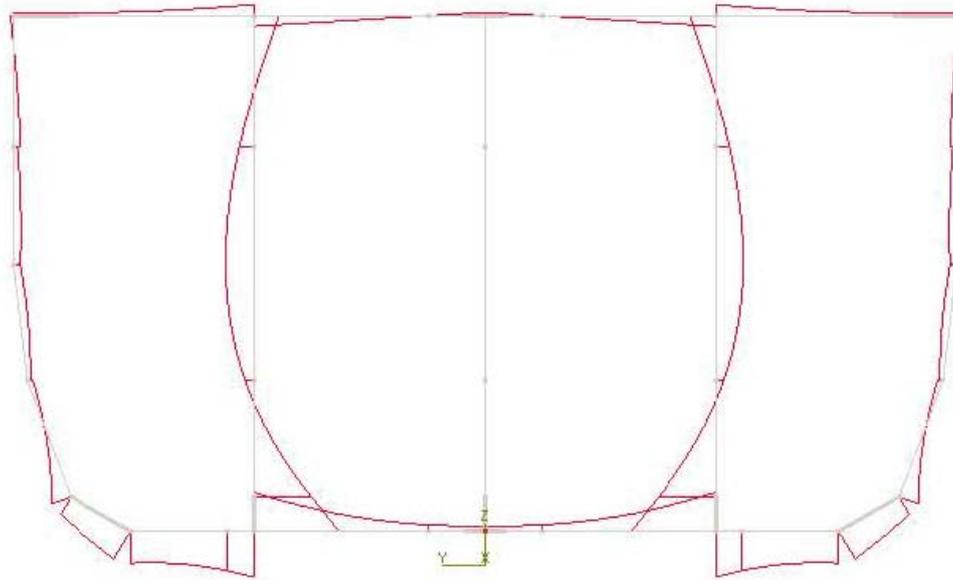
Deformaciones



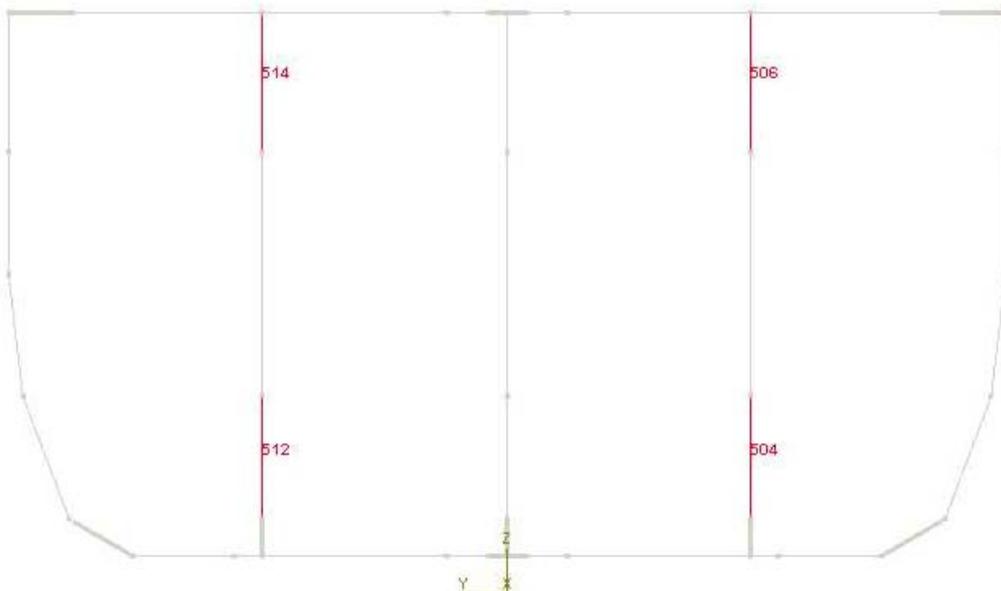
Fuerzas cortantes



## Momentos flectores

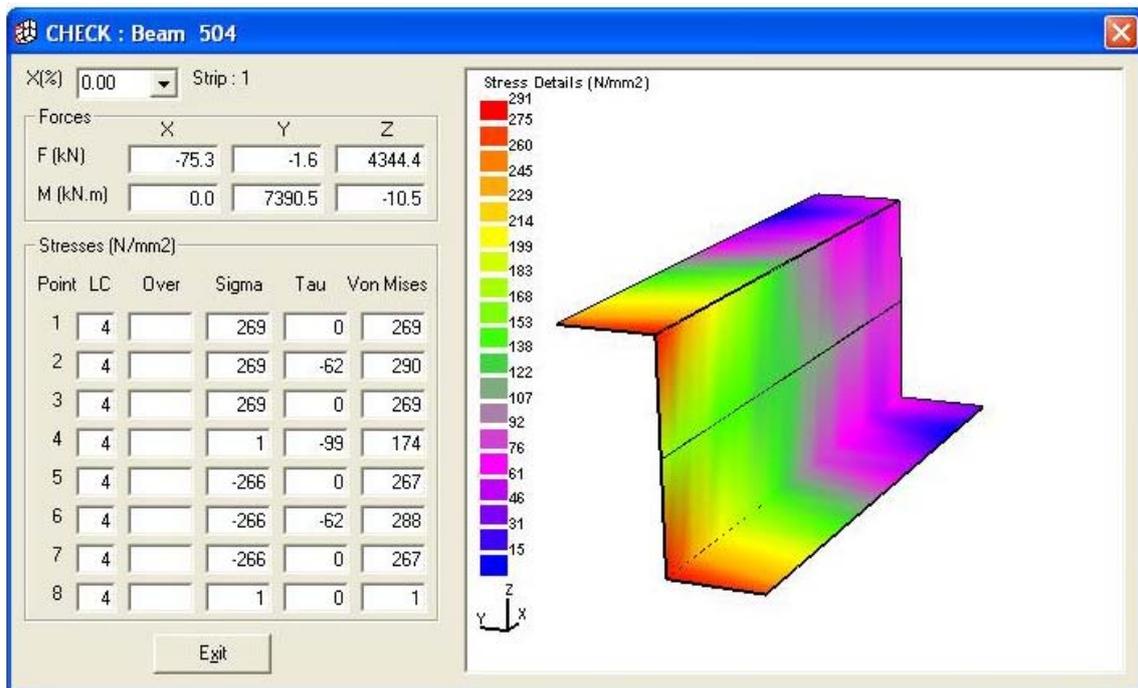


## Tensiones que sobrepasan 192 N/mm<sup>2</sup>

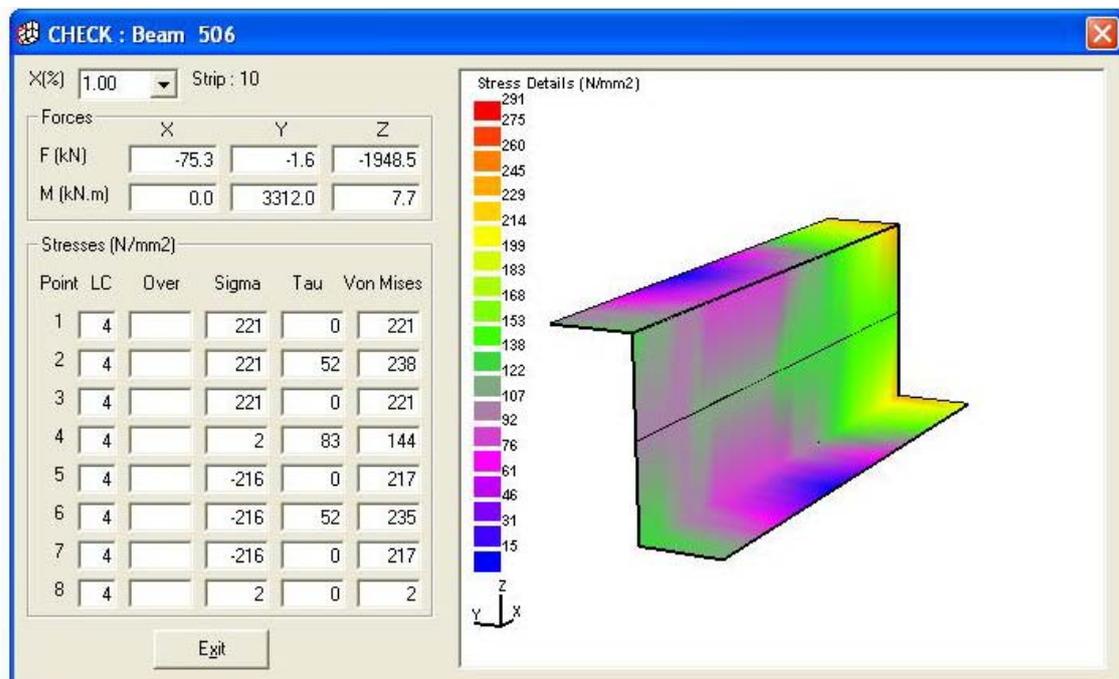


Las barras 504 y 512 corresponden al tramo de mamparo corrugado vertical más bajo y las barras 506 y 514 al tramo superior. Estas barras las analizamos detenidamente a continuación.

## Barras 504 y 512



## Barras 506 y 514

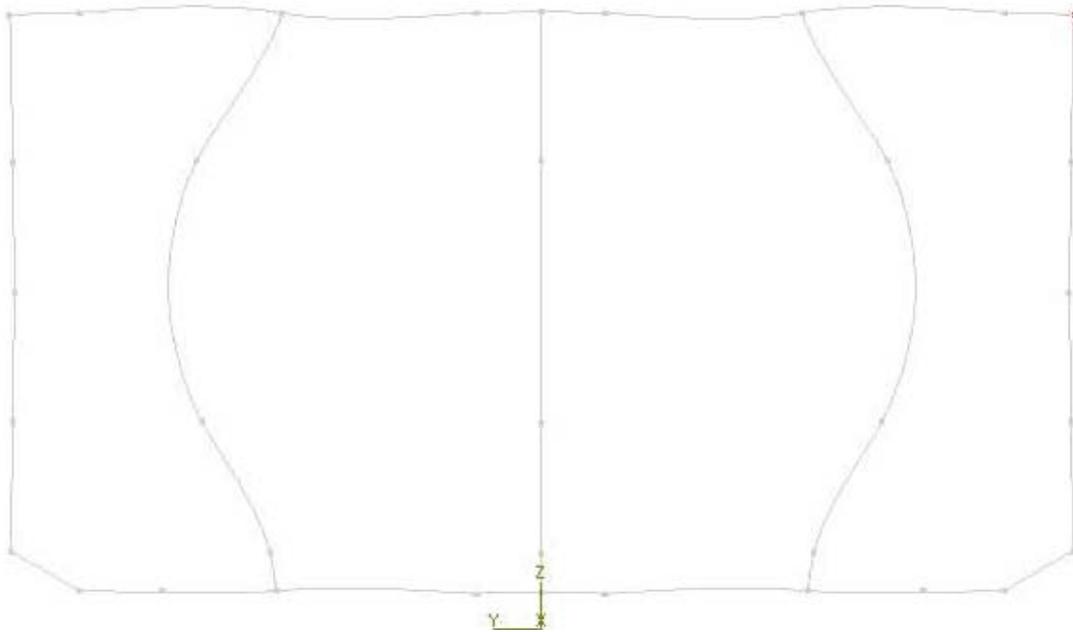


Los mamparos son de acero inoxidable 470 cuya tensión combinada admisible es de  $384 \text{ N/mm}^2$ , por lo que no hay ningún comentario que hacer

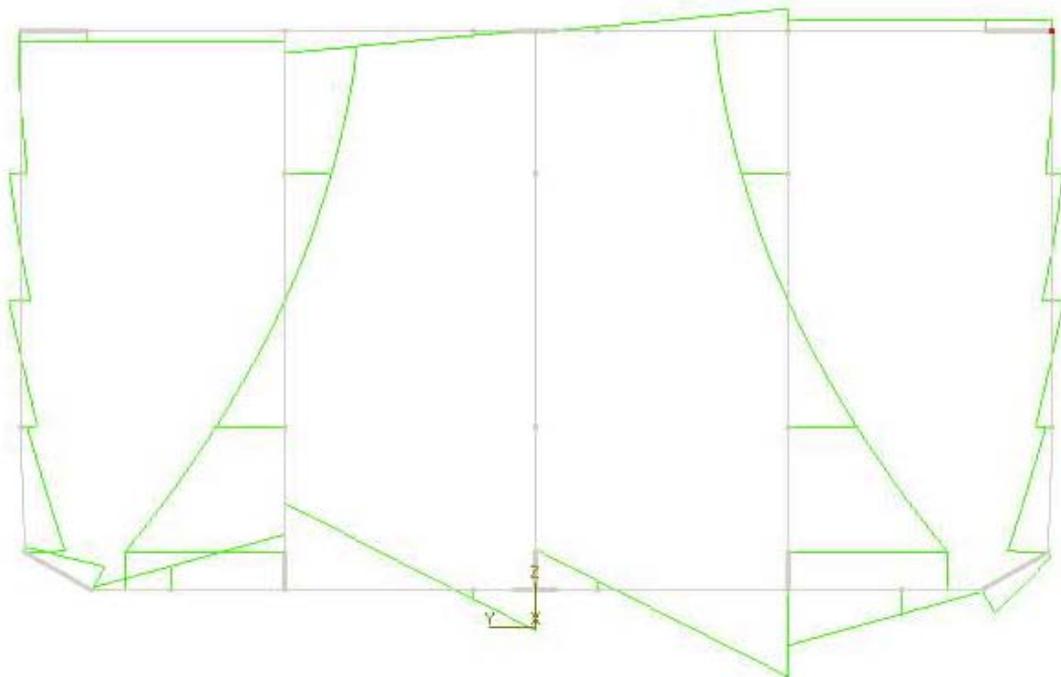
## Tanque CT9

Como se ha visto anteriormente, este tanque tiene cargados los tanques centrales y vacíos los laterales.

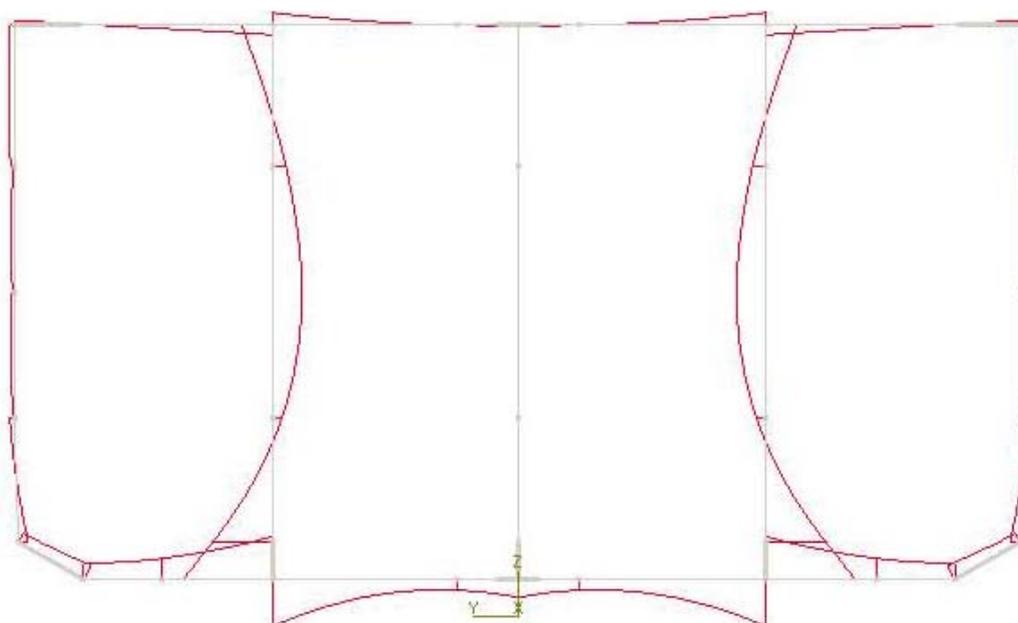
### Deformaciones



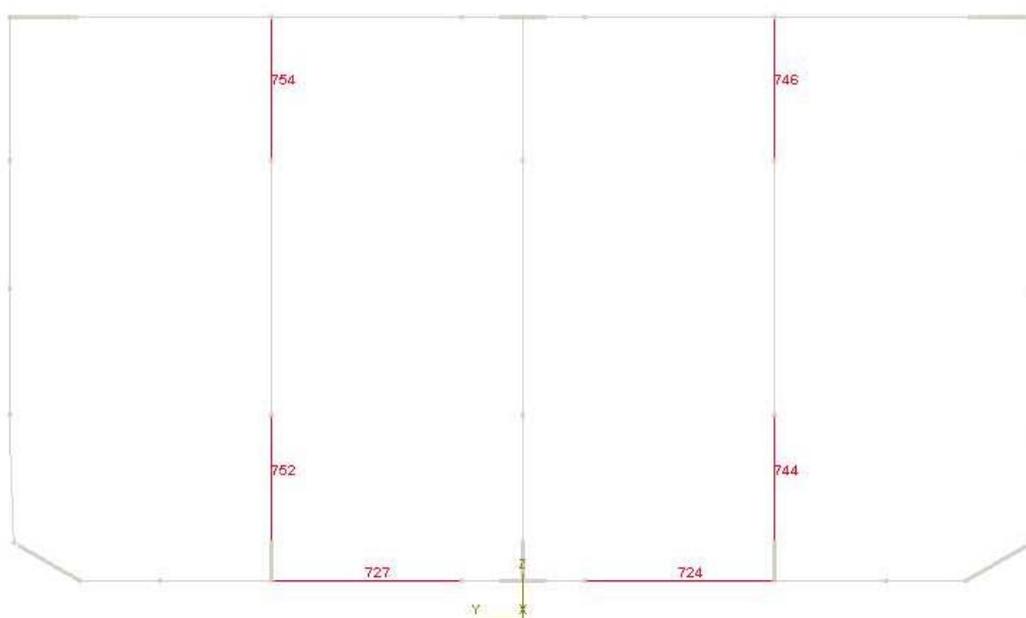
### Fuerzas cortantes



## Momentos flectores



## Tensiones que sobrepasan 192 N/mm<sup>2</sup>

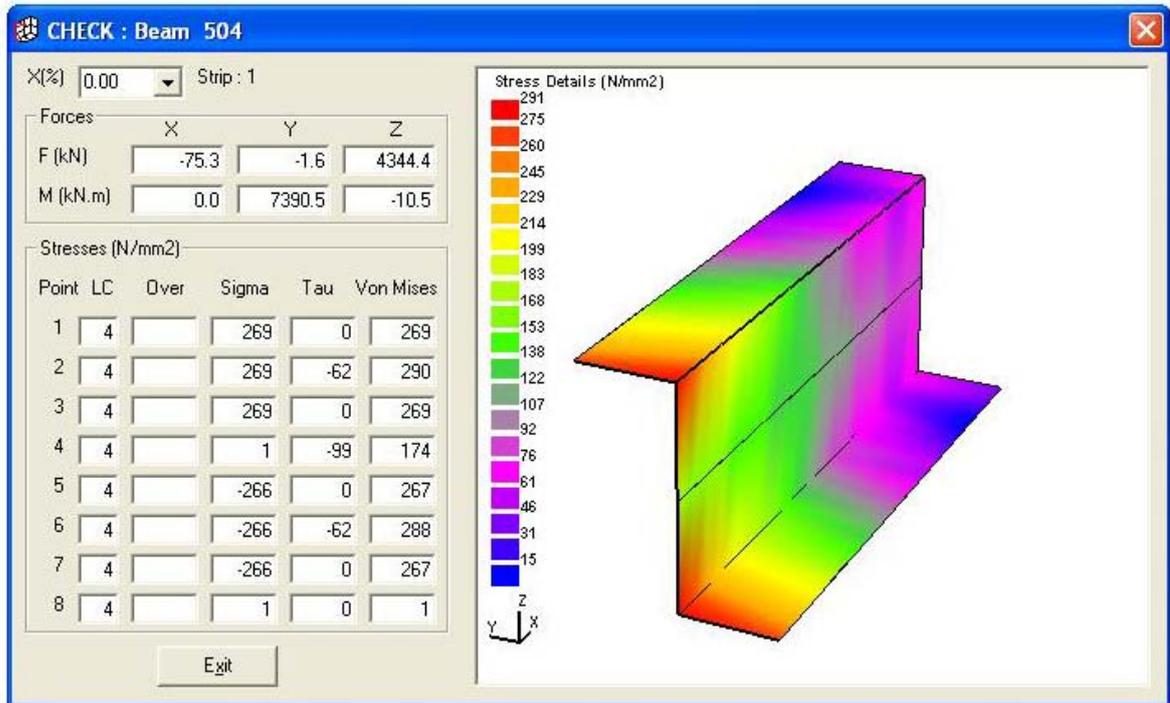


Las barras 744 y 752 corresponden al tramo de mamparo corrugado vertical más bajo y las barras 746 y 754 al tramo superior.

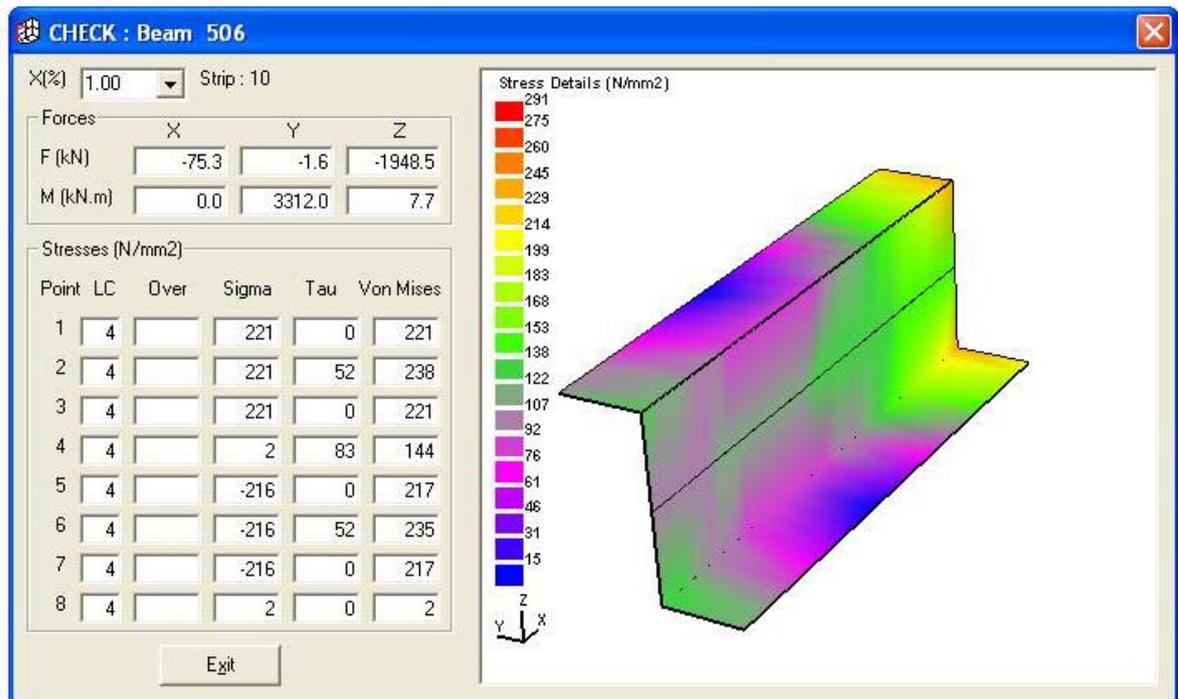
Las barras 724 y 727 corresponden a varengas situadas en los tanques centrales.

Estas barras las analizamos detenidamente a continuación.

### Barras 504 y 512

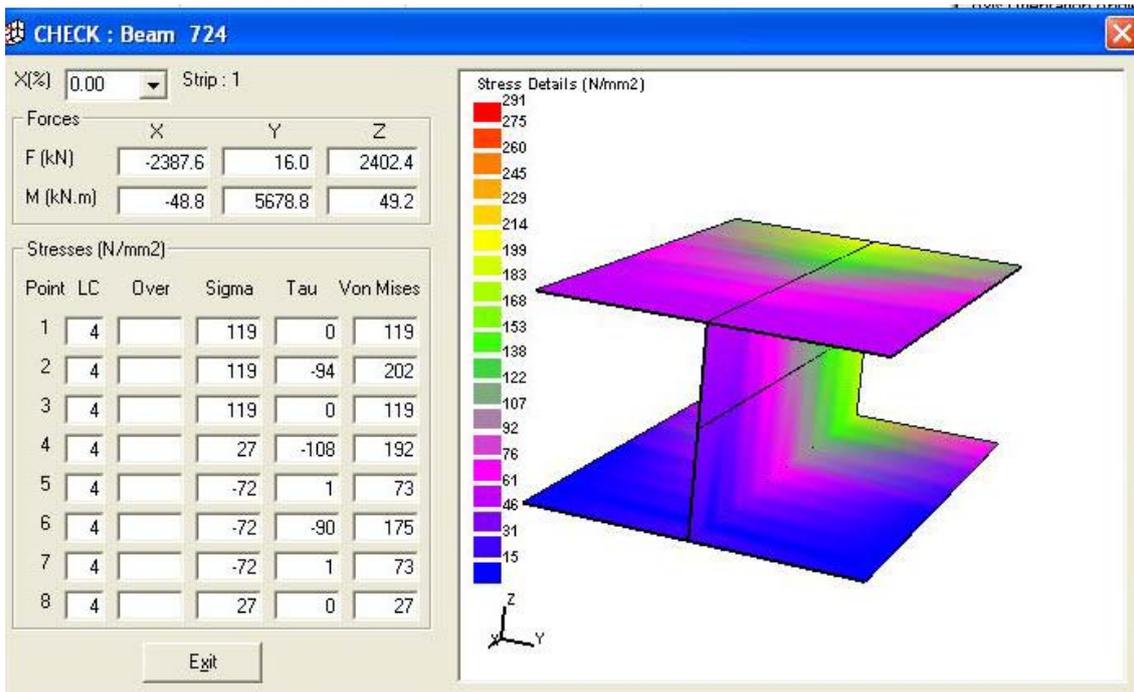


### Barras 504 y 512



Los mamparos son de acero inoxidable 470 cuya tensión combinada admisible es de  $384 \text{ N/mm}^2$ , por lo que no hay ningún comentario que hacer

## Barras 724 y 727



En la figura anterior vemos que la fuerza cortante en el origen de la viga 724 que, como hemos dicho, corresponde a una varenga del tanque central, donde existen tres mamparos longitudinales corrugados, es de 2404,4 kN/mm<sup>2</sup>.

La tensión tangencial máxima es 108 N/mm<sup>2</sup>, que supera los 96 N/mm<sup>2</sup> admisibles.

La tensión combinada VM máxima es 202 N/mm<sup>2</sup>, que supera los 192 N/mm<sup>2</sup> admisibles.

Como el problema es de fuerza cortante, se debe aumentar el espesor de la varenga, que es de 14 mm.

El espesor necesario, en principio es:

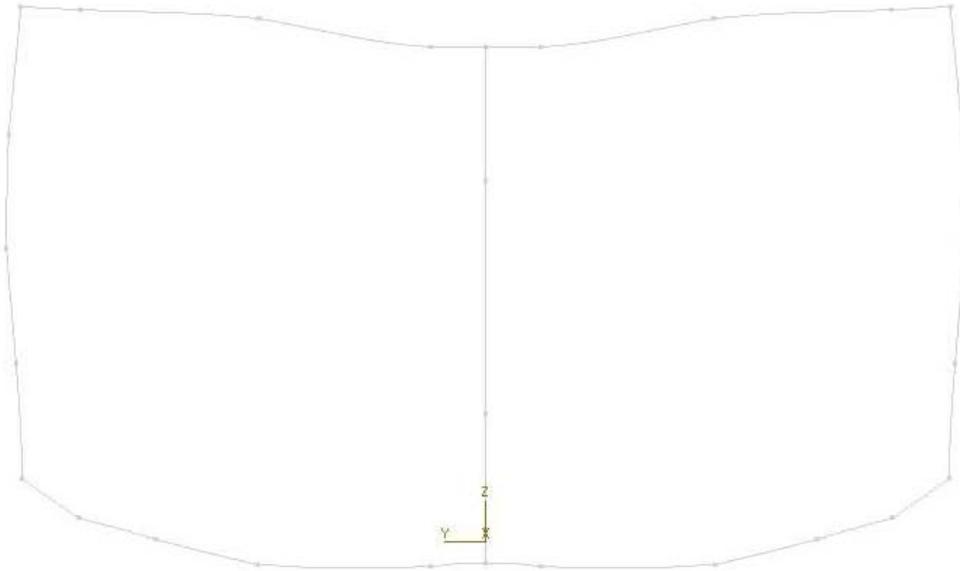
$$t = 14 \frac{108}{96} \approx 16,0 \text{ mm}$$

A continuación se modificará el tipo en el Steel y se comprobará que con el espesor modificado son correctas las tensiones.

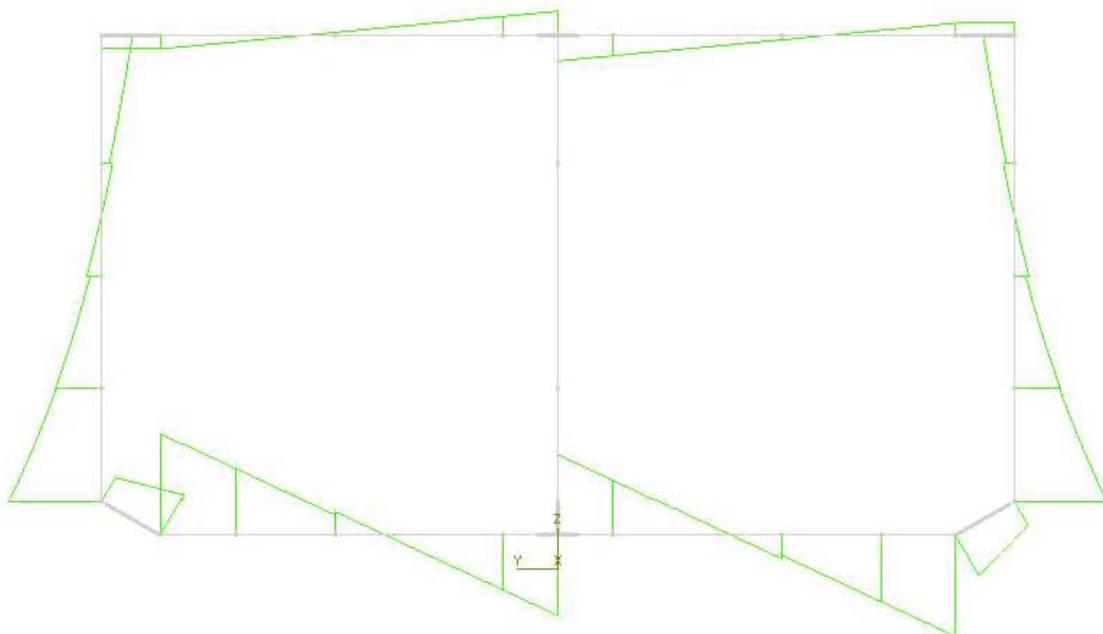
## Tanque CT7

Como se ha visto anteriormente, este tanque tiene los tanques de babor y estribor totalmente cargados.

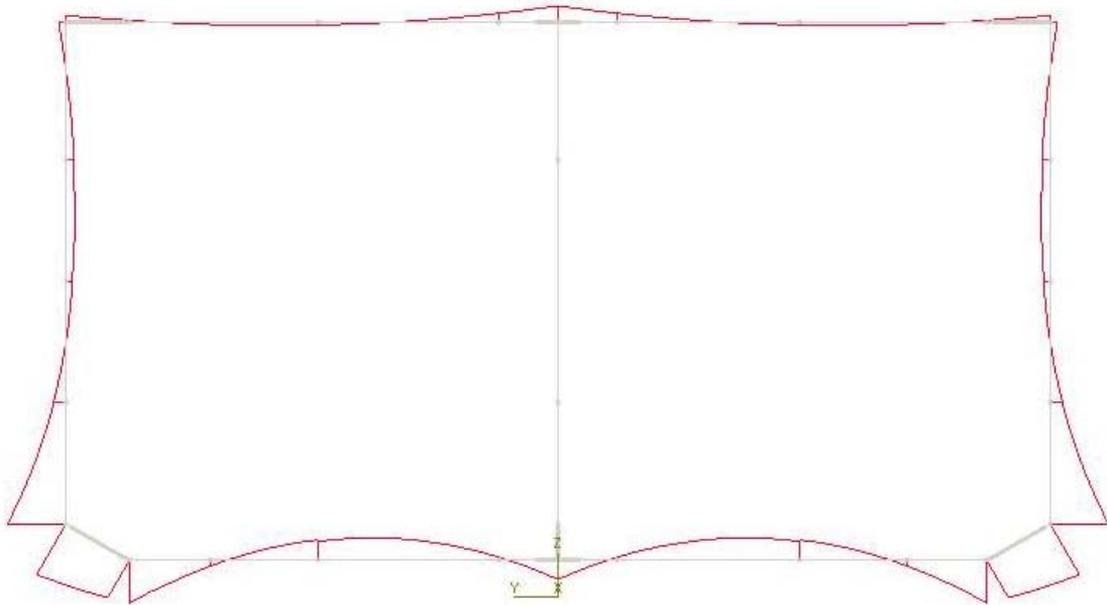
### Deformaciones



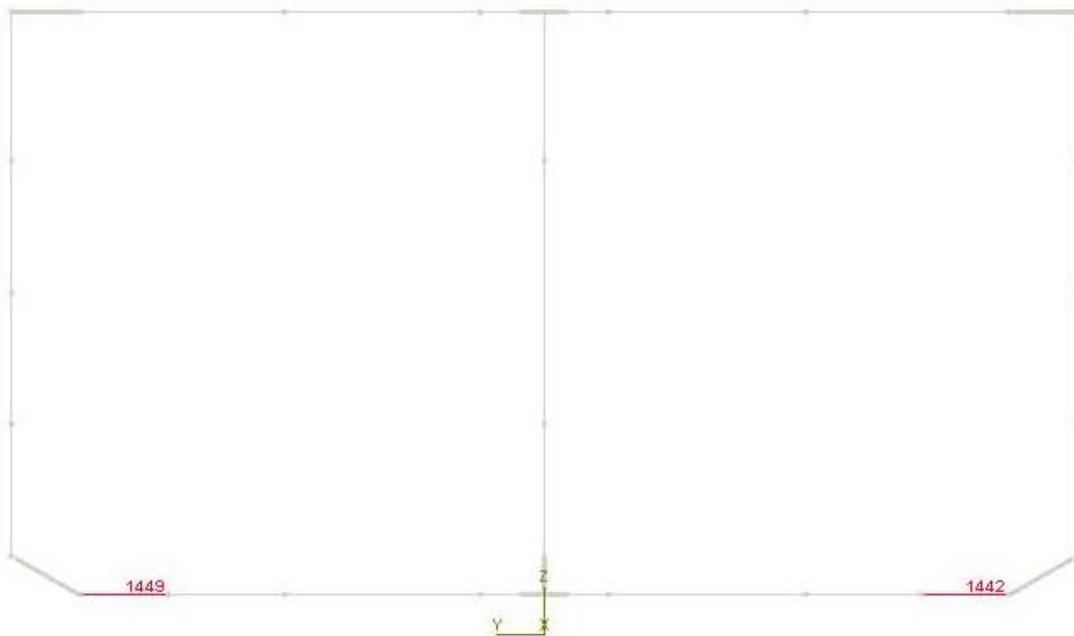
### Fuerzas cortantes



### Momentos flectores



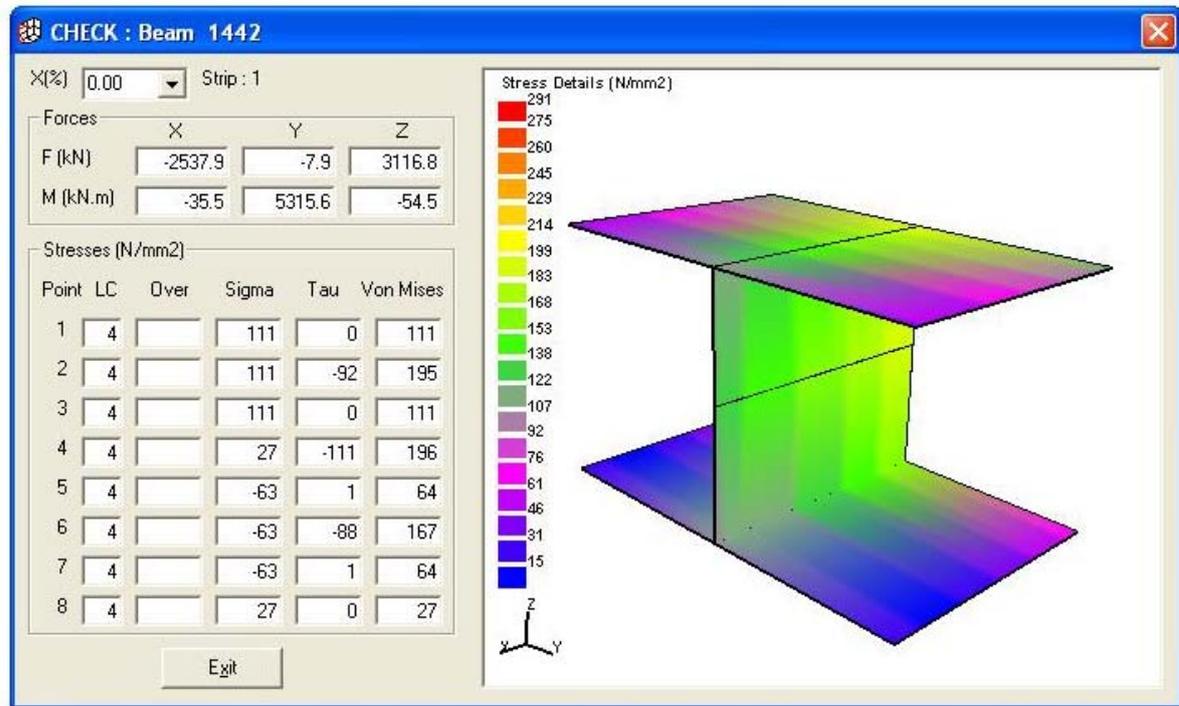
### Tensiones que sobrepasan 192 N/mm<sup>2</sup>



Las barras 1442 y 1449 corresponden al tramo de varenga situada junto al doble casco.

Estas barras las analizamos detenidamente a continuación.

### Barras 724 y 727



En la figura anterior vemos que la fuerza cortante en el origen de la viga 1442 que, como hemos dicho, corresponde al tramo de varenga situada junto al doble casco, es de 3116,8 kN/mm<sup>2</sup>.

La tensión tangencial máxima es 111 N/mm<sup>2</sup>, que supera los 96 N/mm<sup>2</sup> admisibles.

La tensión combinada VM máxima es 192 N/mm<sup>2</sup>, que supera los 192 N/mm<sup>2</sup> admisibles.

Como el problema es de fuerza cortante, se debe aumentar el espesor de la varenga, que es de 18 mm.

El espesor necesario, en principio es:

$$t = 18 \frac{111}{96} \approx 21,0mm$$

A continuación se modificará el tipo en el Steel y se comprobará que con el espesor modificado son correctas las tensiones.

## Resumen del estudio por MARS de la zona de tanques de carga

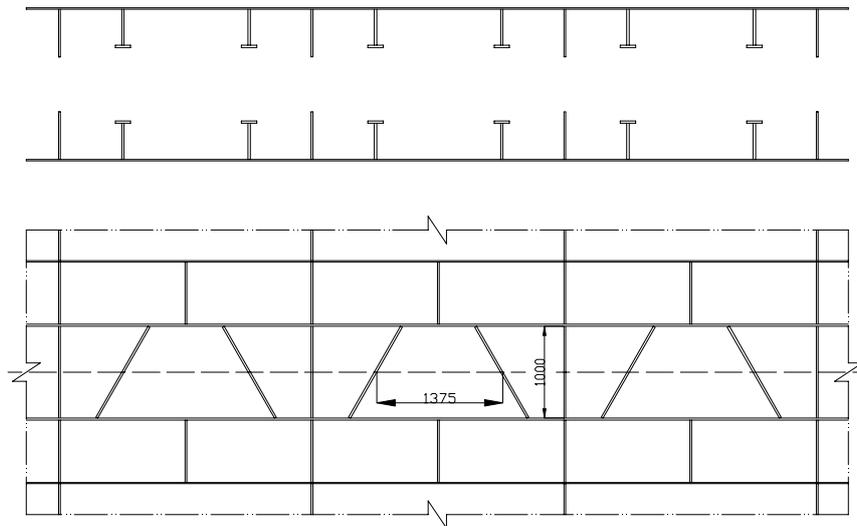
Como consecuencia del estudio que se ha realizado con el programa MARS de la zona de tanques de carga, se tienen que realizar las siguientes modificaciones del escantillonado.

### **Sección Maestra (Sección por cuaderna 56)**

#### **Modificación del escantillonado de las tracas**

##### Quilla plana y traca central del doble fondo

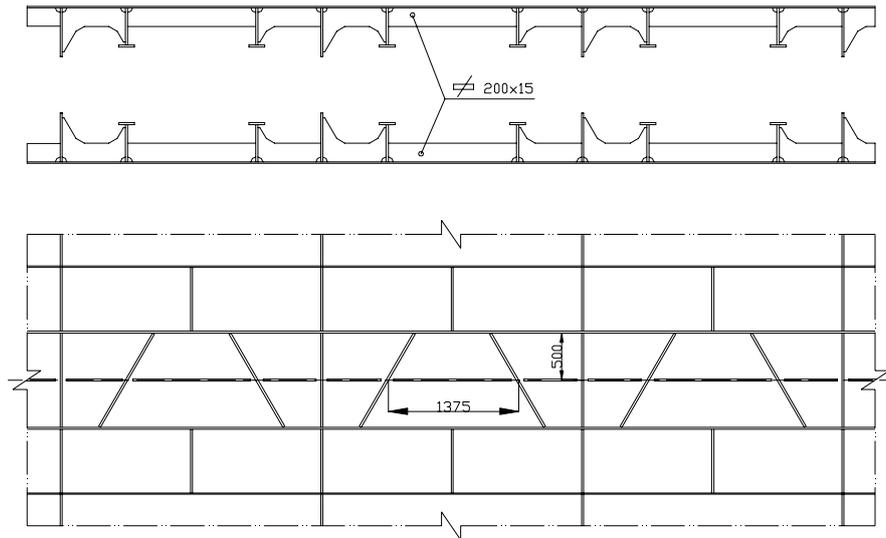
Debido a que el buque no tiene quilla vertical, la clara de cálculo de la quilla plana y de la traca central del doble fondo es de 1000 mm, como se puede ver en el esquema siguiente, los espesores reglamentarios de las tracas antedichas son los que aparecen en la tabla de abajo (ver página 61).



<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 01	15,0 mm	15,5 mm
• Traca 11	15,0 mm	18,0 mm

Se podría solicitar aumento de los espesores, tal como se indica en la tabla anterior. Pero debido a que la quilla plana recibe la presión de los picaderos durante las varadas, es preferible reforzar ambas planchas con un longitudinal intercostal, como se indica en el croquis siguiente.

En este caso, la clara de cálculo de estas tracas es de 500 mm, con lo que los espesores propuestos son válidos.



**Se solicita disponer longitudinal central en fondo y doble fondo**

#### Tracas del doble casco

Las tracas 22, 23 y 24, que corresponden a la segunda, tercera y cuarta tracas del Doble Casco, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario, como se ve en la tabla siguiente (ver página 62).

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 22	10,0 mm	10,5 mm
• Traca 23	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 24	8,0 mm	9,0 mm

**Se solicita aumentar los espesores de estas tracas**

## Modificación del escantillonado de los longitudinales

En la página 64 y 65 se ve que hay algunos longitudinales cuyo módulo es inferior al reglamentario. Todos ellos pertenecen al mamparo longitudinal de doble casco.

Como se ve en la sección maestra, el mamparo longitudinal de doble casco tiene cinco grupos de longitudinales:

Grupo	Núm. de longs.	Tipo	Dimensiones
1	3	bulbo	340 x 12
2	3	bulbo	300 x 13
3	3	bulbo	260 x 11
4	2	bulbo	240 x 12
5	2	bulbo	320 x 14

### Grupo 1

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
01	b 340 x 12	837 cm <sup>3</sup>	849 cm <sup>3</sup>

De acuerdo con Pt B,Ch 7, Sec 2, § 3.7.2, un refuerzo ordinario que pertenece a un grupo de igual escantillonado, se puede aceptar con un módulo inferior al reglamentario, siempre que el módulo de dicho refuerzo sea al menos el 90% del módulo reglamentario mayor del grupo.

El módulo neto de este long. (837 cm<sup>3</sup>) es el 98% del valor reglamentario (849 cm<sup>3</sup>), por lo que el grupo 1 es válido.

### Grupo 3

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
07	b 260 x 11	407 cm <sup>3</sup>	474 cm <sup>3</sup>
08	b 260 x 11	407 cm <sup>3</sup>	439 cm <sup>3</sup>
09	b 260 x 11	403 cm <sup>3</sup>	406 cm <sup>3</sup>

El módulo neto del longitudinal más cargado de este grupo (407 cm<sup>3</sup>) tiene el 85% del módulo reglamentario (473 cm<sup>3</sup>), por lo que hay que aumentar su escantillonado.

**Se propone aumentar este grupo de longitudinales a b 260x12**

Una vez corregidos los longitudinales (ver cuadro siguiente), el longitudinal 7, que es el más cargado, tiene un módulo neto de 426 cm<sup>3</sup> que es el 90% del módulo reglamentario que es 473 cm<sup>3</sup>.

### Local Rule Requirements - Stiffener

N°	WGActu.		H <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	WNetActu.	WNetRule	SigX1	ps	pw		Case			
	ANetActu.	ANetRule		ps	pw		Case			
		SigU	SigX1	ps	pw		Case			
CAdd	DFatActu.	DFatRule					Case		sigApBu	sigCritBu

#### 6 - DOBLE CASCO

7	466.97		260.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	426.22	*	473.78	60.00	129.34	65.07	LIQ 3-d+			
	26.00		15.18		129.34	65.07	LIQ 3-d+			
1.00			157.53	49.84	129.34	65.07	LIQ 3-d+			
							c		-45.90	-192.30
8	466.97		260.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.687	2.750	100
	426.22	*	438.98	60.00	115.86	63.61	LIQ 3-d+			
	26.00		14.07		115.86	63.61	LIQ 3-d+			
1.00			159.22	57.48	115.86	63.61	LIQ 3-d+			
							c		-53.23	-192.30
9	460.81		260.0	12.0	0.0	0.0	ST235	0.688	2.750	100
	421.19		406.05	60.56	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
	26.00		12.97		102.38	62.14	LIQ 3-d+			
1.00			145.71	65.13	102.38	62.14	LIQ 3-d+			
							c		-60.56	-191.24

#### Grupo 4

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
10	b 240 x 12	346 cm <sup>3</sup>	368 cm <sup>3</sup>
11	b 240 x 12	346 cm <sup>3</sup>	356 cm <sup>3</sup>

El módulo neto del longitudinal más cargado de este grupo (346 cm<sup>3</sup>) tiene el 94% del módulo reglamentario (368 cm<sup>3</sup>), por lo que su escantillonado es correcto.

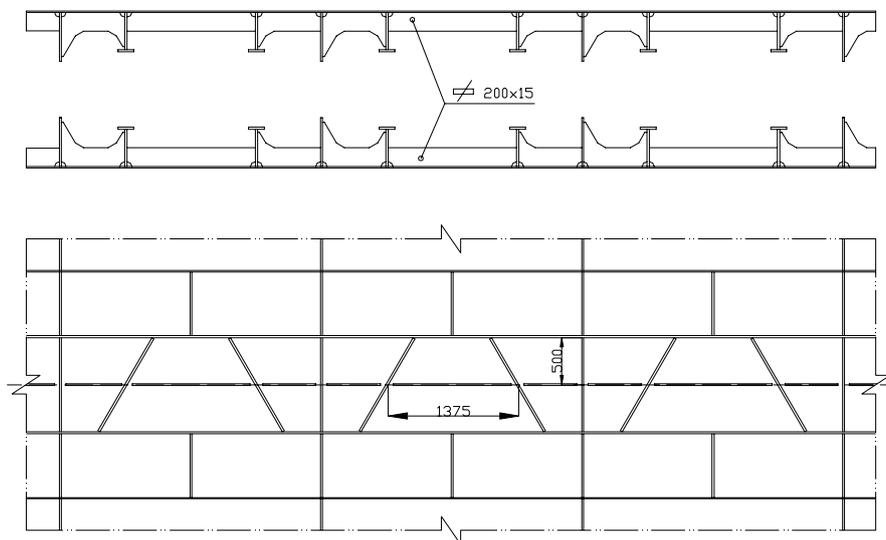
## Sección por cuaderna 65

### Modificación del escantillonado de las tracas

Quilla plana y traca central de D. Fondo

Tracas de fondo y de D. Fondo en zona de mamparo corrugado lateral

Se solicita disponer un refuerzo longitudinal en cruzía y en la zona del mamparo longitudinal lateral, de 200 x 15, como se muestra en el siguiente croquis. El refuerzo del doble fondo debe ser de calidad "E", como todos los elementos soldados en el contorno del tanque de carga, debido a la baja temperatura de la carga.



**Se solicitan refuerzos en cruzía y en zona lateral en Fondo y D. Fondo**

### Tracas del doble casco

Las tracas 22, 23 y 25, que corresponden a la segunda, tercera y cuarta tracas del Doble Casco, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 22	12,5 mm	13,0 mm
• Traca 23	10,0 mm	11,0 mm
• Traca 25	8,0 mm	8,5 mm

**Se solicita aumentar los espesores de estas tracas**

## Modificación del escantillonado de los longitudinales

En la página 79 se ve que hay algunos longitudinales cuyo módulo es inferior al reglamentario. Todos ellos pertenecen al mamparo longitudinal de doble casco.

Como se ve en el plano de la sección 65, el mamparo longitudinal de doble casco tiene cinco grupos de longitudinales:

Grupo	Núm. de longs.	Tipo	Dimensiones
1	3	bulbo	340 x 12
2	3	bulbo	300 x 13
3	3	bulbo	260 x 11
4	2	bulbo	240 x 12
5	2	bulbo	320 x 14

### Grupo 1

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
01	b 340 x 12	837 cm <sup>3</sup>	857 cm <sup>3</sup>

El módulo neto de este long. (837 cm<sup>3</sup>) es el 97% del valor reglamentario (857 cm<sup>3</sup>), por lo que el grupo 1 es válido.

### Grupo 3

<u>Longs.</u>	<u>Long. propuesto</u>	<u>módulo(neto)</u>	<u>módulo reglam.(neto)</u>
07	b 340 x 11	407 cm <sup>3</sup>	439 cm <sup>3</sup> 26

El módulo neto de este long. (407 cm<sup>3</sup>) es el 92% del valor reglamentario (439 cm<sup>3</sup>), por lo que el grupo 1 es válido.

Sin embargo, como en el resto de los tanques, este grupo se ha solicitado un aumento del espesor de 1 mm, también aquí se solicita el aumento a b 260x12,

**Se propone aumentar este grupo de longitudinales a b 260x12**

## Mamparo en cuaderna 55

Los escantillones del mamparo 55 son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Mamparo en cuaderna 61

Los escantillones del mamparo 61 son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Cálculos realizados con Steel

### Modificación de espesores en varengas

En las zonas con cuatro tanques en manga, es decir, entre cuadernas 44 y 50 y entre cuadernas 61 y 66 el espesor de las varengas en los tanques centrales se modificará como se indica a continuación.

<u>Varenga</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Central	14,0 mm	16,0 mm

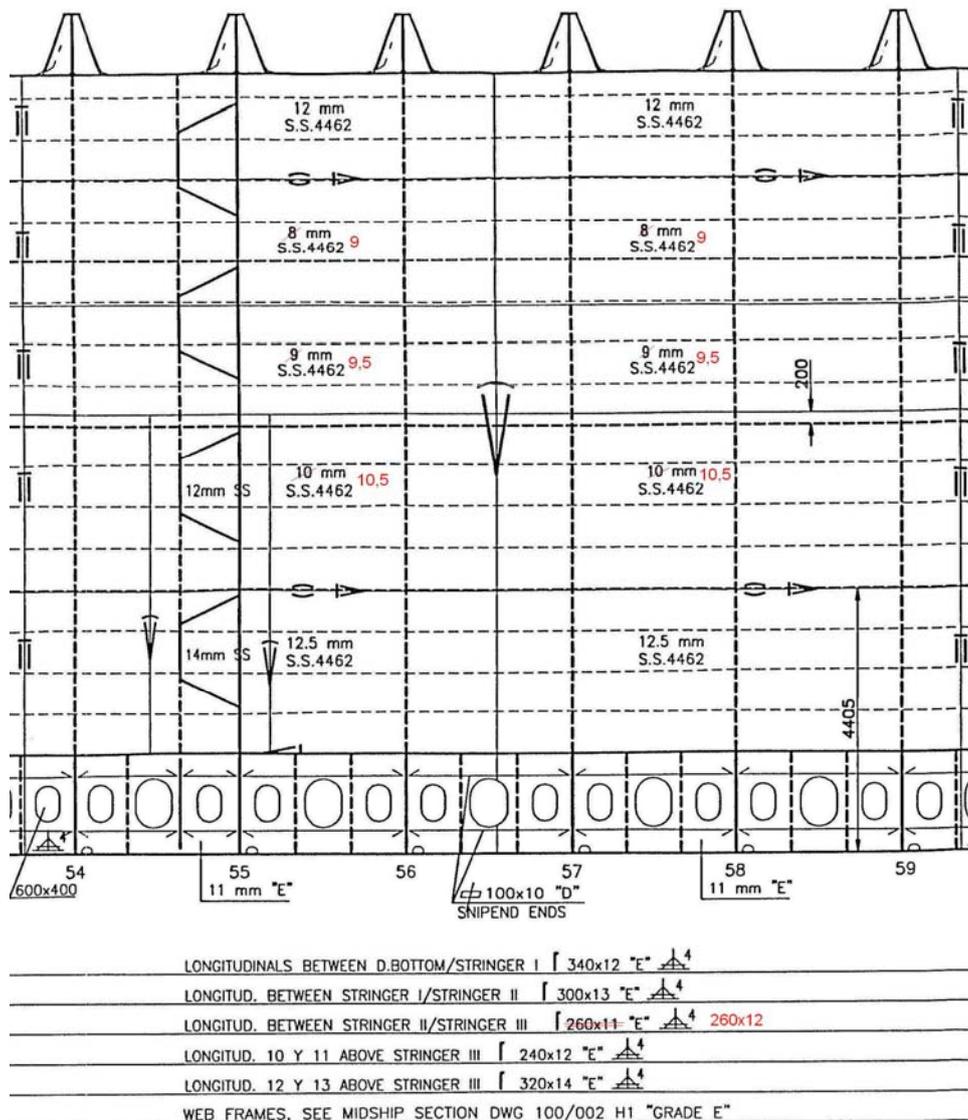
En las zonas con dos tanques en manga, es decir, entre cuadernas 50 y 61 y entre cuadernas 66 y 69 el tramo de varenga situada junto al doble casco, se modificará como se indica a continuación.

<u>Varenga</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Central	18,0 mm	21,0 mm

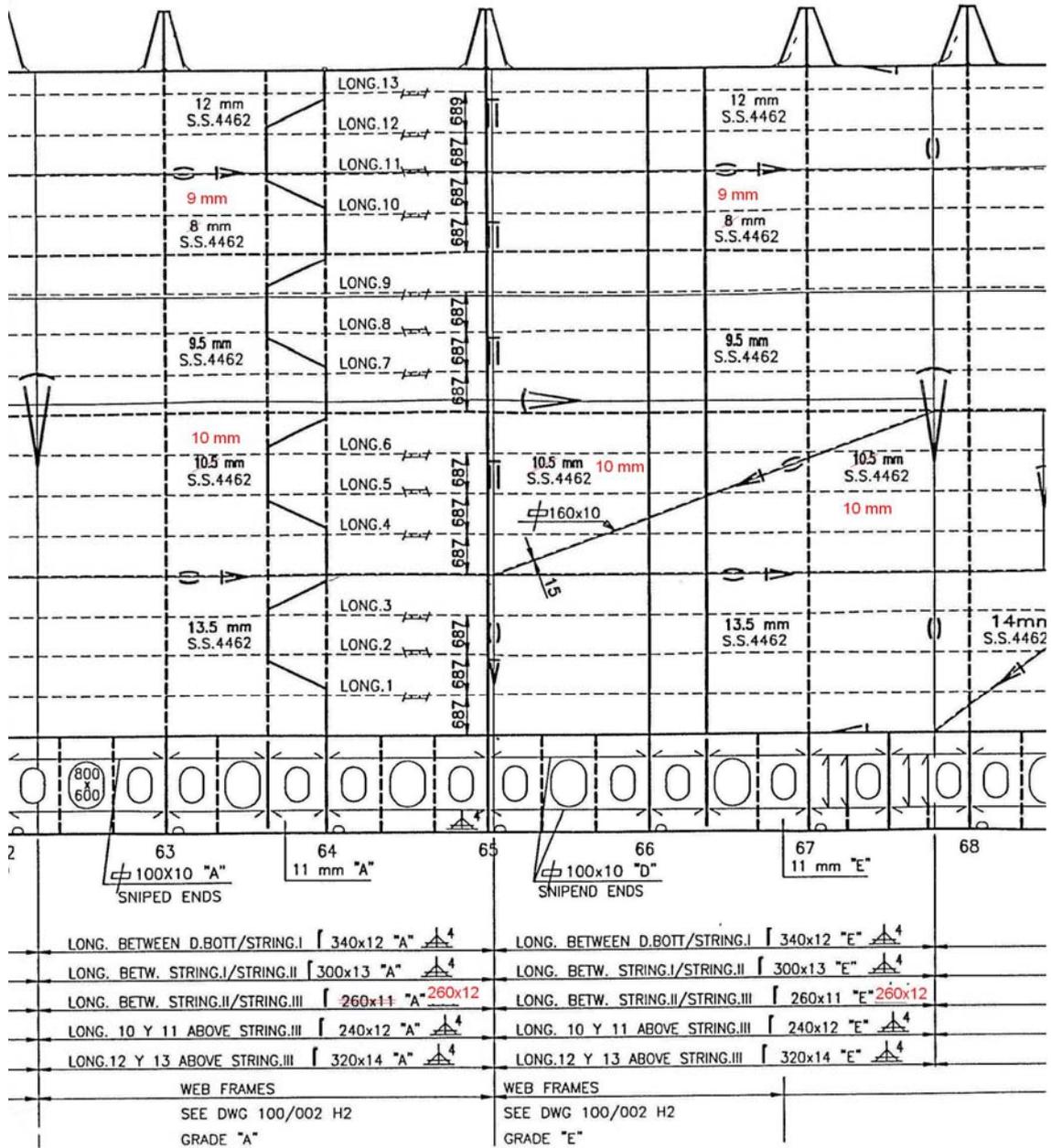
Como resumen, se indican sobre los planos, los escantillones que se modifican en la zona de los tanques de carga.

Los escantillones modificados aparecen en rojo

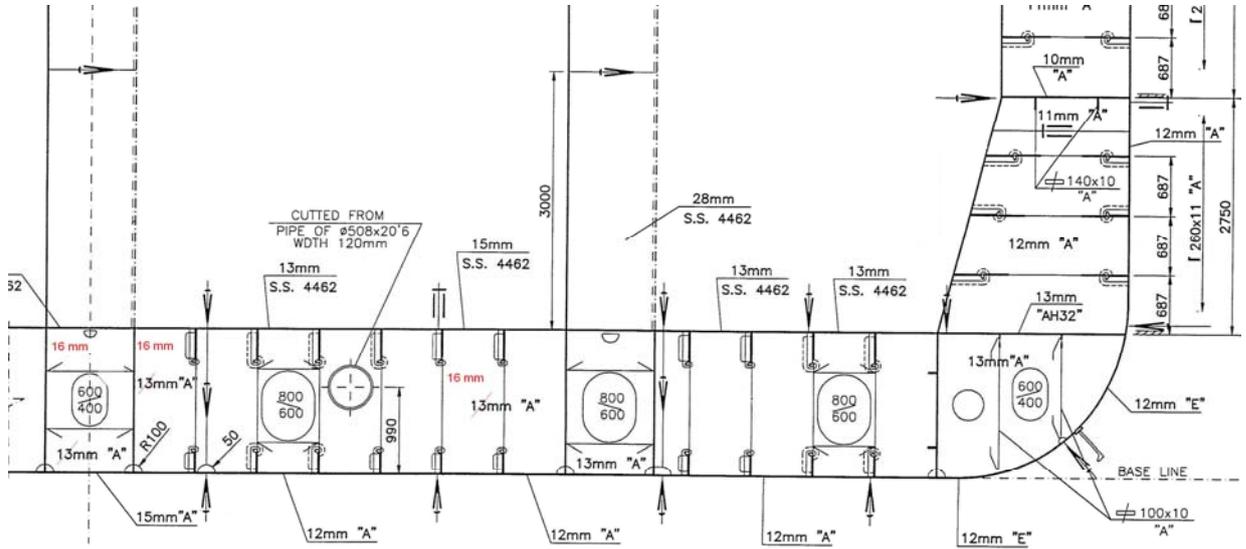
### DOBLE CASCO EN CUADERNA MAESTRA (SECCIÓN 55)



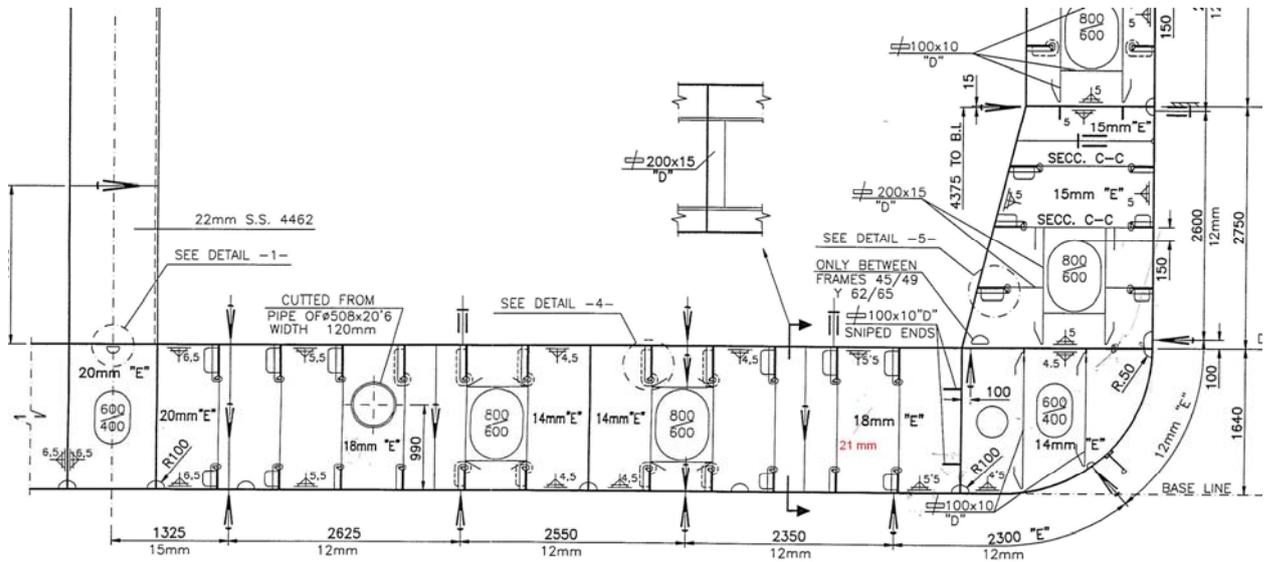
## DOBLE CASCO EN SECCIÓN 65



## VARENGAS EN ZONA DE 4 TANQUES EN MANGA



## VARENGAS EN ZONA DE 2 TANQUES EN MANGA

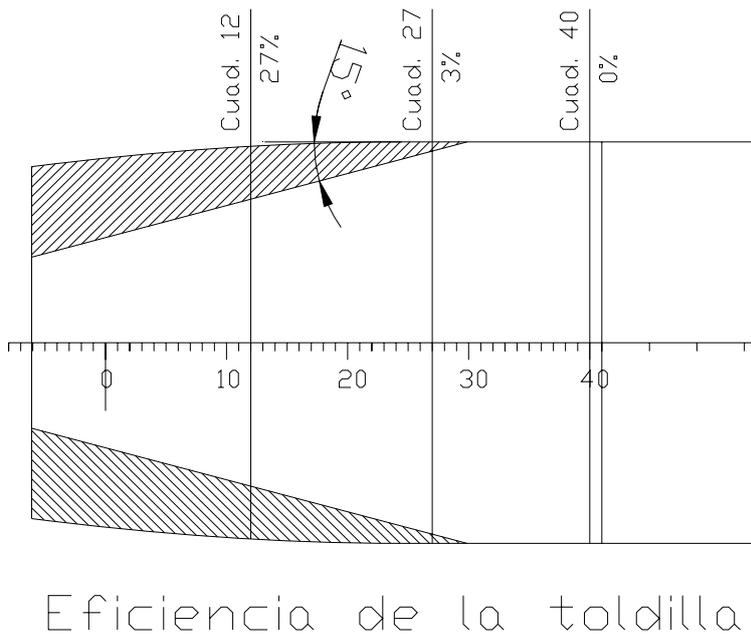
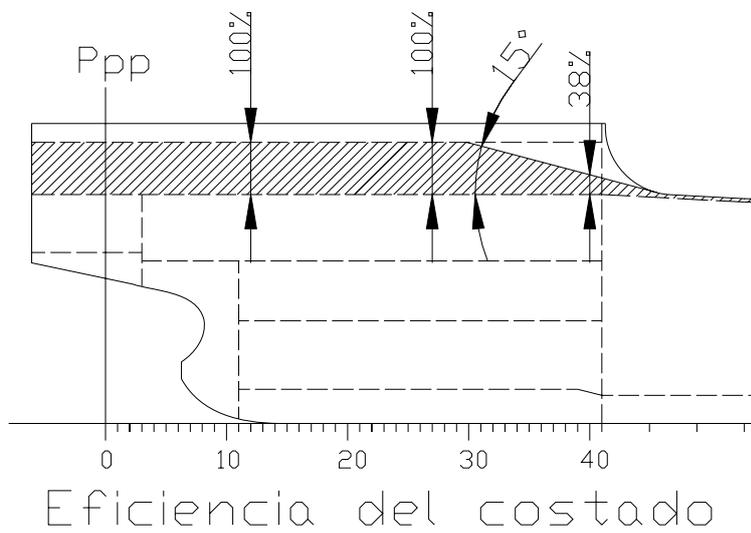


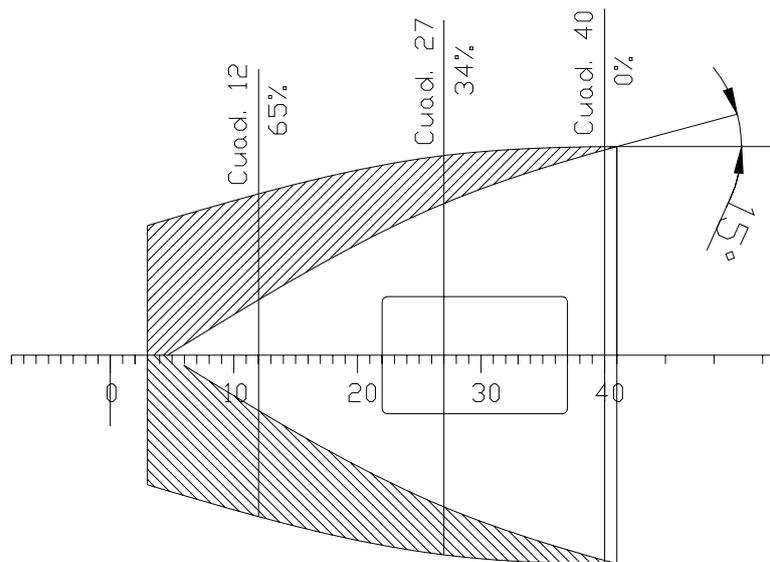
## Zona de cámara de máquinas

La zona de Cámara de máquinas está comprendida entre el mamparo de prensaestopas y el de proa de la cámara.

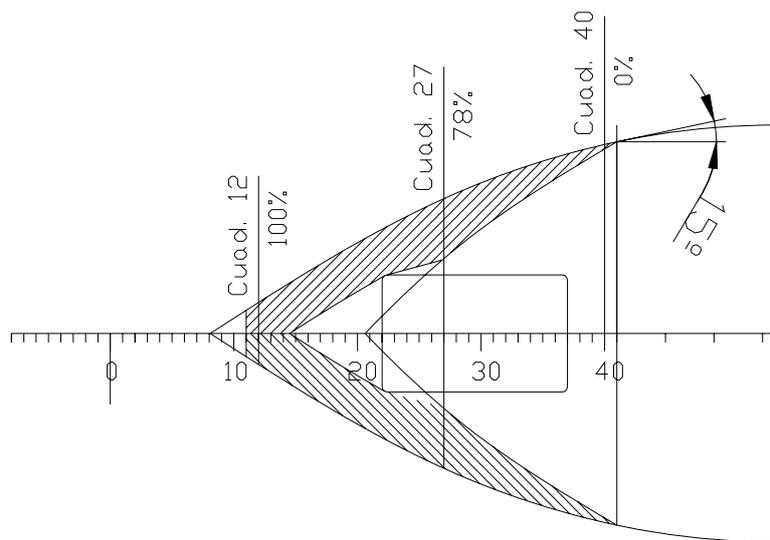
Debido a que esta zona es de reforzado transversal, unido a que, por las formas finas de la popa, el buque pierde módulo hacia popa, se estudiarán tres secciones.

Por otra parte, como la toldilla y las plataformas de máquinas no tienen continuidad hacia proa, la eficiencia de estos elementos no es del 100%, como se ve en las figuras que siguen.





Eficiencia 2<sup>a</sup> plataforma



Eficiencia 1<sup>a</sup> plataforma

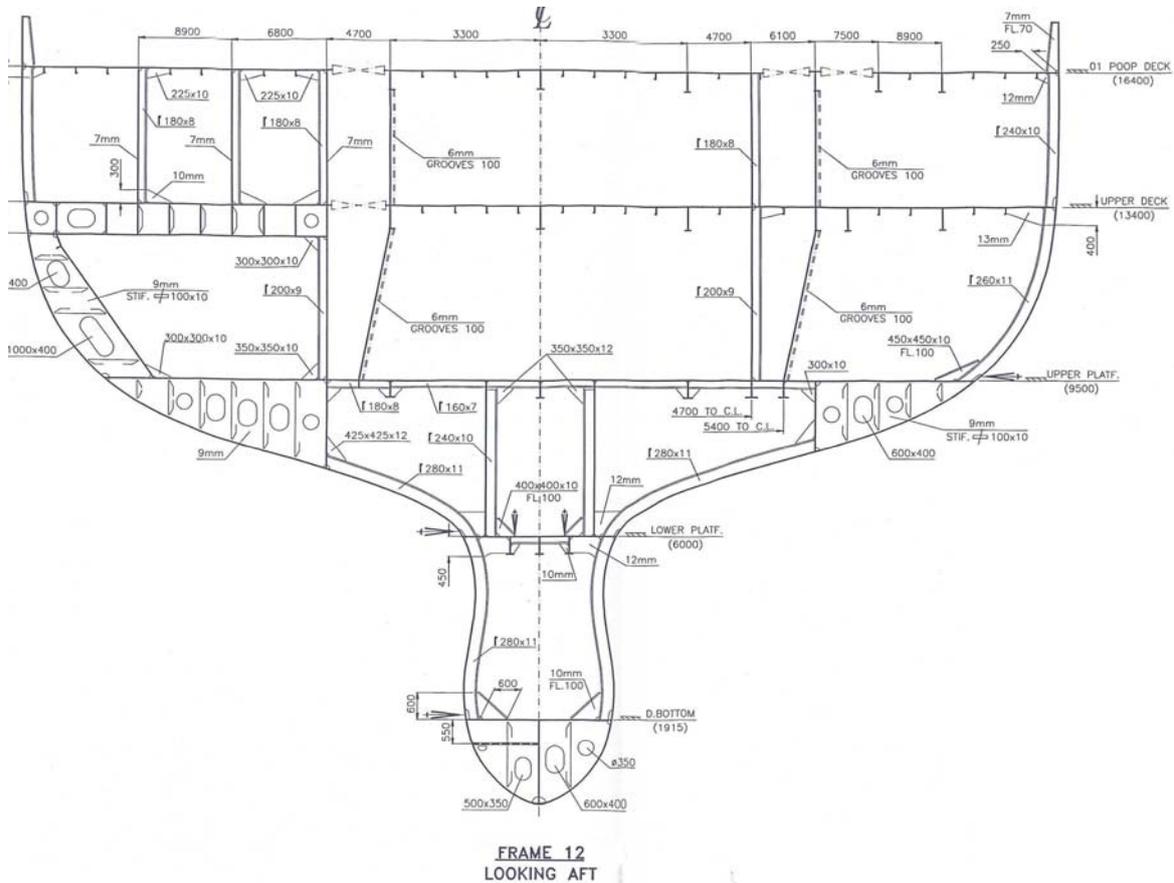
Para el estudio de la cámara de máquinas, hay que tener en cuenta lo prescrito en la Pt B, Ch 7, Sec 3, § 2 del Reglamento.

Hay que destacar que en la zona del motor principal se tienen que disponer varengas en cada clara. En las demás zonas de cámara de máquinas se tienen que disponer varengas cada dos claras.

En el buque que nos ocupa, las varengas están dispuestas en cada clara, es decir que tiene estructura transversal en toda la cámara de máquinas.

## Sección por cuaderna 12

En esta sección, como se ha visto anteriormente, el costado de la toldilla es efectiva al 100%, pero la cubierta de toldilla es efectiva al 27%. Esta sección es muy fina en la quilla por lo que hay que comprobar, los módulos al fondo y a cubierta sobre todo, al fondo.



### Datos

Abajo se reproducen los datos numéricos principales de la sección. A continuación, se dan todos los datos, gráficamente.

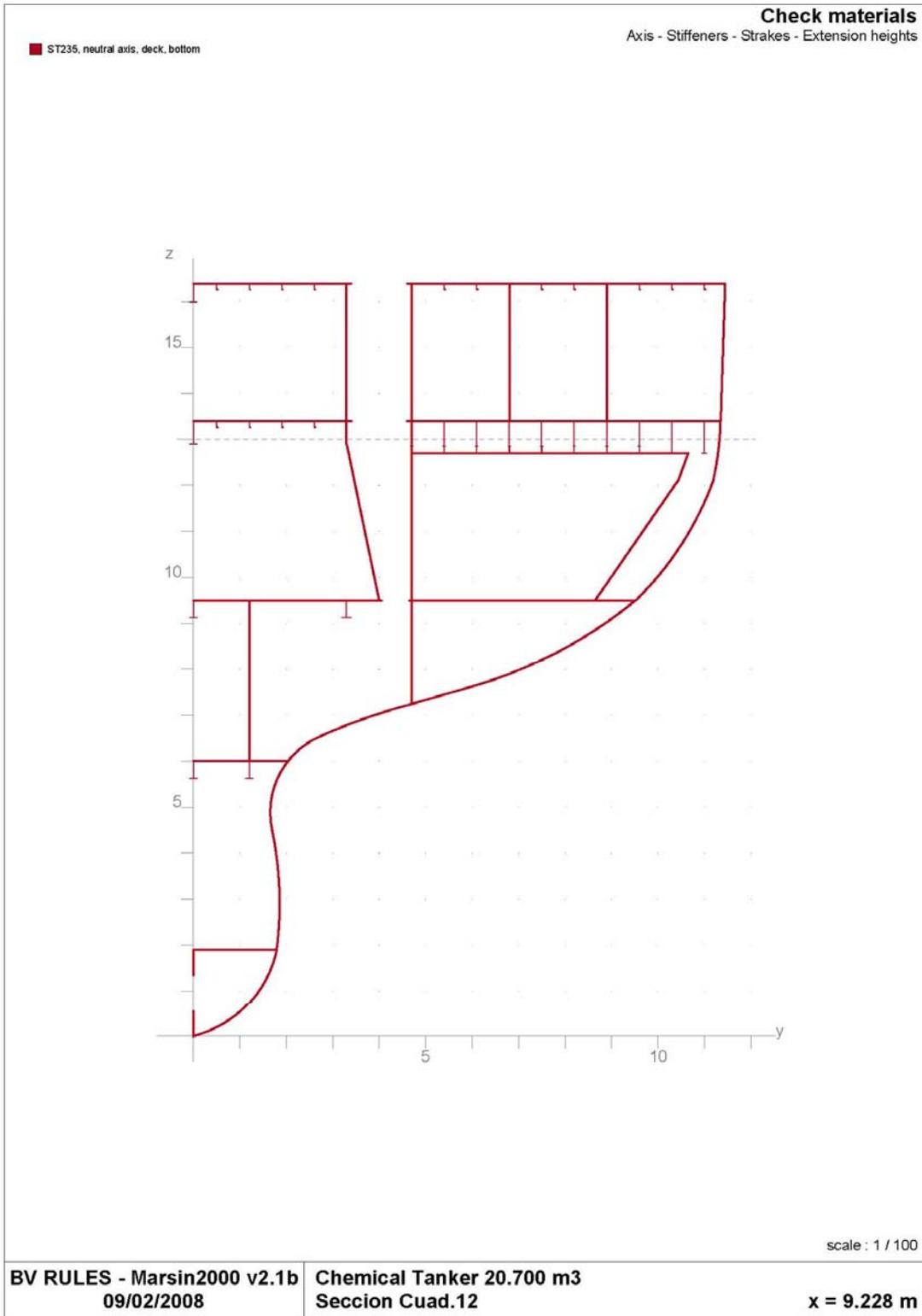
#### Mars Input Data

##### Main Section Data

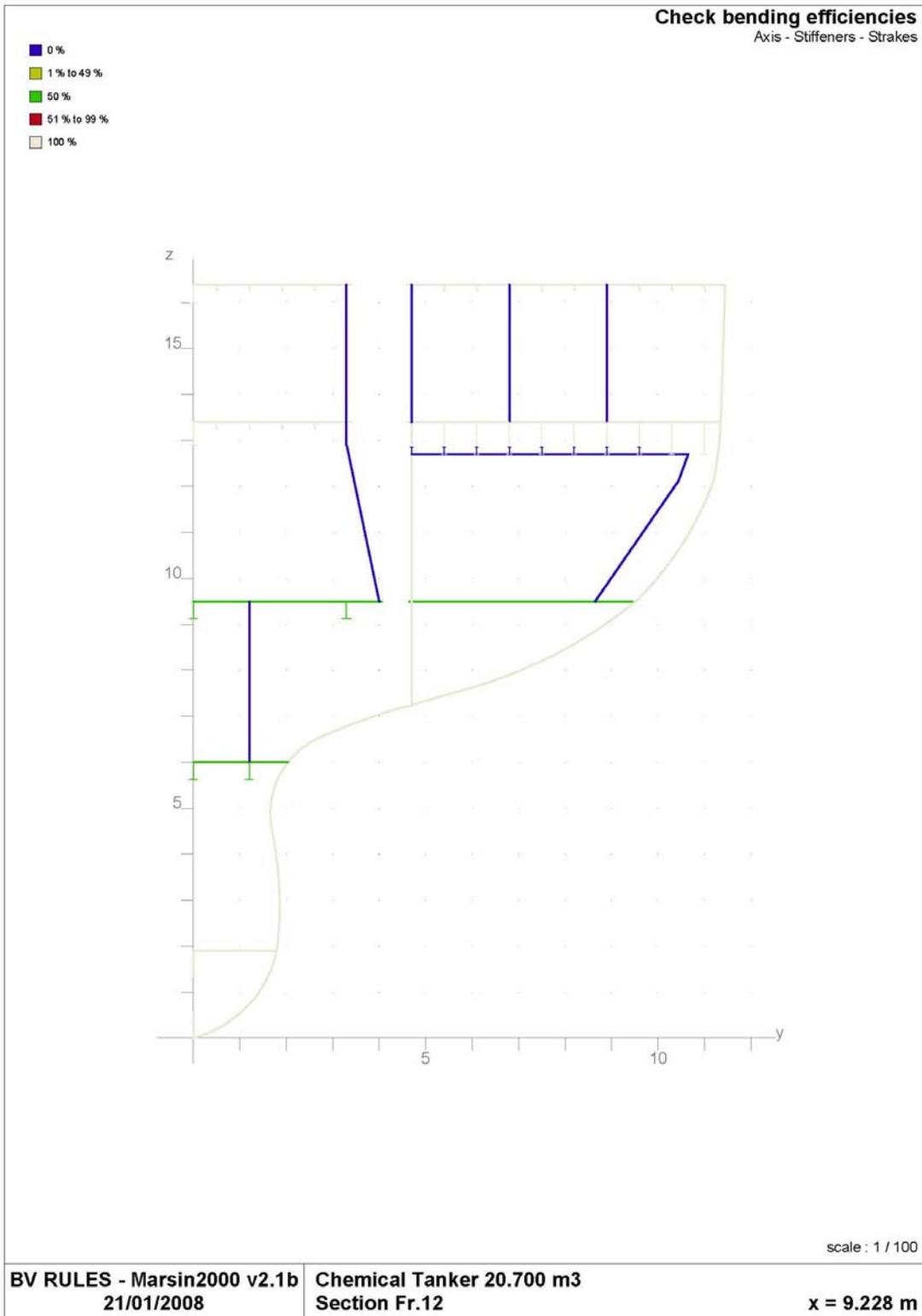
Section identification :	Seccion Cuad.12	
Longitudinal location :	9.228 m	
Breadth moulded :	23.500 m	
Depth moulded (at strength deck) :	13.000 m	
Depth (at top of continuous member) :	16.400 m	
Input of :half section		
Ship built in :	STEEL	
Material in neutral axis :	ST235	
Material in deck :	ST235	Extension height : 0.000 m
Material in bottom :	ST235	Extension height : 0.000 m

# Datos gráficos

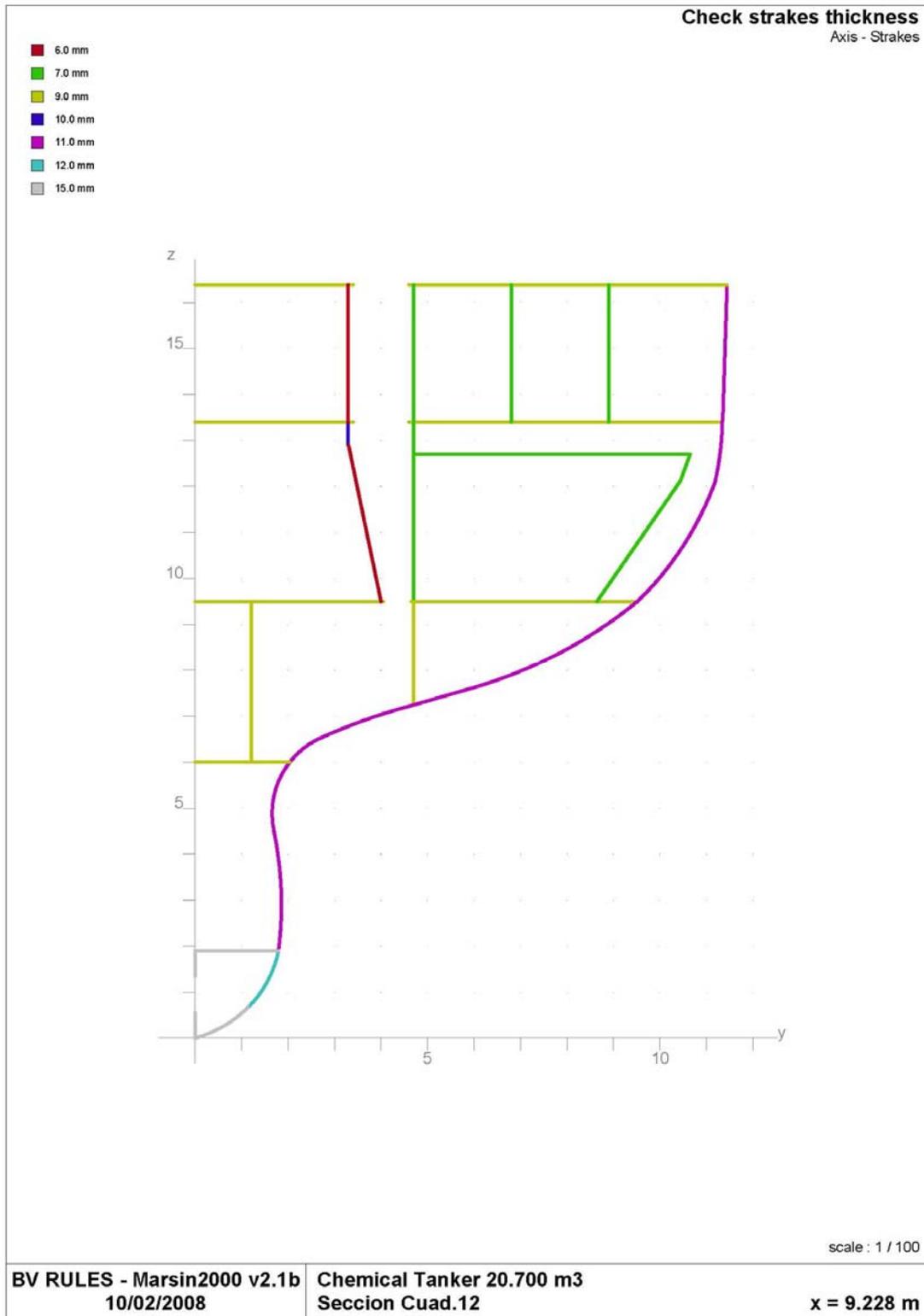
## Materiales (“data check”)



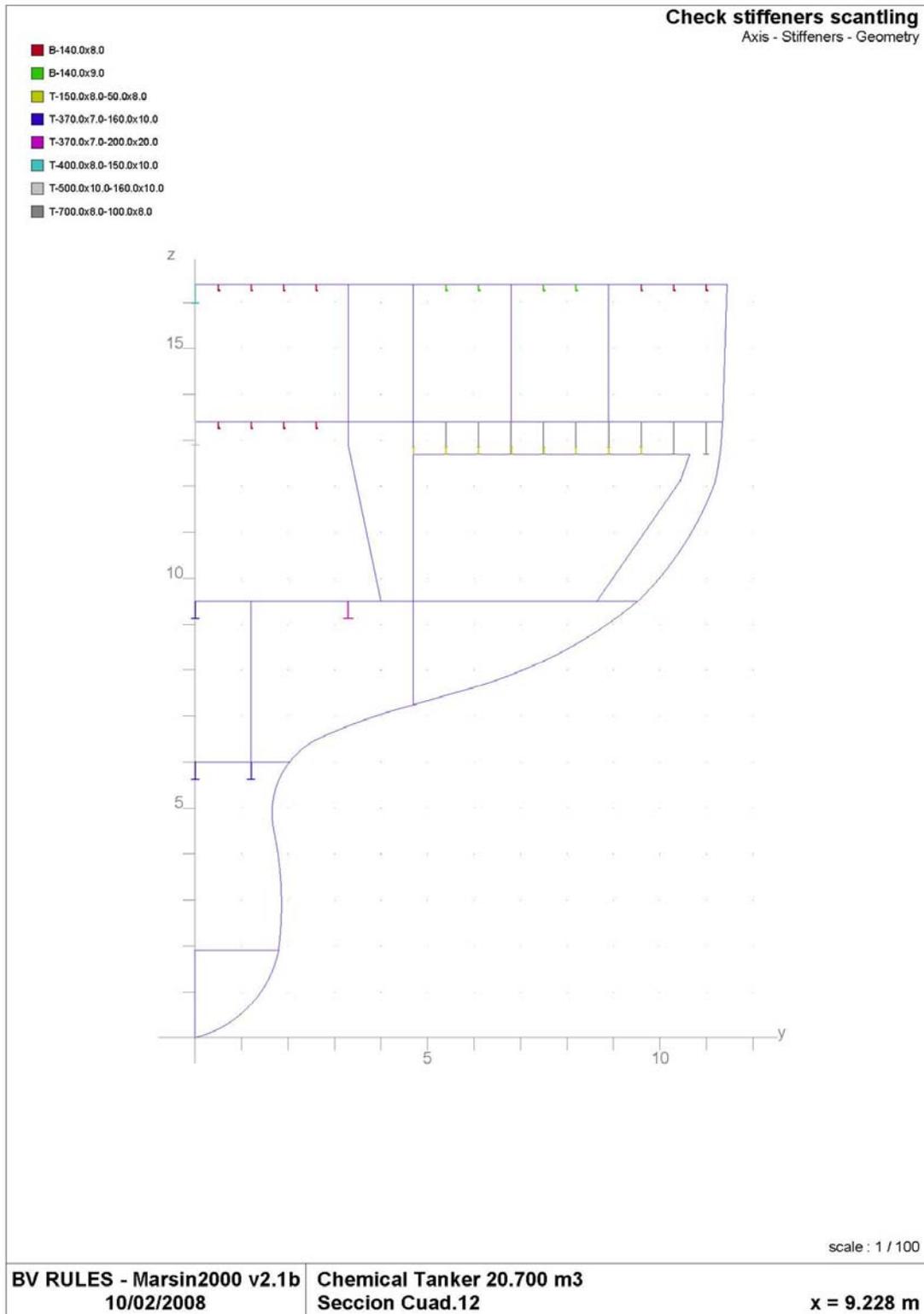
# Eficiencia (“data check”)



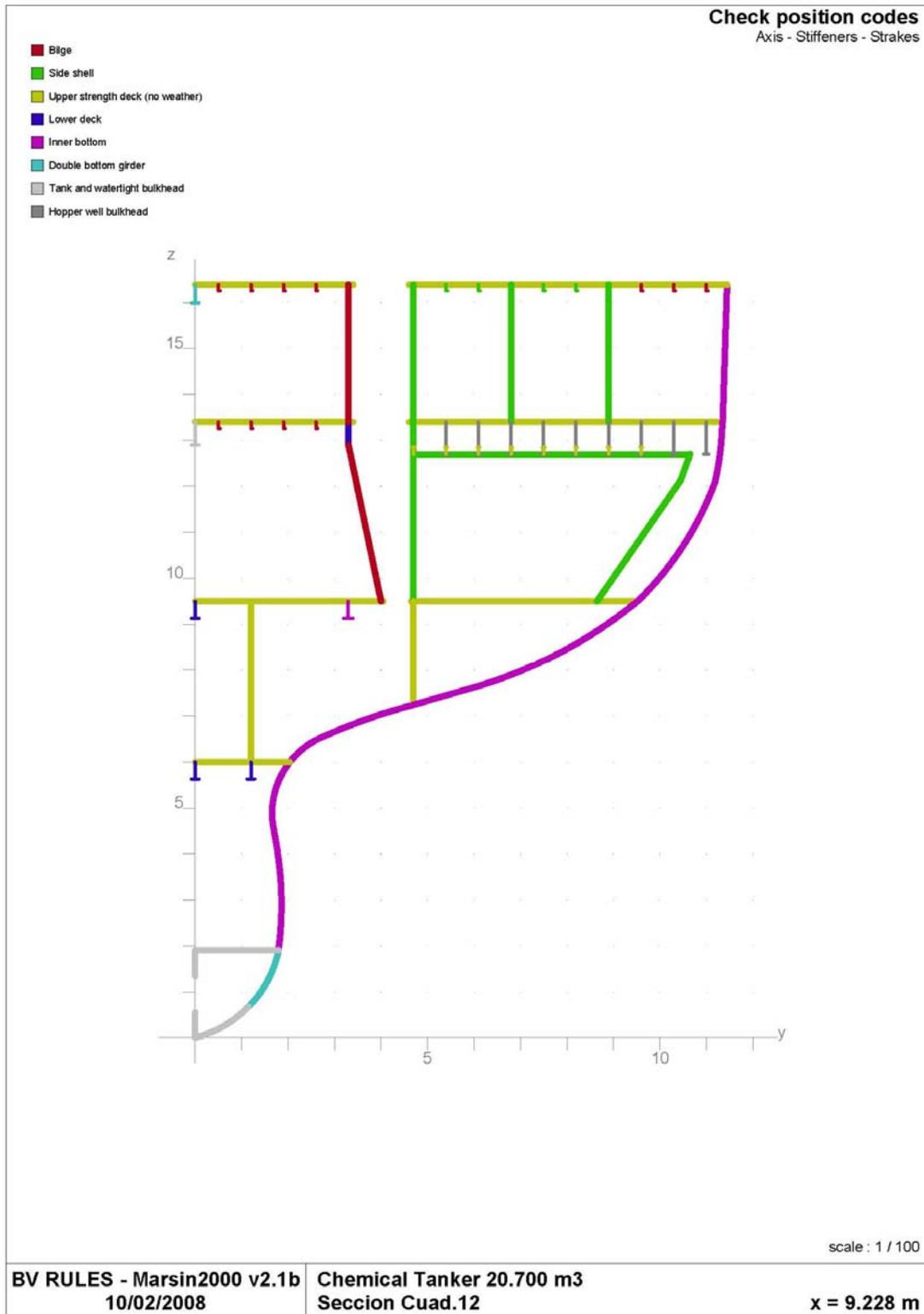
# Espesores (“data check”)



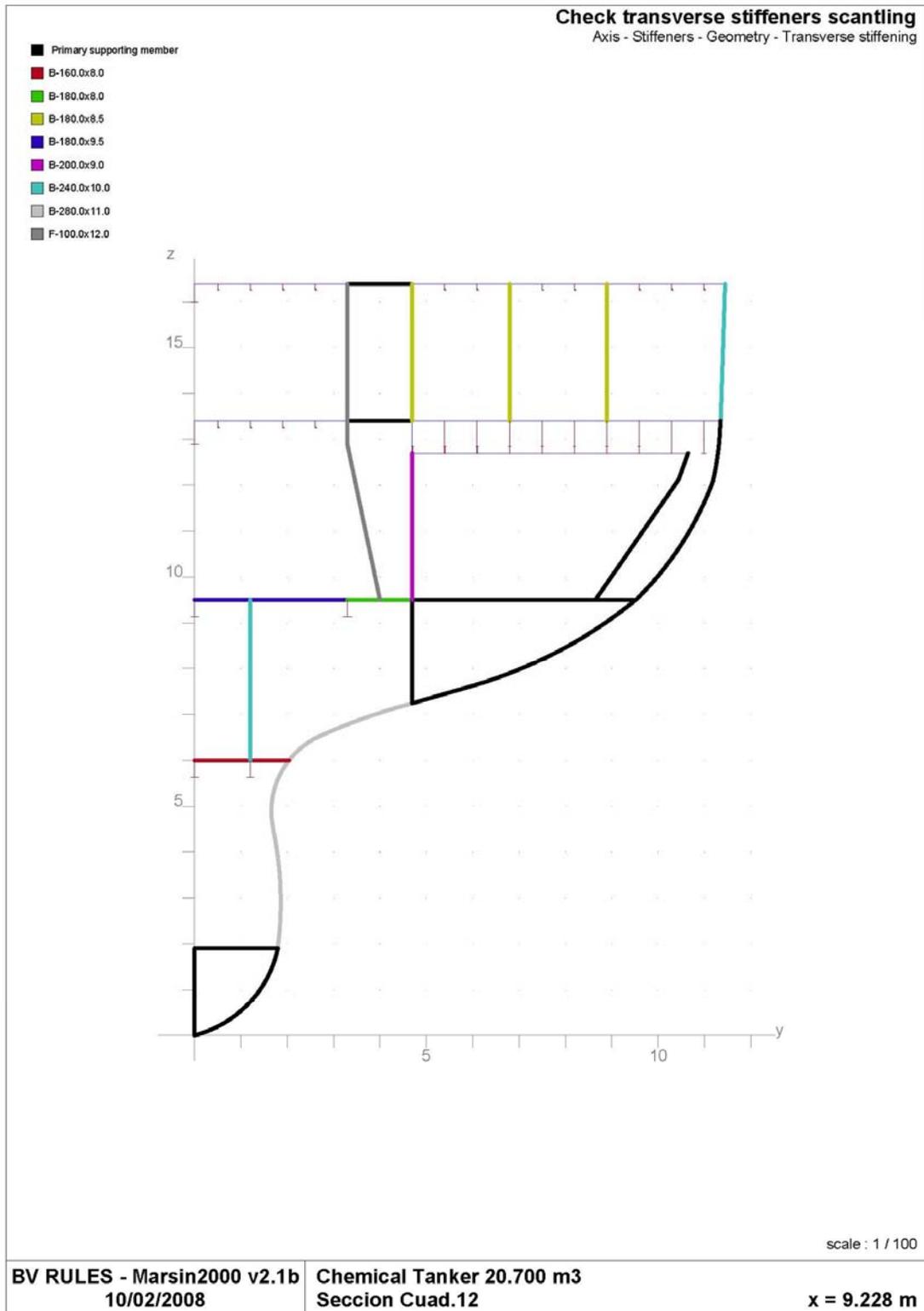
## Escantillones de longitudinales (“data check”)



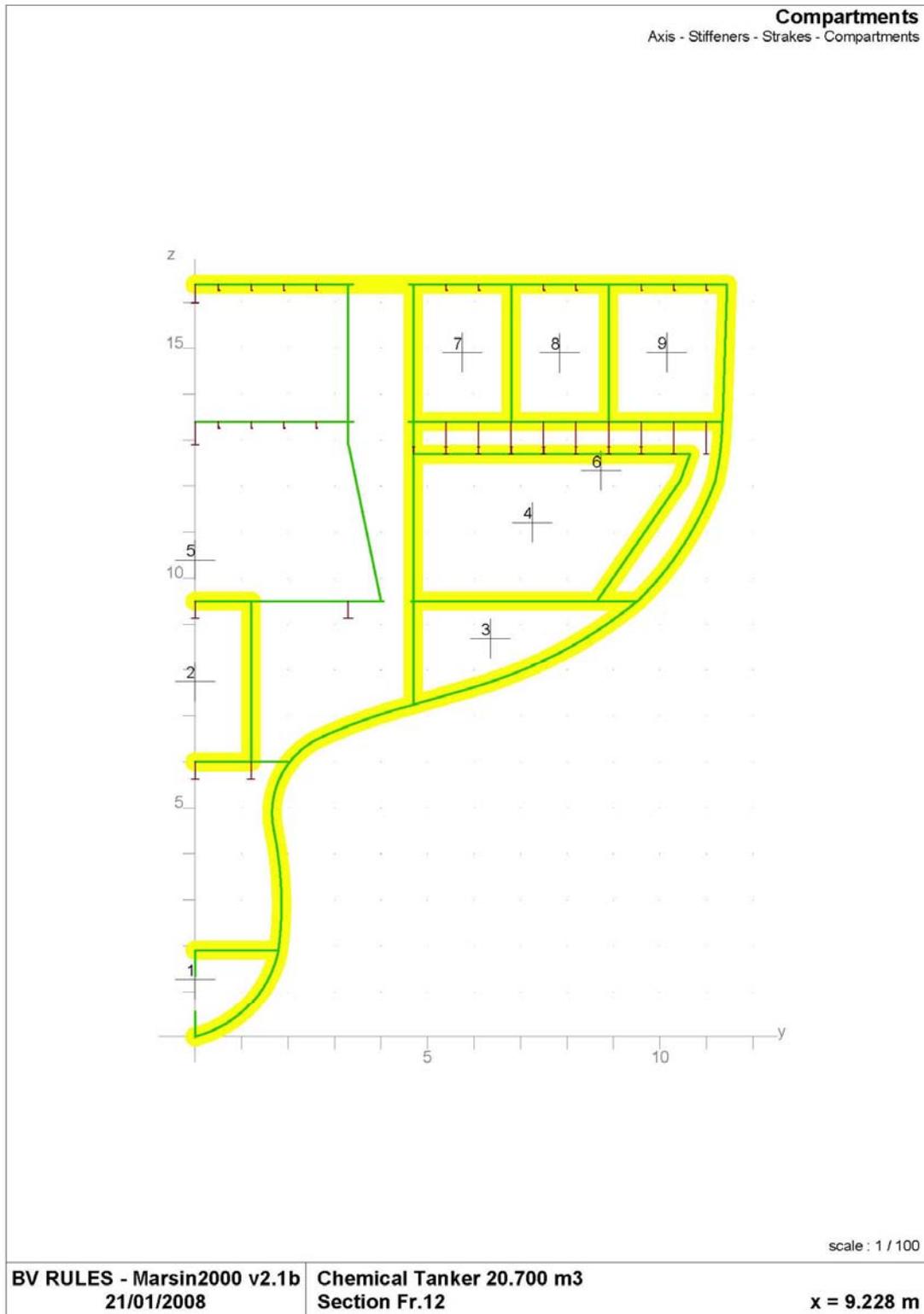
## Códigos de posición (“data check”)



## Reforzado transversal (“data check”)

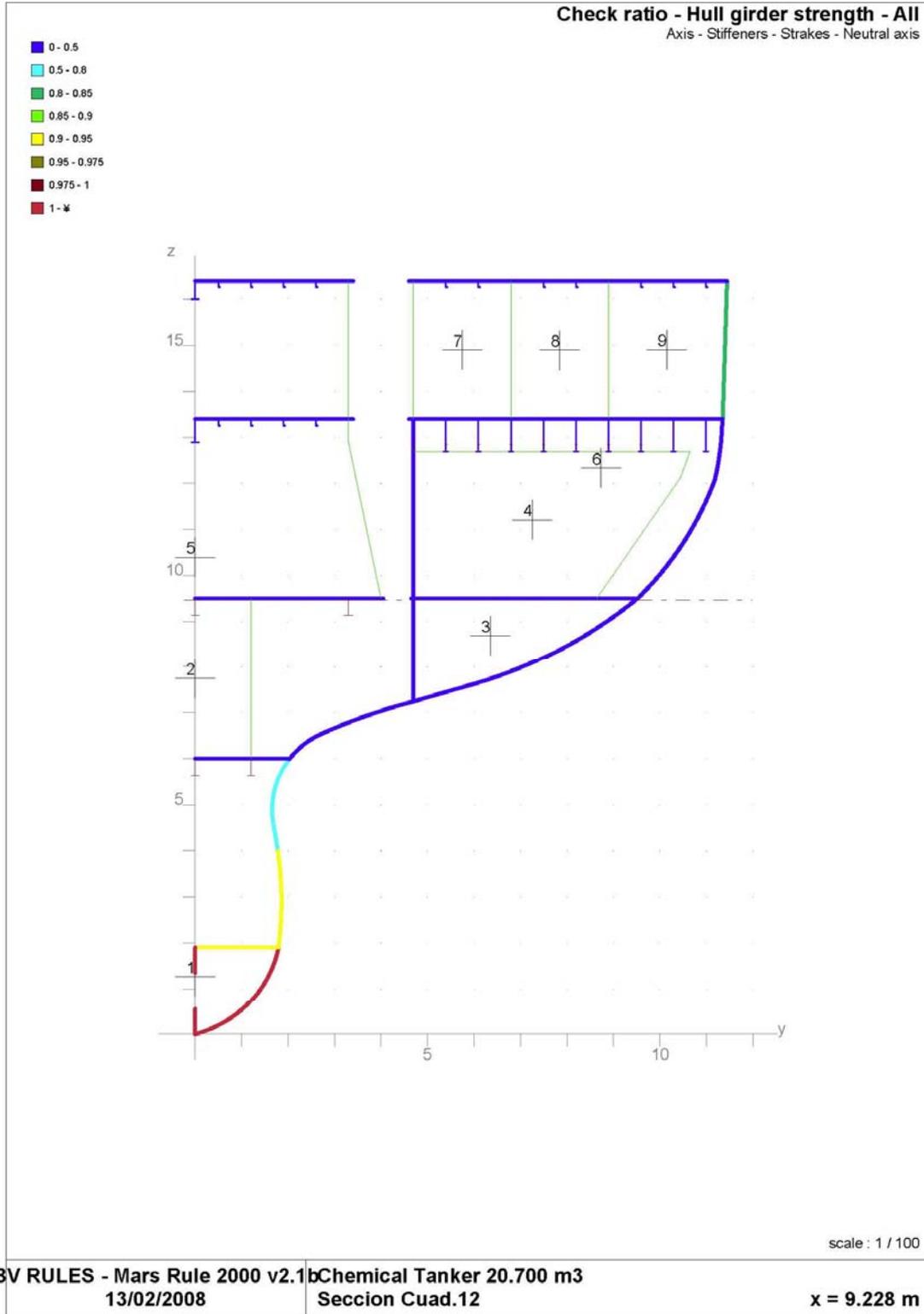


## Compartimentos (“data check”)



# Resultados gráficos

## Viga-Buque ("ratio")



## Viga-Buque (comentarios)

### Section moduli and Inertia

X section .....	9.228 (m)
X mid - 0.2 L .....	42.600 (m)
X mid + 0.2 L .....	99.400 (m)

### Rule section moduli

Minimum section modulus ( $k=1$ ,  $n_1=1$ ) ..... 6.1171 (m<sup>3</sup>)

	Deck	Bottom	Top
Modulus based on design SWBM, Hog ( 256 263.8 kNm) .....	2.9862	2.9862	2.9862
Modulus based on design SWBM, Sag (- 146 436.5 kNm) .....	2.1492	2.1492	2.1492
Rule Modulus .....	2.9862	2.9862	2.9862

### Check of section moduli and inertia

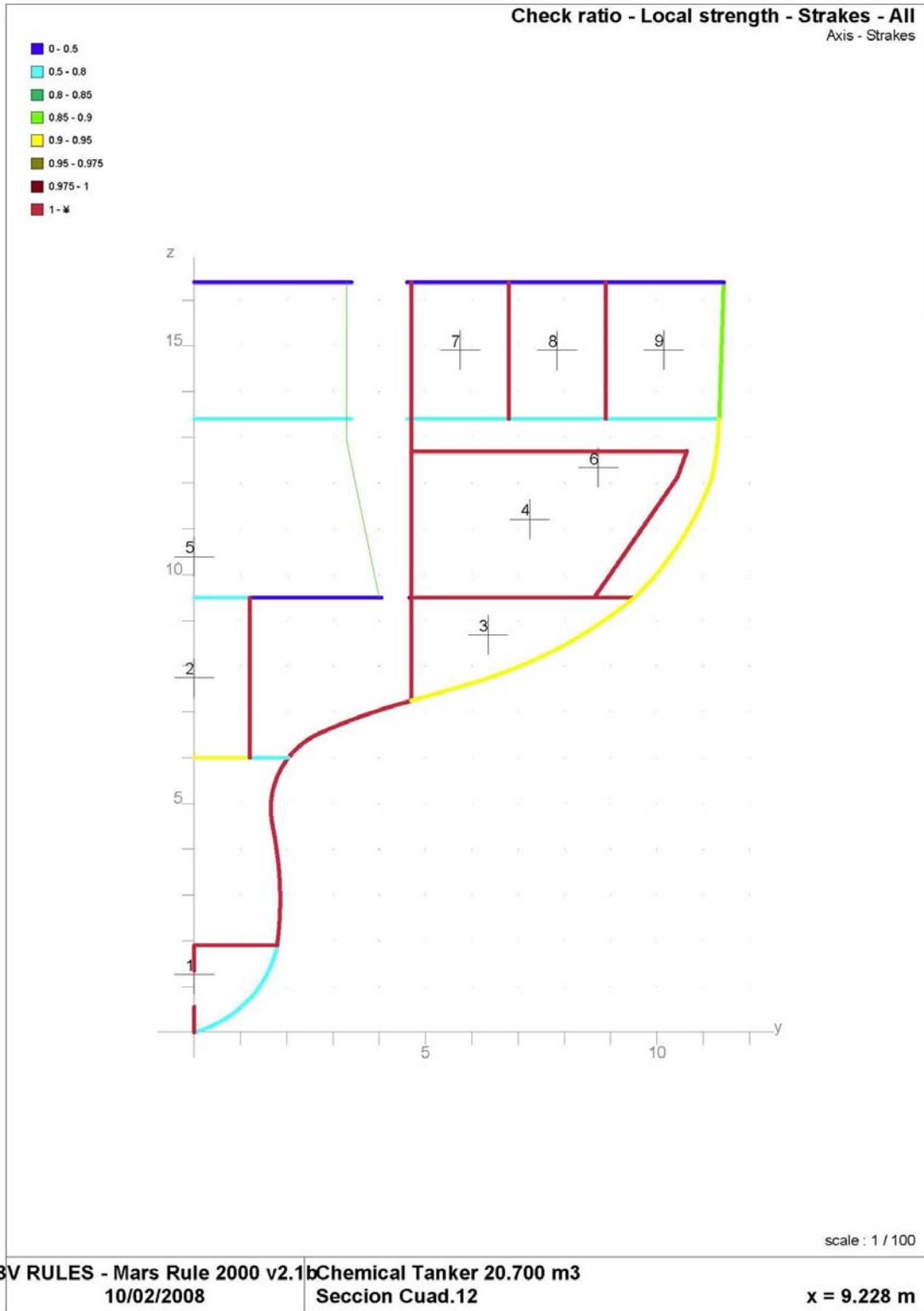
		Rule	Actual
Deck	( 13.000 m)	2.9862	6.9179
Bottom	( 0.000 m)	2.9862	2.5815 *
Top	( 16.382 m)	2.9862	3.5342
Inertia		26.0590	24.4398

\* Actual section modulus or inertia does not comply with rule value

El módulo reglamentario en el fondo es de 2,9862 m<sup>3</sup>, y el realizado es de 2,5815 m<sup>3</sup> que es insuficiente.

Como se verá a continuación, hay tracas que están insuficientemente escantillonadas. Una vez corregidos los espesores, el módulo es correcto.

# Tracas (“ratio”)



## Tracas (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, los espesores siguientes no cumplen los requisitos reglamentarios:

- Tracas de forro entre doble fondo y el mamparo longitudinal
- Doble fondo
- Plataforma superior en su parte lateral (fondo de tanque)
- Mamparos longitudinales de tanques y cofferdam

### Section : Seccion Cuad.12

File : c:\documents and settings\usuario\mis documentos\proyecto fin de carrera.ma2

#### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck $\sigma_{CRIT}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck $\tau_{CRIT}$ Buck

#### 2 - Costado (1)

3	11.00	14.00	15.50			ST235	0.700	4.187	100
	10.00	*	12.96	112.44	80.79	32.71	SEA-a1	30.25	
			0.00	109.81	119.00		a	-112.44	* -53.02
1.00			9.65	0.00	110.00		a	33.62	101.12

4	11.00	12.00	15.50			ST235	0.700	4.187	100
	10.00	*	10.99	81.41	59.84	35.87	SEA-a1	38.07	
			0.00	79.51	119.00		a	-112.44	* -53.02
1.00			9.65	0.00	110.00		a	42.30	101.12

5	11.00	10.50	15.50			ST235	0.700	4.187	100
	10.00		9.29	51.70	39.77	39.18	SEA-a1	38.07	
			0.00	50.49	119.00		a	-112.44	* -53.02
1.00			9.65	0.00	110.00		a	42.30	101.12

#### 4 - Doble Fondo

7	15.00	11.00	15.50			ST235	0.700	1.800	100
	13.50		9.73	112.44	73.26	1.58	BAL 1-b	0.00	
			8.36	109.81	119.00		a	-112.44	* -106.31
1.50			9.56	0.00	110.00		a	0.00	0.00

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.	
CAdd	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1	
		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck	$\sigma_{CRIT}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck	$\tau_{CRIT}$ Buck

#### 6 - Plataforma superior

10	9.00	7.00	2.50	ST235	0.700	1.200	50
	7.25	4.87	0.21	36.05	4.19	BAL 2-d+	0.00
		5.27	0.24	119.00		c	-0.76
1.75		0.00	0.00	110.00		c	0.00

11	9.00	0.00	2.50	ST235	0.000	0.000	50
	8.00	0.00					
		0.00	0.24	119.00		c	-1.86
1.00		0.00	0.00	110.00		c	0.00

12	9.00	9.50	4.50	ST235	0.700	3.950	50
	7.25	* 7.95	0.24	50.71	27.40	BAL 4-b	0.00
		6.04	0.24	119.00		c	-4.67
1.75		0.00	0.00	110.00		c	0.00

#### 9 - Mamparo tanque MT10C

19	9.00	10.00	0.00	ST235	0.700	3.500	0
	7.50	7.32	0.00	70.39	20.09	BAL 2-b	0.00
		7.33	0.00	119.00			0.00
1.50		* 8.37	0.00	110.00			0.00

#### 10 - Mamparo tanque FO2S

20	9.00	9.50	7.00	ST235	0.700	2.257	100
	8.00	7.71	33.11	49.46	13.23	BAL 3-b	38.07
		6.90	32.34	119.00		c	-33.73
1.00		* 8.37	0.00	110.00		c	42.30

21	7.00	9.50	8.00	ST235	0.700	3.200	100
	6.00	* 8.12	0.49	50.71	27.40	BAL 4-b	38.07
		6.04	57.18	119.00		c	-31.07
1.00		* 8.37	0.00	110.00		c	42.30

11 - Mamparo tanque LO2S

22	7.00		9.50	0.00		ST235	0.700	3.000	0
	6.00		5.23	0.00	28.47	16.48	BAL 7-b	0.00	
			5.17	0.00	119.00			0.00	0.00
1.00		*	8.37	0.00	110.00			0.00	0.00

**Local Rule Requirements - Strake**

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck
							$\sigma_{CRIT}$ Buck
							$\tau_{CRIT}$ Buck

12 - Mamparo tanque LO3S

23	7.00		9.50	0.00		ST235	0.700	3.000	0
	6.00		5.23	0.00	28.47	16.48	BAL 8-b	0.00	
			5.17	0.00	119.00			0.00	0.00
1.00		*	8.37	0.00	110.00			0.00	0.00

16 - Cofferdam

28	7.00		8.00	0.00		ST235	0.700	3.792	0
	6.00	*	6.88	0.00	50.71	27.40	BAL 4-b	0.00	
			6.04	0.00	119.00			0.00	0.00
1.00			0.00	0.00	110.00			0.00	0.00

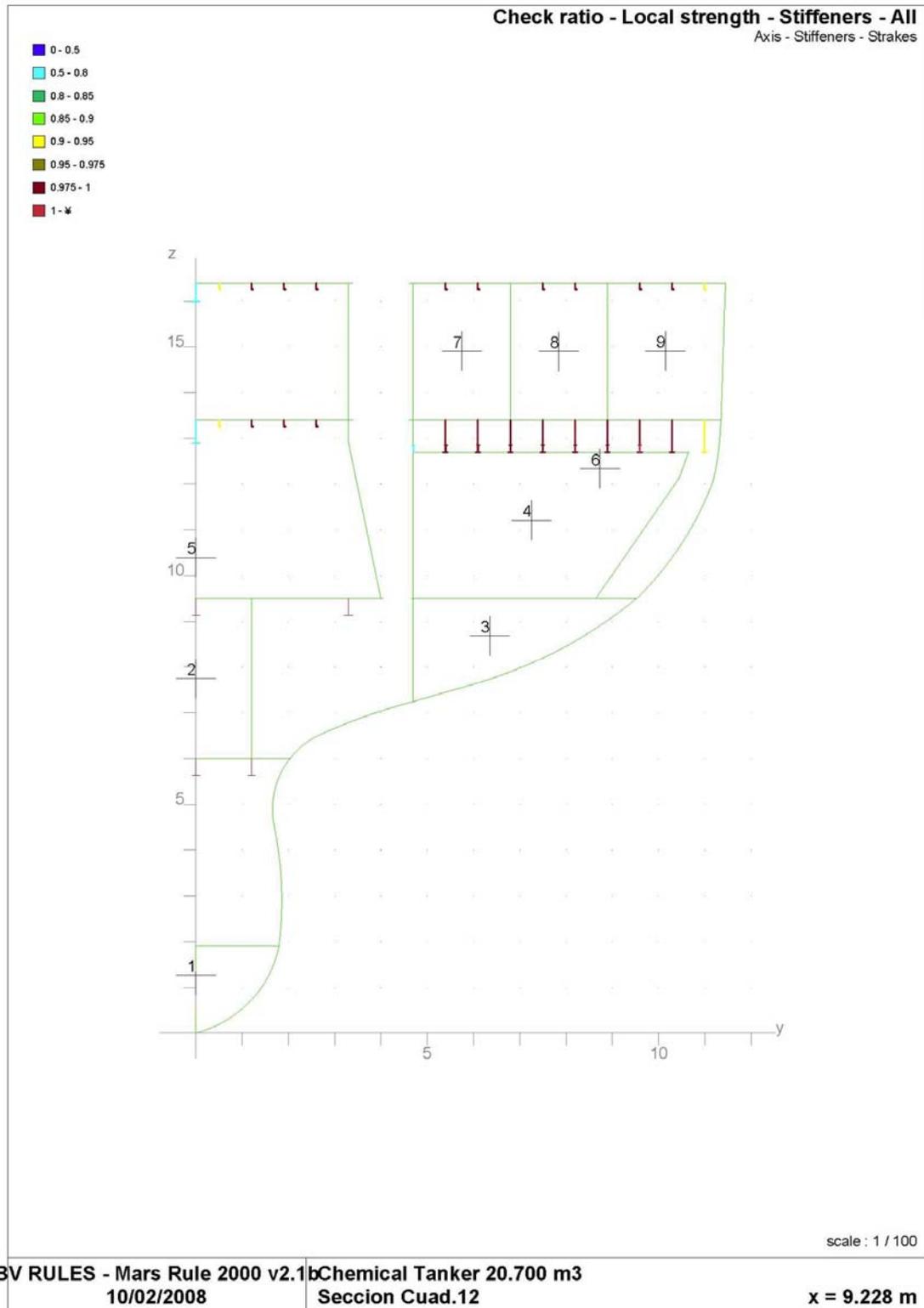
29	7.00		8.00	0.00		ST235	1.050	2.800	0
	5.50	*	6.70	0.00	19.95	13.96	BAL 4-d+	0.00	
		*	6.66	0.00	119.00			0.00	0.00
1.50			0.00	0.00	110.00			0.00	0.00

17 - Mamparo tanque LO2S (2)

30	7.00		9.50	0.00		ST235	0.700	3.000	0
	6.00		5.23	0.00	28.47	16.48	BAL 7-b	0.00	
			5.17	0.00	119.00			0.00	0.00
1.00		*	8.37	0.00	110.00			0.00	0.00

En el resumen del estudio por Mars de la zona de máquinas, que aparece al final de los cálculos de la zona de máquinas, se indica la modificación de los espesores de las tracas anteriores.

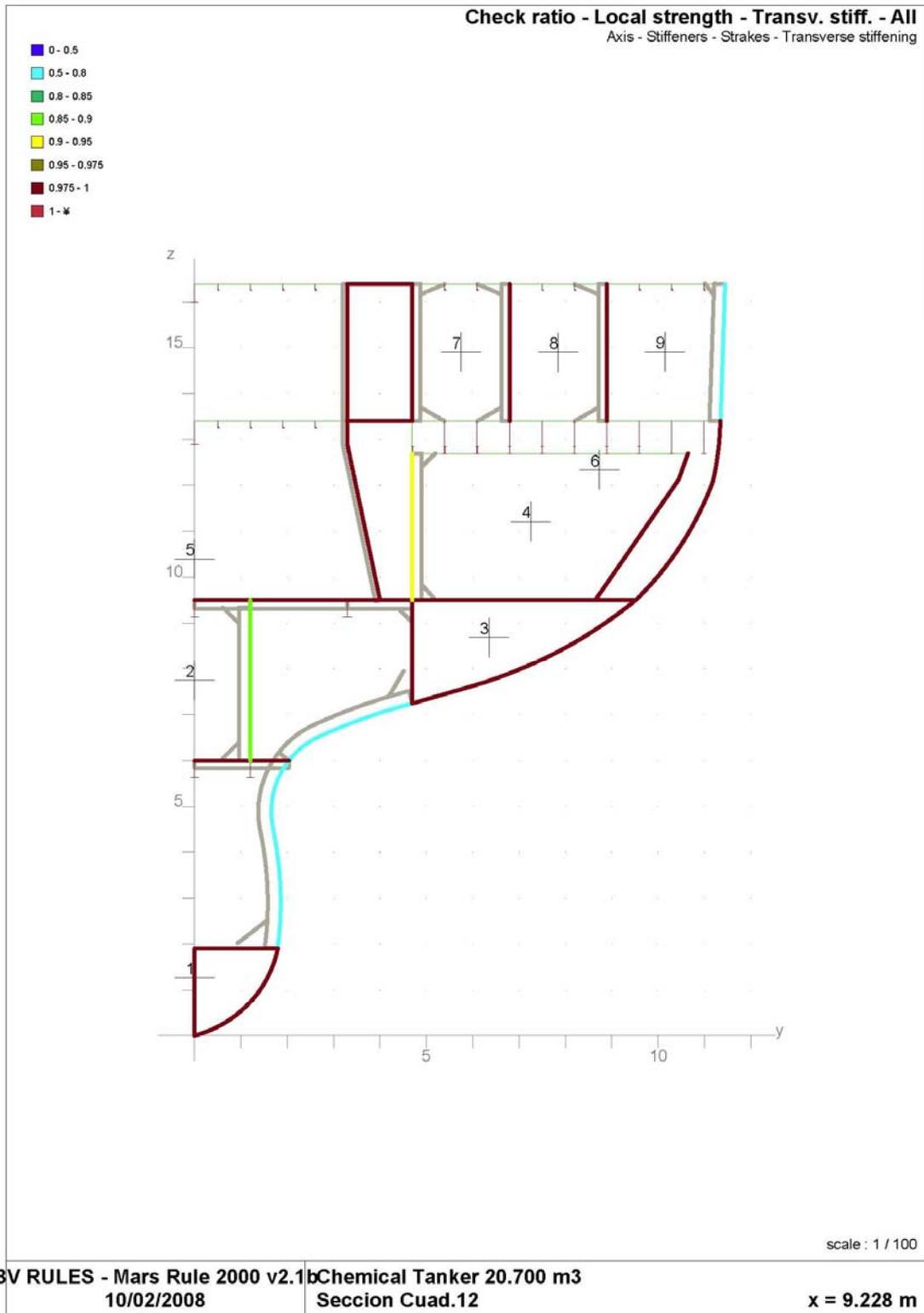
## Longitudinales (“ratio”)



## Longitudinales (Comentarios)

El escantillonado de los longitudinales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Refuerzos transversales (“ratio”)



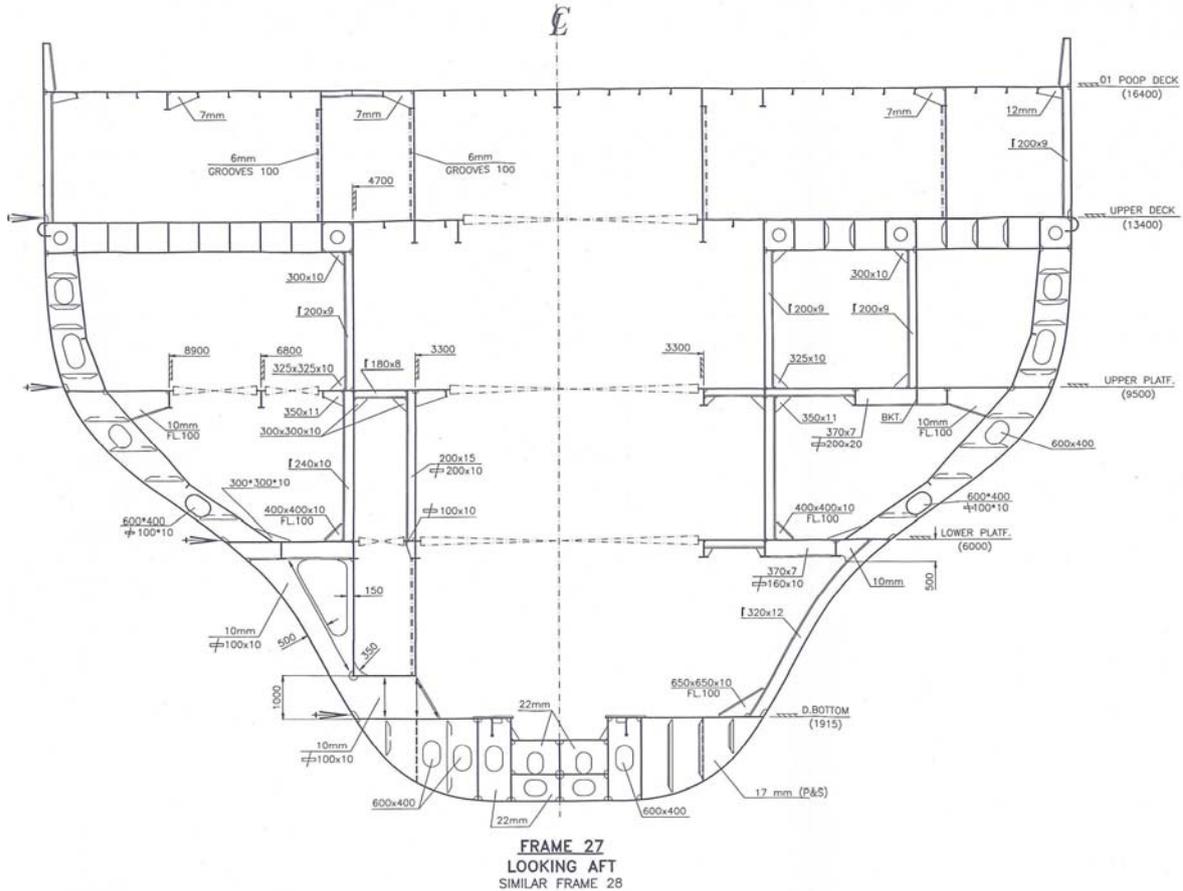
## Refuerzos transversales (Comentarios)

El escantillonado de los refuerzos transversales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Sección por cuaderna 27

En esta sección, como se ha visto anteriormente, el costado de la toldilla es efectiva al 100%, la cubierta de toldilla es efectiva al 3%, la 1ª plataforma el 78% y la 2ª al 34%.

En esta sección está contenida, prácticamente, toda la estructura de la cámara de máquinas, incluyendo mamparos de tanques, plataformas, cuadernas, etc.



## Datos

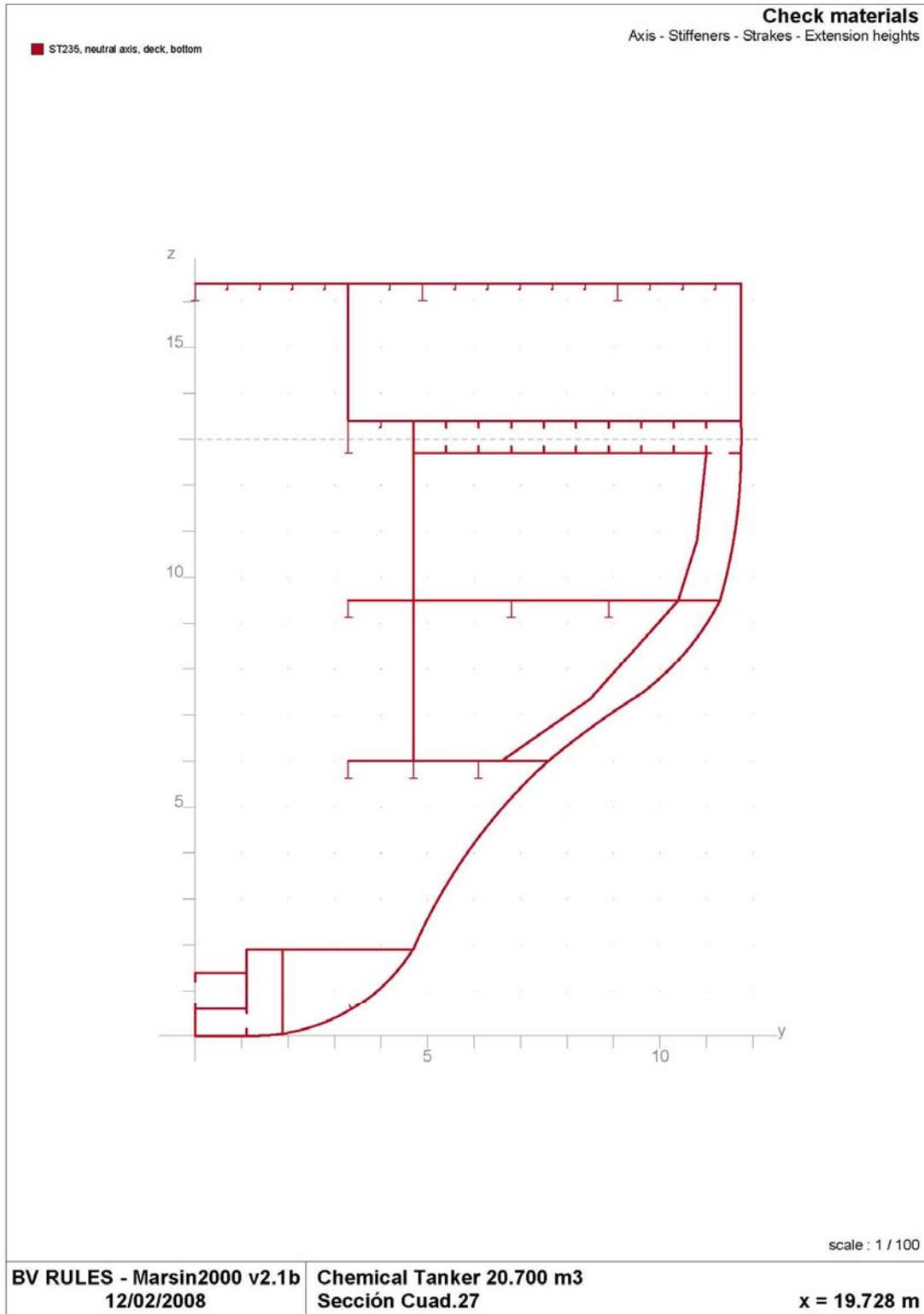
Abajo se reproducen los datos numéricos principales de la sección. A continuación, se dan todos los datos, gráficamente.

### Main Section Data

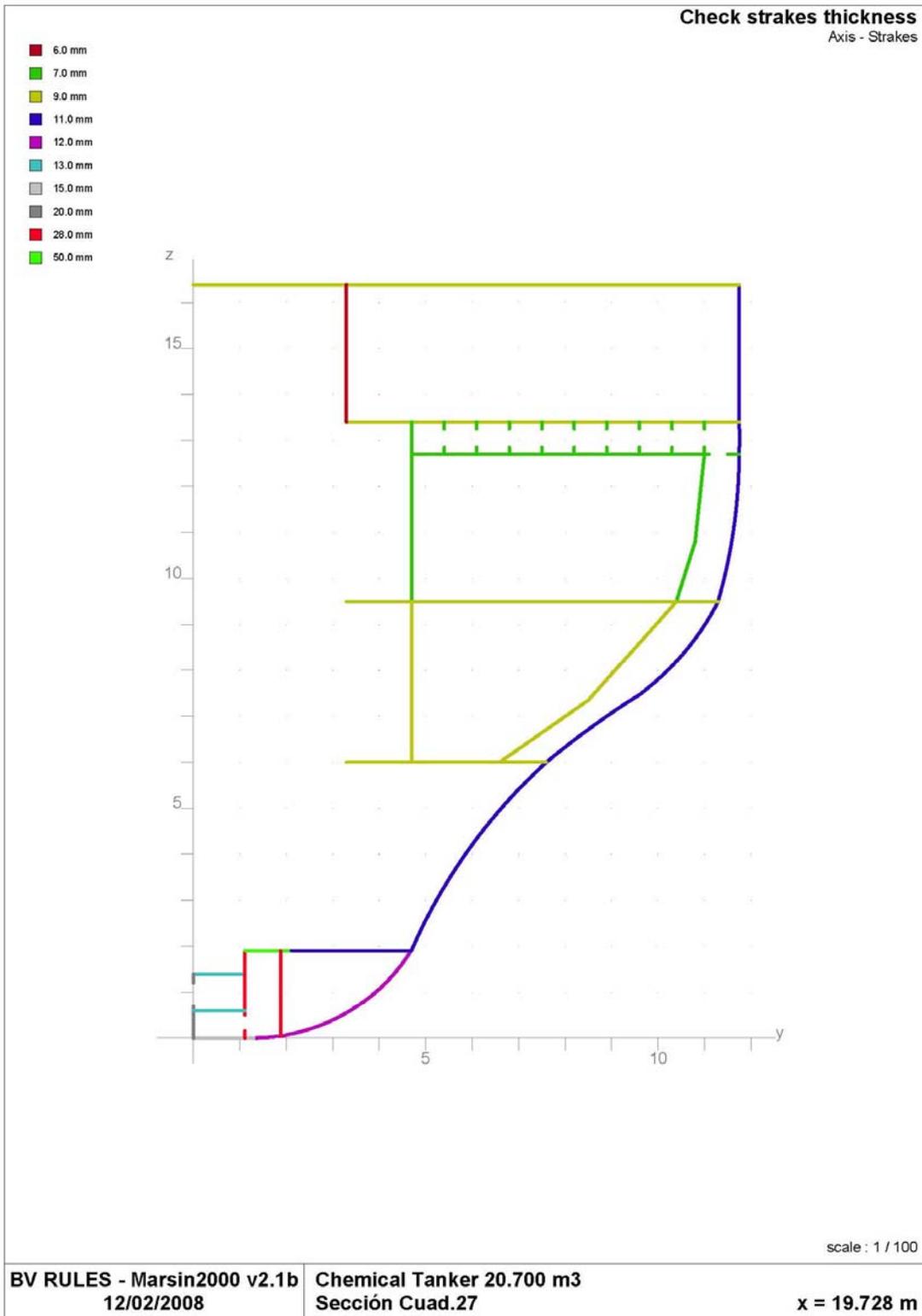
Section identification : . . . . .	Sección Cuad.27		
Longitudinal location : . . . . .	19.728 m		
Breadth moulded : . . . . .	23.500 m		
Depth moulded (at strength deck) : . . . . .	13.000 m		
Depth (at top of continuous member) : . . . . .	16.400 m		
Input of :half section			
Ship built in : . . . . .	STEEL		
Material in neutral axis : . . . . .	ST235		
Material in deck : . . . . .	ST235	Extension height : . . . . .	0.000 m
Material in bottom : . . . . .	ST235	Extension height : . . . . .	0.000 m

# Datos gráficos

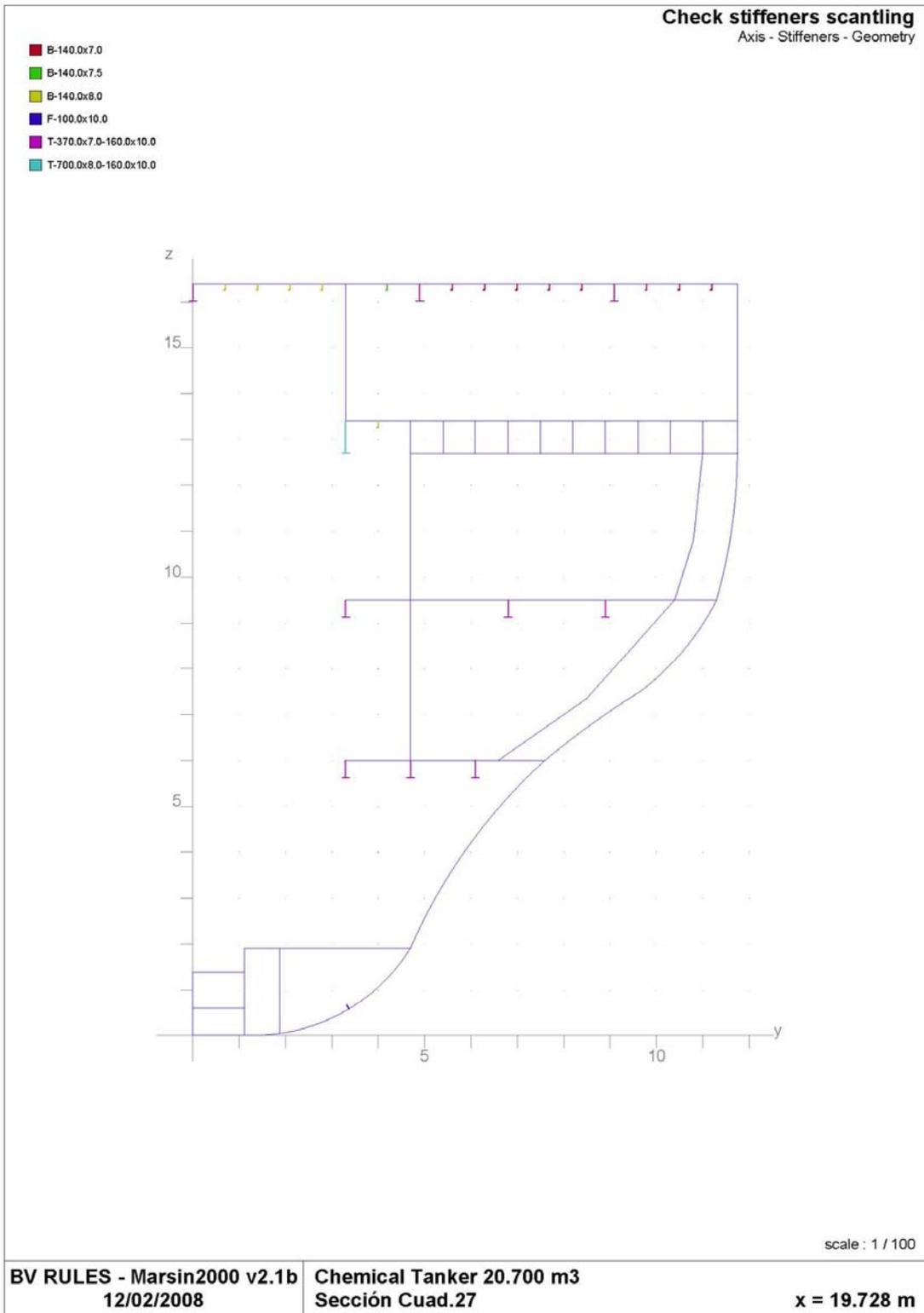
## Materiales (“data check”)



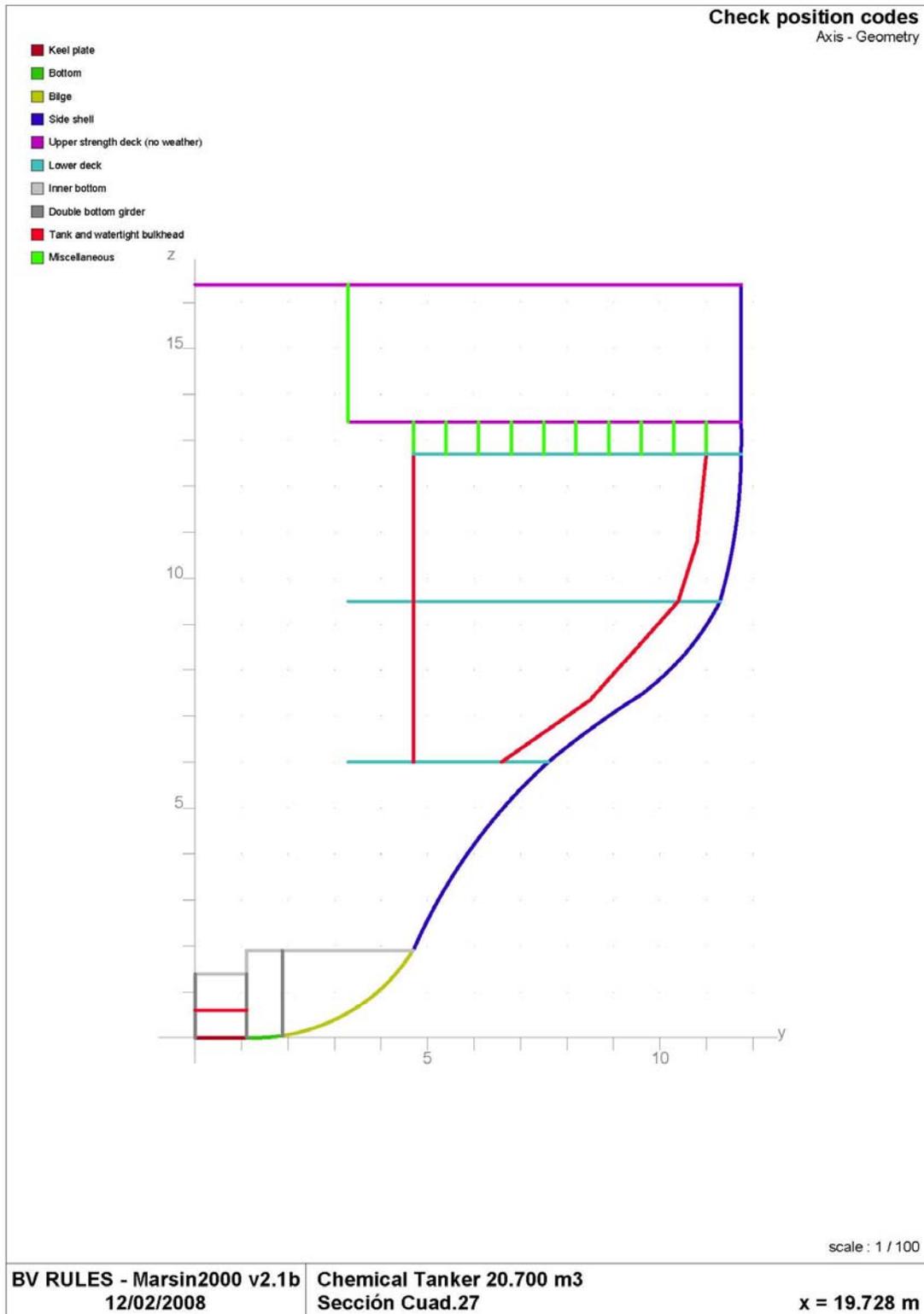
# Espesores ("data check")



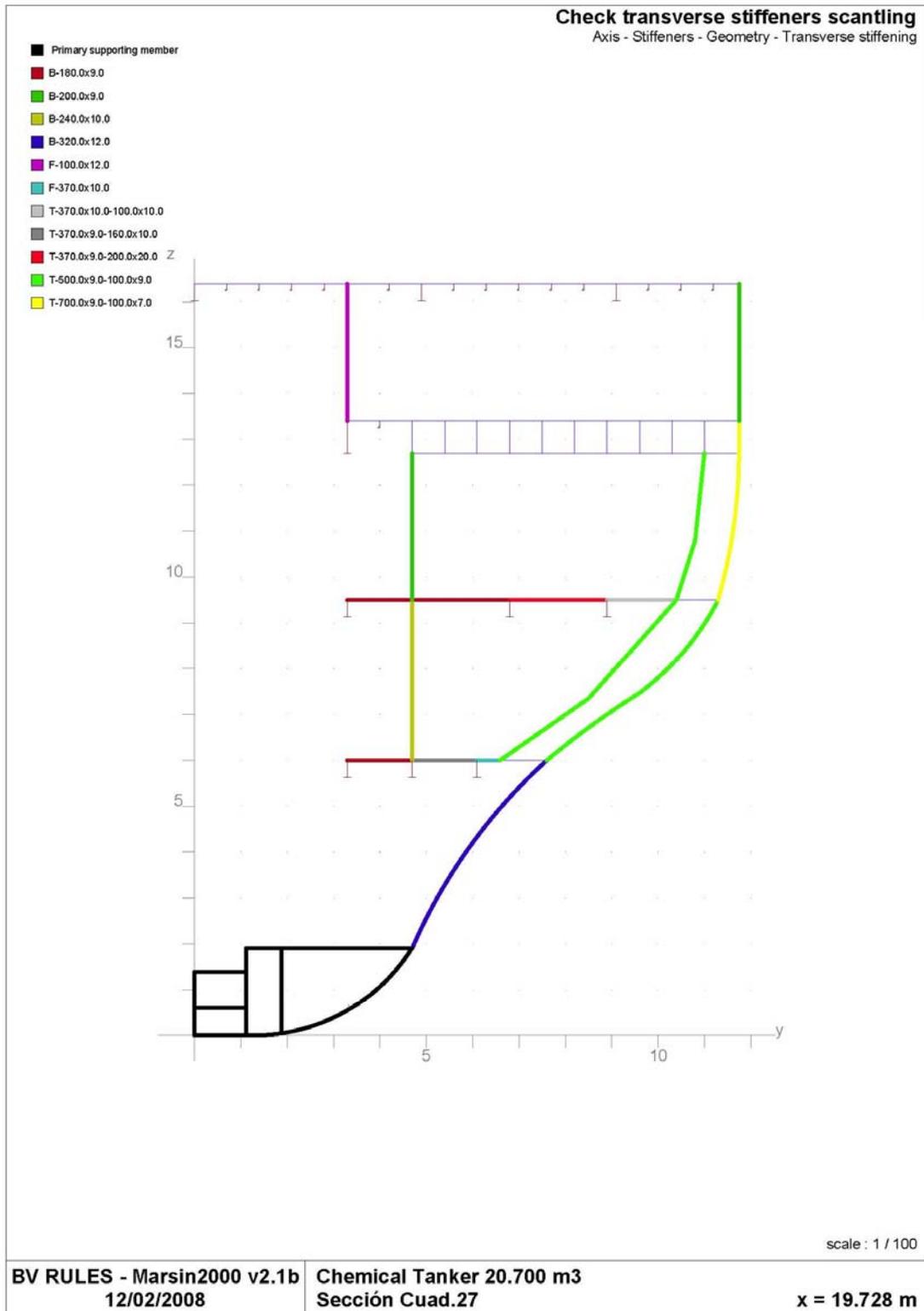
# Escantillones de longitudinales (“data check”)



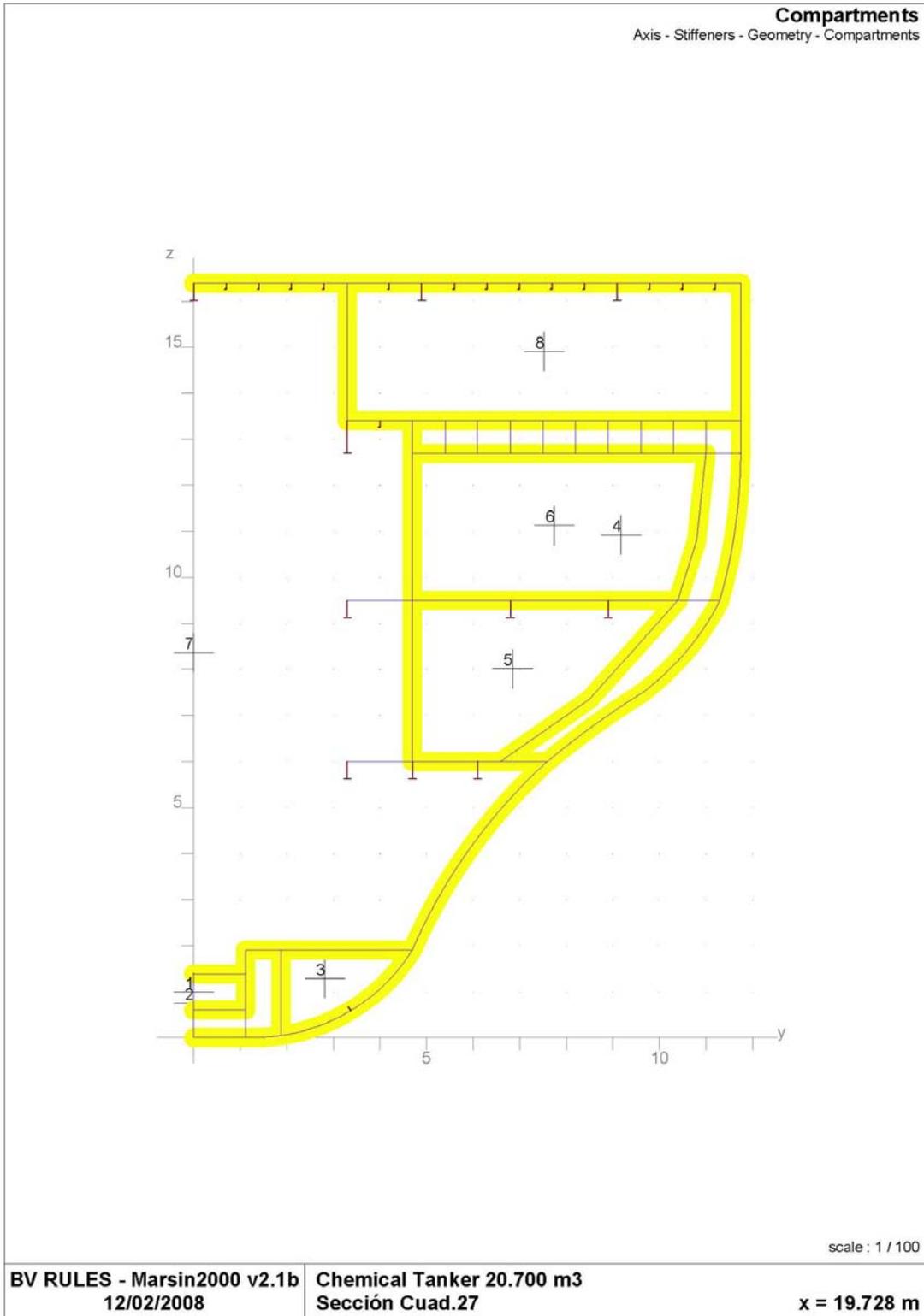
## Códigos de posición (“data check”)



## Reforzado transversal (“data check”)

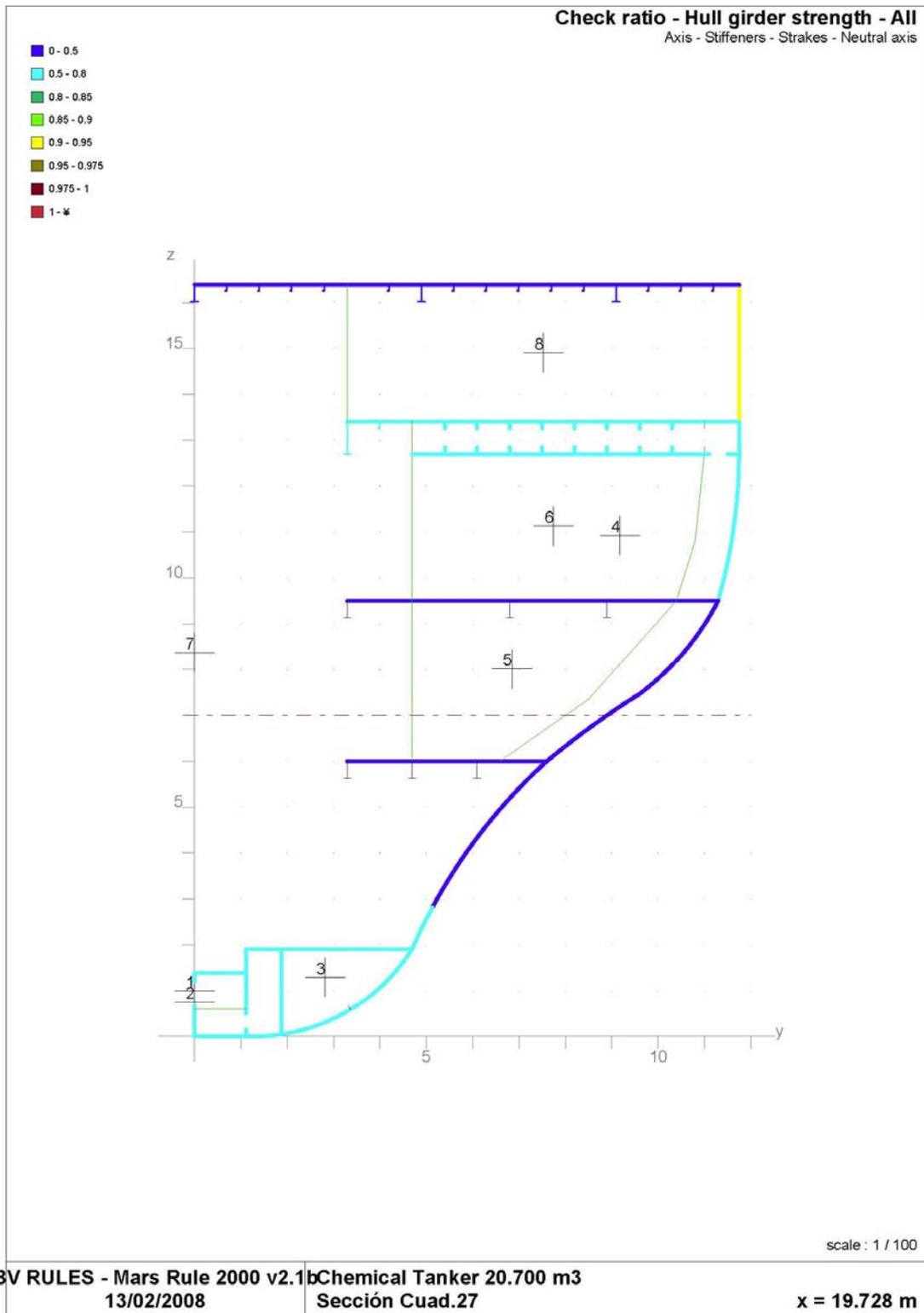


# Compartimentos ("data check")



## Resultados gráficos

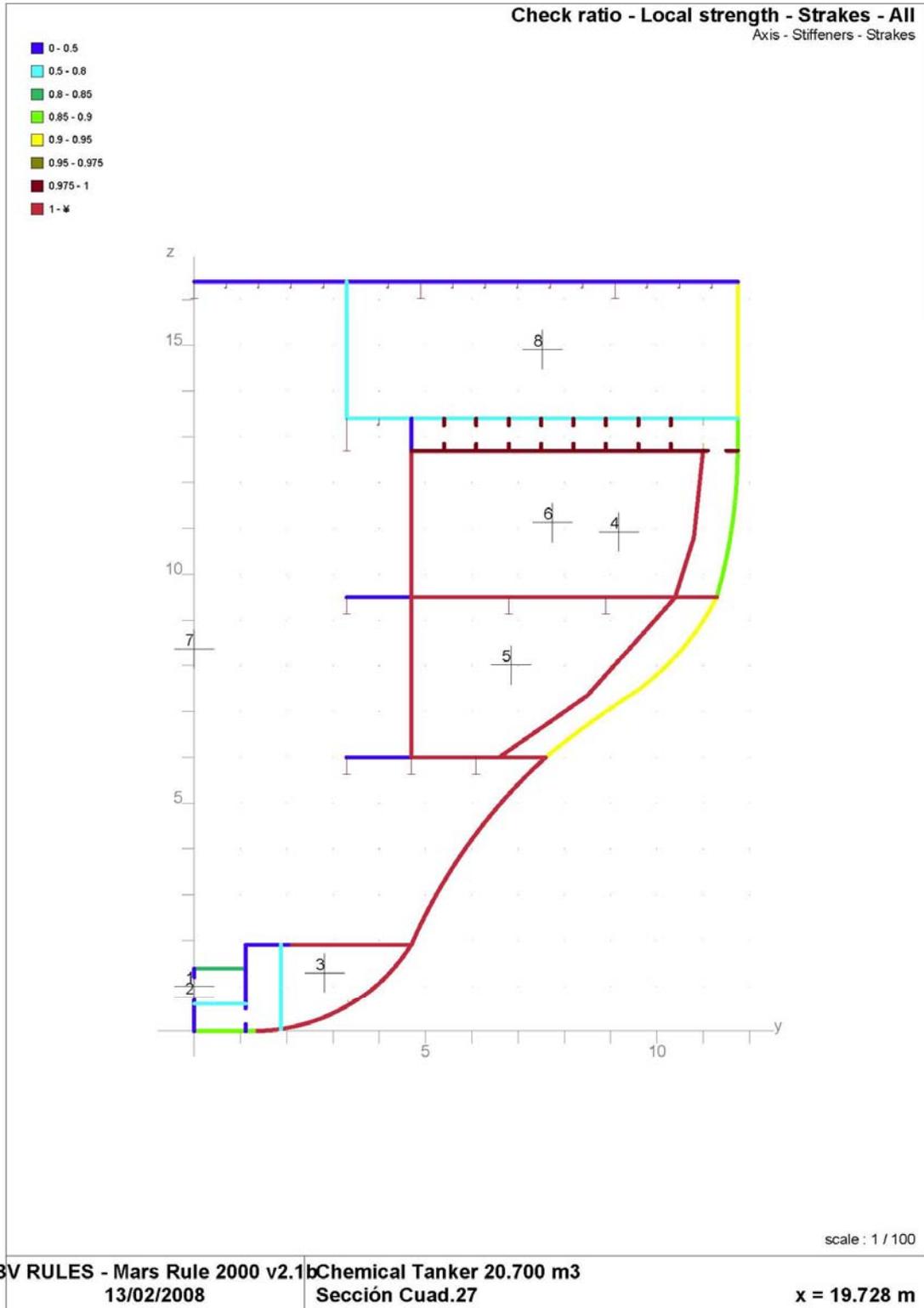
### Viga-Buque ("ratio")



### Viga-Buque (Comentarios)

En el gráfico se observa la posición de la línea neutra y el ratio de las tensiones de los elementos longitudinales que son correctos; no hay lugar a ningún comentario.

# Tracas ("ratio")



## Tracas (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, los espesores siguientes no cumplen los requisitos reglamentarios:

- Tracas de fondo y pantoque
- 
- Tracas de forro entre doble fondo y la plataforma inferior
- Doble fondo
- Plataforma inferior en su parte lateral (fondo de tanque)
- Plataforma superior en su parte lateral (fondo de tanque)
- Mamparo longitudinal de tanques
- Cofferdam

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck $\sigma_{CRIT}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck $\tau_{CRIT}$ Buck

#### 1 - Fondo y Pantoque

2	12.00		13.00	13.00		ST235	0.700	1.600	100
	11.00	*	12.01	93.40	99.64	28.89	SEA-a1	19.28	
			7.47	97.86	138.68		a	-93.40	* -78.57
1.00			0.00	0.00	110.00		a	19.28	106.31
3	12.00		13.00	13.00		ST235	0.700	1.896	100
	11.00	*	12.02	86.02	94.16	29.59	SEA-a1	22.46	
			7.75	96.96	138.68		a	-93.40	* -78.57
1.00			0.00	0.00	110.00		a	22.46	105.77
4	12.00		13.00	12.50		ST235	0.700	1.896	100
	11.00	*	11.97	85.16	93.53	29.68	SEA-a1	22.83	
			7.75	88.76	138.68		a	-86.02	* -76.41
1.00			0.00	0.00	110.00		a	22.83	105.77

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{CRIT}$ Buck

#### 2 - Costado

5	11.00		12.00	12.00		ST235	0.700	5.047	100
	10.00	*	11.21	67.97	80.79	31.39	SEA-a1	30.25	
			0.00	71.08	138.68		c	-64.87	* -55.36
1.00			9.65	0.00	110.00		c	30.25	101.00

6	11.00		11.50	12.00		ST235	0.700	5.047	100
	10.00	*	10.58	55.75	71.74	32.66	SEA-a1	35.53	
			0.00	58.50	138.68		c	-64.87	* -55.36
1.00			9.65	0.00	110.00		c	35.53	101.00

#### 4 - Doble Fondo

14	11.00		11.00	13.00		ST235	0.700	2.820	100
	9.75		8.99	59.88	73.26	7.51	BAL 3-d-	0.00	
			8.60	71.08	138.68		a	-67.97	* -47.17
1.25			9.56	0.00	110.00		a	0.00	0.00

#### 5 - Plataforma inferior

16	9.00		9.50	6.50		ST235	0.700	1.400	78
	7.75	*	8.11	9.78	68.98	26.05	BAL 5-b	0.00	
			6.70	10.96	138.68		c	-18.63	-41.33
1.25			0.00	0.00	110.00		c	0.00	0.00

#### 6 - Plataforma Superior

18	9.00		9.50	6.50		ST235	0.700	2.100	34
	7.25	*	7.51	11.89	50.71	17.14	BAL 6-b	0.00	
			6.04	11.83	138.68		c	-11.71	-28.03
1.75			0.00	0.00	110.00		c	0.00	0.00

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule	tGRuleBuck	Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck
							$\sigma_{CRIT}$ Buck
							$\tau_{CRIT}$ Buck

#### 11 - Mamparo Longitudinal

23	9.00	9.50	0.00			ST235	0.700	3.500	0
	8.00	7.54	0.00	68.98	26.05	BAL 5-b		0.00	
		7.33	0.00	138.68				0.00	0.00
1.00		8.37	0.00	110.00				0.00	0.00

24	7.00	9.50	0.00			ST235	0.700	3.200	0
	6.00	6.36	0.00	50.71	17.14	BAL 6-b		0.00	
		6.04	0.00	138.68				0.00	0.00
1.00		8.37	0.00	110.00				0.00	0.00

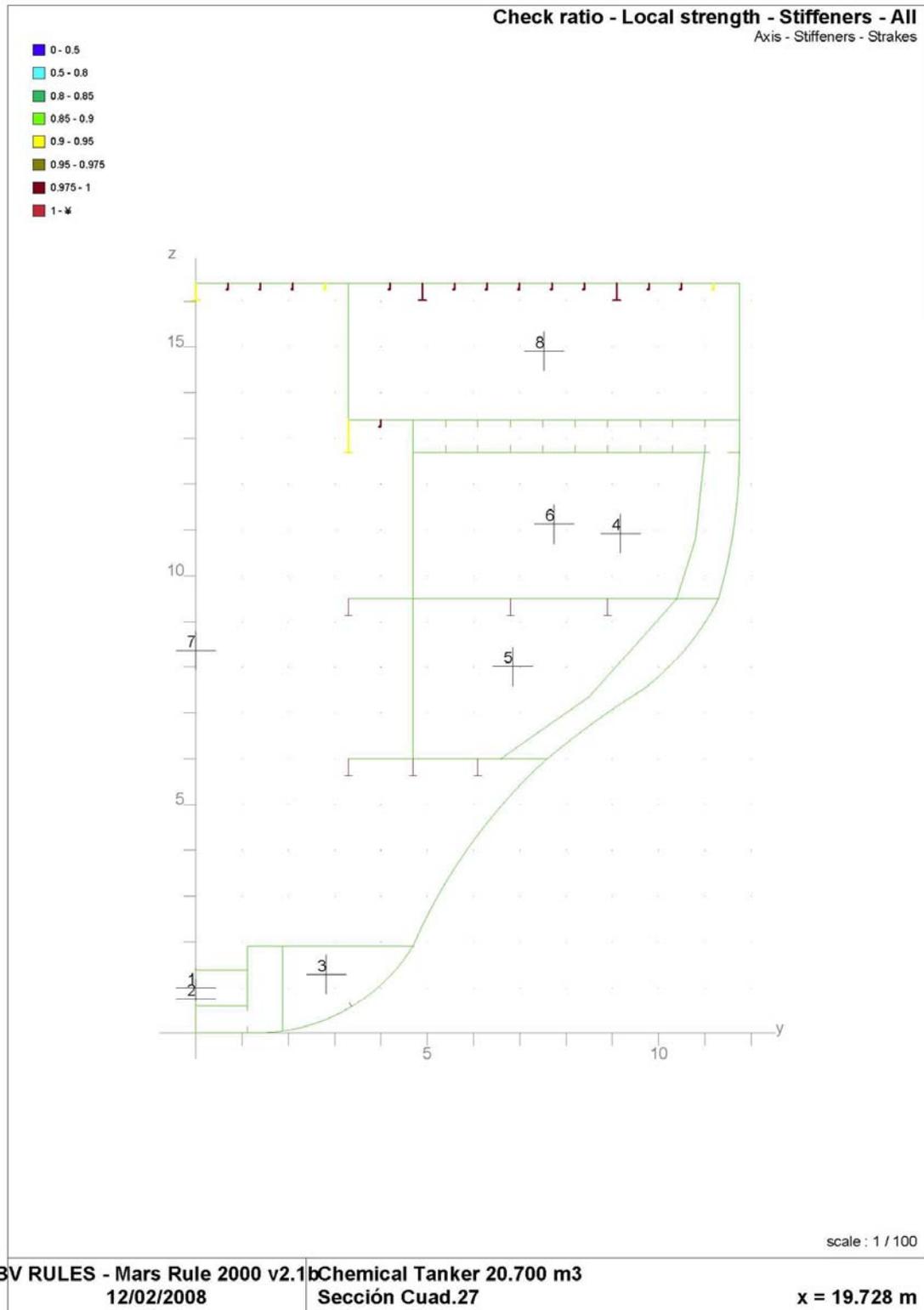
#### 14 - Cofferdam

28	9.00	9.50	0.00			ST235	0.700	5.200	0
	8.00	7.54	0.00	68.98	26.05	BAL 5-b		0.00	
		7.33	0.00	138.68				0.00	0.00
1.00		8.37	0.00	110.00				0.00	0.00

29	7.00	9.50	0.00			ST235	0.700	3.271	0
	6.00	6.47	0.00	50.71	19.24	BAL 6-d+		0.00	
		6.04	0.00	138.68				0.00	0.00
1.00		8.37	0.00	110.00				0.00	0.00

En el resumen del estudio por Mars de la zona de máquinas, que aparece al final de los cálculos de la zona de máquinas, se indica la modificación de los espesores de las tracas anteriores.

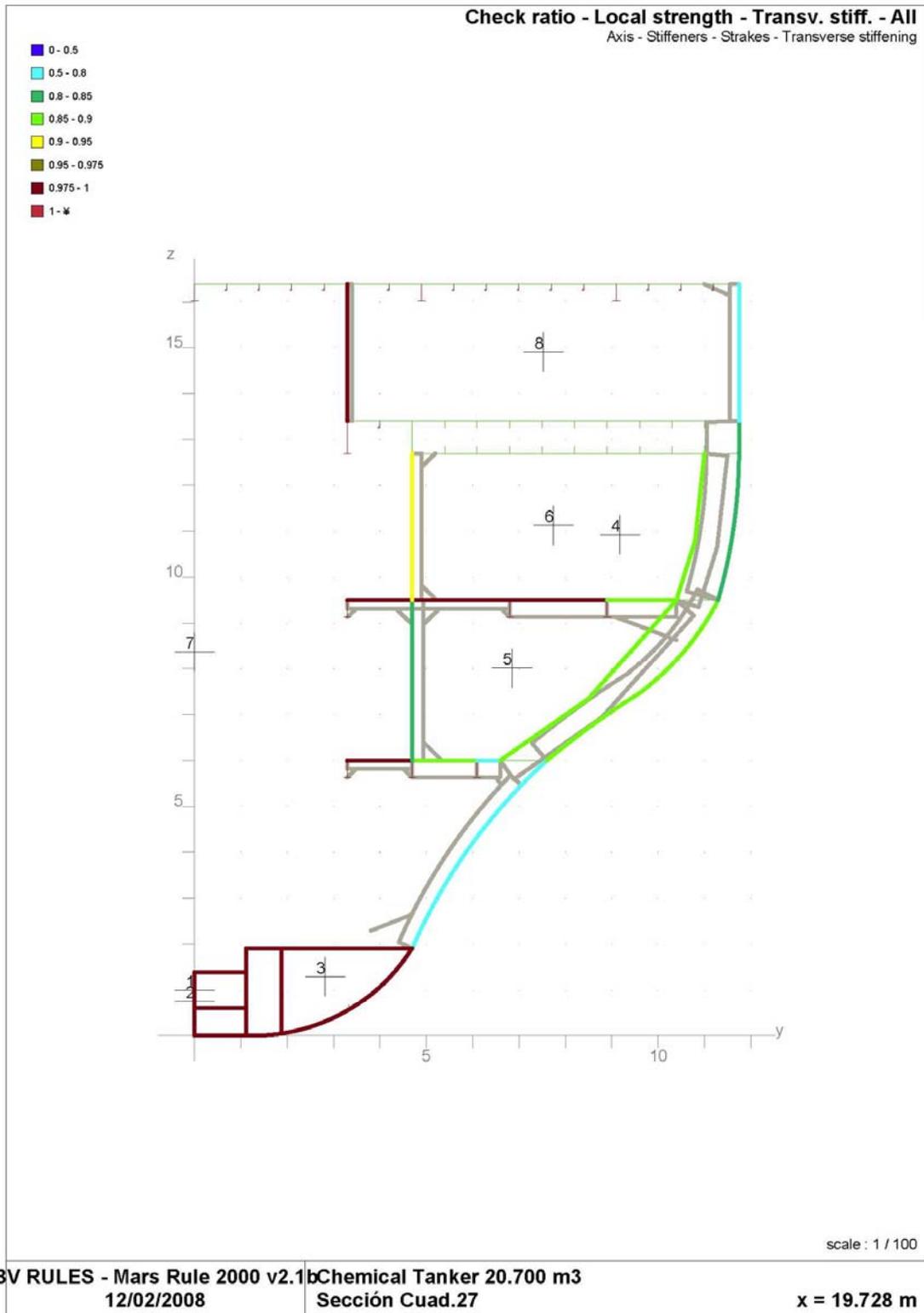
## Longitudinales (“ratio”)



## Longitudinales (Comentarios)

El escantillonado de los longitudinales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Refuerzos transversales (“ratio”)

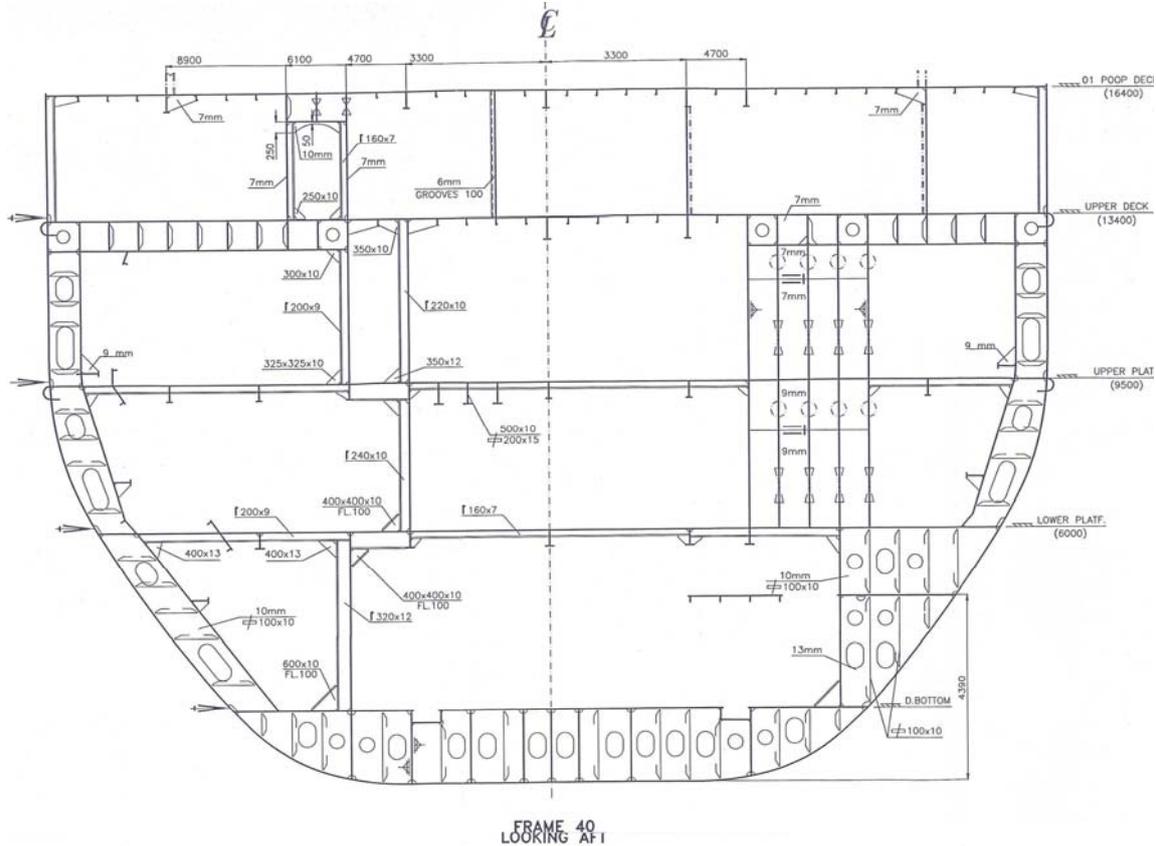


## Refuerzos transversales (Comentarios)

El escantillonado de los refuerzos transversales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Sección por cuaderna 40

En esta sección, como se ha visto anteriormente, solo el costado de la toldilla es efectiva al 38%, la cubierta de toldilla, la 1ª plataforma y la 2ª, no tienen ninguna efectividad.



## Datos

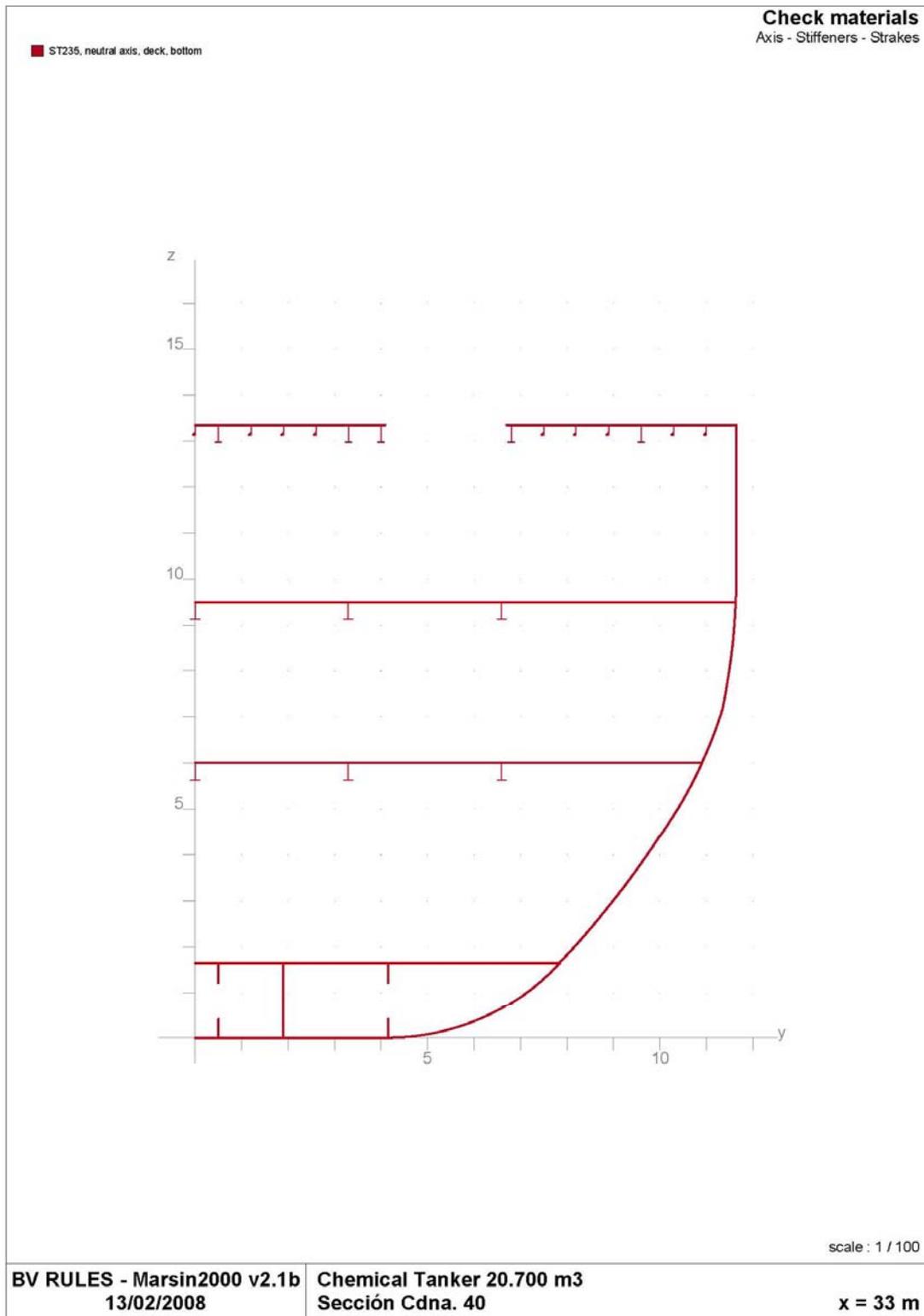
Abajo se reproducen los datos numéricos principales de la sección. A continuación, se dan todos los datos, gráficamente.

### Main Section Data

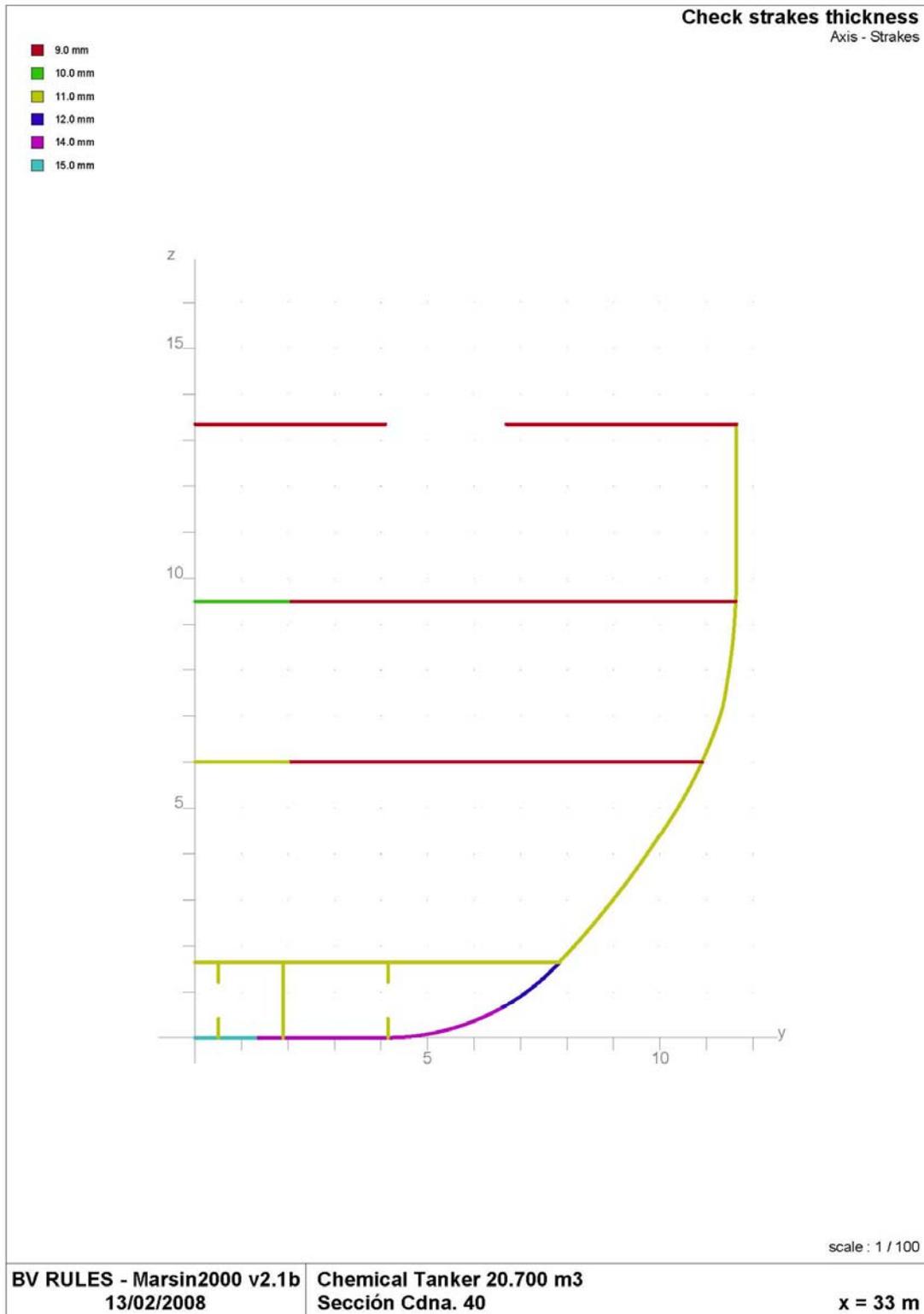
Section identification : .....	Sección Cdna. 40	
Longitudinal location : .....	33.000 m	
Breadth moulded : .....	23.500 m	
Depth moulded (at strength deck) : .....	13.000 m	
Depth (at top of continuous member) : .....	13.000 m	
Input of : half section		
Ship built in : .....	STEEL	
Material in neutral axis : .....	ST235	
Material in deck : .....	ST235	Extension height : .....
Material in bottom : .....	ST235	Extension height : .....
		0.000 m
		0.000 m

# Datos gráficos

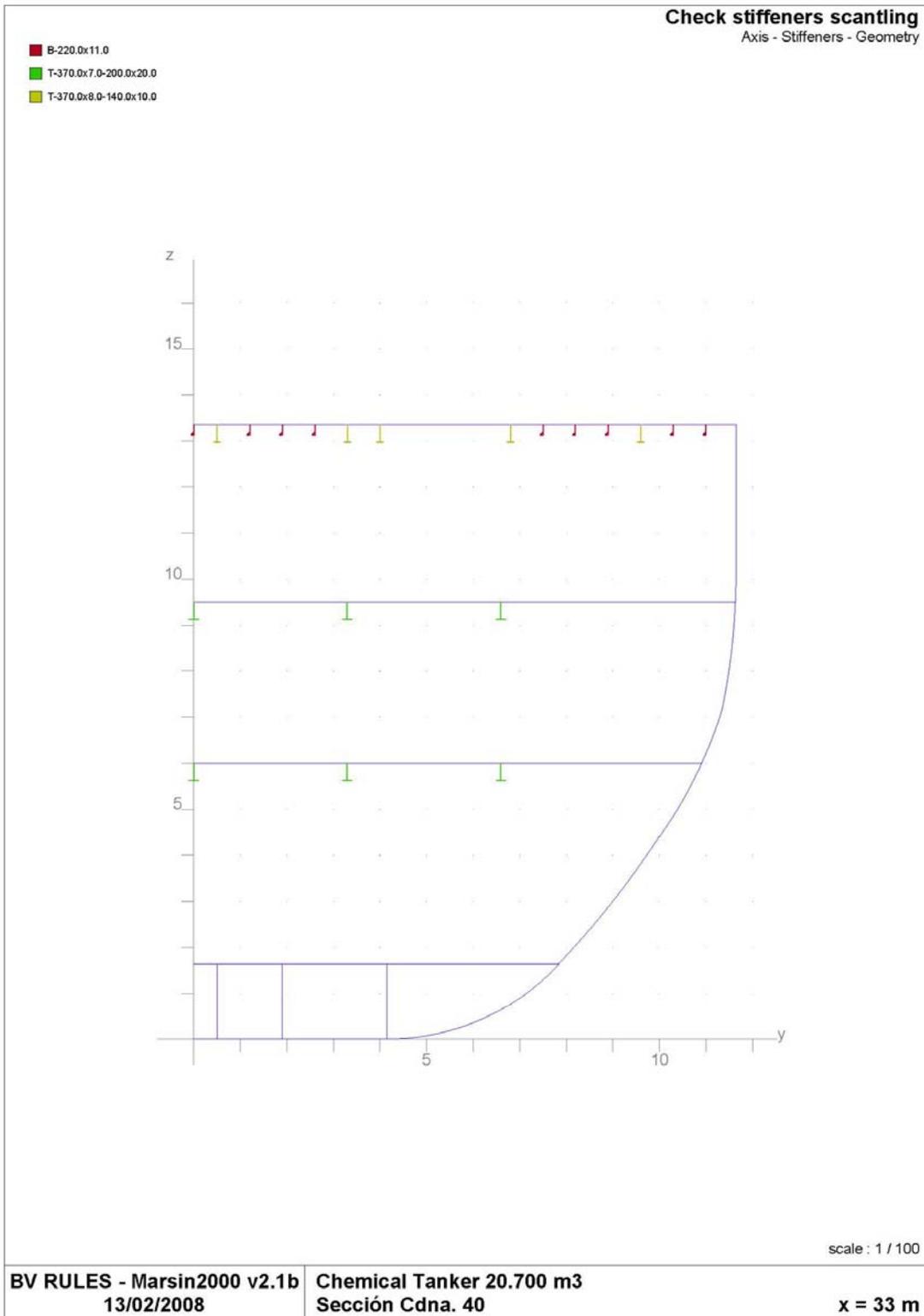
## Materiales (“data check”)



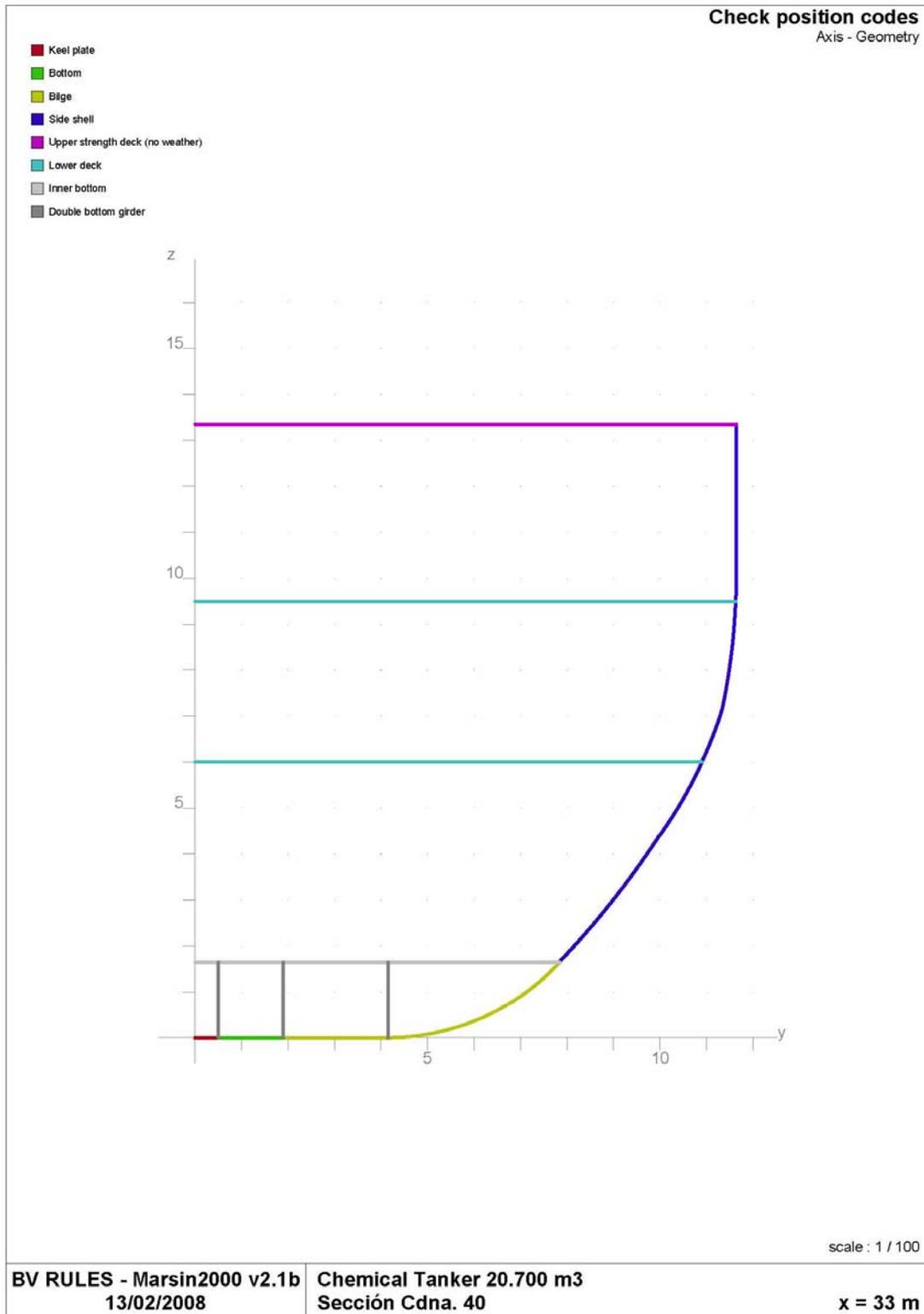
# Espesores (“data check”)



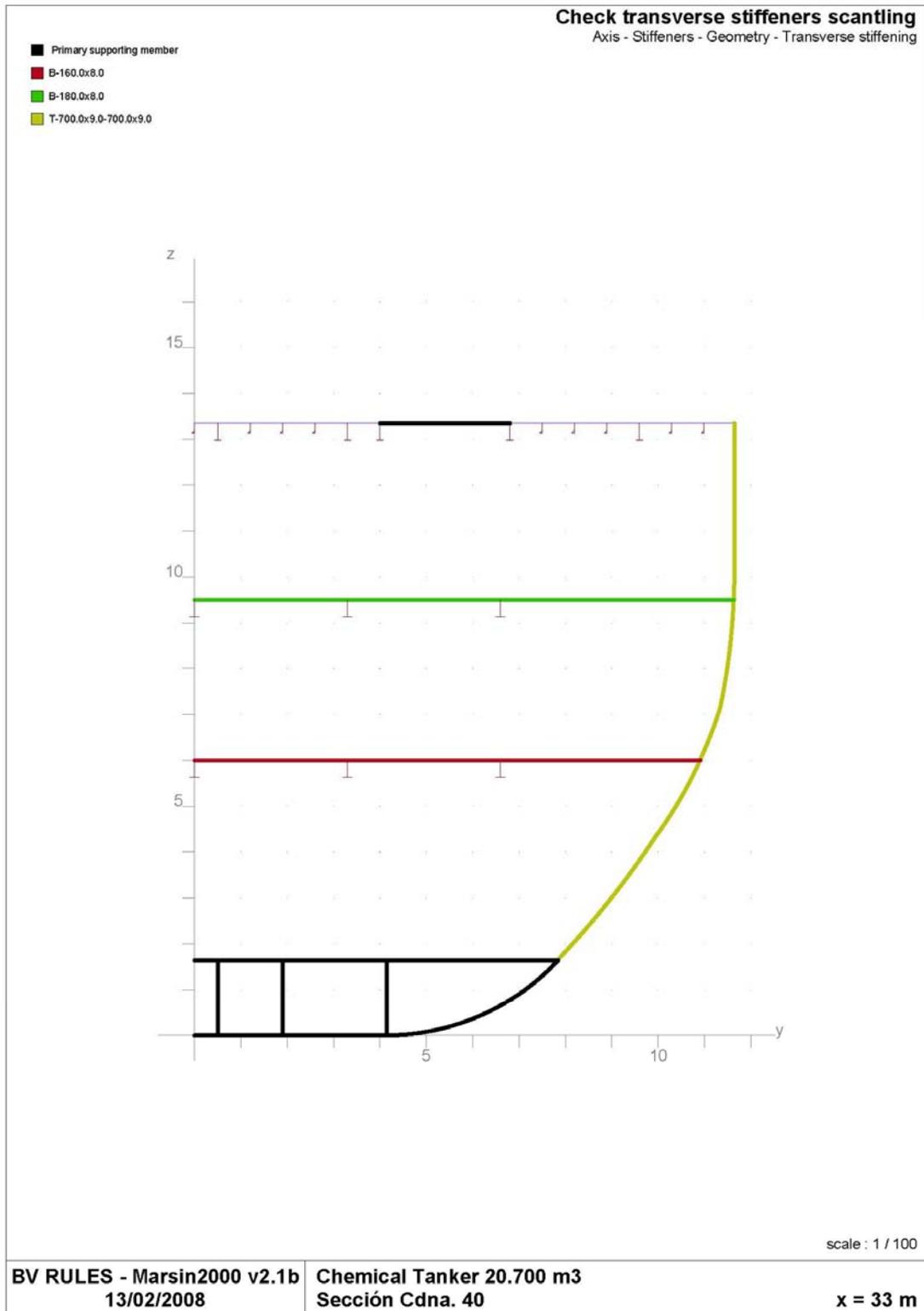
# Escantillones de longitudinales (“data check”)



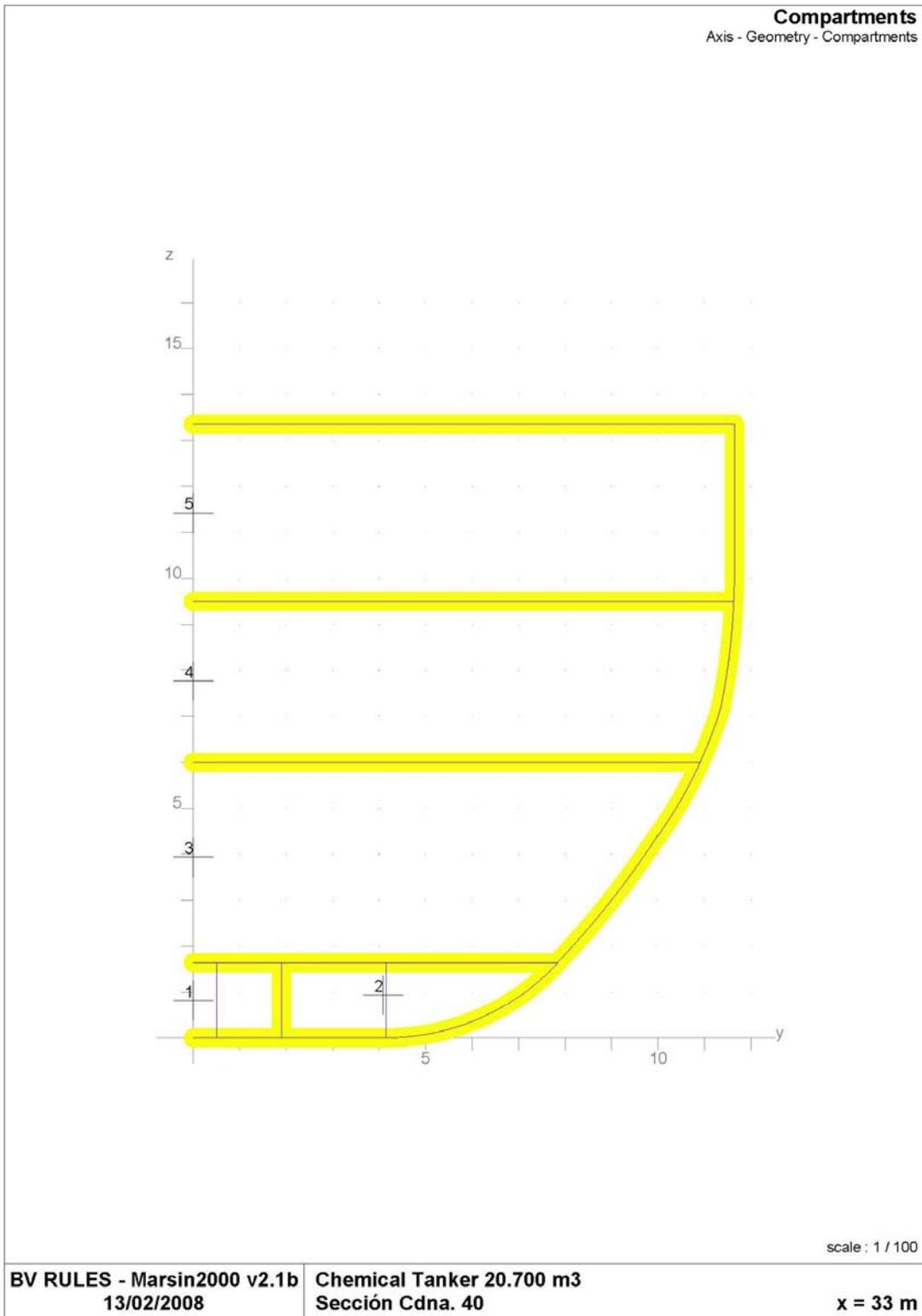
## Códigos de posición (“data check”)



## Reforzado transversal (“data check”)

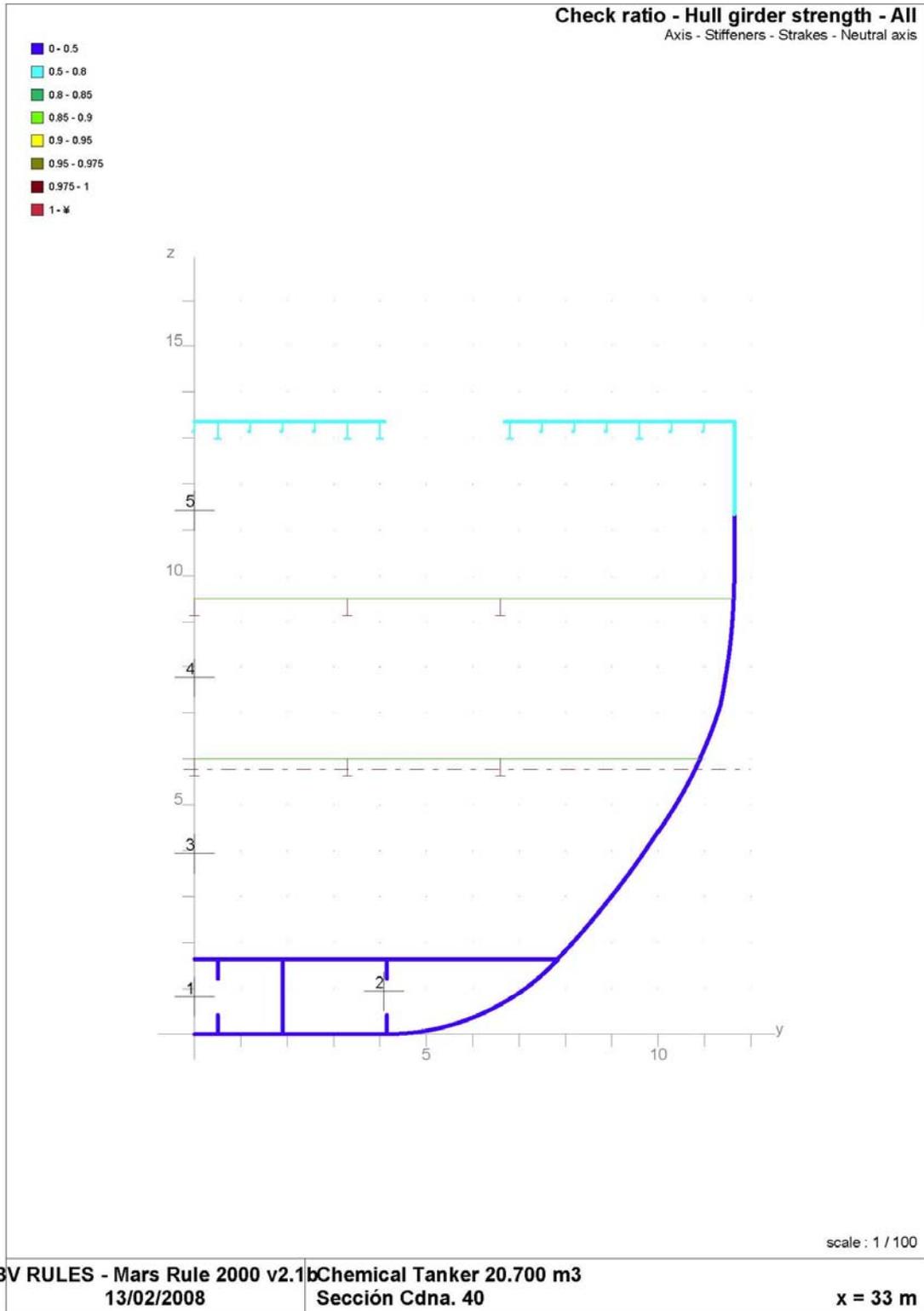


# Compartimentos (“data check”)



## Resultados gráficos

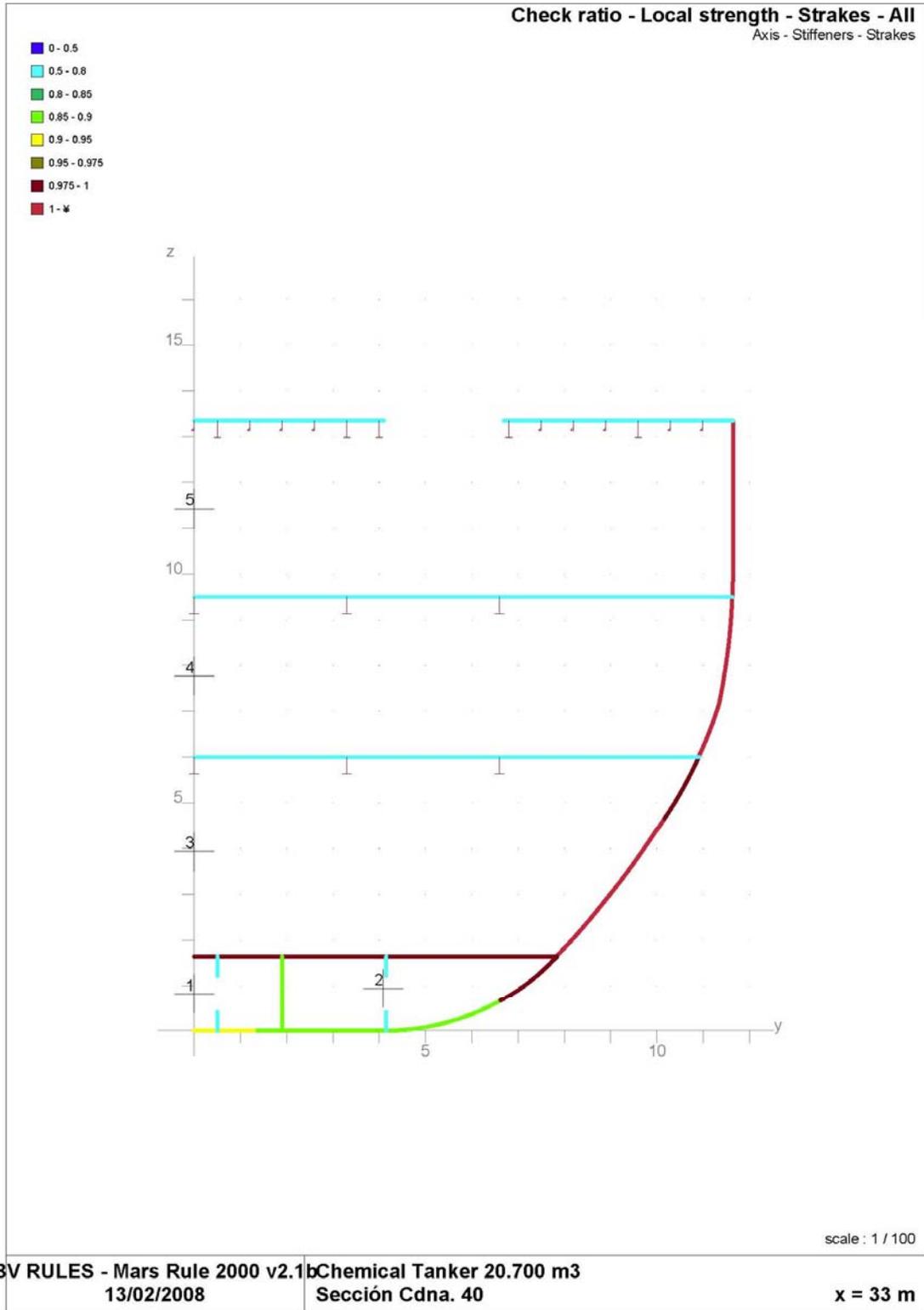
### Viga-Buque ("ratio")



### Viga-Buque (Comentarios)

En el gráfico se observa la posición de la línea neutra y el ratio de las tensiones de los elementos longitudinales que son correctos; no hay lugar a ningún comentario.

# Tracas ("ratio")



## Tracas (Comentarios)

Como se observa en el gráfico anterior, las únicas tracas cuyos espesores no cumplen los requisitos reglamentarios son las siguientes:

- Tracas de forro entre doble fondo y la cubierta superior

### Local Rule Requirements - Strake

N°	tGActu.	tGRule tGRuleBuck				Mat	Spac	Span	Bend.Eff.
	tNetActu.	tLoad	SigX1	ps	pw	Case	Tau1		
CAdd		tTest	$\sigma_N$ Actu.	$\sigma_N$ Rule		Case	$\sigma_{Ap}$ Buck	$\sigma_{CRIT}$ Buck	
		tMini	$\tau_N$ Actu.	$\tau_N$ Rule		Case	$\tau_{Ap}$ Buck	$\tau_{CRIT}$ Buck	

#### 2 - Costado

5	11.00		11.50	11.00		ST235	0.700	5.339	100
	10.00	*	10.52	44.67	83.46	29.85	SEA-c+	21.50	
			0.00	53.28	168.60		c	-43.09	-44.91
1.00			9.65	0.00	110.00		c	28.70	100.97

6	11.00		11.50	11.00		ST235	0.700	5.339	100
	10.00	*	10.29	43.57	72.06	34.73	SEA-c+	26.48	
			0.00	38.63	168.60		c	-43.09	-44.91
1.00			9.65	0.00	110.00		c	35.34	100.97

8	11.00		10.50	11.50		ST235	0.700	3.601	100
	10.00		9.39	39.35	39.72	47.22	SEA-c+	28.52	
			0.00	24.96	168.60		c	-56.05	* -51.43
1.00			9.65	0.00	110.00		c	38.07	101.27

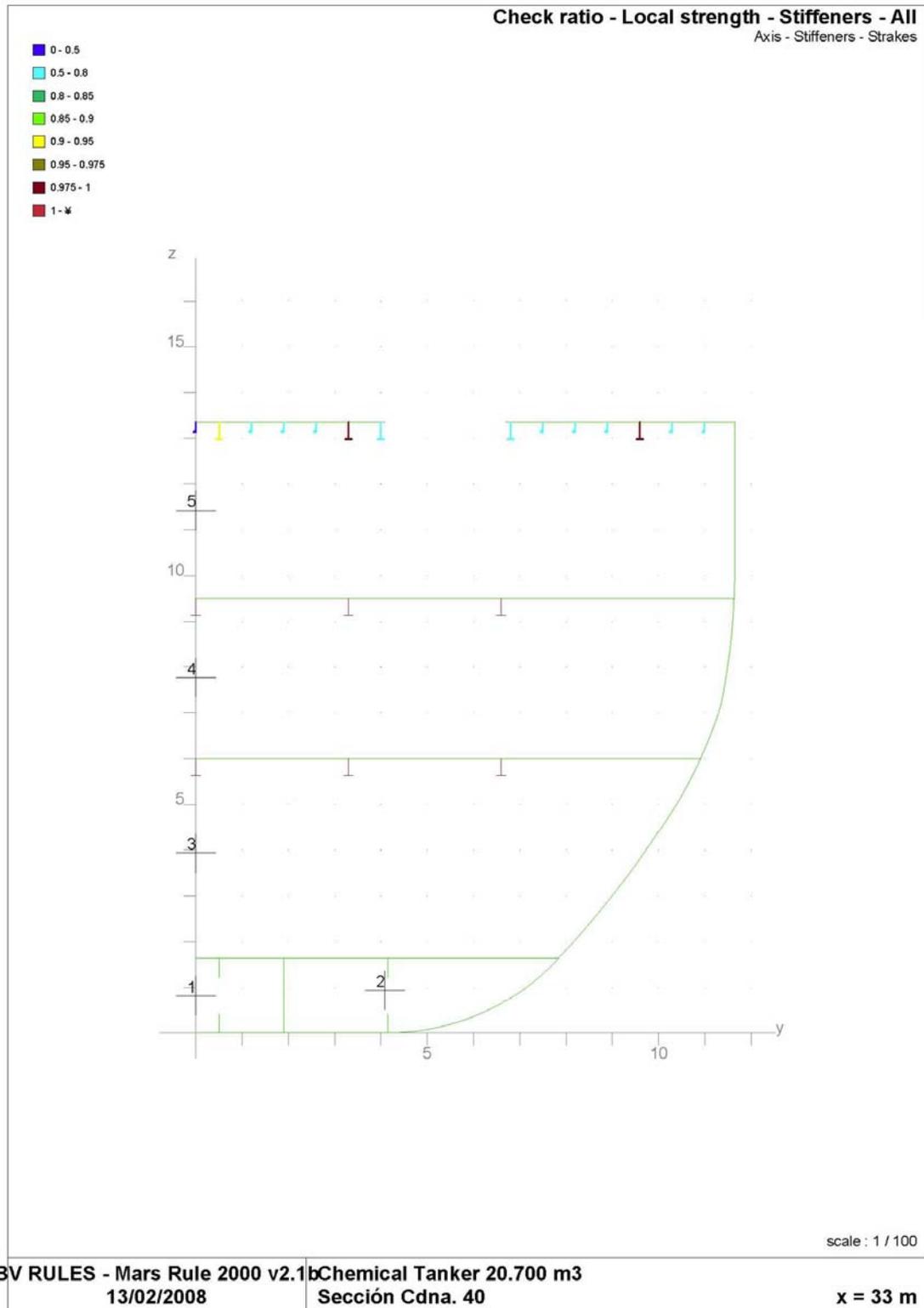
9	11.00		10.50	11.50		ST235	0.700	3.601	100
	10.00		9.02	48.16	22.54	52.17	SEA-c+	28.52	
			0.00	48.06	168.60		c	-56.05	* -51.43
1.00			9.65	0.00	110.00		c	38.07	101.27

10	11.00		10.50	13.00		ST235	0.700	3.850	100
	10.00		8.44	56.05	4.52	55.96	SEA-c+	28.52	
			0.00	71.95	168.60		c	-71.63	* -48.78
1.00			9.65	0.00	110.00		c	38.07	101.20

11	11.00		10.50	13.00		ST235	0.700	3.850	100
	10.00		7.23	63.55	0.00	42.73	SEA-c+	21.51	
			0.00	97.80	168.60		c	-71.63	* -48.78
1.00			9.65	0.00	110.00		c	28.71	101.20

En el resumen del estudio por Mars de la zona de máquinas, que aparece al final de los cálculos de la zona de máquinas, se indica la modificación de los espesores de las tracas anteriores.

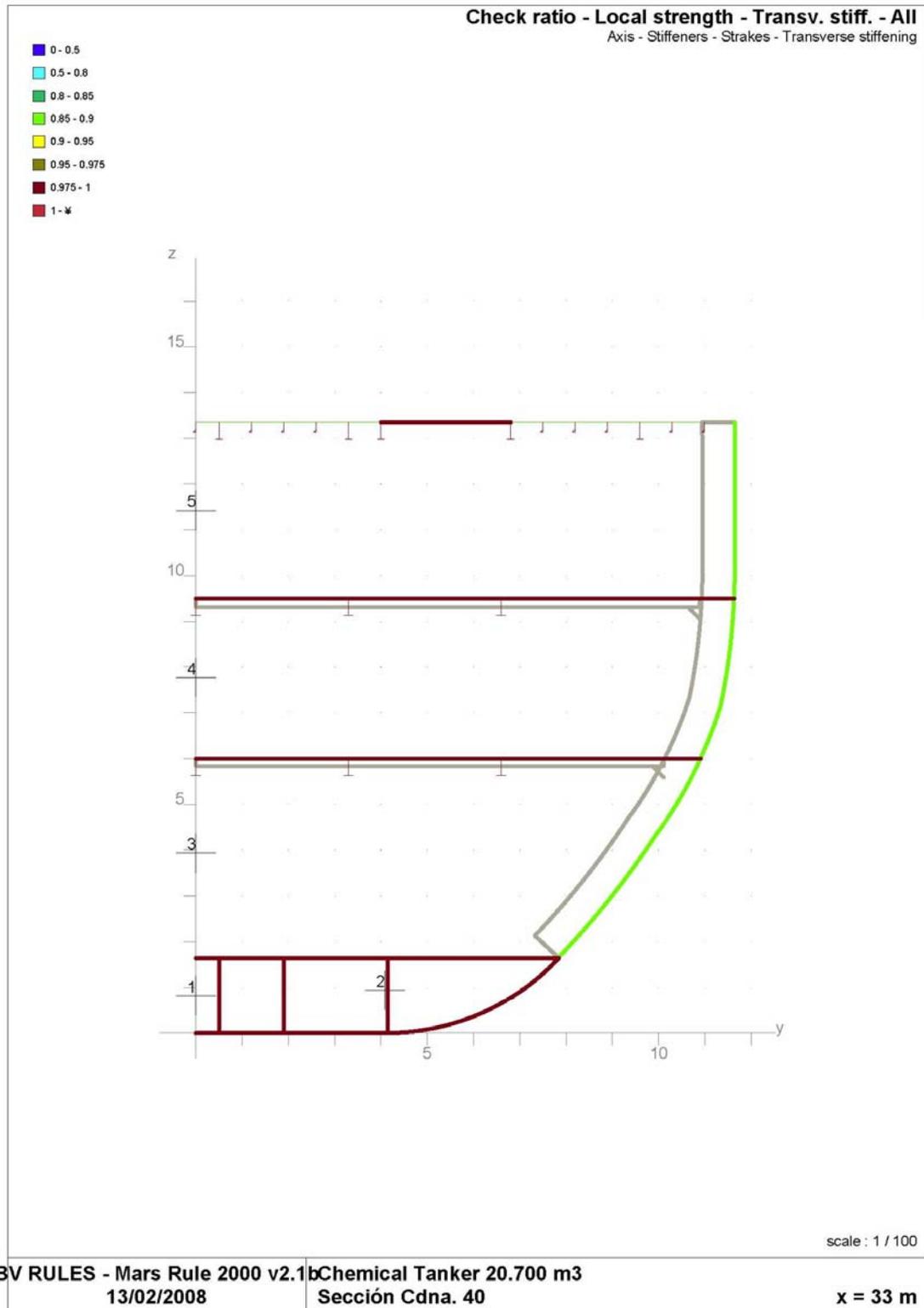
## Longitudinales (“ratio”)



## Longitudinales (Comentarios)

El escantillonado de los longitudinales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Refuerzos transversales ("ratio")



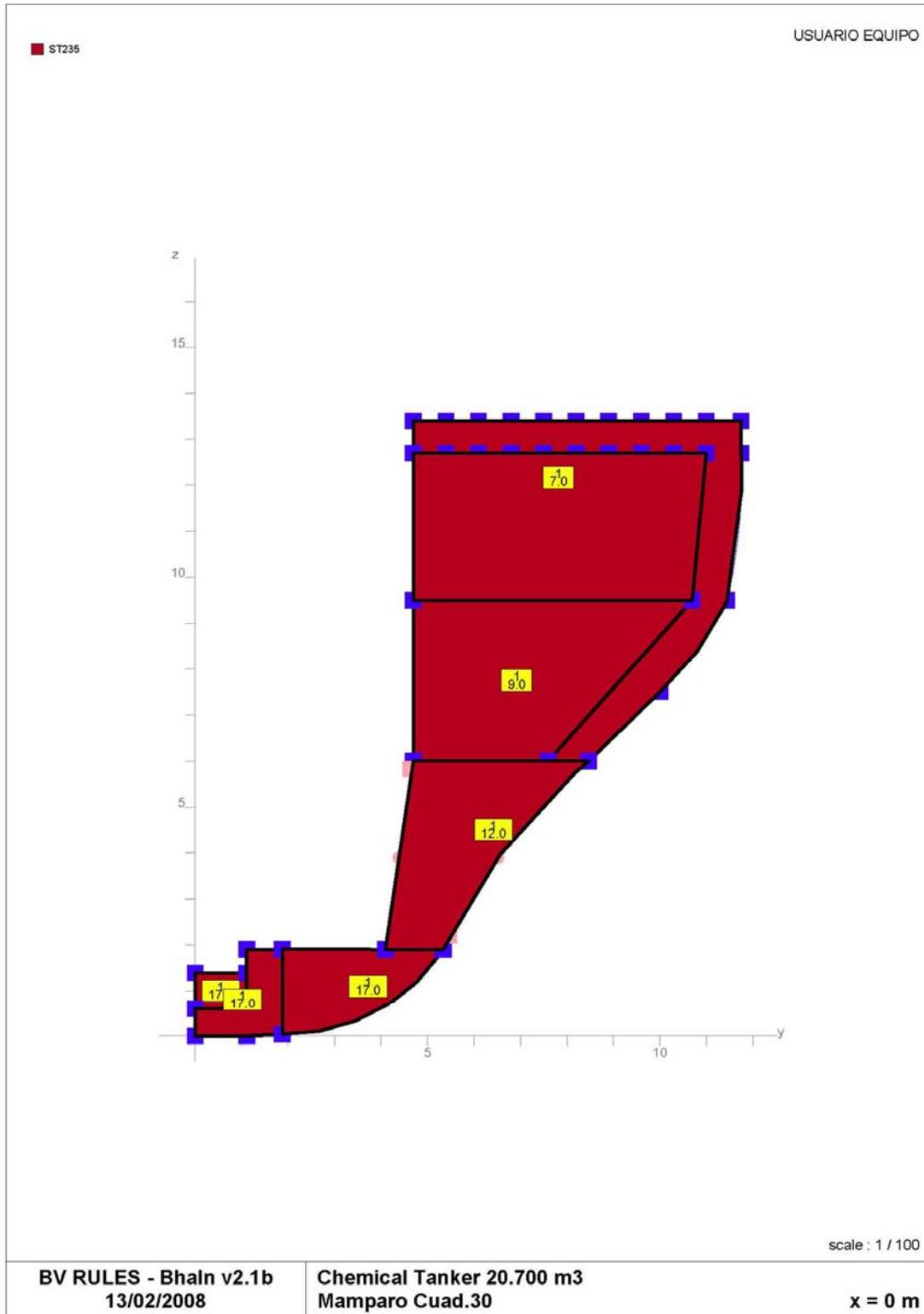
## Refuerzos transversales (Comentarios)

El escantillado de los refuerzos transversales está por encima de lo reglamentario, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

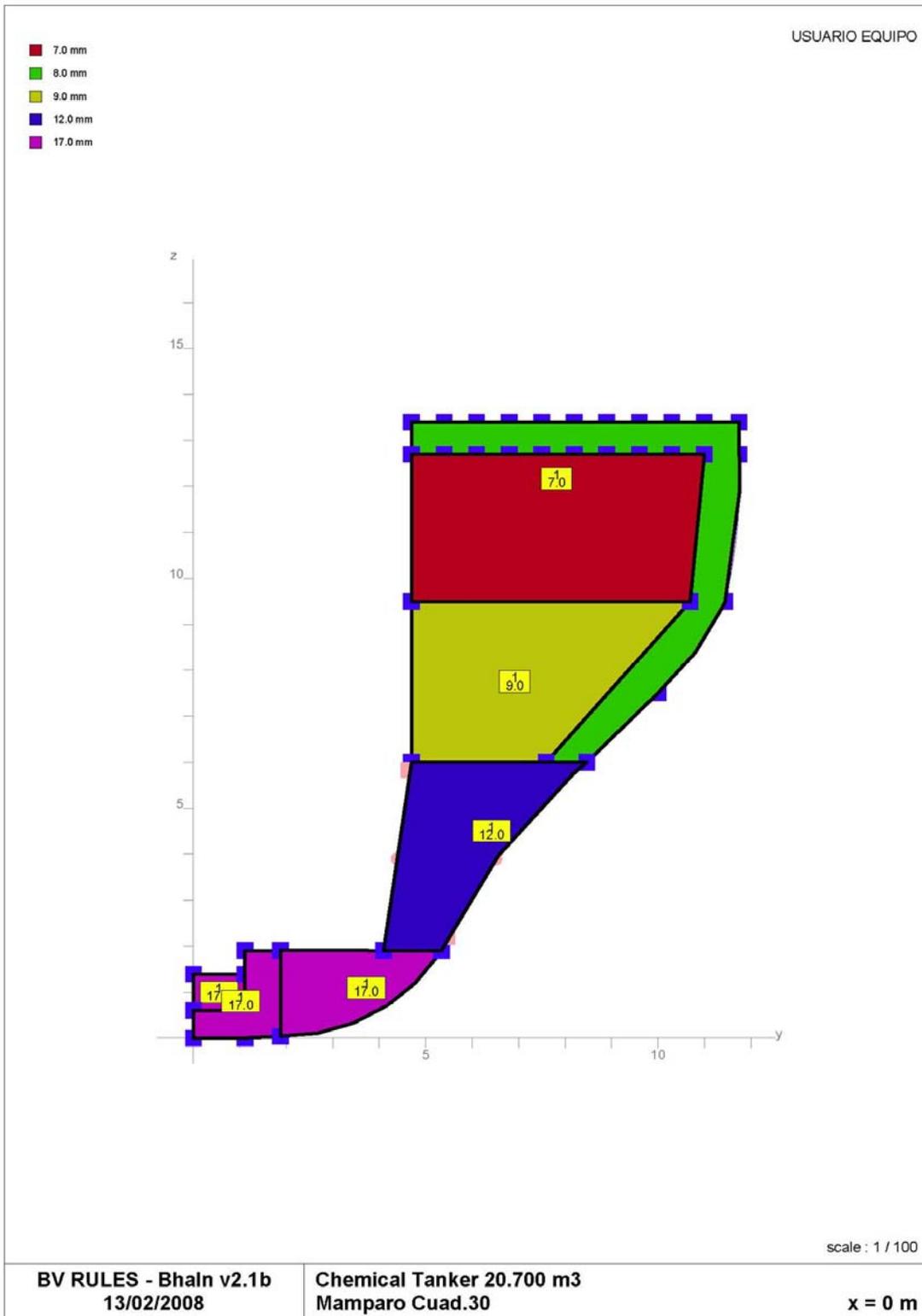


# Datos gráficos

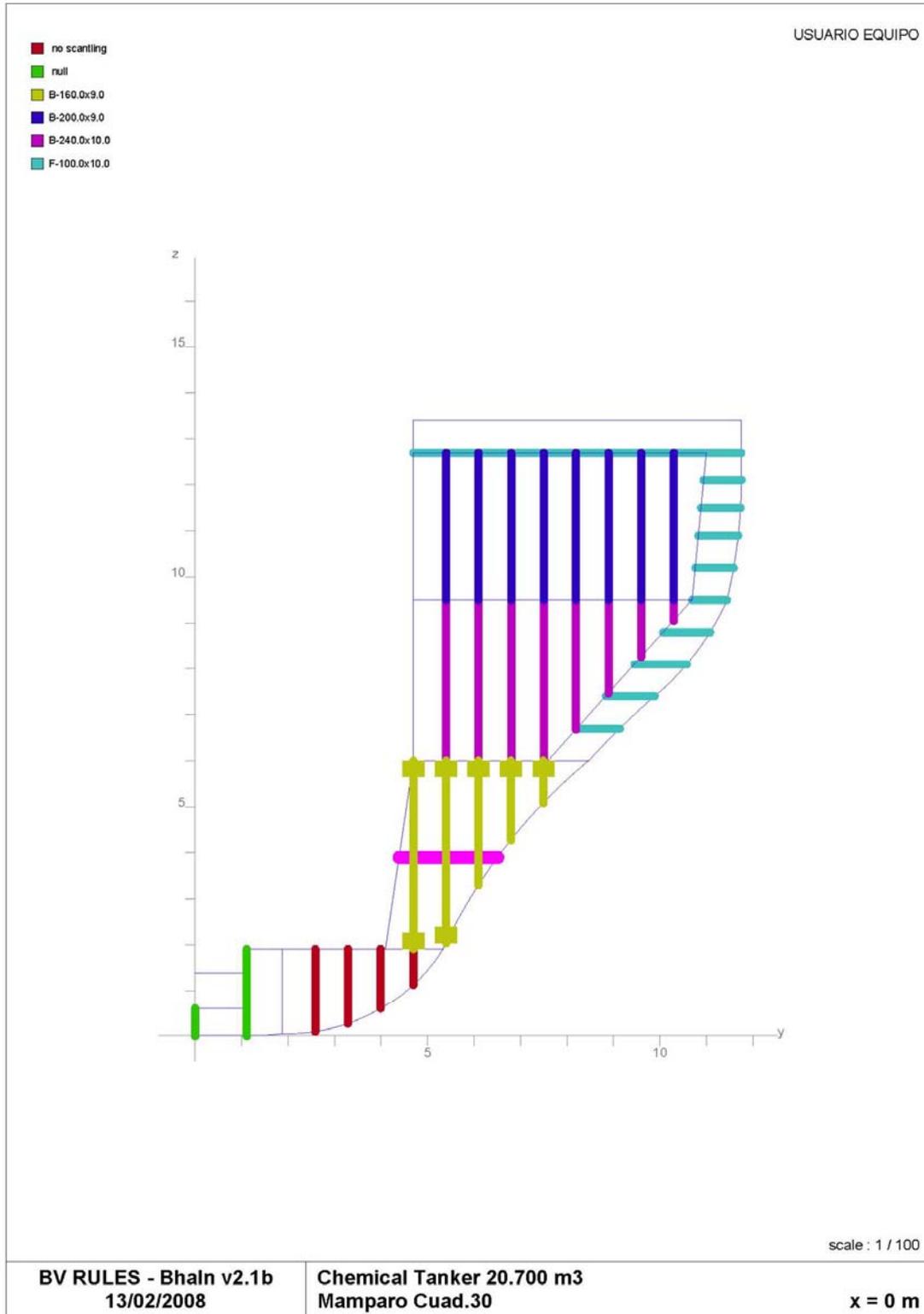
## Materiales (“data check”)



# Espesores (“data check”)

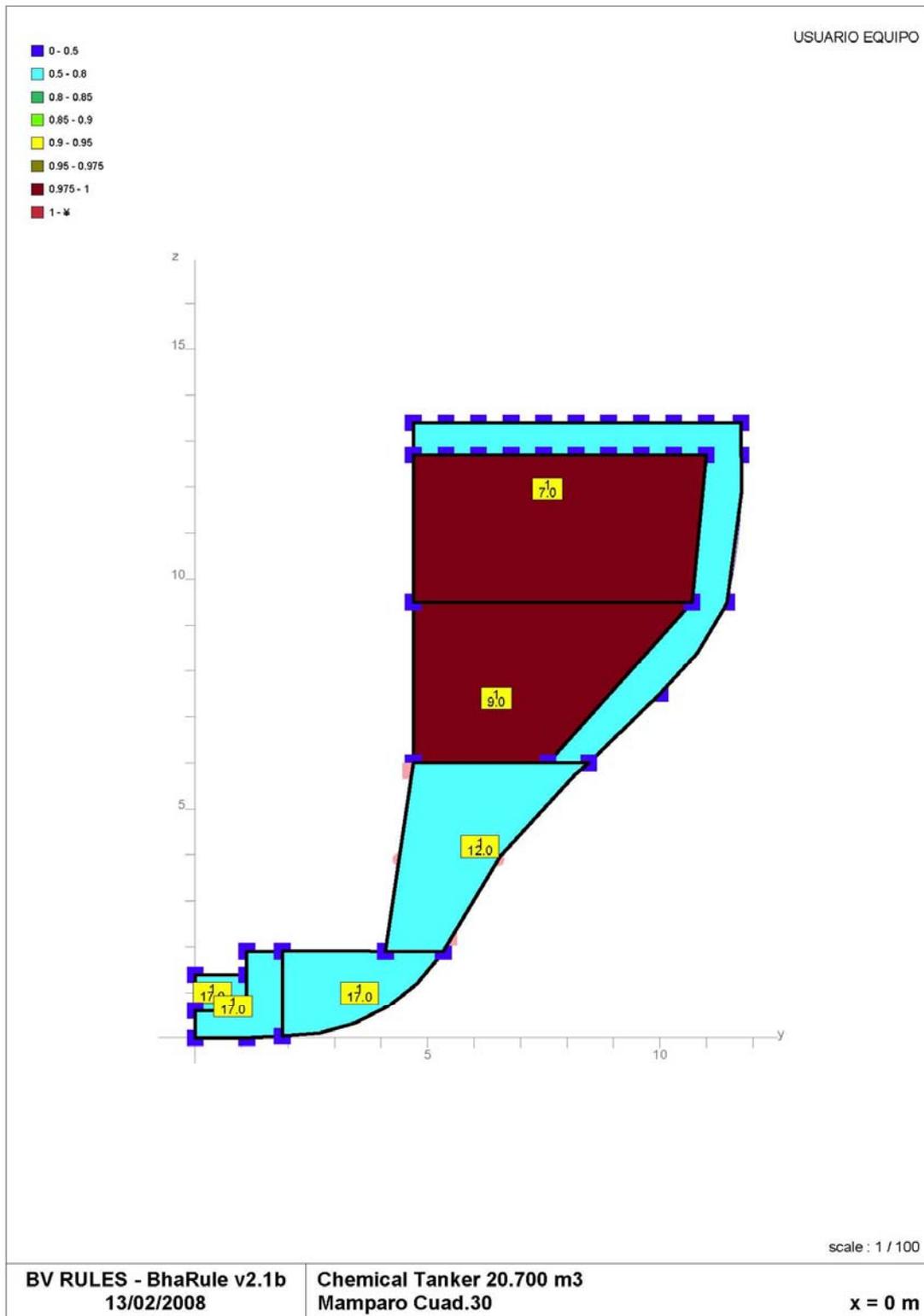


## Refuerzos (“data check”)



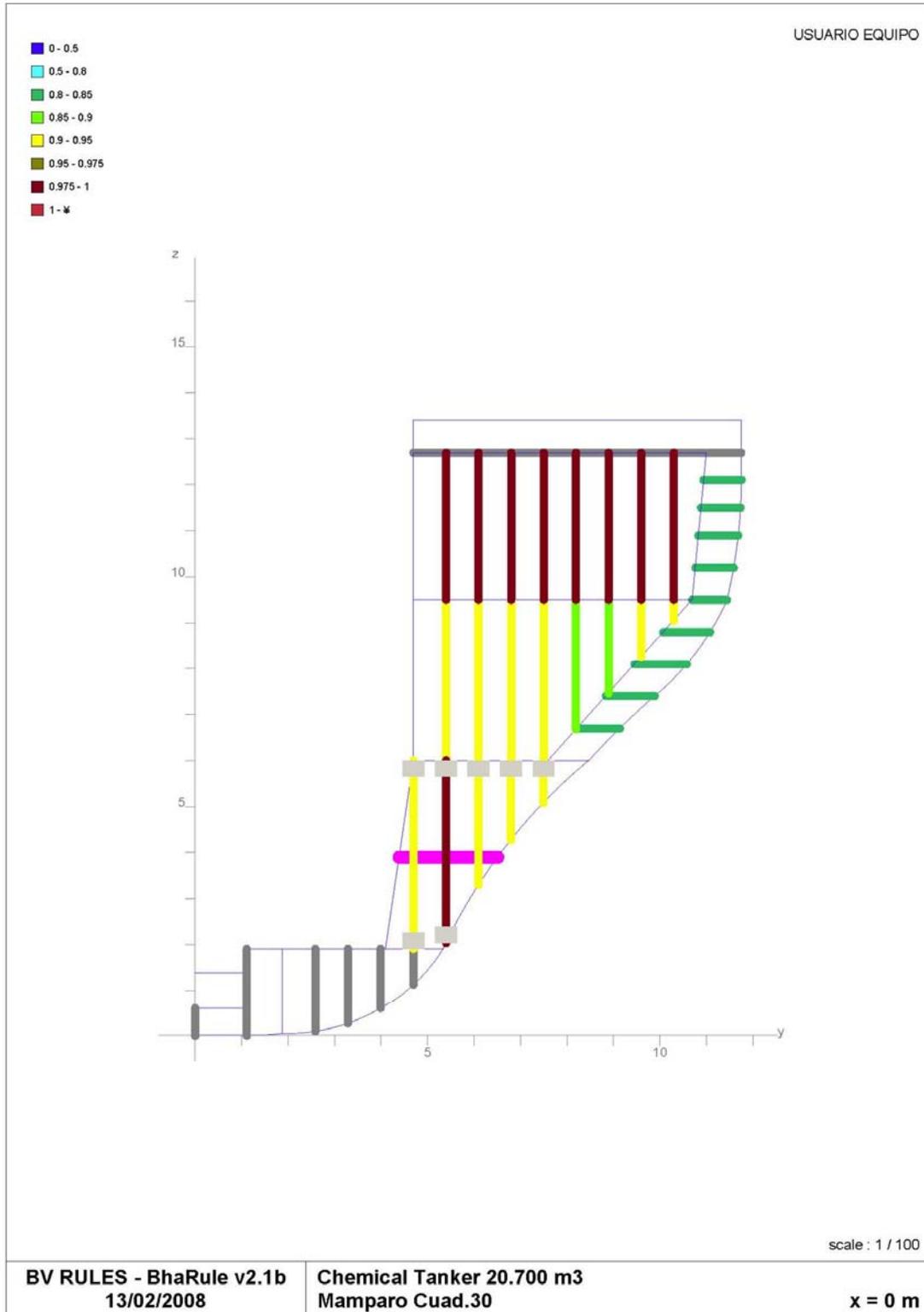
# Resultados

## Tracas ("ratio")



Los escantillones de las planchas correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

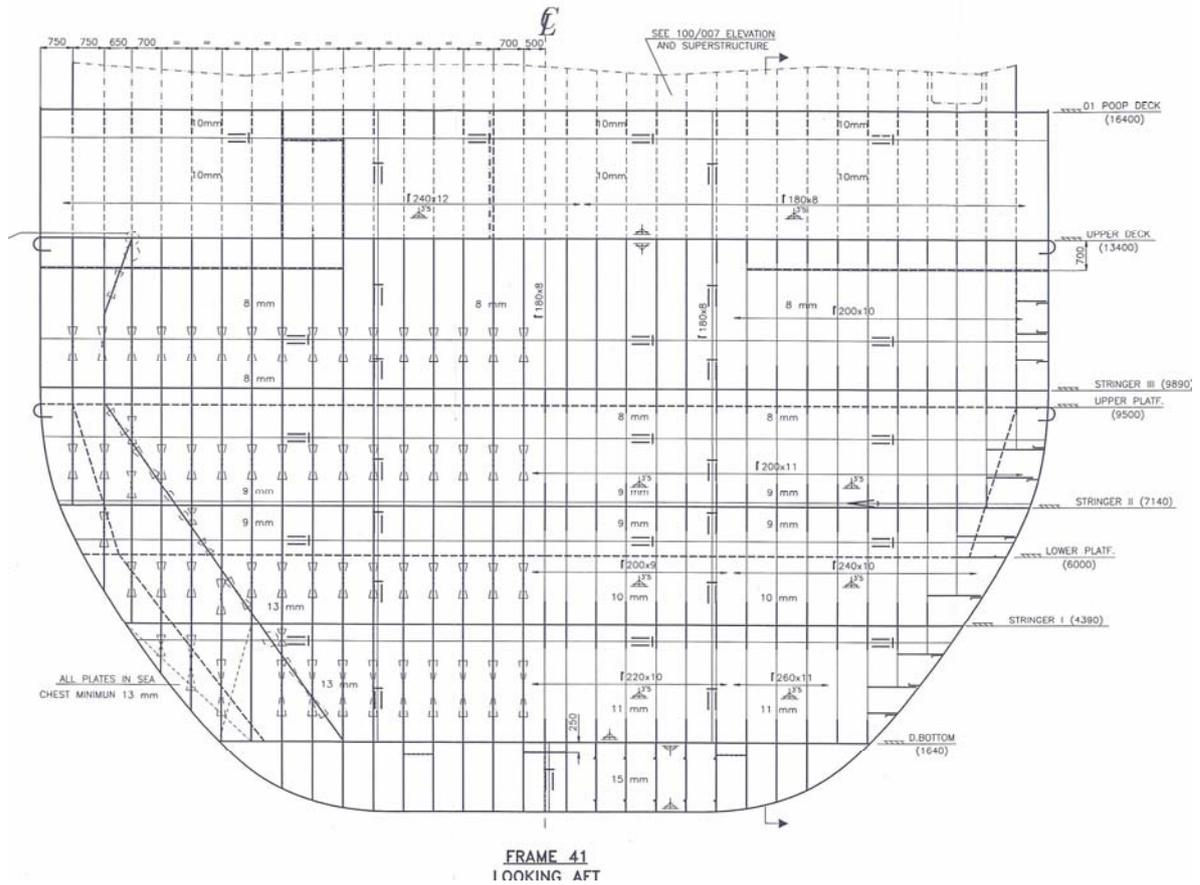
## Refuerzos ("ratio")



Los escantillones de los refuerzos son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

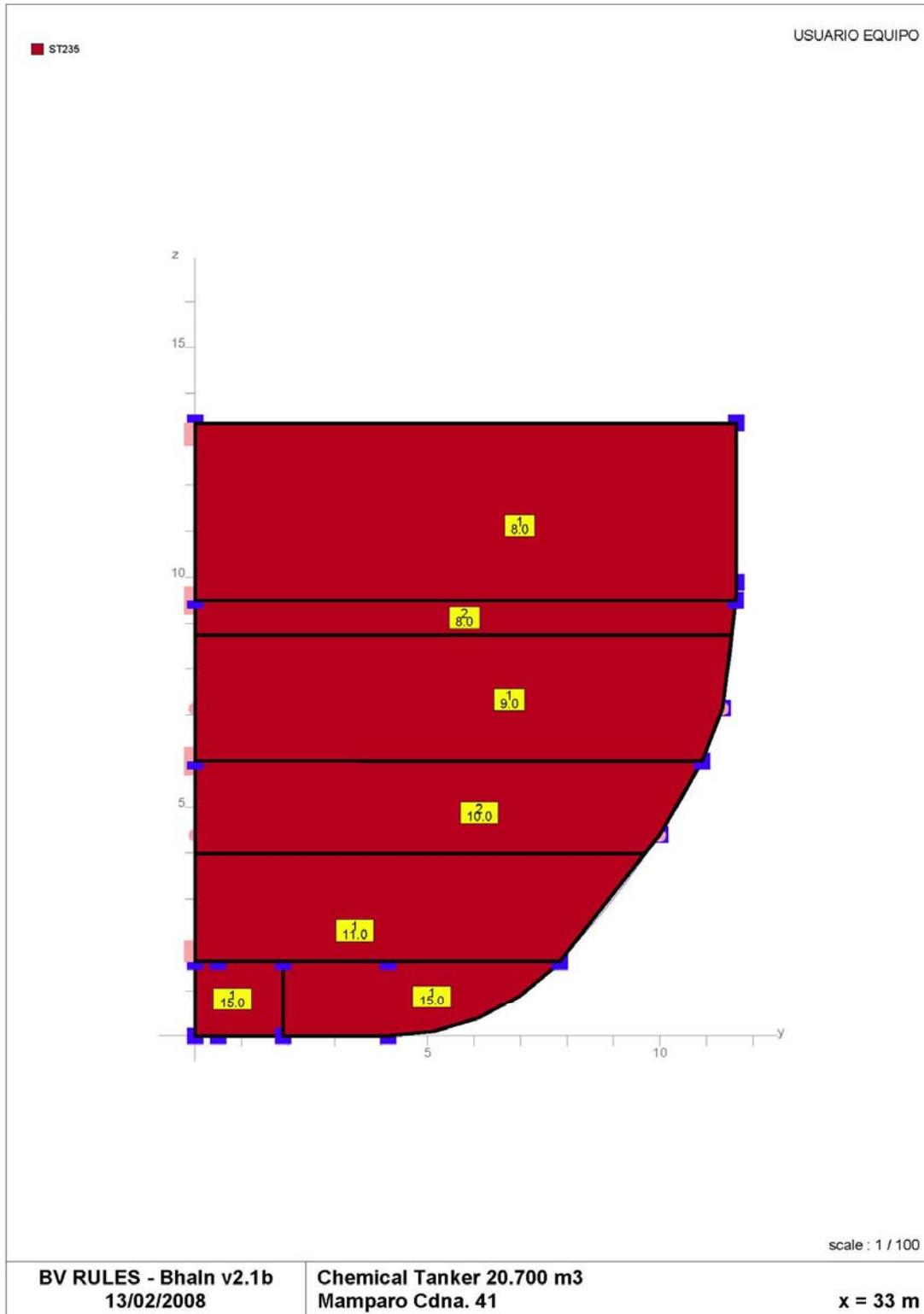
# Mamparo en cuaderna 41

El mamparo en la cuaderna 41, es el mamparo de proa de la cámara de máquinas. Es un mamparo estanco normal, por lo que no hay que tener en cuenta ninguna consideración especial.

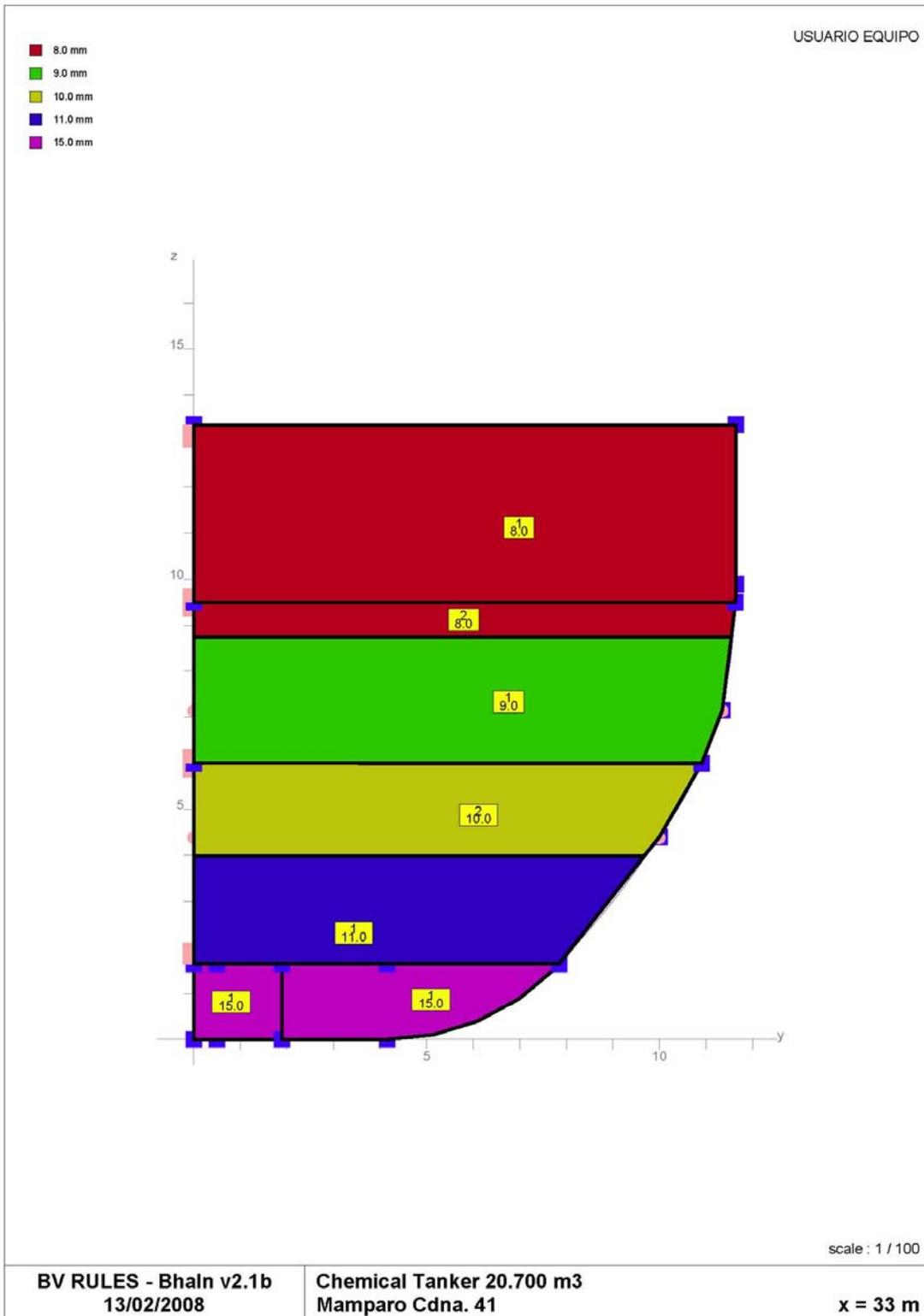


# Datos gráficos

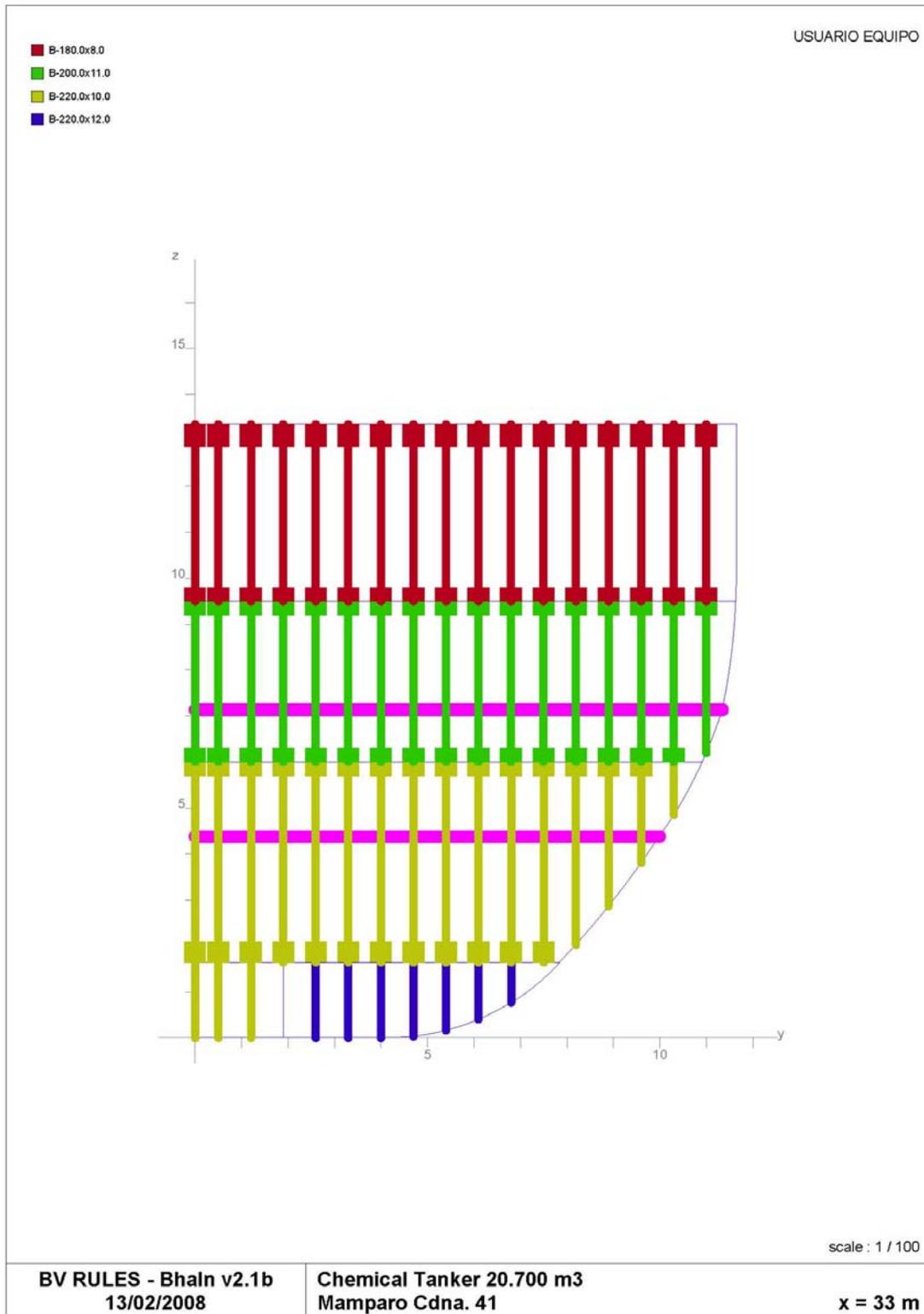
## Materiales (“data check”)



# Espesores (“data check”)

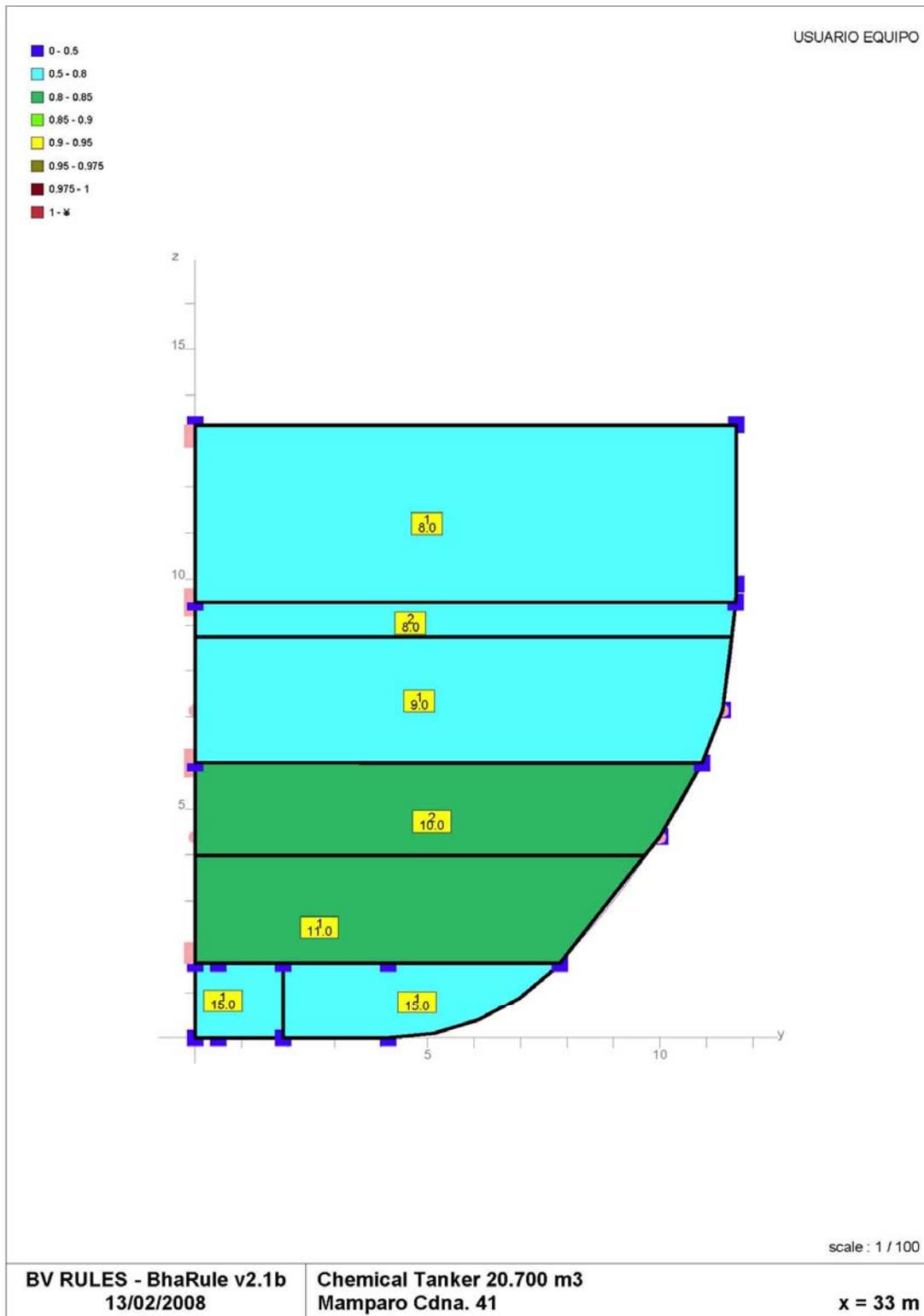


# Refuerzos (“data check”)



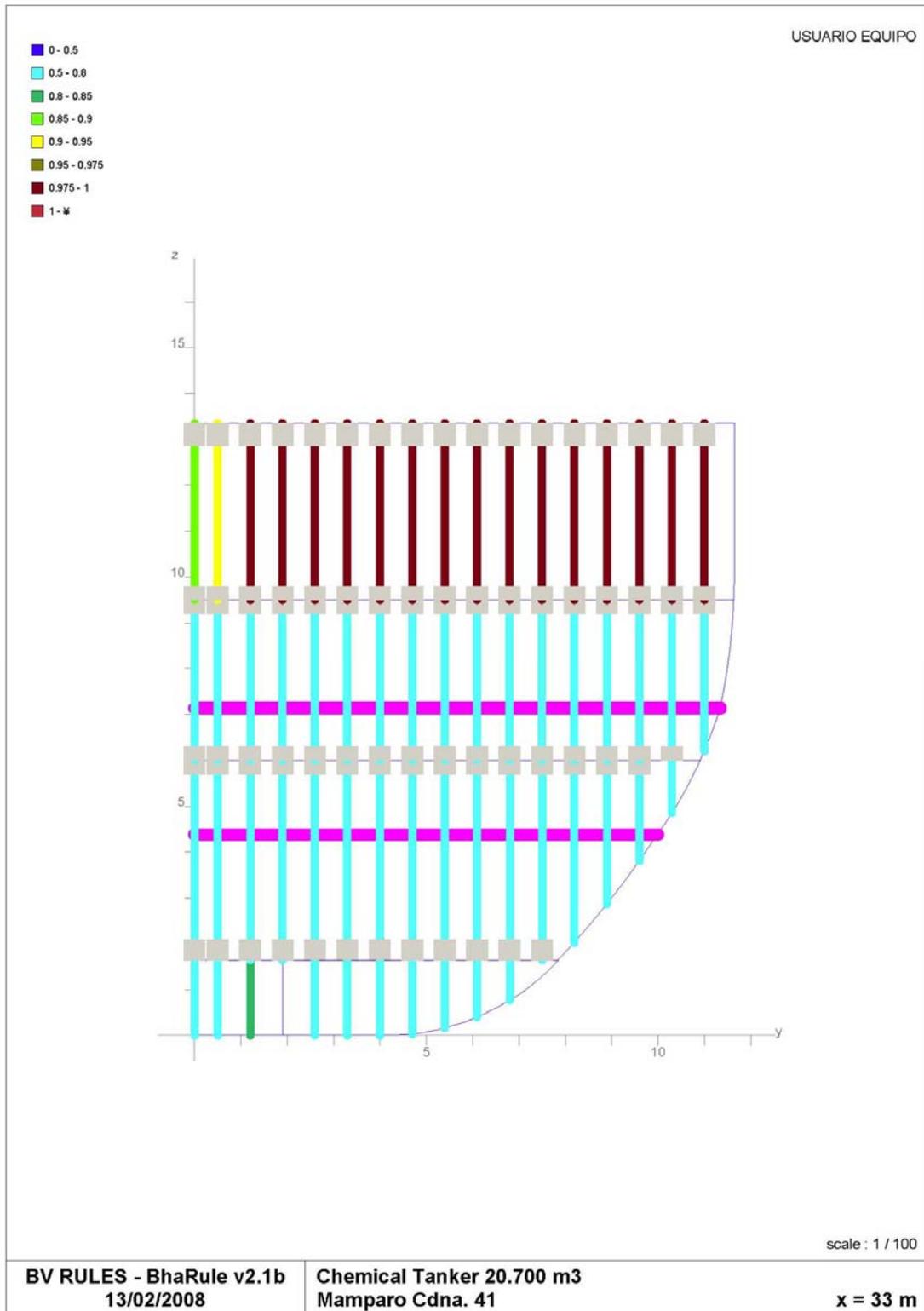
# Resultados

## Tracas ("ratio")



Los escantillones de las planchas correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Refuerzos ("ratio")



Los escantillones de los refuerzos son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Polín del motor principal

Para el escantillonado del polín del motor principal se seguirán las indicaciones del fabricante del motor, si bien el Reglamento prevé un escantillonado mínimo, que viene dado en Pt B,Ch 9, Sec 3, § 8, Tabla 3.

El cálculo de este escantillonado no está contemplado en el MARS, por lo que hay que realizarlo aparte, como se hace a continuación.

Las placas del polín deben estar soportadas por dos vagras a no ser que:

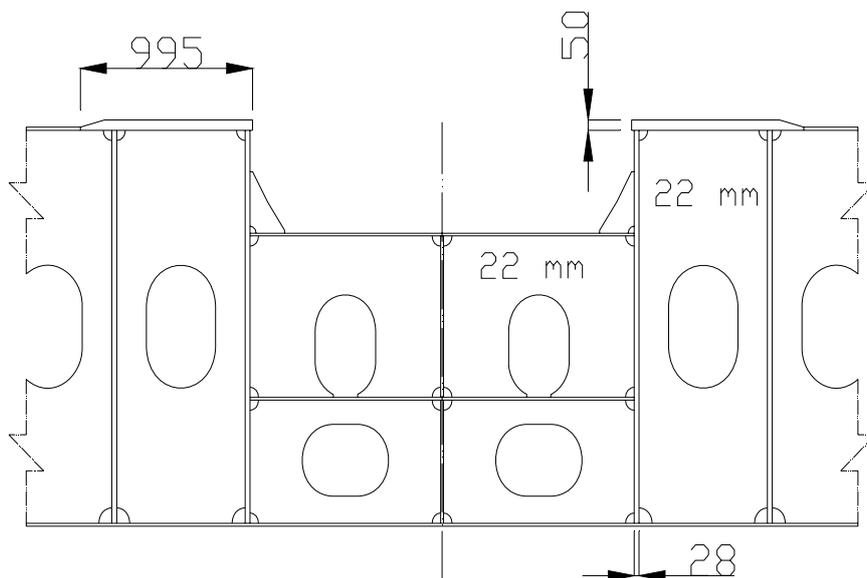
$$L \leq 150m$$

$$P \leq 7100kW$$

$$P = 2,3n_R L_E$$

donde,

- L es la eslora reglamentaria del buque
- P es la potencia del motor en kW
- $n_R$  son las revoluciones/minuto del motor
- $L_E$  es la longitud efectiva del polín



Como se ve en el esquema siguiente, el polín tiene dos vagras

Los datos necesarios para el escantillonado del polín del motor principal son los siguientes:

- Potencia del motor  $P = 8200 \text{ kW}$
- Revoluciones del motor/minuto  $n_r = 150$
- Longitud efectiva del polín  $L_E = 11,5 \text{ m}$
- Número de vagras en cada placa  $n_G = 2$

Área de la sección de la placa

$$A = 40 + 70 \frac{P}{n_r L_E} = 40 + 70 \frac{8200}{110 \times 11,5} = 494 \text{ cm}^2$$

Espesor de las placas

$$t = \sqrt{240 + 175 \frac{P}{n_r L_E}} = \sqrt{240 + 175 \frac{8200}{110 \times 11,5}} = 37 \text{ mm}$$

Espesor de las vagras

$$t = \frac{1}{n_G} \sqrt{320 + 215 \frac{P}{n_r L_E}} = \frac{1}{2} \sqrt{320 + 215 \frac{8200}{110 \times 11,5}} = 21 \text{ mm}$$

Espesor de las varengas

$$t = \sqrt{55 + 40 \frac{P}{n_r L_E}} = \sqrt{55 + 40 \frac{8200}{110 \times 11,5}} = 18 \text{ mm}$$

- Área de la sección de la placa propuesta  $498 \text{ cm}^2$
- Espesor de las placas propuesto  $50 \text{ mm}$
- Espesor de las vagras propuesto  $28 \text{ mm}$
- Espesor de las varengas propuesto  $22 \text{ mm}$

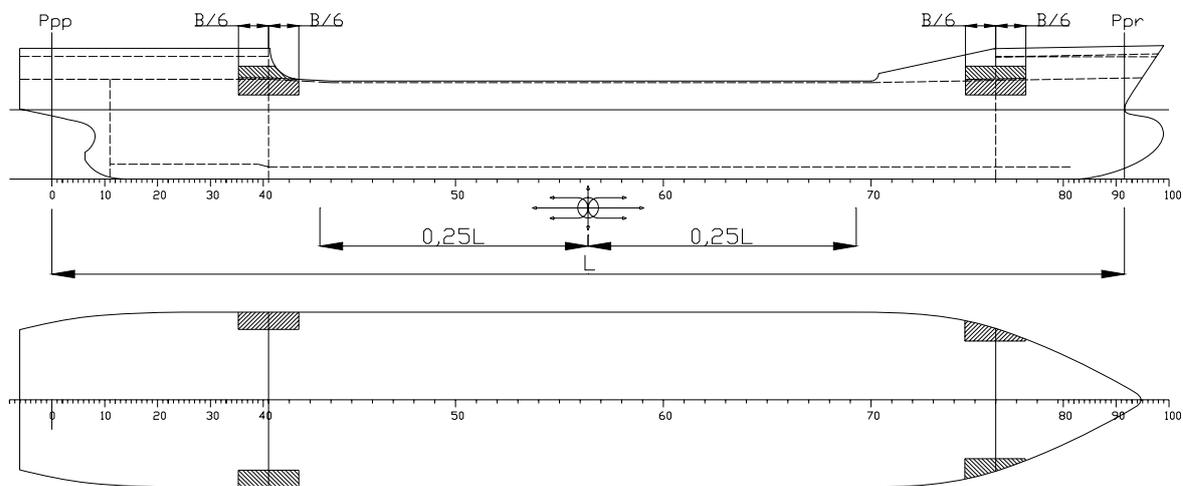
El escantillonado del polín del motor principal es correcto, por lo que no hay lugar a ninguna observación.

## Estudio especial de las tracas de cinta y trancanil

En los mamparos de toldilla. En esta zona se produce una concentración de tensiones debida a la discontinuidad que significa la superestructura. Por ello, es necesario reforzar la cinta, el trancanil y la traca baja de la superestructura.

**Traca de cinta y trancanil.** Según Pt B, Ch 7, Sec 1, § 2.5.2 y Pt B, Ch 7, Sec 1, § 2.6.2, el espesor de estas tracas se deben aumentar un 40% o 4,5 mm, el que sea menor, si el frente de la superestructura está dentro del 0,5 L central del buque y un 30% o 2,5 mm, el que sea menor, si está situado fuera de la zona central

Tal como se ve en el croquis siguiente, el reforzado de estas tracas se debe extender un sexto de la manga hacia popa del mamparo frontal de la superestructura, y otro tanto hacia proa.



Como se aprecia en el croquis, el mamparo frontal de la toldilla y el mamparo de popa del castillo, están fuera del 0,5 L central del buque.

En proa, la transición de cubierta superior a cubierta castillo, se hace de una forma suave, por lo que aquí no es necesario el reforzado.

Del Mars se deduce que el espesor reglamentario de la traca de cinta, en la sección por la cuaderna 40, es 10,5 mm y el trancanil, 8mm.

Traca de cinta reforzada

$$t_{cinta} = 1,3t = 1,3 \times 10,5 = 13,65mm$$

$$t_{cinta} = 10,5 + 2,5 = 13mm$$

Se solicita 16 mm (igual que la cinta a proa)

Trancanil reforzado

$$t_{cinta} = 1,3t = 1,3 \times 8,0 = 10,40mm$$

$$t_{cinta} = 8,5 + 2,5 = 11mm$$

Se solicita 15 mm (igual que el trancanil a proa)

## Resumen del estudio de la zona de máquinas

Como consecuencia del estudio que se ha realizado con el programa MARS de la zona de tanques de carga, se tienen que realizar las siguientes modificaciones del escantillonado.

### Sección por cuaderna 12

#### Modificación del escantillonado de las tracas

##### Tracas de costado

Las tracas 3, 4 y 5, del forro exterior, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 3	11,0 mm	14,0 mm (15,0 mm)
• Traca 4	11,0 mm	12,0 mm (14,0 mm)
• Traca 5	11,0 mm	10,5 mm (14,0 mm)

##### Tracas de doble fondo

La traca 7, tiene el espesor por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 7	15,0 mm	15,5 mm

Los espesores en rojo son los solicitados, mayores que los reglamentarios, para aumentar el módulo de la sección en el fondo

##### Tracas de plataforma superior

La traca 12, tiene el espesor por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 12	9,0 mm	9,5 mm

Se solicita el espesor reglamentario

### Tracas de tanques y cofferdam

Las tracas 3, 4 y 5, del forro exterior, tienen los espesores por debajo de lo reglamentario.

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 19	9,0 mm	10,0 mm
• Traca 20	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 21	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 22	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 23	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 28	7,0 mm	8,0 mm
• Traca 29	7,0 mm	8,0 mm
• Traca 30	7,0 mm	9,5 mm

### Se solicitan los espesores reglamentarios

Como se verá a continuación numérica y gráficamente, una vez corregidos los espesores de la sección, el módulo es correcto

#### Section moduli and Inertia

X section . . . . .	9.228 (m)
X mid - 0.2 L . . . . .	42.600 (m)
X mid + 0.2 L . . . . .	99.400 (m)

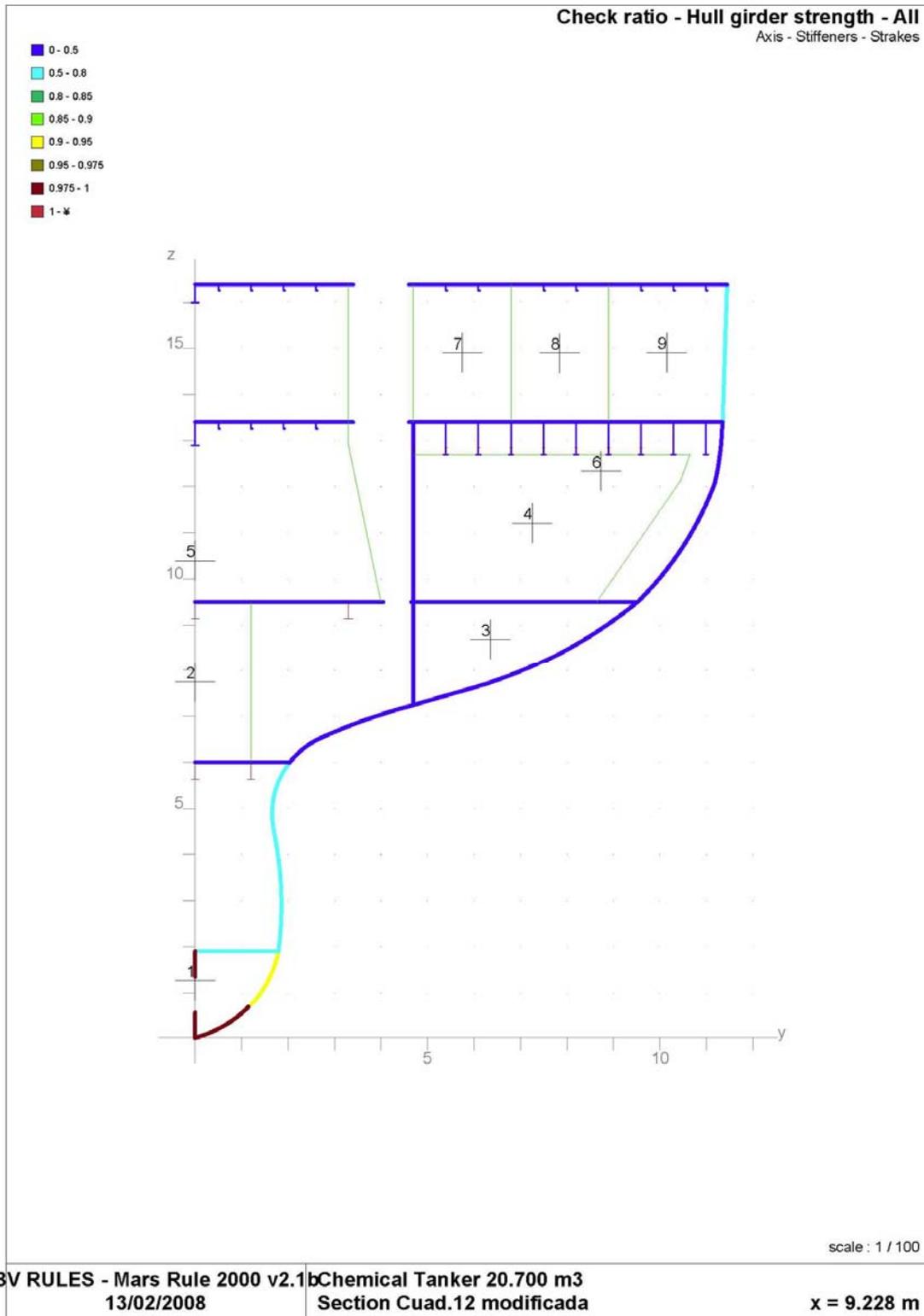
#### Rule section moduli

Minimum section modulus (k=1, n <sub>1</sub> =1) . . . . .	6.1171 (m <sup>3</sup> )		
	Deck	Bottom	Top
Modulus based on design SWBM, Hog ( 256 263.8 kNm) . . . . .	2.9862	2.9862	2.9862
Modulus based on design SWBM, Sag (- 146 436.5 kNm) . . . . .	2.1492	2.1492	2.1492
Rule Modulus . . . . .	2.9862	2.9862	2.9862

#### Check of section moduli and inertia

		Rule	Actual
Deck	( 13.000 m)	2.9862	8.1280
Bottom	( 0.000 m)	2.9862	2.9891
Top	( 16.382 m)	2.9862	4.1307
Inertia		26.0590	28.4102

# Viga-Buque corregida ("ratio")



## Sección por cuaderna 27

### Modificación del escantillonado de las tracas

#### Tracas de fondo y pantoque

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 2	11,0 mm	13,0 mm (14,0 mm)
• Traca 3	11,0 mm	13,0 mm (14,0 mm)
• Traca 4	11,0 mm	13,0 mm (14,0 mm)

#### Tracas de forro entre doble fondo y plataforma inferior

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 5	11,0 mm	12,0 mm (13,0 mm)
• Traca 6	11,0 mm	12,0 mm

Los espesores en rojo son solicitados, mayores que los reglamentarios, para aumentar el módulo de la sección en el fondo y disminuir la tensión de pandeo

#### Tracas de doble fondo

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 14	11,0 mm	13,0 mm

#### Plataforma inferior, superior, mamparo longitudinal y cofferdam

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 16	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 18	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 23	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 24	7,0 mm	9,5 mm
• Traca 28	9,0 mm	9,5 mm
• Traca 29	7,0 mm	9,5 mm

Se solicitan los espesores reglamentarios

## Sección por cuaderna 40

### Modificación del escantillonado de las tracas

#### Tracas de forro entre doble fondo y cubierta superior

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 5	11,0 mm	11,5 mm (13,0 mm)
• Traca 6	11,0 mm	11,5 mm
• Traca 8	11,0 mm	10,5 mm
• Traca 9	11,0 mm	10,5 mm
• Traca 10	11,0 mm	13,0 mm
• Traca 11	11,0 mm	10,5 mm (16,0 mm)

#### Traca de trancañil

<u>Traca</u>	<u>espesor propuesto</u>	<u>espesor reglamentario</u>
• Traca 19	9,0 mm	9,0 mm (15,0 mm)

Se solicitan los espesores reglamentarios

La traca 5 se solicita de 13 mm para dar continuidad a dicha traca, que se encuentra entre dos tracas de 13mm.

A las tracas 11 y 19, como se verá más adelante, se les solicita el espesor indicado en rojo, debido a la discontinuidad de la superestructura.

## Mamparo en cuaderna 30

Los escantillones del mamparo 30 son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Mamparo en cuaderna 41

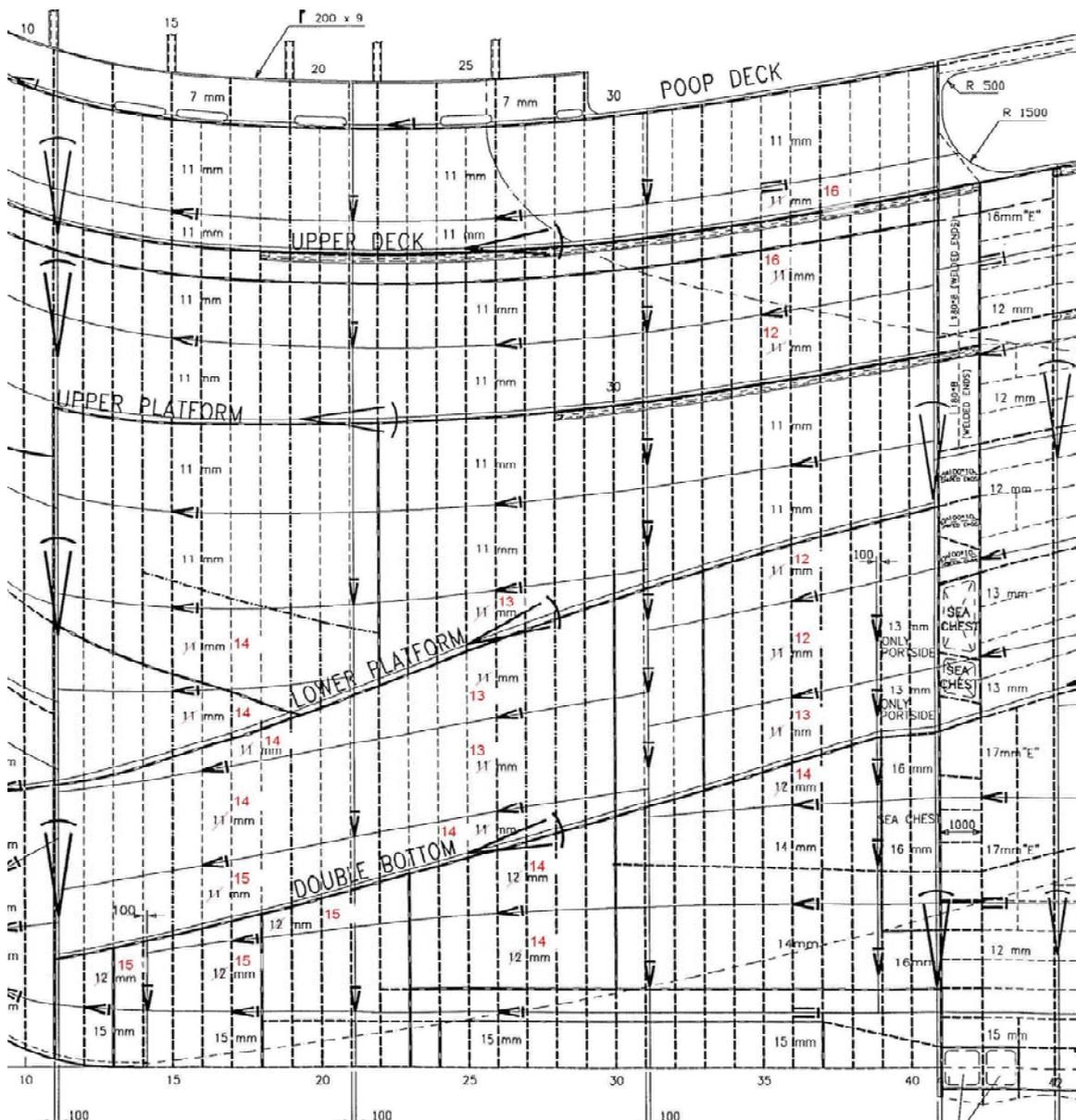
Los escantillones del mamparo 41 son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

Como resumen, se indican sobre los planos, los escantillones que se modifican en la zona de los tanques de carga.

Los escantillones modificados aparecen en rojo

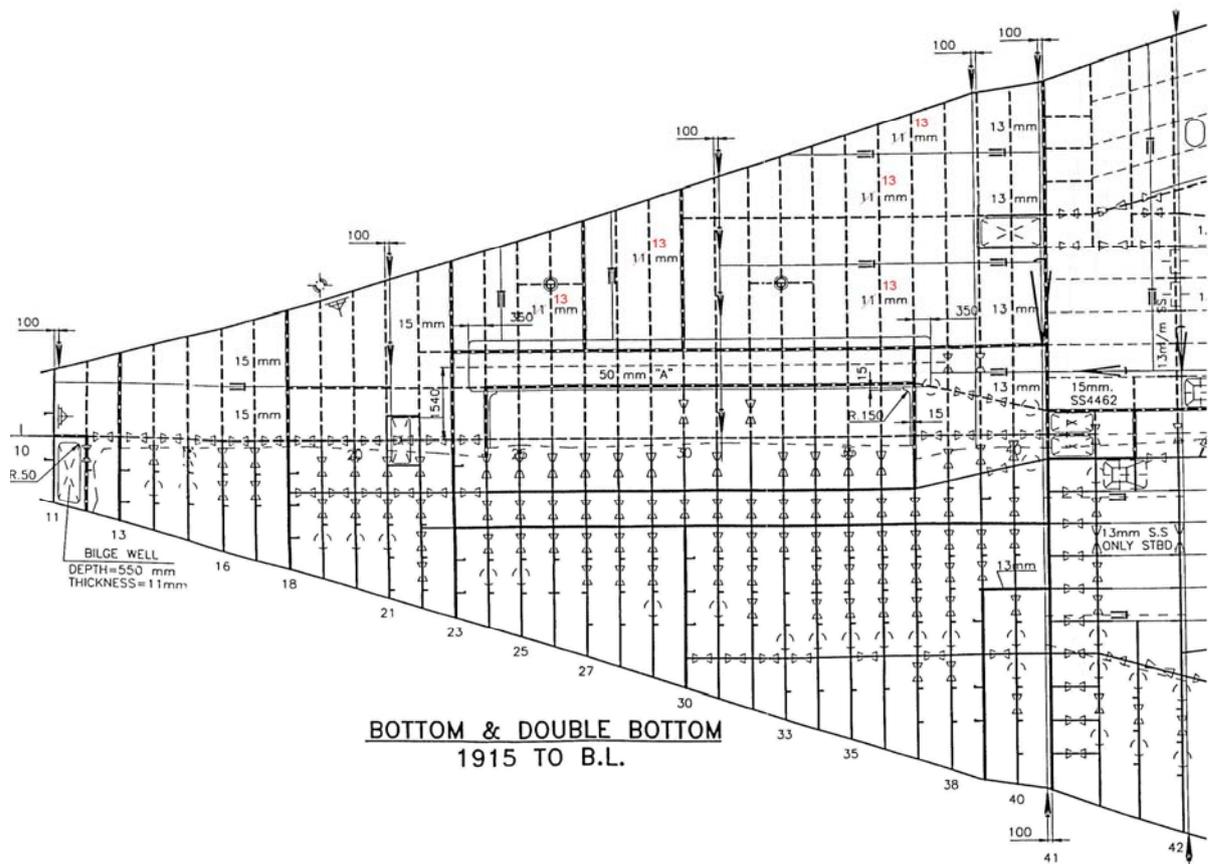
### FORRO EXTERIOR EN LA ZONA DE CÁMARA DE MÁQUINAS

De acuerdo con lo anterior, racionalizando la variación de los espesores en el forro exterior, las modificaciones solicitadas serían las indicadas en rojo en el esquema siguiente.



La traca de cinta, podría ser, desde el punto de vista de cálculo, de un espesor menor, pero es conveniente, desde el punto de vista de las "reglas del arte", disponer el mismo espesor que tiene a proa del mamparo frontal de la toldilla.

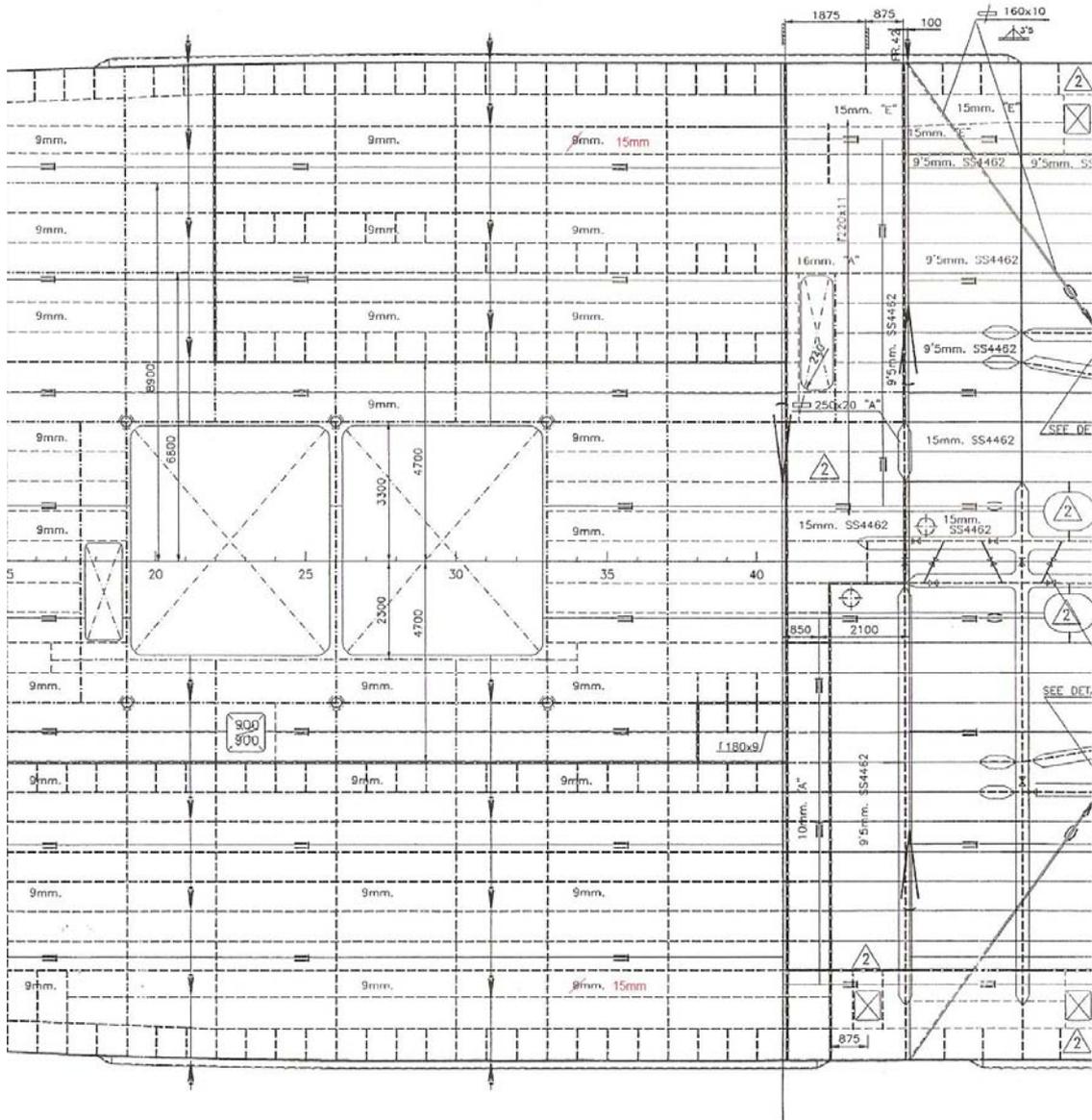
## DOBLE FONDO EN CÁMARA DE MÁQUINAS



De acuerdo con lo anterior, se solicitan los espesores del doble fondo en máquinas que se ven en rojo

## CUBIERTA SUPERIOR EN LA ZONA DE CÁMARA DE MÁQUINAS

De igual manera, las modificaciones en la cubierta superior, serían las indicadas en el esquema siguiente.

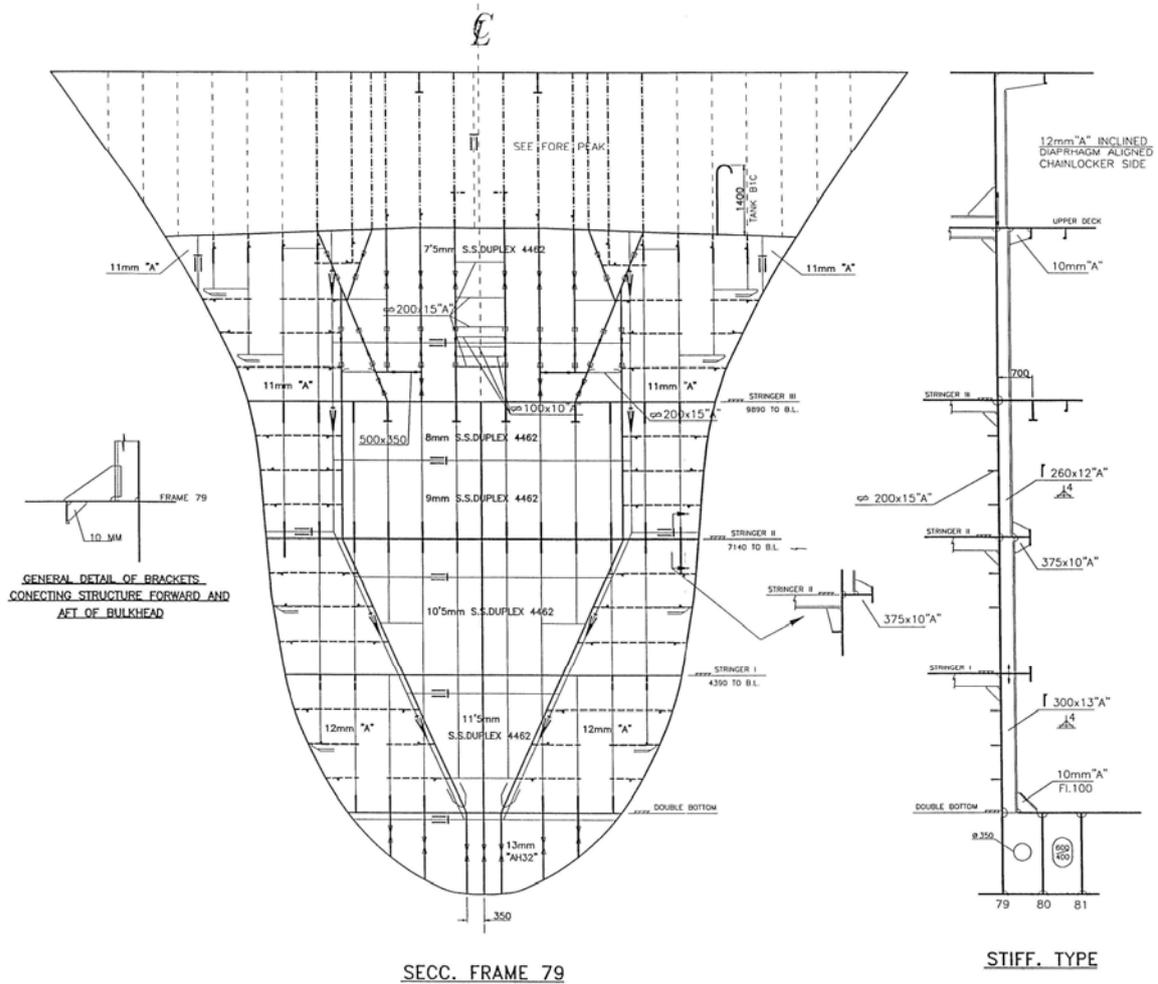


Como se ha dicho anteriormente, el trancañil podría ser, desde el punto de vista de cálculo, de un espesor menor, pero es conveniente, desde el punto de vista de las "reglas del arte", disponer el mismo espesor que tiene a proa del mamparo frontal de la toldilla.



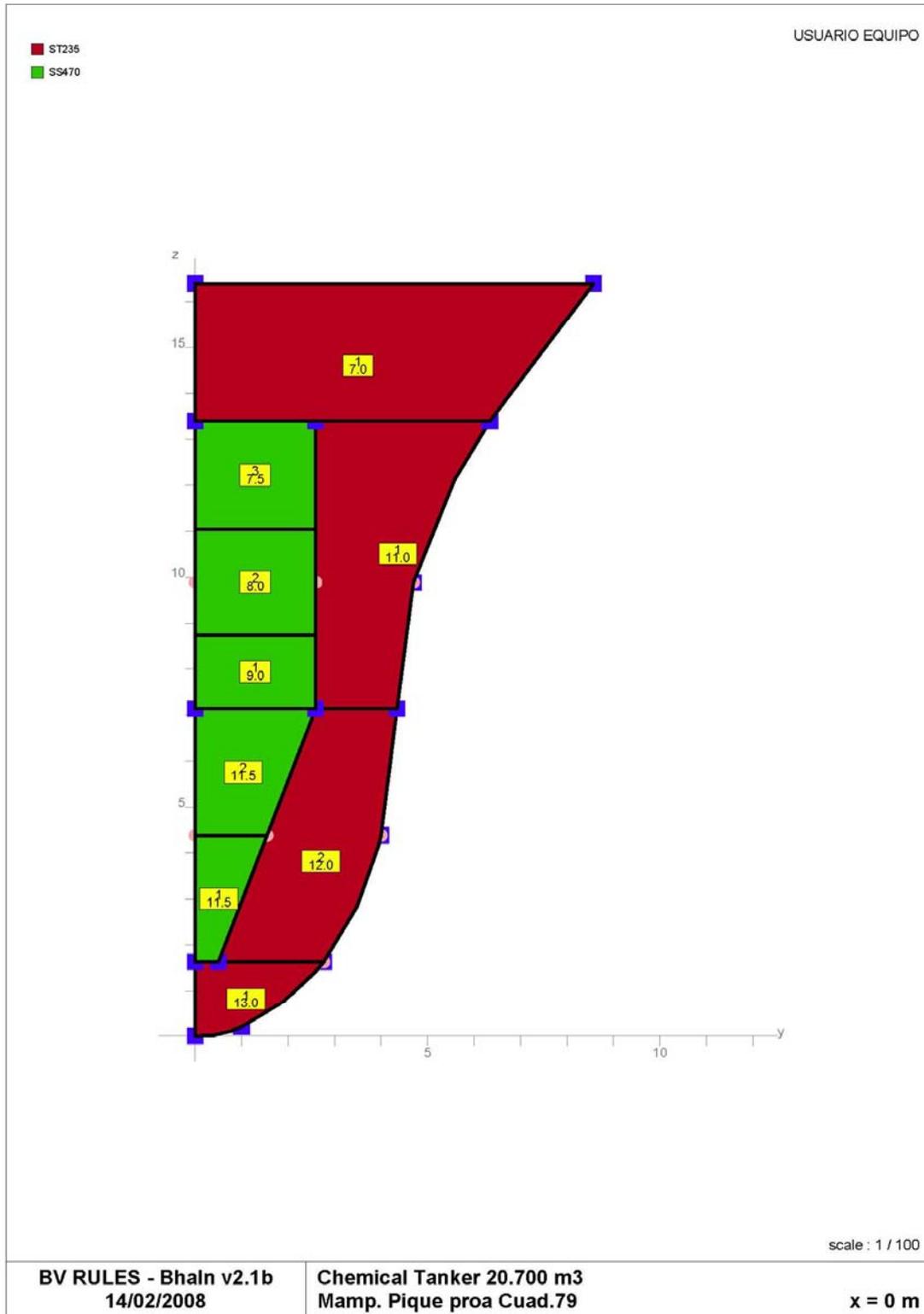
# Mamparo en cuaderna 79 (Mamparo del pique de proa)

El mamparo de pique de proa, en su parte central, es también mamparo de tanque de carga, por lo que en su parte central, es de acero inoxidable.

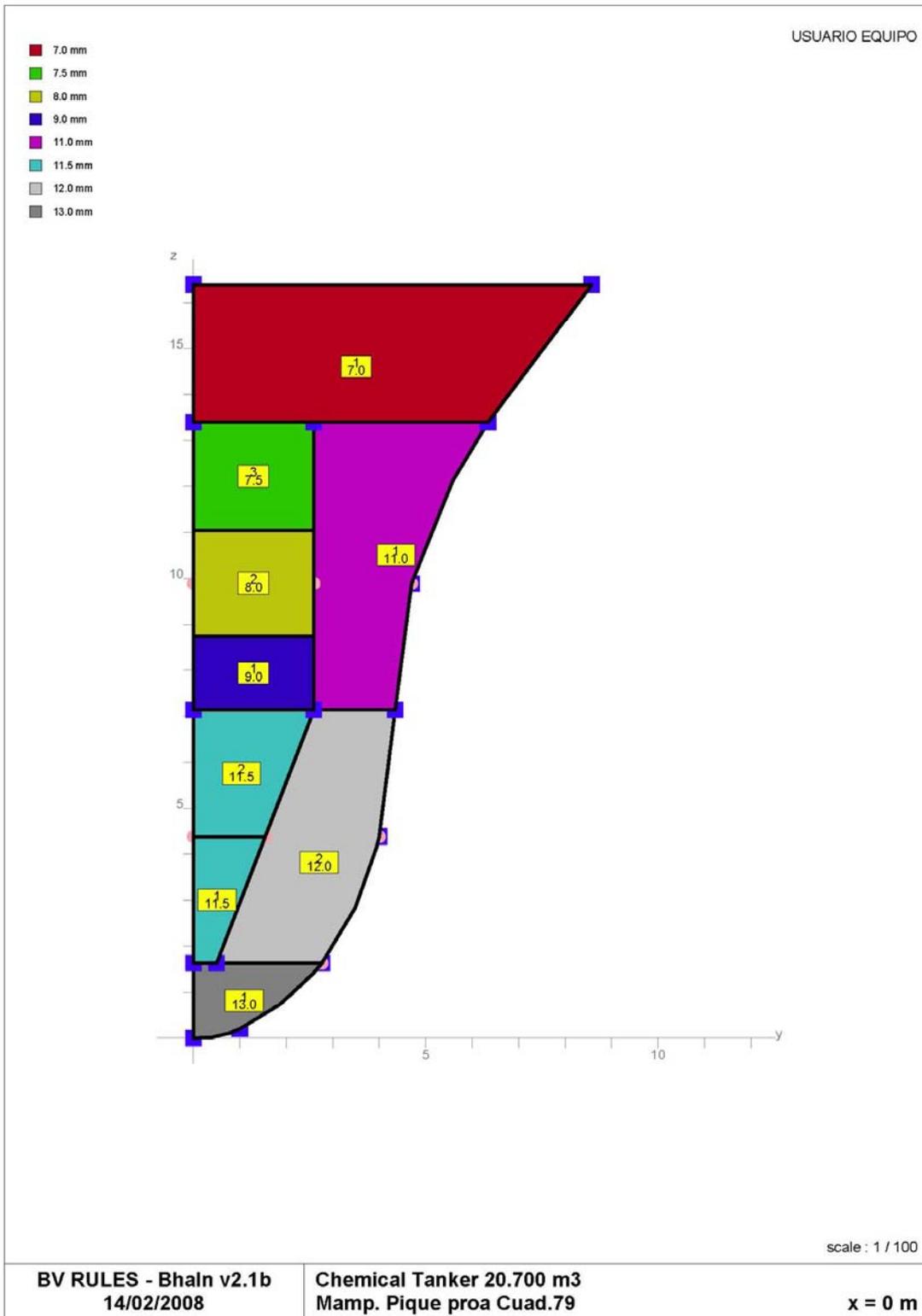


# Datos gráficos

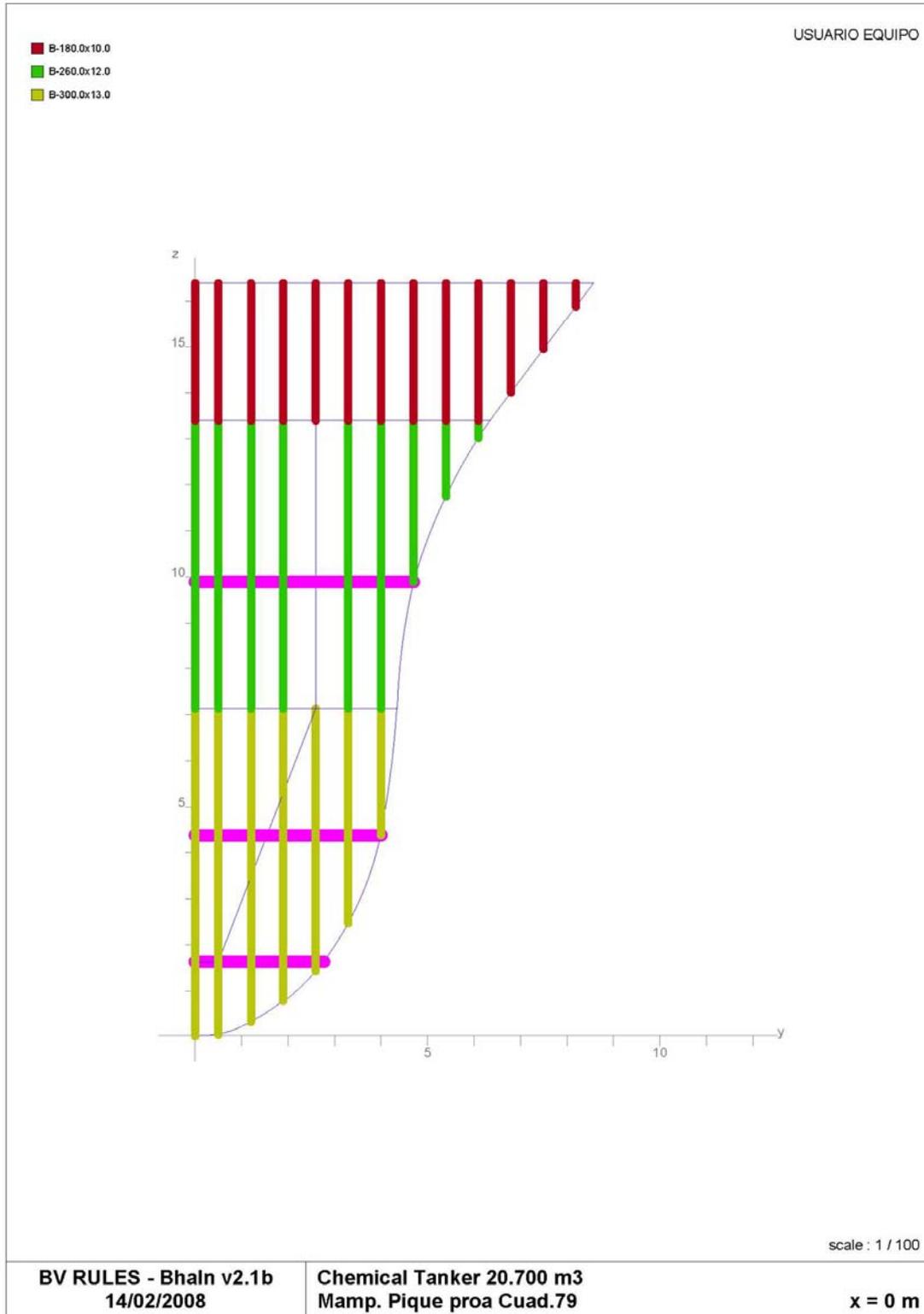
## Materiales (“data check”)



# Espesores ("data check")

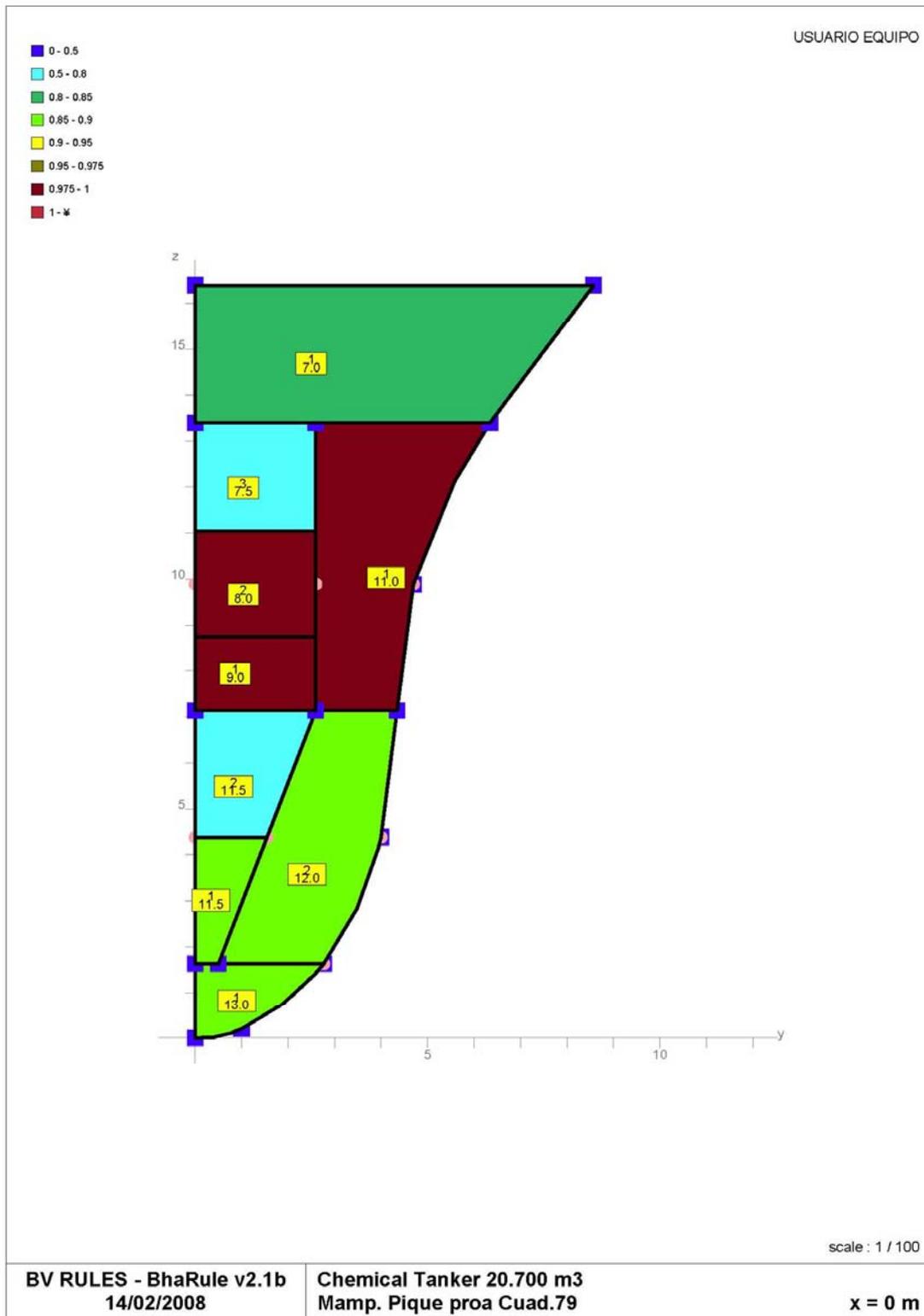


# Refuerzos (“data check”)



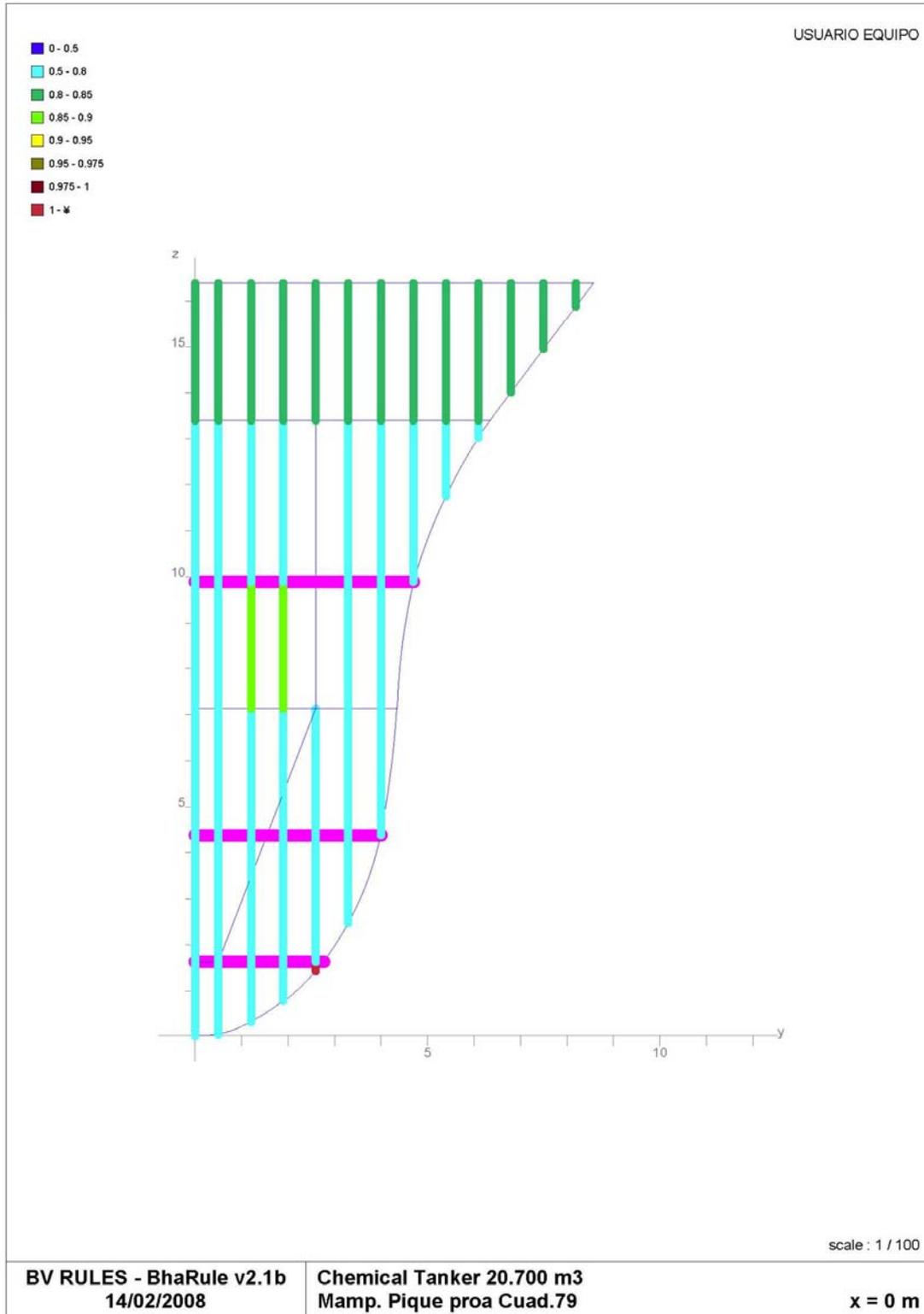
# Resultados

## Tracas ("ratio")



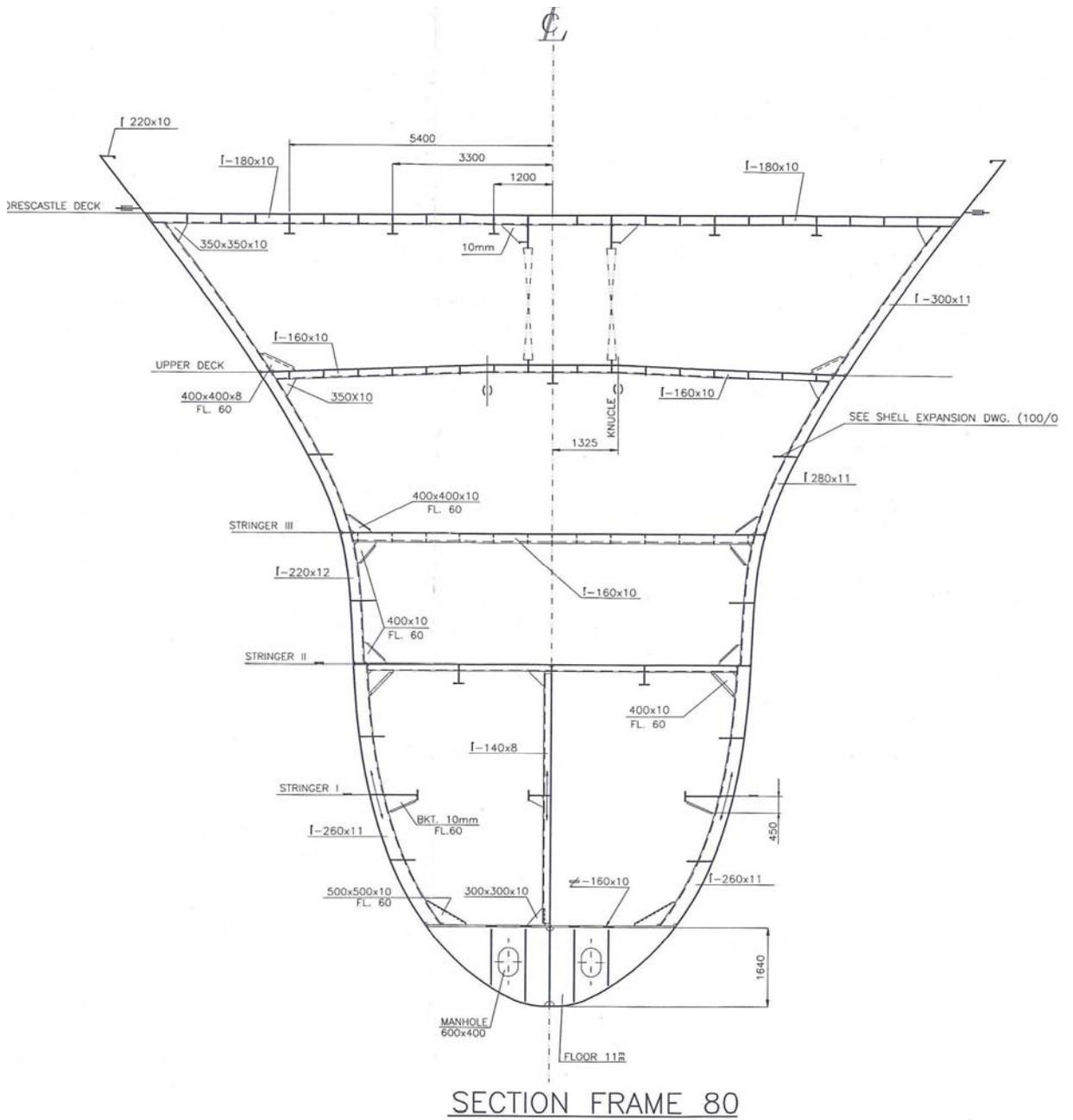
Los escantillones de las planchas correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

## Refuerzos ("ratio")

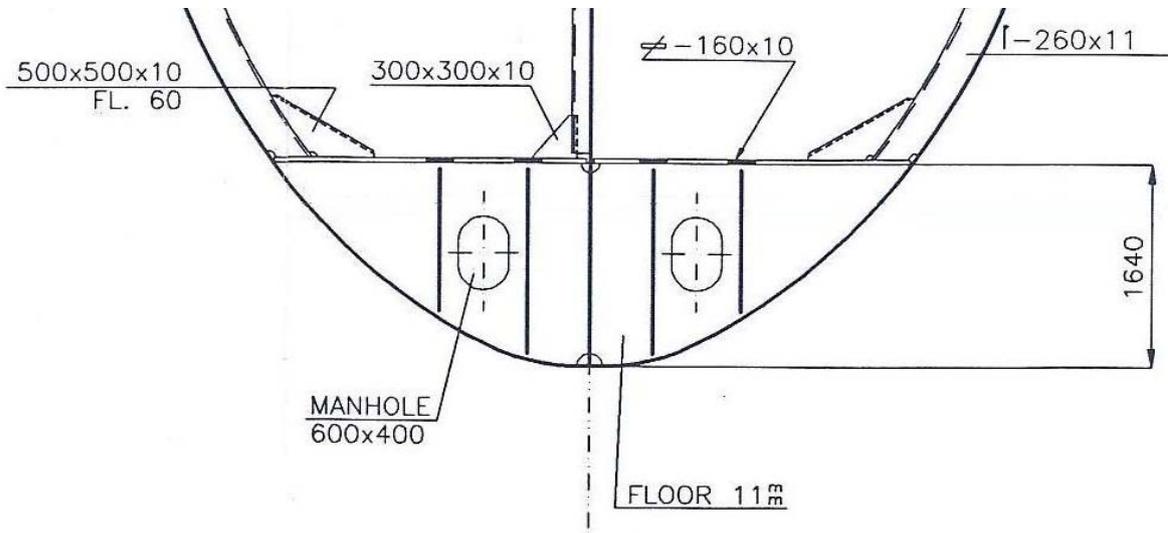


Los escantillones de los refuerzos son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

# Sección tipo del pique de proa



## Varengas de pique de proa



**Altura** Pt B,Ch 9, Sec 1, § 2.5.2, Table 8

$$h_M = 0,085D + 0,15 = 0,085 \times 13,00 + 0,15 = 1,255m$$

Propuesta 1,640 m

**Espesor** Pt B,Ch 9, Sec 1, § 2.5.2, Table 8

$$t_{MIN} = 3,5 + 0,05L_2k^{1/2} = 3,5 + 0,05 \times 120,00 \times 1^{1/2} = 9,5mm$$

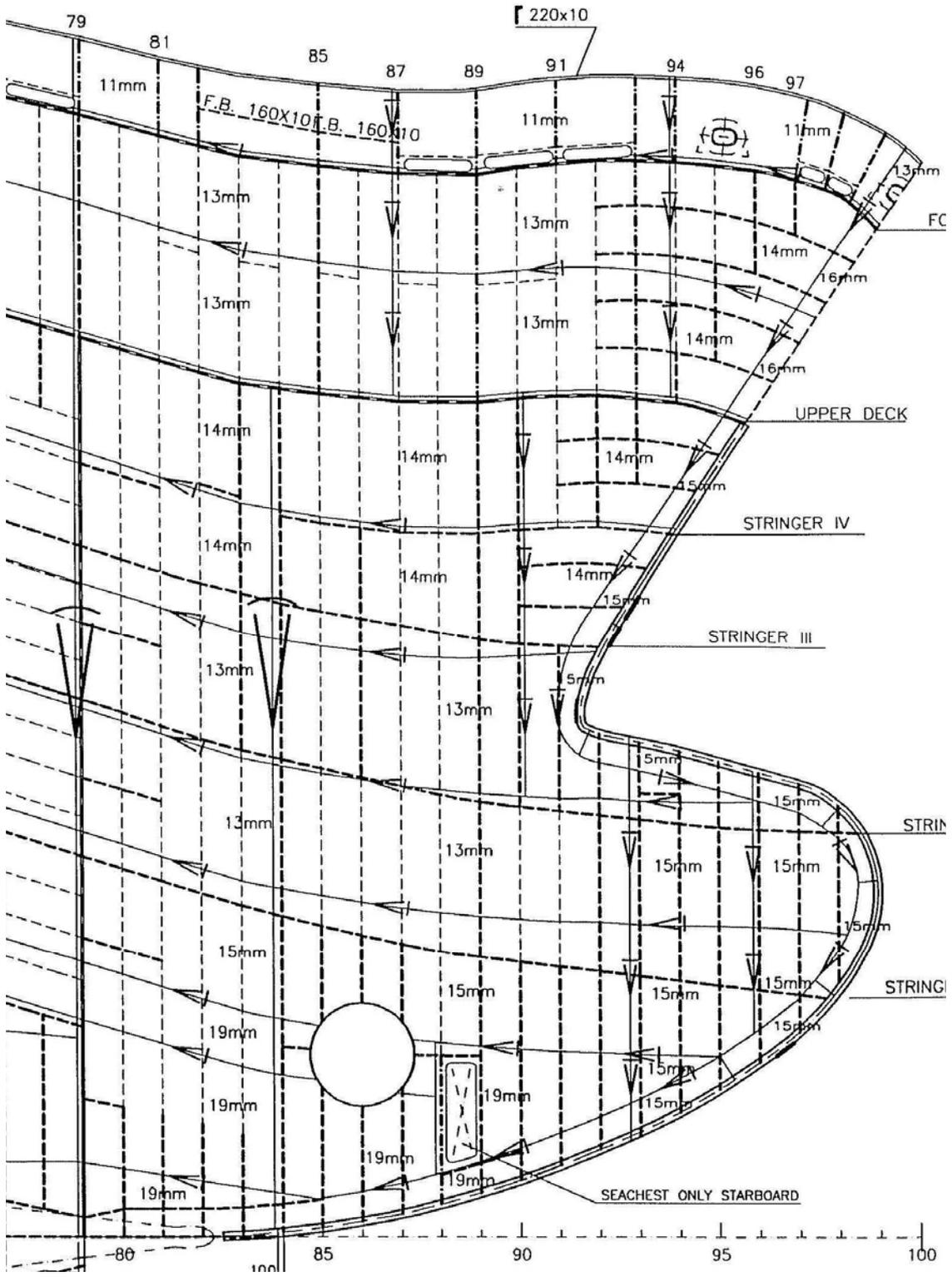
Propuesto 11,0 mm

**Platabanda** Pt B,Ch 9, Sec 1, § 2.5.2, Table 8

$$A_p = 1,67D = 1,67 \times 13,00 = 21,7cm^2$$

Propuesta 16,0 cm<sup>2</sup>

# Forro de pique de proa



**Espesor** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2.6 Table 9

$$t = 14,9 c_a c_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_s P_s + \gamma_w P_w}{R_y}}$$

$$p_s = \rho g (T - z) = 1,025 \times 9,81 (9,95 - 0) = 100,05$$

$$p_w = \rho g h_1 e^{\frac{-2\pi(T-z)}{L}} = 1,025 \times 9,81 \times 6,867 \times e^{\frac{-2\pi(9,95-0)}{142}} = 44,459$$

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 100,05 + 1,20 \times 44,459}{235}} = 9,323 \text{ mm}$$

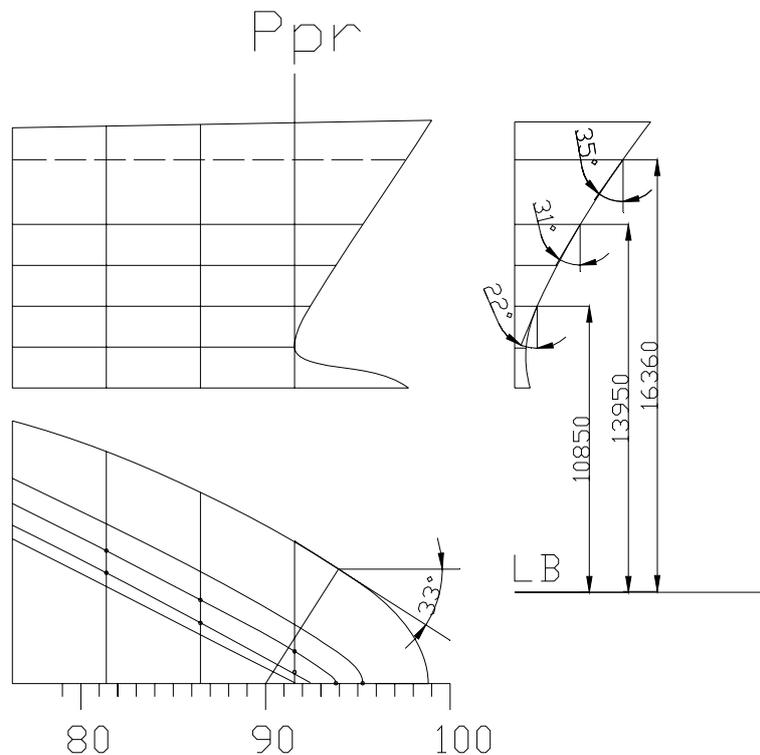
Espesor total,  $t = 9,323 + 1,5 = 10,823 \text{ mm}$

Propuesto 13,0 mm

**Roda** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 5

$$t_s = 1,37 (0,95 + \sqrt{L_3}) \sqrt{k} = 1,37 (0,95 + \sqrt{142}) \sqrt{1,0} = 17,627 \quad \text{Propuesto } 15,0 \text{ mm}$$

**Forro del "abanico" (bow flare)** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 4 Table 12



$$\alpha_{10850} = 22^\circ$$

$$\alpha_{13950} = 31^\circ$$

$$\alpha_{16360} = 35^\circ$$

$$\beta = 33^\circ$$

### Presión de impacto

$$p_{FI} = nC_S C_L C_Z (0,22 + 0,15 \tan \alpha)(0,4V \sin \beta + 0,6\sqrt{L})^2$$

$$C = 10,75 - \left(\frac{300 - 142}{100}\right)^{1,5} = 8,764 \quad , \quad 2C + T - 11 = 2 \times 8,764 + 9,95 - 11 = 16,478 \geq Z$$

$$C_S = 1,8 \quad , \quad C_L = 1,0 \quad , \quad C_Z = 5,5$$

Para  $Z = 10850$ ,  $C_Z = 5,5$

$$p_{FI} = 1,0 \times 1,8 \times 5,5 (0,22 + 0,15 \tan 22)(0,4 \times 15,8 \sin 33 + 0,6\sqrt{142})^2 = 312$$

Para  $Z = 13950$ ,  $C_Z = 8,764 - 0,5(13,950 - 9,950) = 6,764$

$$p_{FI} = 1,0 \times 1,8 \times 5,5 (0,22 + 0,15 \tan 31)(0,4 \times 15,8 \sin 33 + 0,6\sqrt{142})^2 = 344$$

Para  $Z = 16360$ ,  $C_Z = 8,764 - 0,5(16,360 - 9,950) = 5,559$

$$p_{FI} = 1,0 \times 1,8 \times 5,5 (0,22 + 0,15 \tan 35)(0,4 \times 15,8 \sin 33 + 0,6\sqrt{142})^2 = 361$$

### Espesores

$$t = 11 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_w P_{FI}}{R_y}}$$

**Para  $Z = 10850$**

$$t = 11 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,20 \times 312}{235}} = 10,753 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 10,753 + 1,5 = 12,253 \text{ mm}$

Propuesto 14,0 mm

**Para  $Z = 13950$**

$$t = 11 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,20 \times 344}{235}} = 11,291 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 11,291 + 1,5 = 12,791 \text{ mm}$

Propuesto 13,0 mm

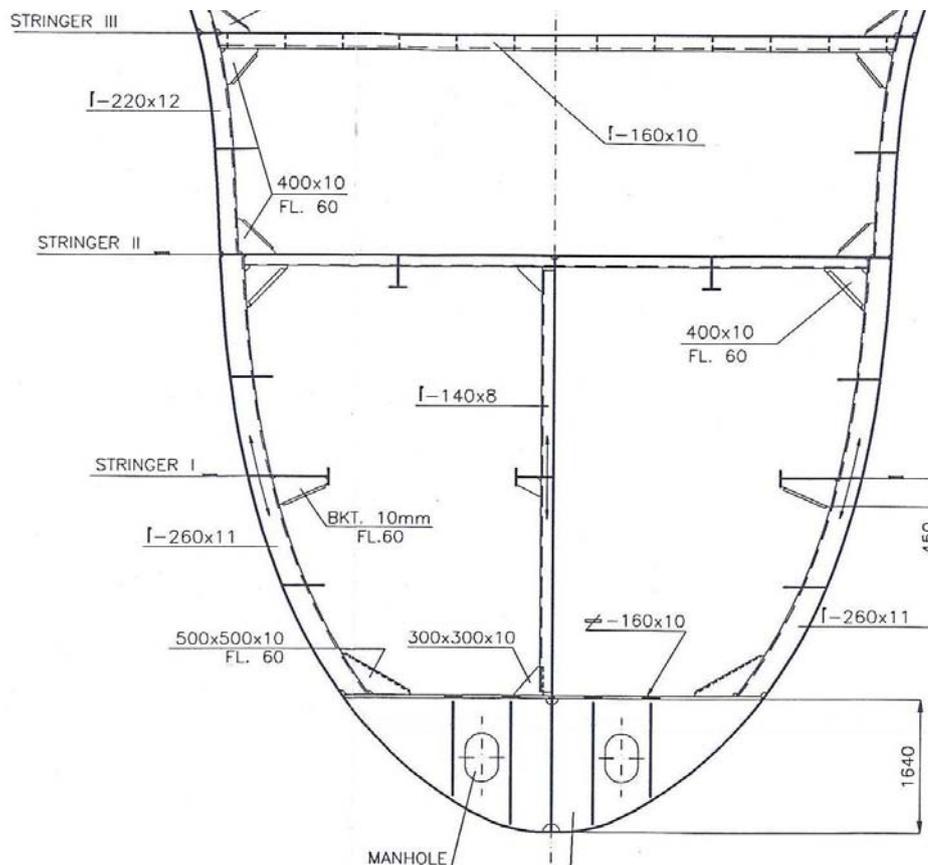
**Para  $Z = 16360$**

$$t = 11 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,20 \times 361}{235}} = 11,631 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 11,631 + 1,5 = 13, \text{ mm}$

Propuesto 13,0 mm

## Cuadernas de pique de proa



**Módulo** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2.6 Table 9

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

$$p_s = \rho g (T - z) = 1,025 \times 9,81 (9,95 - 1,64) = 83,559$$

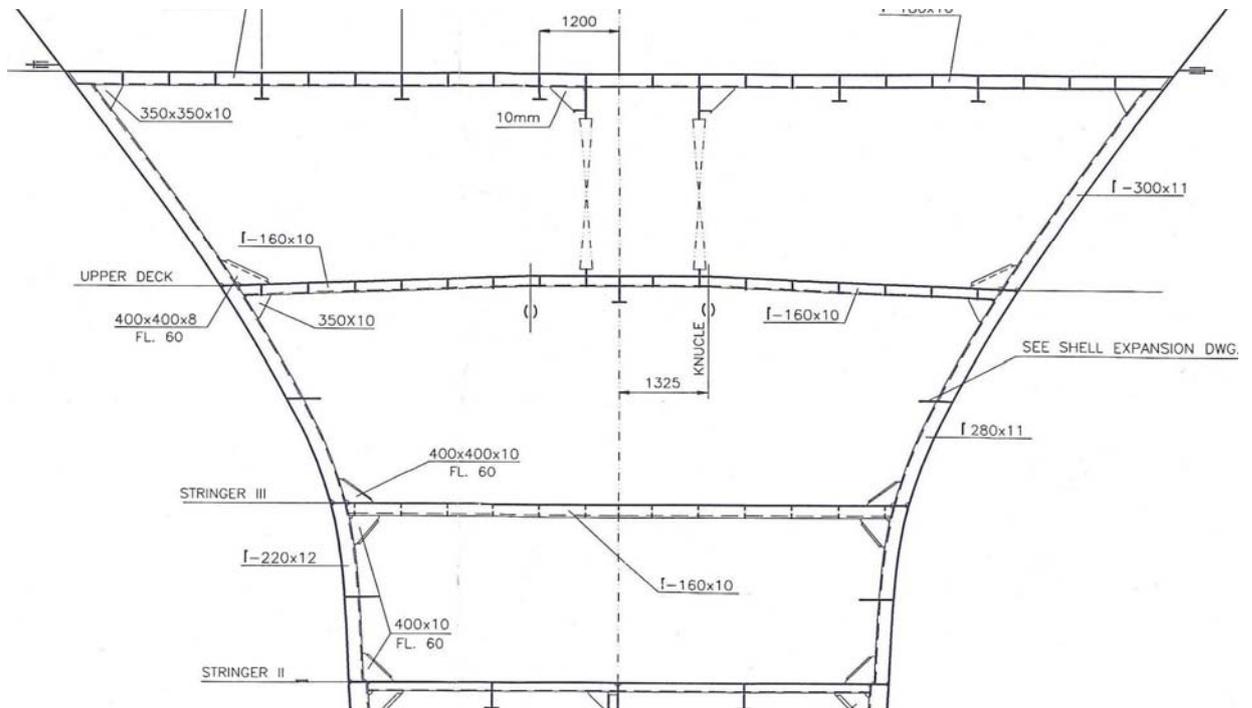
$$p_w = \rho g h_1 e^{\frac{-2\pi(T-z)}{L}} = 1,025 \times 9,81 \times 6,867 \times e^{\frac{-2\pi(9,95-1,64)}{142}} = 47,805$$

$$\beta_b = \left(1 - \frac{0,4}{2 \times 2,75}\right)^2 = 0,86 \quad \text{Pt B, Ch 7, Sec 1, § 3.4 Table 5}$$

$$w = 1,40 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,00 \times 83,559 + 1,20 \times 47,805}{8 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 2,75}\right) 0,7 \times 2,75^2 \times 10^3 = 425 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 260 x 11 w = 450 cm<sup>3</sup>

**Cuadernas del “abanico” (bow flare) Pt B, Ch 9, Sec 1, § 4 Table 12**



**Módulo**

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{W2} P_{Fl}}{20 R_y} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

**Para Z = 10850 y 13950**

$$w = 1,40 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,20 \times 312}{20 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 2,3}\right) 0,7 \times 2,3^2 \times 10^3 = 307 \text{ cm}^3$$

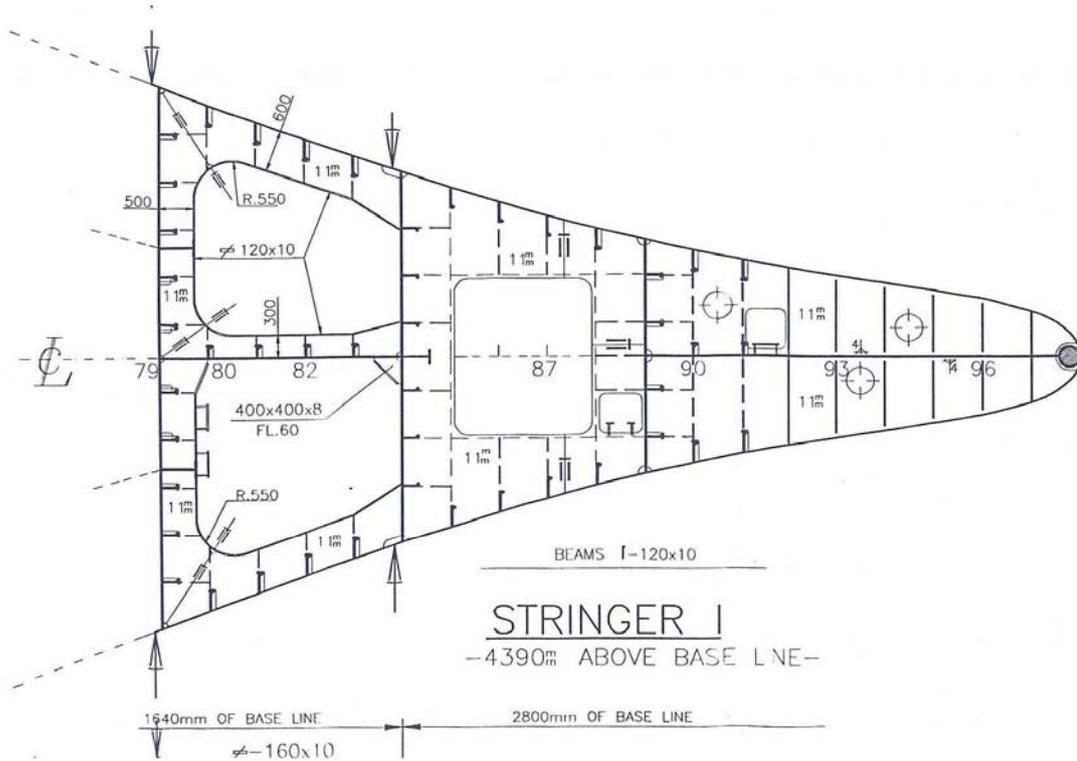
Propuesto b 220 x 12 w = 314 cm<sup>3</sup>

**Para Z = 16360**

$$w = 1,40 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,20 \times 361}{20 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 3,0}\right) 0,7 \times 3,0^2 \times 10^3 = 630 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 300 x 11 w = 635 cm<sup>3</sup>

## Palmejares del pique de proa



Módulo Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2.7.2

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{8R_y} s l^2 10^3$$

$$w = 1,60 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,00 \times 83,559 + 1,20 \times 47,805}{8 \times 235} 3,0 \times 2,40^2 \times 10^3 = 1818 \text{ cm}^3$$

Propuesto 600x11 ≠ 120x10 1862 cm<sup>3</sup>

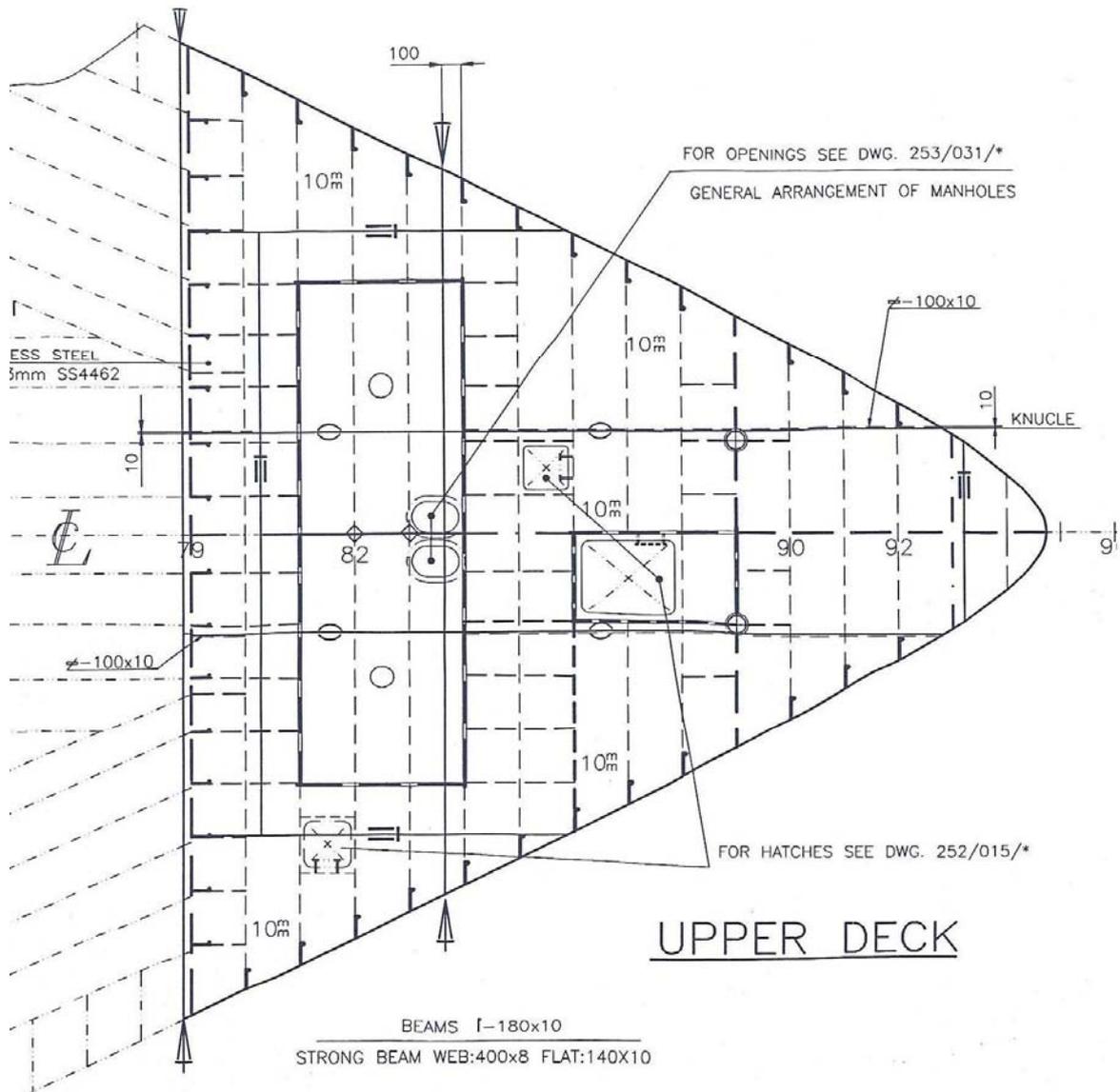
Area de la sección Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2.7.2

$$A_{sh} = 10 \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{R_y} s l$$

$$A_{sh} = 10 \times 1,60 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,00 \times 83,559 + 1,20 \times 47,805}{235} 3,0 \times 2,40 = 60 \text{ cm}^2$$

Propuesto 600x11 ≠ 120x10 78 cm<sup>2</sup>

## Cubierta superior pique de proa



**Cargas estática y dinámica**  $p_s = 20,00$  ,,  $p_w = 15,98$  (Cubierta techo tanque)

**Espesor** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2 Table 10

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{R_y}} = 14,9 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 20 + 1,2 \times 15,98}{235}} = 4,711$$

Espesor total,  $t = 4,711 + 1,5 = 6,211$

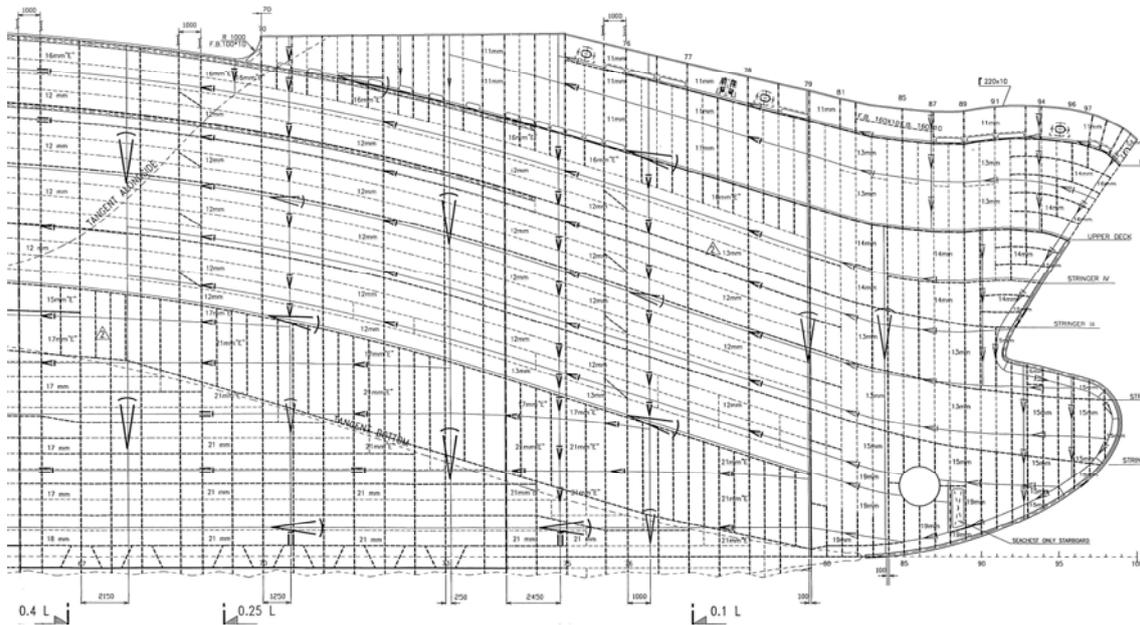
Propuesto 10,0 mm

**Módulo baos** Pt B, Ch 9, Sec 1, § 2 Table 10

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{m(R_y - \gamma_R \gamma_m \sigma_{x1})} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3 = 127 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 180 x 10  $w = 175 \text{ cm}^3$

## Reforzado de los fondos planos de proa



### Plancha y refuerzos Pt B, Ch 9, Sec 1, § 3 Table 12

$$t = 14,9 C_a C_r S \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{w2} P_{BI}}{R_y}}$$

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{w2} P_{BI}}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

### Presión de impacto en el fondo Pt B, Ch 9, Sec 1, § 3.2

$$P_{BI} = (1510 - 2,5L) C_1 C_{SL}$$

$$C_1 = \frac{119 - 2300 \frac{T_F}{L}}{78 + 1800 \frac{T_F}{L}} = \frac{119 - 2300 \frac{5,68}{142}}{78 + 1800 \frac{5,68}{142}} = 0,180$$

$$X_1 = \left(0,55 + \frac{142}{2000}\right) 142 = 88,182$$

$$X_2 = \left(0,35 + 0,5 \times 0,773 + \frac{142}{3000}\right) 142 = 111,304$$

**Para X = 133,2 (cuad 79)**

$$C_{SL} = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{133,2 - 88,182}{111,304 - 88,182} = 1,947$$

$$P_{BI} = (1510 - 2,5L)C_1C_{SL} = (1510 - 2,5 \times 142)0,180 \times 1,947 = 404,78$$

**Espesor**

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,20 \times 404,78}{235}} = 16,590 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 16,590 + 1,5 = 18,090 \text{ mm}$

Propuesto 21,0 mm

**Refuerzos**

$$w = 1,40 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,20 \times 404,78}{8 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 1,00}\right) 0,7 \times 1,00^2 \times 10^3 = 144 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 240x11 w = 370 cm<sup>3</sup>

**Para X = 111,2 (cuad 71)**

$$C_{SL} = \frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{111,2 - 88,182}{111,304 - 88,182} = 0,996$$

$$P_{BI} = (1510 - 2,5L)C_1C_{SL} = (1510 - 2,5 \times 142)0,180 \times 0,996 = 206,96$$

**Espesor**

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,20 \times 206,96}{235}} = 11,862 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 11,862 + 1,5 = 13,362 \text{ mm}$

Propuesto 17,0 mm

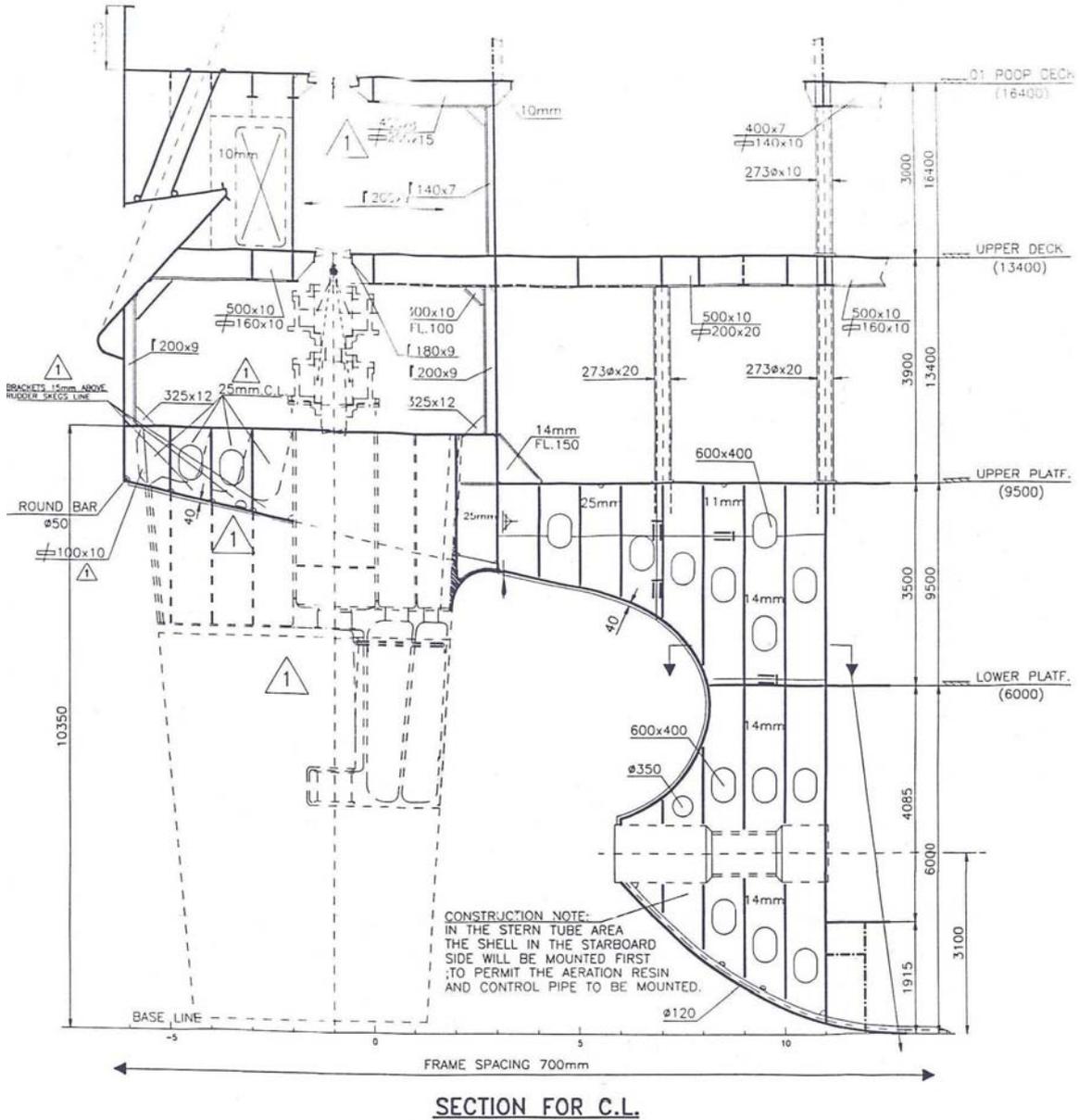
**Refuerzos**

$$w = 1,40 \times 1,02 \times 0,86 \frac{1,20 \times 206,96}{8 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 1,00}\right) 0,7 \times 1,00^2 \times 10^3 = 74 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 240x11 w = 370 cm<sup>3</sup>

# Pique de popa

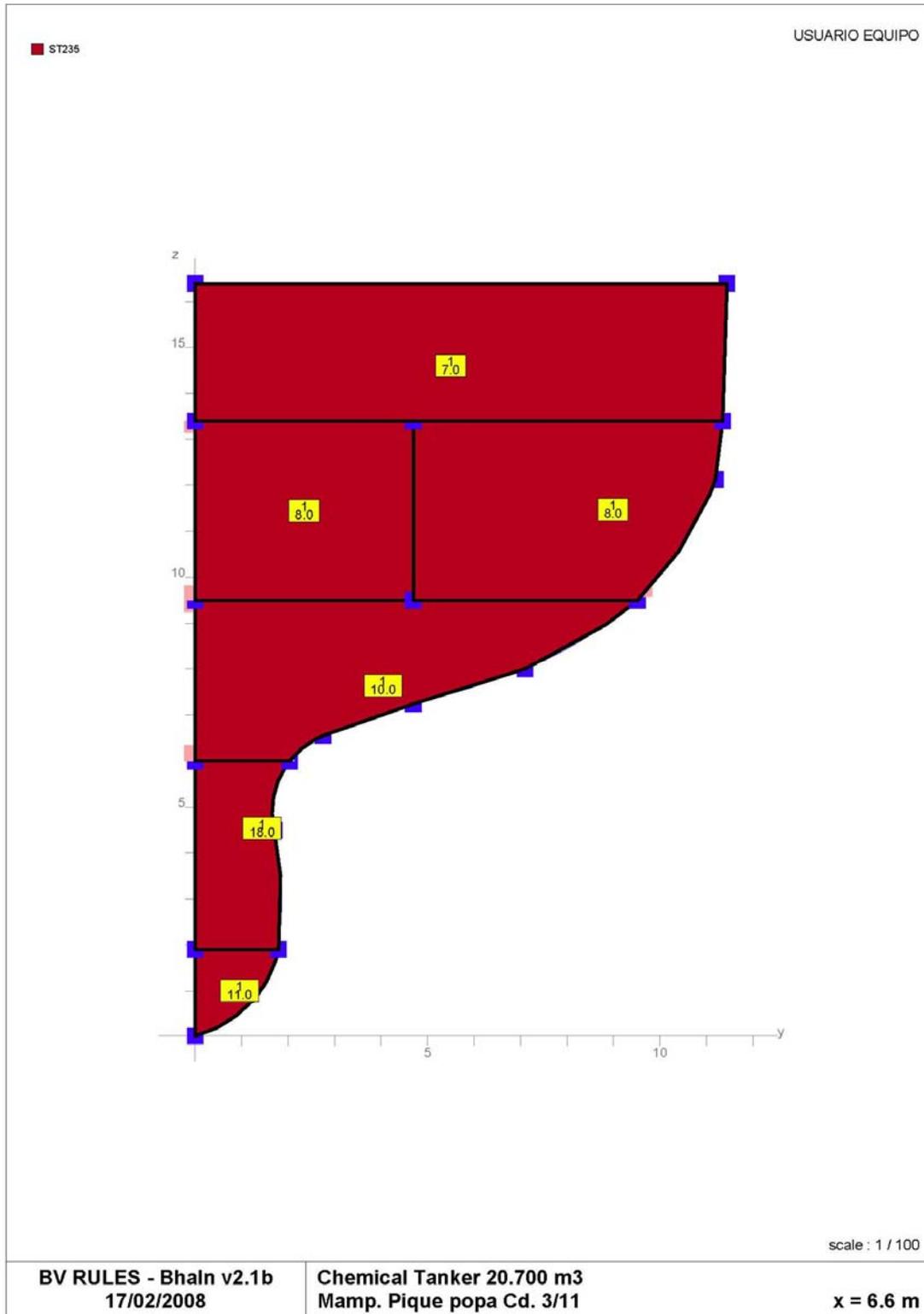
Es la zona comprendida entre popa y el mamparo de prensaestopas. Los escantillones del pique de popa se calculan de acuerdo con Pt B, Ch 9, Sec 2, § 2 del Reglamento



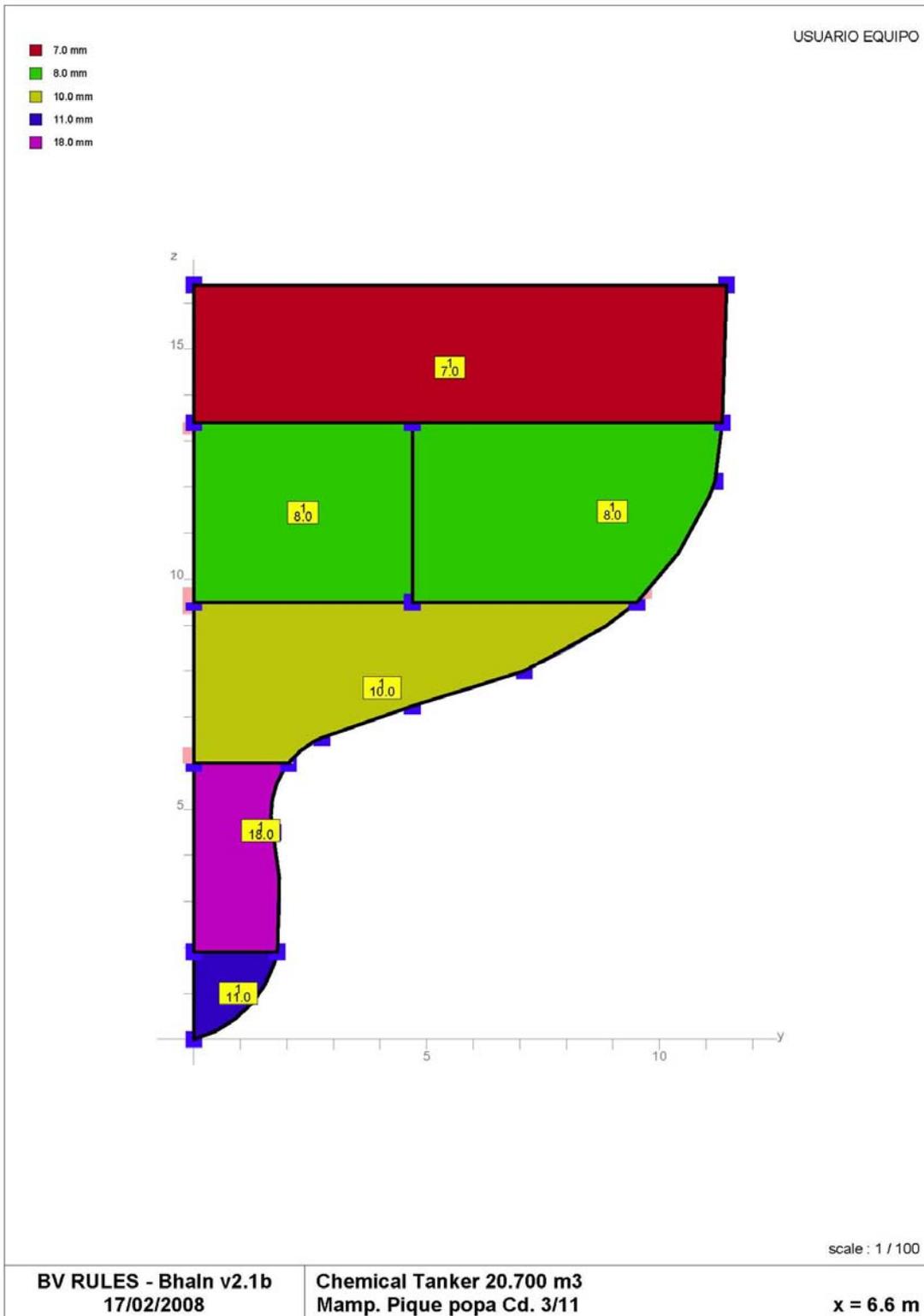


# Datos gráficos

## Materiales (“data check”)



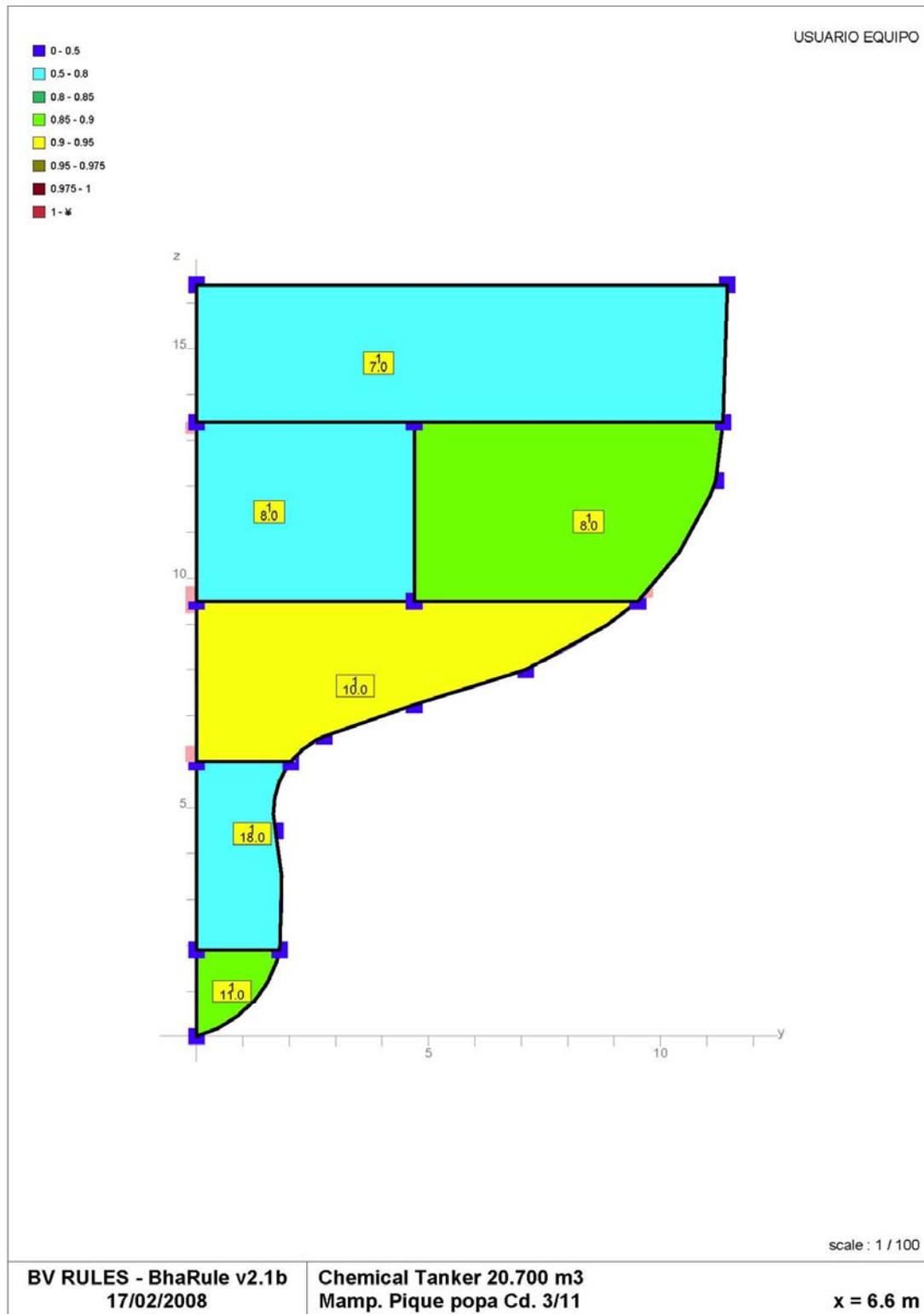
# Espesores (“data check”)





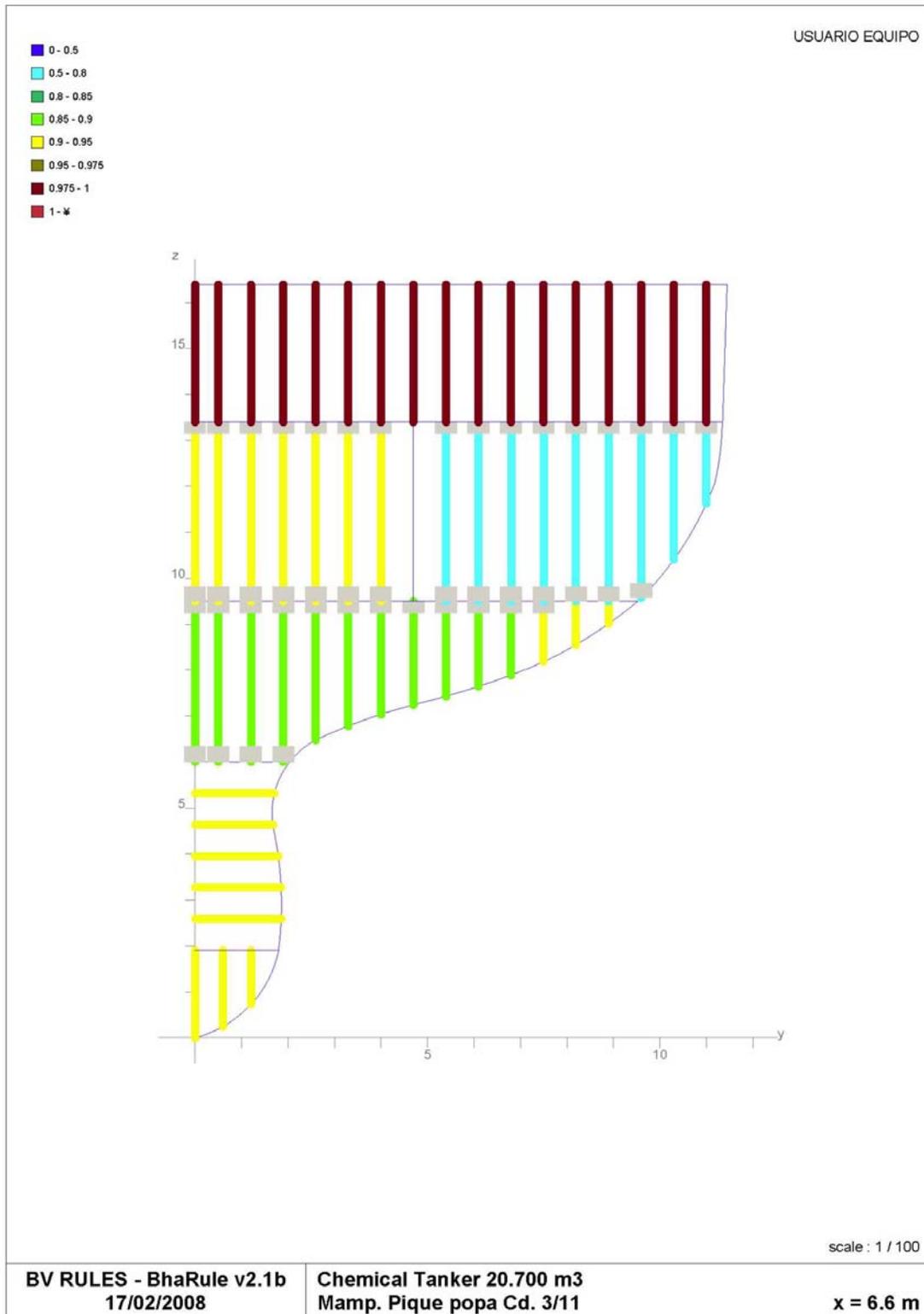
# Resultados

## Tracas ("ratio")



Los escantillones de las planchas correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

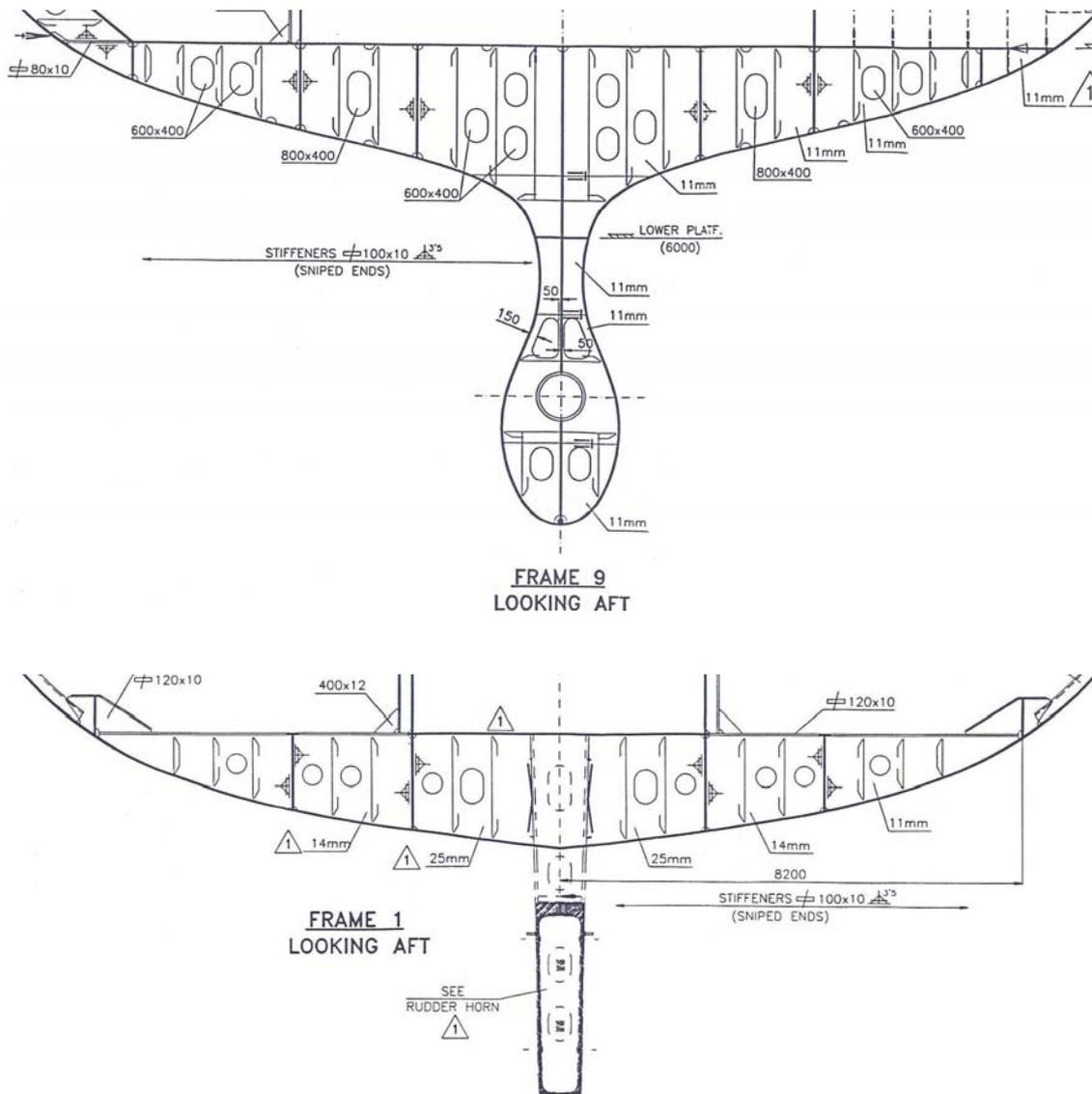
## Refuerzos (“ratio”)



Los escantillones de los refuerzos son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.



## Varengas de pique de popa



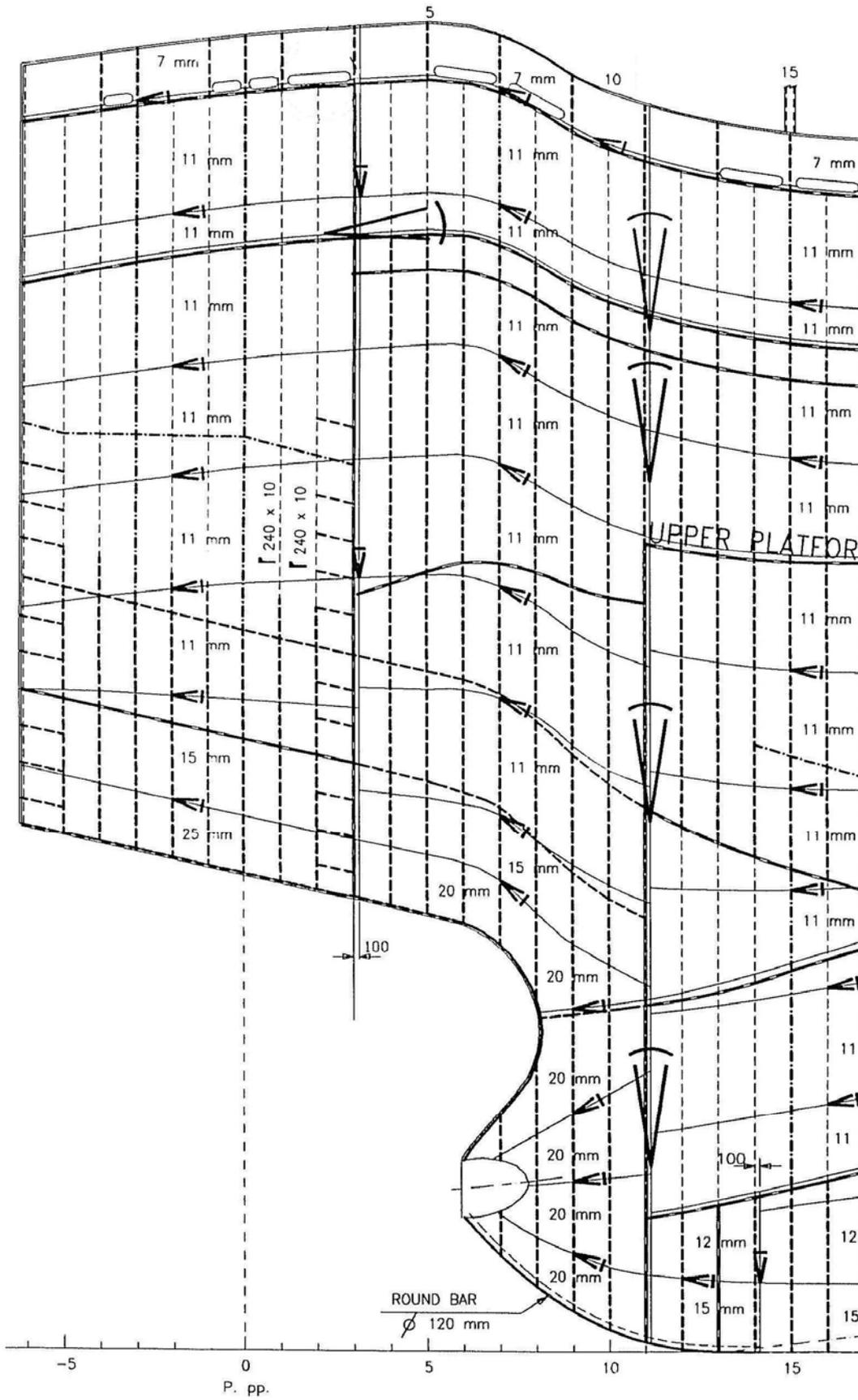
Tal como se indica en Pt B, Ch 9, Sec 2,  $\xi$  3, las varengas están situadas en cada clara y su separación es menor de 800 mm.

**Espesor** Pt B, Ch 9, Sec 2,  $\xi$  3.2.2

$$t_M = 6,5 + 0,02L_2k^{1/2} = 6,5 + 0,02 \times 120,00 \times 1^{1/2} = 8,9\text{mm}$$

Propuesto 11,0 mm

# Forro de pique de popa



**Espesor** Pt B,Ch 9, Sec 2, § 3 Table 6

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_s P_s + \gamma_w P_w}{R_y}}$$

$$p_s = \rho g (T - z) = 1,025 \times 9,81 (9,95 - 0) = 100,05$$

$$p_w = \rho g h_1 e^{\frac{-2\pi(T-z)}{L}} = 1,025 \times 9,81 \times 6,867 \times e^{\frac{-2\pi(9,95-0)}{142}} = 44,459$$

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 100,05 + 1,20 \times 44,459}{235}} = 9,323 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 9,323 + 1,5 = 10,823 \text{ mm}$

Propuesto 11,0 mm

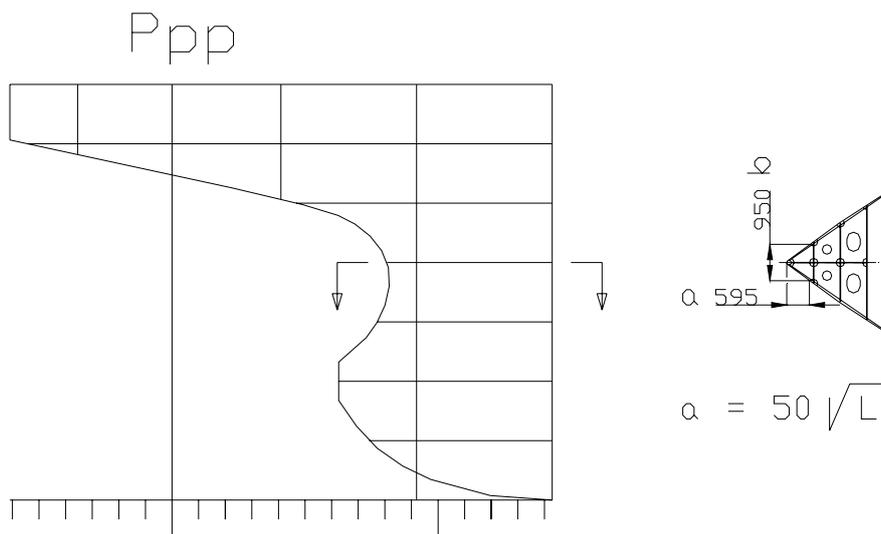
**Planchas unidas al codaste** Pt B,Ch 9, Sec 2, § 6

$$t_M = 0,045 L_1 k^{1/2} + 8,5 = 0,045 \times 142,00 \times 1^{1/2} + 8,5 = 14,890 \text{ mm}$$

Espesor total,  $t = 14,890 + 1,5 = 16,390 \text{ mm}$

Propuesto 20,0 mm

**Codaste** Pt B,Ch 9, Sec 2, § 6, Table 8



$$t = 2,5 L^{1/2} = 2,5 \times 142,00 = 29,791 \text{ mm}$$

Propuesto 20,0 mm

## Resumen del estudio de los piques de proa y popa

### **Pique de proa**

Mamparo en cuaderna 79 (Mamparo del pique de proa)

Varengas de pique de proa                    **Solicitar platabanda de varengas de 225x10**

Forro de pique de proa

Roda    **Solicitar 18 mm en el espesor de la roda**

Forro del “abanico” (bow flare)

Cuadernas de pique de proa

Palmejares del pique de proa

Cubierta superior pique de proa

Reforzado de los fondos planos de proa

Excepto lo indicado, el escantillonado de los elementos anteriores son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

### **Pique de popa**

Mamparo en cuaderna 3/11 (Mamparo del pique de popa)

Varengas de pique de popa

Forro de pique de popa    Ver

Planchas unidas al codaste

Codaste    **Solicitar 30 mm en el espesor del codaste**

Excepto lo indicado, el escantillonado de los elementos anteriores son correctos, por lo que no hay lugar a ningún comentario.

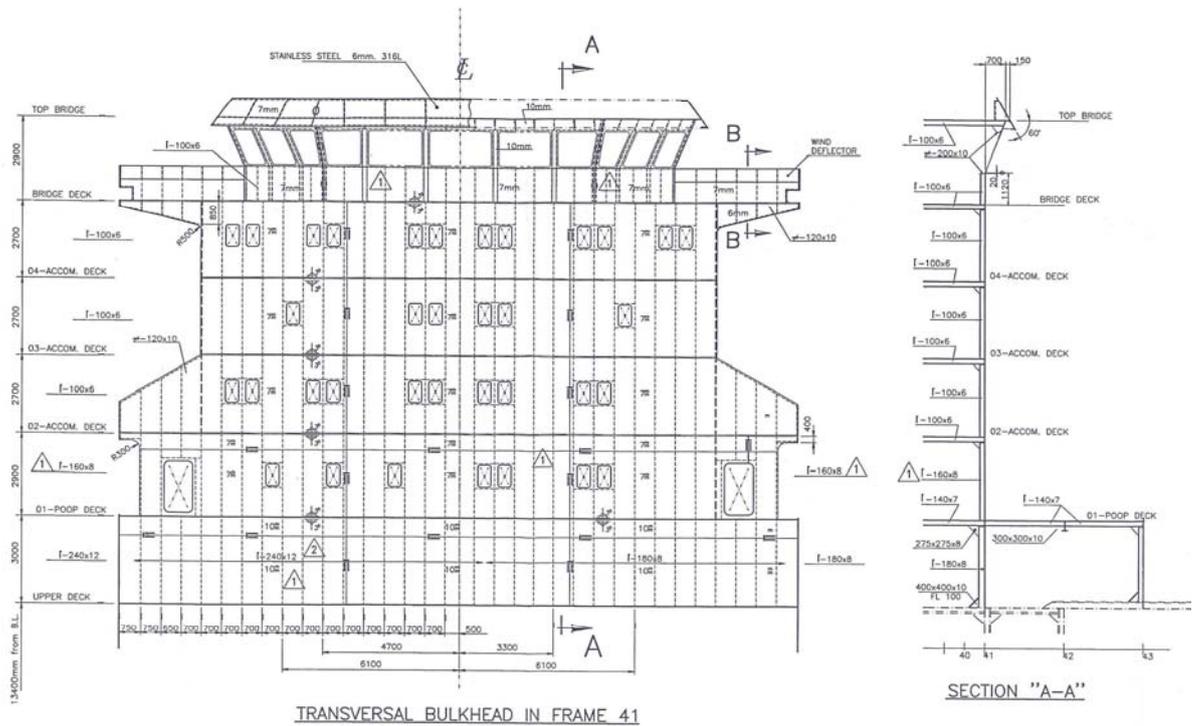




Las planchas del codaste se solicitan de 30 mm que es lo reglamentario. Por otra parte, la tercera traca en la zona de popa se solicita de 14 mm para dar continuidad a lo solicitado en la zona de cámara de máquinas



## Mamparo frontal de superestructura en cuaderna 41



Para el cálculo de las presiones aplicables, espesores, y módulos ver Pt B, Ch 9, Sec 4, § 2 Table 1, 2, 3 & 4

**Tramo bajo** ( $z = 14,5$  m)

**Presión lateral de cálculo**

$$p = 10ac[bf - (z - T)]$$

$$a = 2 + \frac{L}{120} = 2 + \frac{142}{120} = 3,183 \rightarrow 4,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{23,5}{23,5} = 1,0$$

$$b = 1 + \left( \frac{\frac{x}{L} - 0,45}{C_B + 0,2} \right)^2 = 1 + \left( \frac{\frac{28,70}{142,00} - 0,45}{0,773 + 0,2} \right)^2 = 1,065$$

$$f = \frac{L}{10} e^{-L/300} - \left[ 1 - \left( \frac{L}{150} \right)^2 \right] = \frac{142}{10} e^{-142/300} - \left[ 1 - \left( \frac{142}{150} \right)^2 \right] = 8,742$$

$$p = 10 \times 4,5 \times 1,0 [1,065 \times 8,742 - (14,5 - 9,95)] = 214,210 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_{\min} = 25,0 + 0,1L = 25,0 + 0,1 \times 142 = 39,2 \text{ kN} / \text{m}^2$$

## Espesor

Neto

$$t = 0,95s\sqrt{kp} - t_c$$

Total

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 214,210} = 9,733\text{mm}$$

$$t_{\min} = (5 + 0,01L)k^{1/2} = (5 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 6,420\text{mm}$$

Propuesto 10,0 mm

## Refuerzos

Neto

$$w = 0,35\phi ksl^2 p(1 - \alpha t_c) - \beta t_c$$

Total

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 3,00^2 \times 214,210 = 401\text{cm}^3$$

Propuesto b 240x12 w = 400 cm<sup>3</sup>

## Segundo tramo (z = 17,35 m)

### Presión lateral

$$a = 1 + \frac{L}{120} = 1 + \frac{142}{120} = 2,183 \rightarrow 3,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{22,1}{23,5} = 0,958$$

$$b = 1,065 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 3,5 \times 0,958 [1,065 \times 8,742 - (17,35 - 9,95)] = 64,050\text{kN} / \text{m}^2$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_W = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600\text{kN} / \text{m}^2$$

## Espesor

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 64,050} = 5,322\text{mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420\text{mm} \quad \text{Propuesto 7,0 mm}$$

## Refuerzos

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 2,7^2 \times 64,050 = 97\text{cm}^3$$

Propuesto b 160x8 w = 115 cm<sup>3</sup>

**Tercer tramo** ( $z = 21,05$  m)

**Presión lateral**

$$a = 0,5 + \frac{L}{120} = 0,5 + \frac{142}{120} = 1,683 \rightarrow 2,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{18,0}{23,5} = 0,836$$

$$b = 1,065 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 2,5 \times 0,836 [1,065 \times 8,742 - (21,05 - 9,95)] = \textit{negativo}$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_w = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**Espesor**

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 19,6} = 2,944 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

Propuesto 7,0 mm

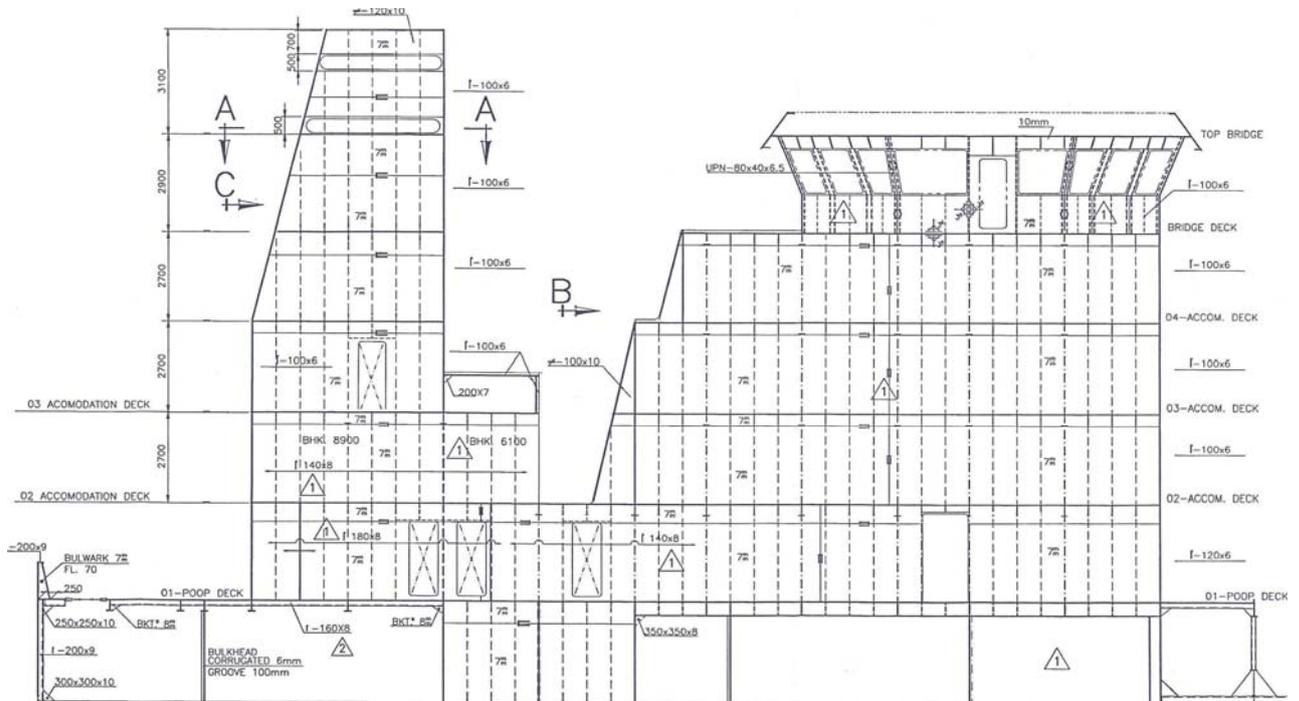
**Refuerzos**

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 2,7^2 \times 19,600 = 30 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 100x6 w = 35 cm<sup>3</sup>

El resto de los tramos tienen el mismo escantillonado que el tercer tramo, por lo que, teniendo una presión lateral menor, no es necesario calcularlos.

## Mamparo lateral de superestructura



### Tramo bajo ( $z = 14,5 \text{ m}$ )

El tramo bajo de la superestructura lateral, corresponde al forro en la zona de toldilla y fue calculado, incluyendo su reforzado, en la zona de cámara de máquinas.

### Segundo tramo ( $z = 17,35 \text{ m}$ )

#### Presión lateral

$$a = 0,5 + \frac{L}{150} = 0,5 + \frac{142}{150} = 1,447 \rightarrow 2,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{22,1}{23,5} = 0,958$$

$$b = 1,065 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 2,5 \times 0,958 [1,065 \times 8,742 - (17,35 - 9,95)] = 45,750 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_W = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

### Espesor

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 45,750} = 4,498mm$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420mm$$

Propuesto 7,0 mm

### Refuerzos

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 2,7^2 \times 45,750 = 69cm^3$$

Propuesto b 120x6 w = 50 cm<sup>3</sup>

### Tercer tramo (z = 21,05 m)

#### Presión lateral

$$a = 0,9\left(0,5 + \frac{L}{150}\right) = 0,9\left(0,5 + \frac{142}{150}\right) = 1,302 \rightarrow 2,5$$

$$c = 0,3 + 0,7\frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7\frac{22,1}{23,5} = 0,958$$

$$b = 1,065 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 2,5 \times 0,836[1,065 \times 8,742 - (21,05 - 9,95)] = \textit{negativo}$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_w = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600kN / m^2$$

### Espesor

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 19,6} = 2,944mm$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420mm$$

Propuesto 7,0 mm

### Refuerzos

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 2,7^2 \times 19,600 = 30cm^3$$

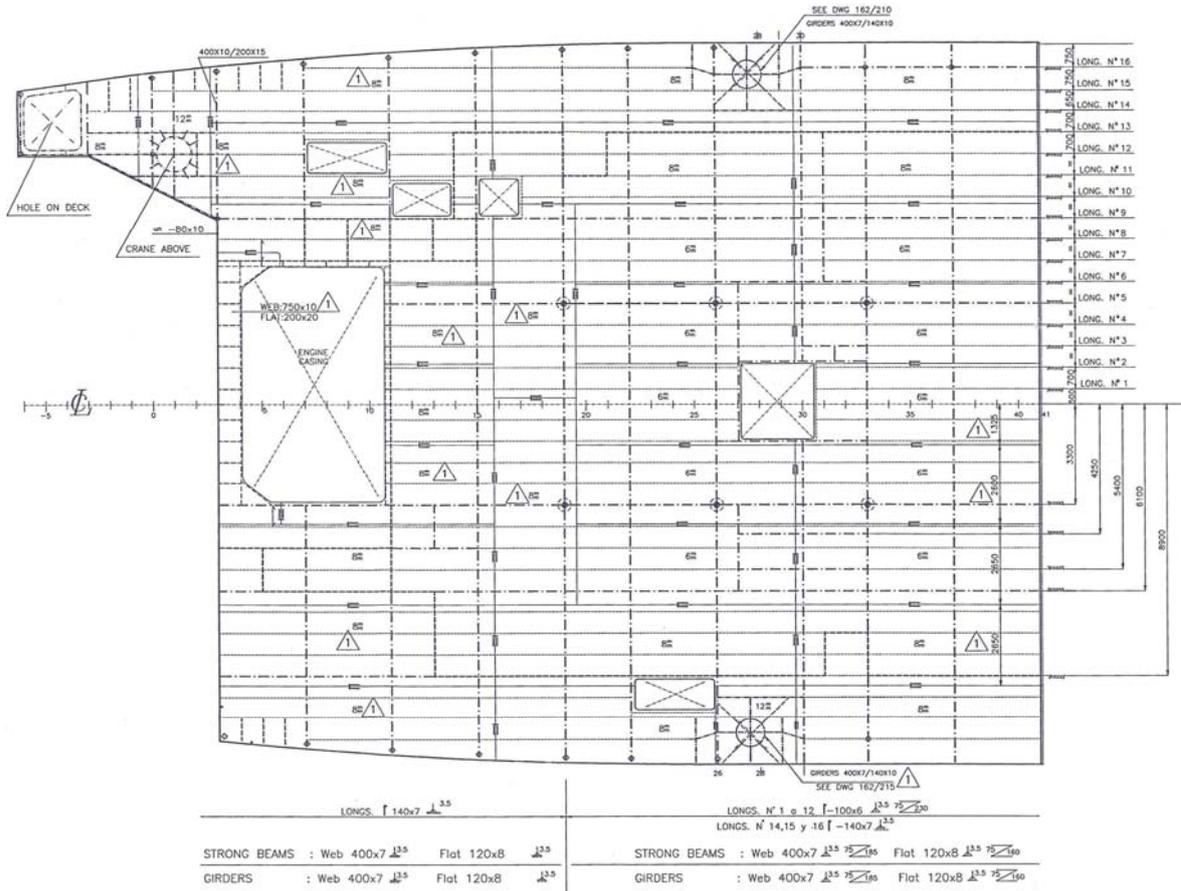
Propuesto b 100x6 w = 35 cm<sup>3</sup>

El resto de los tramos tienen el mismo escantillonado que el tercer tramo, por lo que, teniendo una presión lateral menor, no es necesario calcularlos.

## Cubierta toldilla

La cubierta toldilla fue considerada en el estudio de la zona de cámara de máquinas.

## Cubierta acomodación 02



02 ACCOMODATION DECK

**Presión lateral zona de intemperie** Pt B,Ch 5, Sec 5,  $\xi$  1 & 2 Table 2 & 4

$$n = 1,0 \quad \varphi_1 = 0,56 \quad \varphi_2 = \frac{L}{120} = \frac{142}{120} = 1,183$$

$$p_s = 10,0\varphi_1\varphi_2 = 10,0 \times 0,56 \times 1,183 = 6,625 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_w = 17,5n\varphi_1\varphi_2 = 17,5 \times 1,0 \times 0,56 \times 1,183 = 11,597 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**Espesor** Pt B, Ch 7, Sec 1, § 3.5.1

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{R_y}}$$

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 6,625 + 1,20 \times 11,597}{235}} = 3,412 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

Propuesto 8,0 mm

**Refuerzos**

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

$$w = 1,02 \times 1,02 \times 1,0 \frac{1,00 \times 6,625 + 1,20 \times 11,597}{12 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 2,75}\right) 0,7 \times 2,8^2 \times 10^3 = 36 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 140x7 w = 78 cm<sup>3</sup>

**Presión lateral zona de alojamientos** Pt B, Ch 5, Sec 6, § 7 Table 11

$$p_s = 3,0 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**Espesor**

$$t = 0,95 s \sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7 \sqrt{1,0 \times 3,0} = 1,152 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

Propuesto 6,0 mm

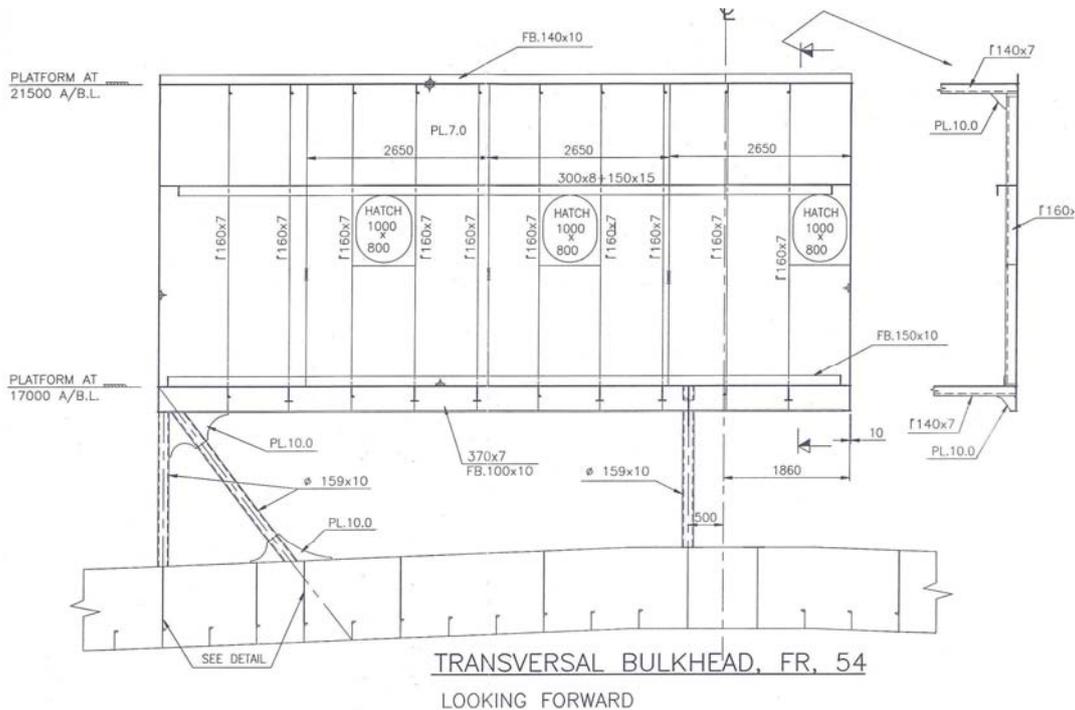
**Refuerzos**

$$w = 0,35 \phi k s l^2 p = 0,35 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 2,8^2 \times 3,0 = 6 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 100x6 w = 35 cm<sup>3</sup>

El resto de las cubiertas tienen el mismo escantillado que la 02, por lo que, teniendo una presión lateral menor, no es necesario calcularlos.

## Mamparo frontal caseta motores eléctricos y compresores



**Segundo tramo** ( $x = 64,45 \text{ m}$ ,  $z = 17,35 \text{ m}$ )

### Presión lateral

$$a = 1 + \frac{L}{120} = 1 + \frac{142}{120} = 2,183 \rightarrow 3,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{10,135}{23,5} = 0,602$$

$$b = 1 + 1,5 \left( \frac{\frac{x}{L} - 0,45}{C_B + 0,2} \right)^2 = 1 + 1,5 \left( \frac{\frac{64,45}{142,00} - 0,45}{0,773 + 0,2} \right)^2 = 1,000 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 3,5 \times 0,602 [1,000 \times 8,742 - (17,35 - 9,95)] = 28,276 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_w = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

### Espesor

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,91\sqrt{1,0 \times 28,276} = 4,597 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

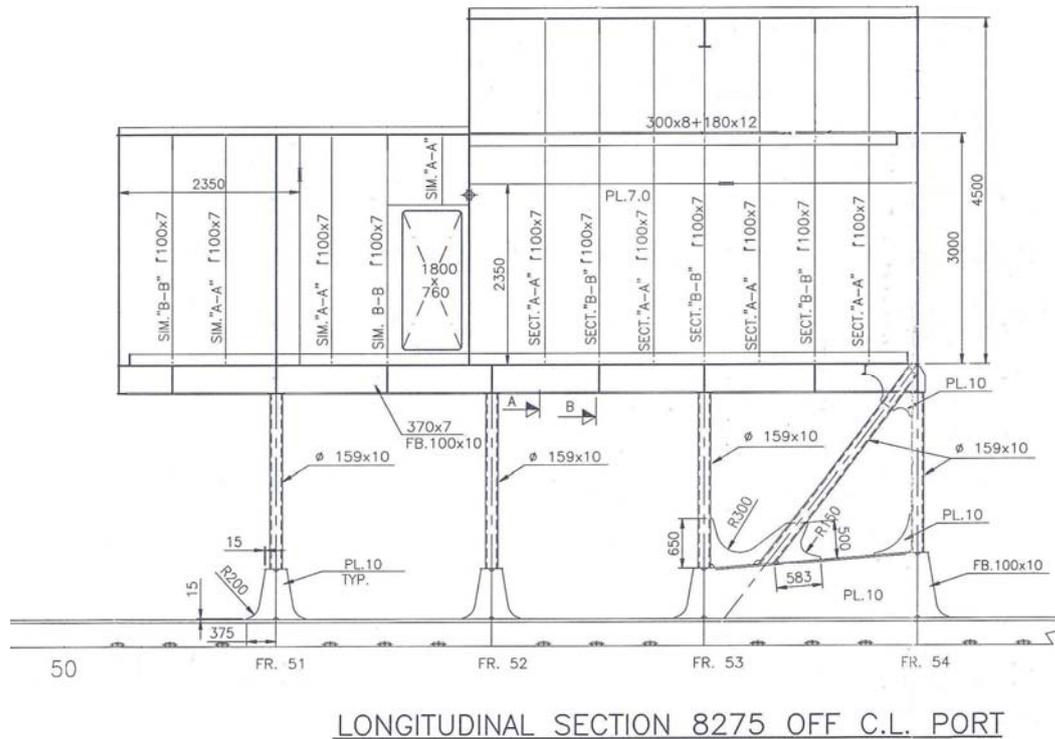
Propuesto 7,0 mm

### Refuerzos

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,91 \times 3,0^2 \times 28,276 = 69 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 160x7 w = 110 cm<sup>3</sup>

## Mamparo lateral caseta motores eléctricos y compresores



**Segundo tramo** ( $z = 17,35 \text{ m}$ )

**Presión lateral**

$$a = 0,5 + \frac{L}{150} = 0,5 + \frac{142}{150} = 1,447 \rightarrow 2,5 \quad c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{10,135}{23,5} = 0,602$$

$$b = 1,000 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 2,5 \times 0,602 [1,000 \times 8,742 - (17,35 - 9,95)] = 20,197 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_w = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**Espesor**

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 20,197} = 2,989 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

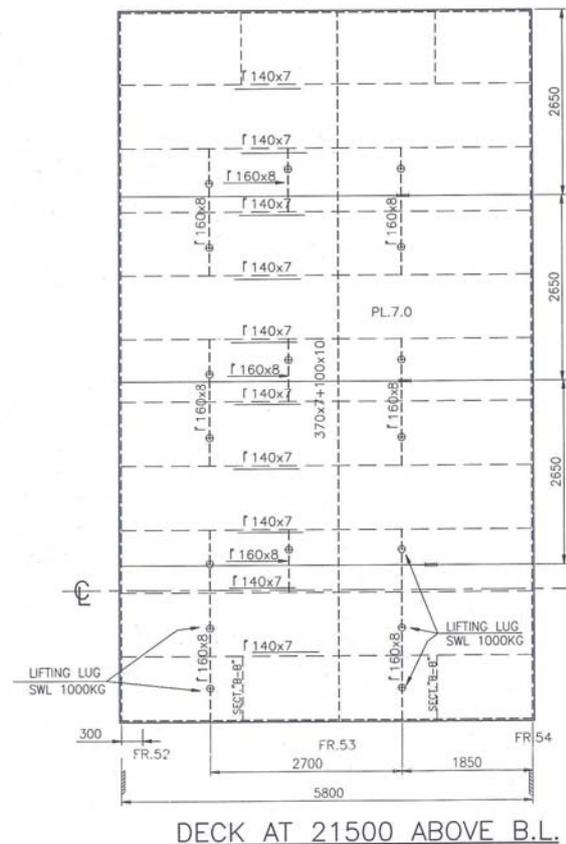
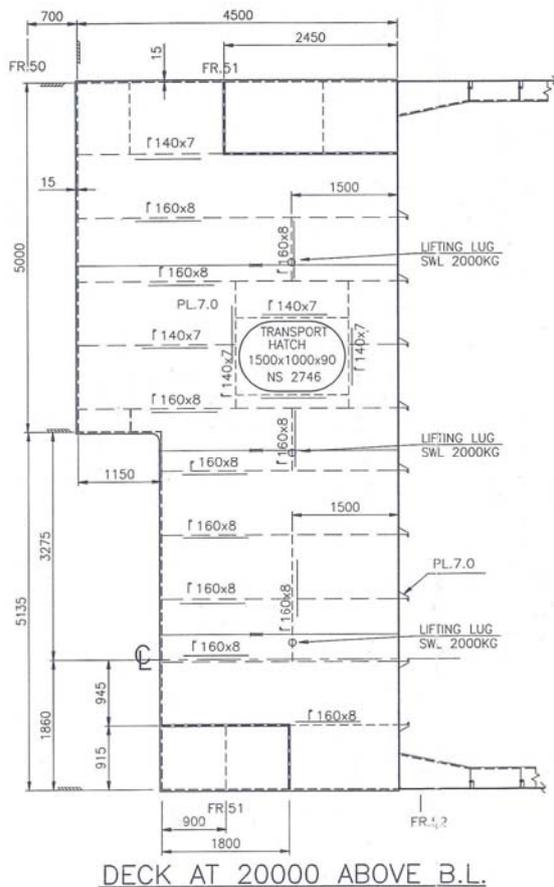
Propuesto 7,0 mm

**Refuerzos**

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 3,0^2 \times 20,197 = 38 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 100x7 w = 39 cm<sup>3</sup>

## Cubierta de intemperie de la caseta motores eléctricos y compresores



**Presión lateral zona de intemperie** Pt B,Ch 5, Sec 5, § 1 & 2 Table 2 & 4

$$p_s = 6,625 \text{ kN/m}^2 \quad p_w = 11,597 \text{ kN/m}^2$$

**Espesor** Pt B,Ch 7, Sec 1, § 3.5.1

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{R_y}}$$

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,9 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 6,625 + 1,20 \times 11,597}{235}} = 4,386 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L) k^{1/2} = (4 + 0,01 \times 142) 1,0^{1/2} = 5,420 \text{ mm}$$

Propuesto 8,0 mm

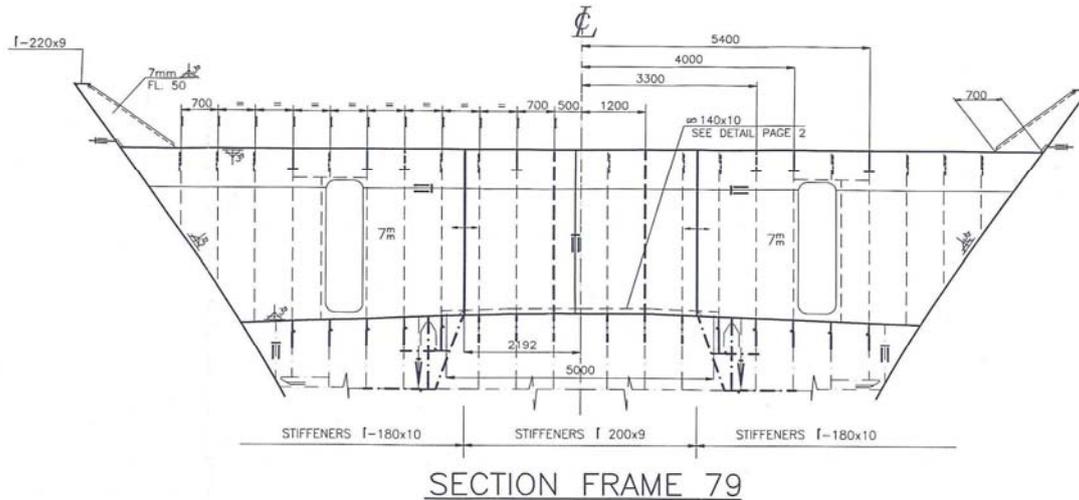
**Refuerzos**

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

$$w = 1,02 \times 1,02 \times 1,0 \frac{1,00 \times 6,625 + 1,20 \times 11,597}{12 \times 235} \left(1 - \frac{0,9}{2 \times 2,7}\right) 0,9 \times 2,7^2 \times 10^3 = 41 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 140x7 w = 78 cm<sup>3</sup>

## Mamparo de popa del castillo



**Tramo bajo** ( $x = 133,200 \text{ m}$ ,  $z = 14,50 \text{ m}$ )

### Presión lateral

$$a = 0,5 + \frac{L}{1000} - 0,4 \frac{x}{L} = 0,5 + \frac{142}{1000} - 0,4 \frac{133,200}{142} = 0,267$$

$$a = 0,8 - 0,4 \frac{x}{L} = 0,8 - 0,4 \frac{133,200}{142} = 0,425$$

$$c = 0,3 + 0,7 \frac{b_1}{B_1} = 0,3 + 0,7 \frac{23,5}{23,5} = 1,0$$

$$b = 1 + 1,5 \left( \frac{\frac{x}{L} - 0,45}{C_B + 0,2} \right)^2 = 1 + 1,5 \left( \frac{\frac{133,20}{142,00} - 0,45}{0,773 + 0,2} \right)^2 = 1,377 \quad f = 8,742$$

$$p = 10 \times 0,267 \times 1,0 [1,377 \times 8,742 - (14,50 - 9,95)] = 20,000 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$T + 0,5BA_R + 0,5h_w = 9,95 + 0,5 \times 23,5 \times 0,35 + 0,5 \times 10,494 = 26,947 \geq z$$

$$p_{\min} = 12,5 + 0,05L = 12,5 + 0,05 \times 142 = 19,600 \text{ kN} / \text{m}^2$$

### Espesor

$$t = 0,95s\sqrt{kp} = 0,95 \times 0,7\sqrt{1,0 \times 20,000} = 2,974 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = (4 + 0,01L)k^{1/2} = (5 + 0,01 \times 142)1,0^{1/2} = 6,420 \text{ mm}$$

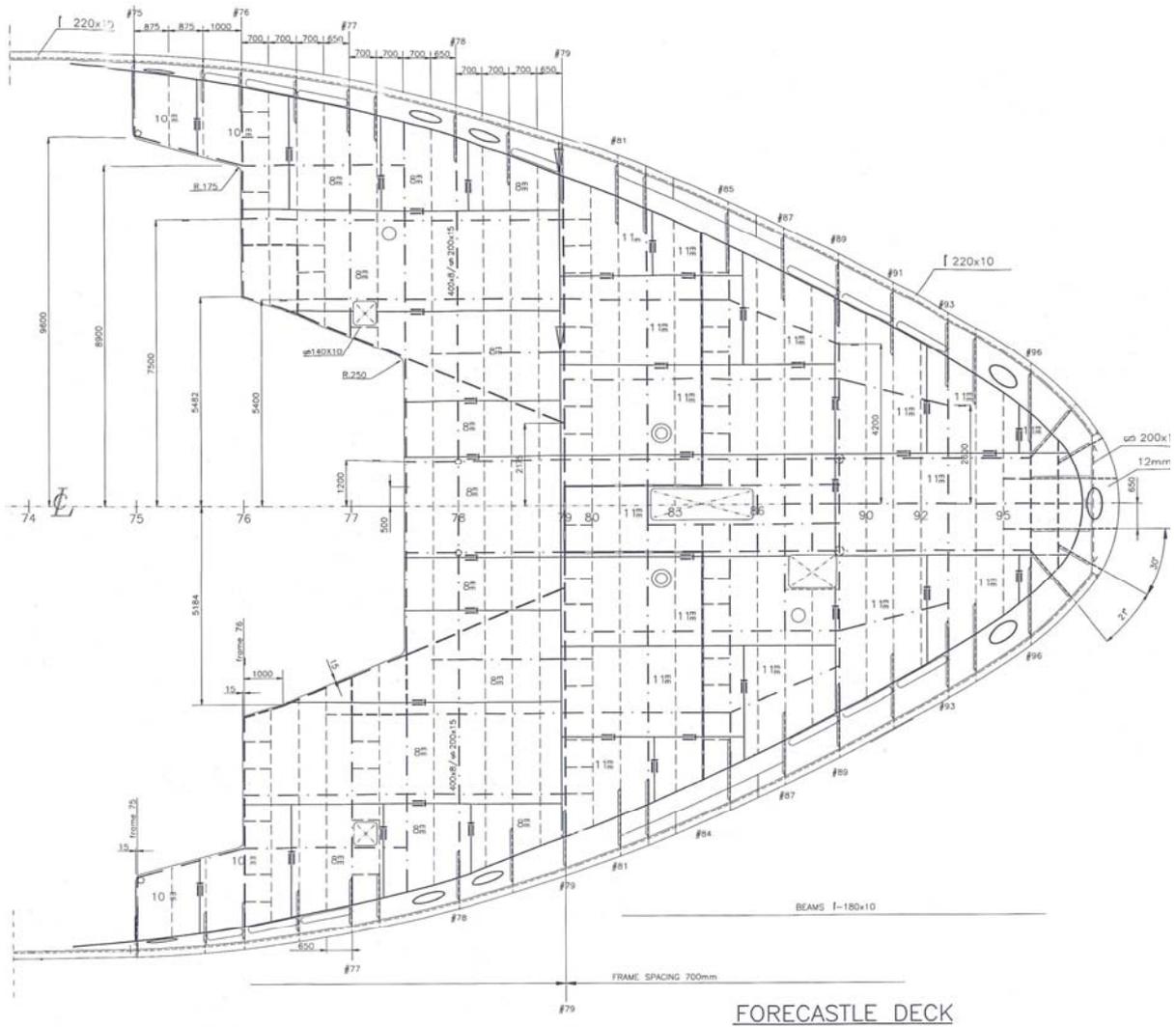
Propuesto 7,0 mm

### Refuerzos

$$w = 0,35\phi ksl^2 p = 0,35 \times 0,85 \times 1,0 \times 0,7 \times 3,0^2 \times 20,000 = 37 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 180x10 w = 175 cm<sup>3</sup>

## Cubierta de castillo



**Presión lateral zona de intemperie** Pt B, Ch 5, Sec 5, § 1 & 2 Table 2 & 4

$$X = 133,2 \text{ m}$$

$$p_s = 10,0\varphi_1\varphi_2 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad p_w = 19,6n\varphi_1\varphi_2 \sqrt{H} \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$H = C_{F1} \left[ 2,66 \left( \frac{x}{L} - 0,7 \right)^2 + 0,14 \right] \sqrt{\frac{VL}{C_B}} - (z - T_1)$$

$$H = 1,0 \left[ 2,66 \left( \frac{133,2}{142} - 0,7 \right)^2 + 0,14 \right] \sqrt{\frac{15,8 \times 142}{0,773}} - (16,0 - 9,95) = 13,903$$

$$p_s = 10,0 \times 0,75 \times 1,0 = 7,5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$p_w = 19,6 \times 1,0 \times 0,75 \times 1,0 \sqrt{13,903} = 54,811 \text{ kN} / \text{m}^2$$

**Espesor** Pt B,Ch 7, Sec 1, § 3.5.1

$$t = 14,9 c_a c_r s \sqrt{\gamma_R \gamma_m \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{R_y}}$$

$$t = 14,9 \times 1 \times 1 \times 0,7 \sqrt{1,2 \times 1,02 \frac{1,00 \times 7,5 + 1,20 \times 54,811}{235}} = 6,443 \text{ mm}$$

$$t_{\min} = 2,1 + 0,013 L k^{1/2} + 4,5 s = 2,1 + 0,013 \times 142 \times 1,0^{1/2} + 4,5 \times 0,7 = 7,096 \text{ mm}$$

Propuesto 8,0 mm

**Refuerzos**

$$w = \gamma_R \gamma_m \beta_b \frac{\gamma_{s2} P_s + \gamma_{w2} P_w}{12 R_y} \left(1 - \frac{s}{2l}\right) s l^2 10^3$$

$$w = 1,02 \times 1,02 \times 1,0 \frac{1,00 \times 7,5 + 1,20 \times 54,811}{12 \times 235} \left(1 - \frac{0,7}{2 \times 2,4}\right) 0,7 \times 2,4^2 \times 10^3 = 93 \text{ cm}^3$$

Propuesto b 180x10 w = 78 cm<sup>3</sup>

## Resumen del estudio de la superestructura

### **Superestructura de popa**

#### **Mamparo frontal**

Todos los tramos Espesores y refuerzos correctos

#### **Mamparo lateral**

Segundo tramo Solicitar refuerzos de mamparo de b 140x7 en lugar del propuesto de b 120x6

Tercero y resto de tramos Espesores y refuerzos correctos

#### **Cubiertas**

Todas las cubiertas Espesores y refuerzos correctos

### **Caseta motores eléctricos y compresores**

#### **Mamparos frontal y laterales**

Todos los mamparos Espesores y refuerzos correctos

#### **Cubiertas**

Todas las cubiertas Espesores y refuerzos correctos

### **Castillo**

#### **Mamparo de popa del castillo**

Mamparo Espesores y refuerzos correctos

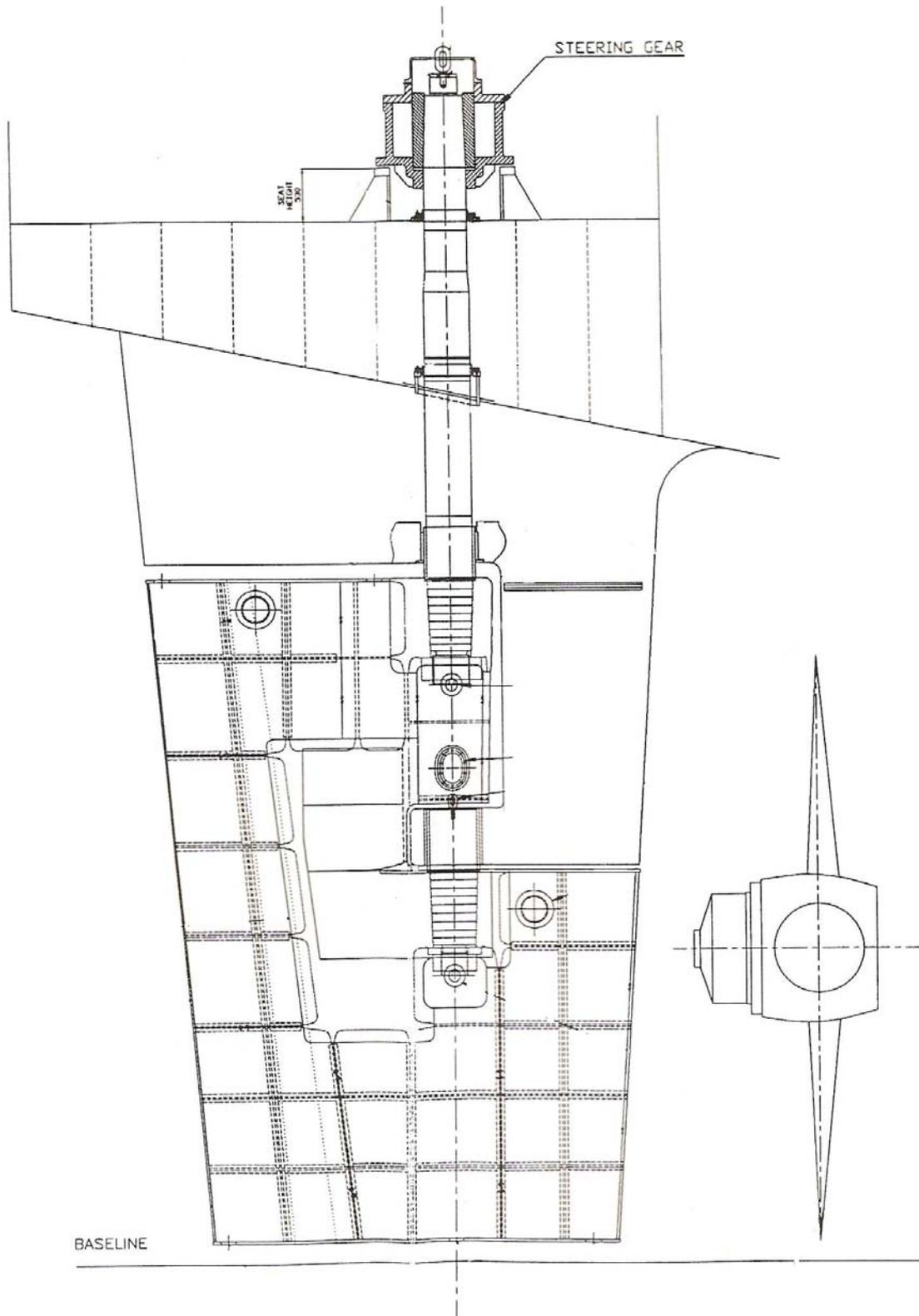
#### **Cubierta castillo**

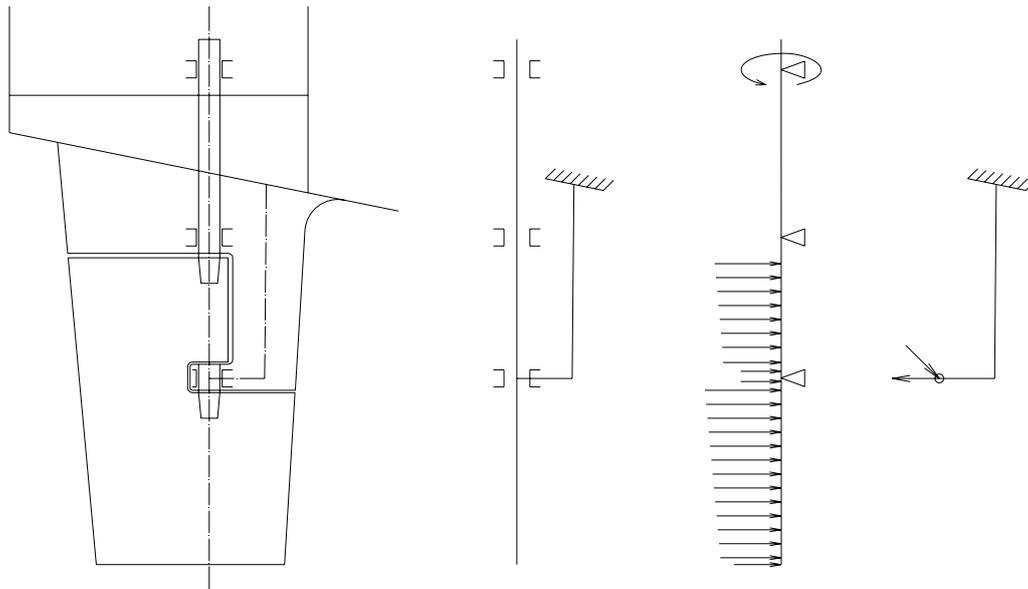
Cubiertas Espesores y refuerzos correctos

**Ver las correcciones en los planos en la página siguiente**



# Timón y mecha





Tal como se ve en el esquema anterior, el sistema de timón y mecha se puede descomponer en dos vigas.

La primera está constituida por el conjunto de la pala y mecha. Esta viga está sobre tres apoyos. El de la parte superior es el servo, que impide que la viga pueda girar libremente sobre su eje.

Como la carga está desplazada hacia popa, esta viga está sometida a un momento de flexión combinado con un momento de torsión.

La segunda viga está constituida por el soporte del timón que, como se ve, está empotrada en su parte superior.

Esta viga está, a su vez, compuesta por una parte horizontal, en cuyo extremo están aplicadas las cargas que le transmiten el conjunto timón y mecha y una parte vertical, cuya parte superior está empotrada en el casco del buque.

Las fuerzas aplicadas, una longitudinal hacia popa y otra transversal, producen una tracción y una flexión transversal. En algunas ocasiones, en función del sistema de empotramiento del pinzote, le pueden producir, también, una torsión.

La parte vertical está sometida a flexión sobre los ejes longitudinal y transversal y a torsión sobre el eje vertical.

El programa Rudder calcula los escantillones del sistema, es decir:

- Diámetro de la parte superior de la mecha
- Diámetro de la parte inferior de la mecha
- Unión de la mecha y la pala
- Diámetro del pinzote
- Espesor de las planchas de la pala
- Escantillones del soporte del timón

# Datos principales

## SHIP GENERAL DATA

### Identification

Ship Name ..... Timón Proyecto  
 Builder ..... Proyecto  
 Description (job) ..... Timón y mecha

### Notation

Service ..... Chemical tanker  
 Navigation ..... Unrestricted navigation  
 Ice Mark ..... No ice mark notation

### Main Data

Ship Length ..... 142.000 (m)  
 Ship Draught ..... 9.950 (m)  
 Maximum ahead service speed ..... 15.800 (Knots)  
 Minimum ahead service speed ..... 0.000 (Knots)

### Rudder Graphical Bounds (\*)

Height ..... 7.100 (m)  
 Breadth ..... 5.500 (m)

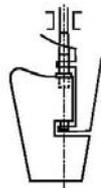
(\*) values inputed by the user (independents of the rudder geometry)

### Materials

Type of material	Yield Stress (N/mm2)	Young Modulus (N/mm2)	Butt Weld coefficient	Tensile Strength (N/mm2)
Steel	235.000	206 000.000	--	400.000
Steel	300.000	206 000.000	--	400.000
Steel	330.000	206 000.000	--	400.000
Stainless steel	235.000	206 000.000	--	400.000
Steel	260.000	206 000.000	--	520.000
Stock material (Yield/Tensile)				235.000 / 400.000
Blade material				235.000 / 400.000
Material for Horn Section S 1 - Sección baja ( z = 0.000m )				235.000 / 400.000
Material for Horn Section S 2 - Sección alta ( z = 2.720m )				260.000 / 520.000
Cone material				330.000 / 400.000
Flange material				No material!
Bolts material				No material!
Bearing material				Lignum vitae

### Rudder Main Data

Rudder Type 9 ..... 3 bearing semi-spade rudder (2 stock bearings)



Stock Coupling ..... Cone couplings  
 Blade location compared to propeller ..... Rudder outside the propeller jet

Blade type ..... Double plated rudder  
 Blade Profile ..... Fish tail



Area of rudder post or horn ..... 13.400 000 (m2)



## BLADE GEOMETRY

### Nodes description

Node nb.	X (*) (m)	Z (*) (m)
1 .....	- 2.400	0.200
2 .....	1.600	0.200
3 .....	1.800	3.900
4 .....	- 0.500	3.900
5 .....	- 0.500	4.560
6 .....	0.400	4.560
7 .....	0.420	6.800
8 .....	- 3.000	6.800
9 .....	- 2.400	0.200

(\*) in the user reference system

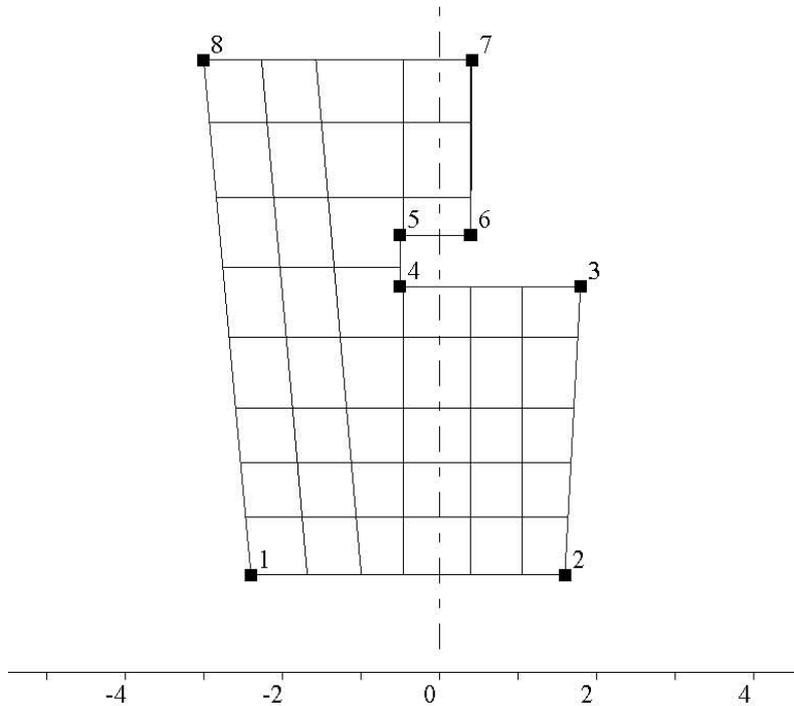
### Stock Data

X stock (\*) ..... 0.000 (m)  
 Stock material ..... ST 235  
 Bearing material ..... Lignum vitae  
 (\*) in the user reference system

#### Lower rudder stock bearing

Z at midspan (Z1) ..... 7.050 (m)  
 Stock diameter at Z1 ..... 0.460 (m)  
 Bearing height ..... 0.532 (m)  
 Bearing inner diameter ..... 0.510 (m)

Z at midspan (Z2) ..... 8.800 (m)  
 Stock diameter at Z2 ..... 0.400 (m)





## BLADE SECTIONS DATA

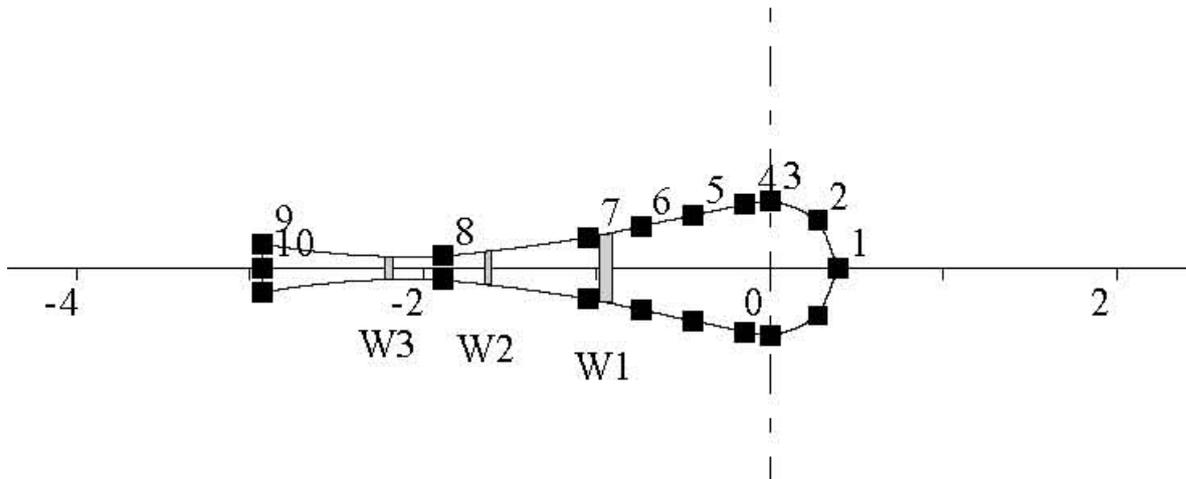
### Blade section : S 1 - H2

Location ..... Section around stock housing  
 Z of the blade section ..... 6.008 (m)  
 Blade material (Yield/ Tensile) ..... 235.000 / 400.000

Node nb.	X (m)	Z (m)
1	0.391	0.000
2	0.276	0.276
3	0.000	0.391
4	-0.147	0.370
5	-0.447	0.307
6	-0.747	0.243
7	-1.047	0.179
8	-1.890	0.070
9	-2.927	0.141
10	-2.927	0.000

Segment from node to node	Thickness (mm)	Symmetric (y/n)
------------------------------	----------------	-----------------

Web nb.	X (m)	Thickness (mm)	Hole (m)
1	-0.950	35.000	0.000
2	-1.625	20.000	0.000
3	-2.200	20.000	0.000



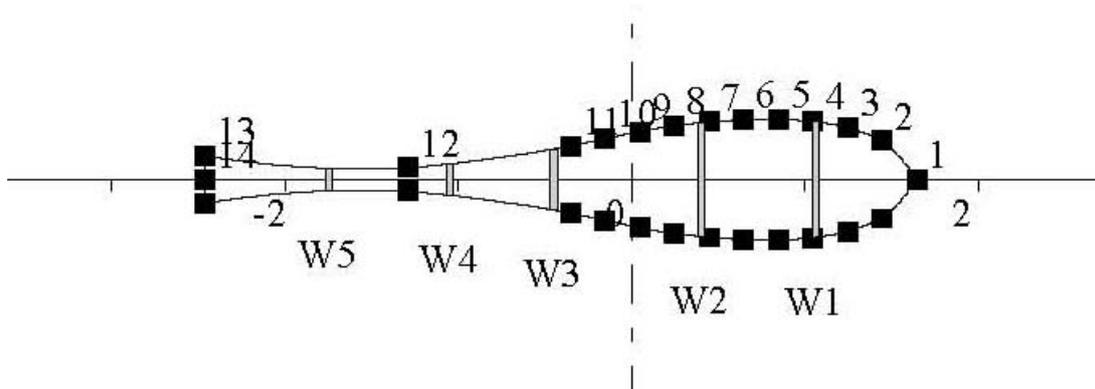
**Blade section : S 8 - H12**

Location . . . . . Other section  
 Z of the blade section . . . . . 0.940 (m)  
 Blade material (Yield/ Tensile) . . . . . 235.000 / 400.000

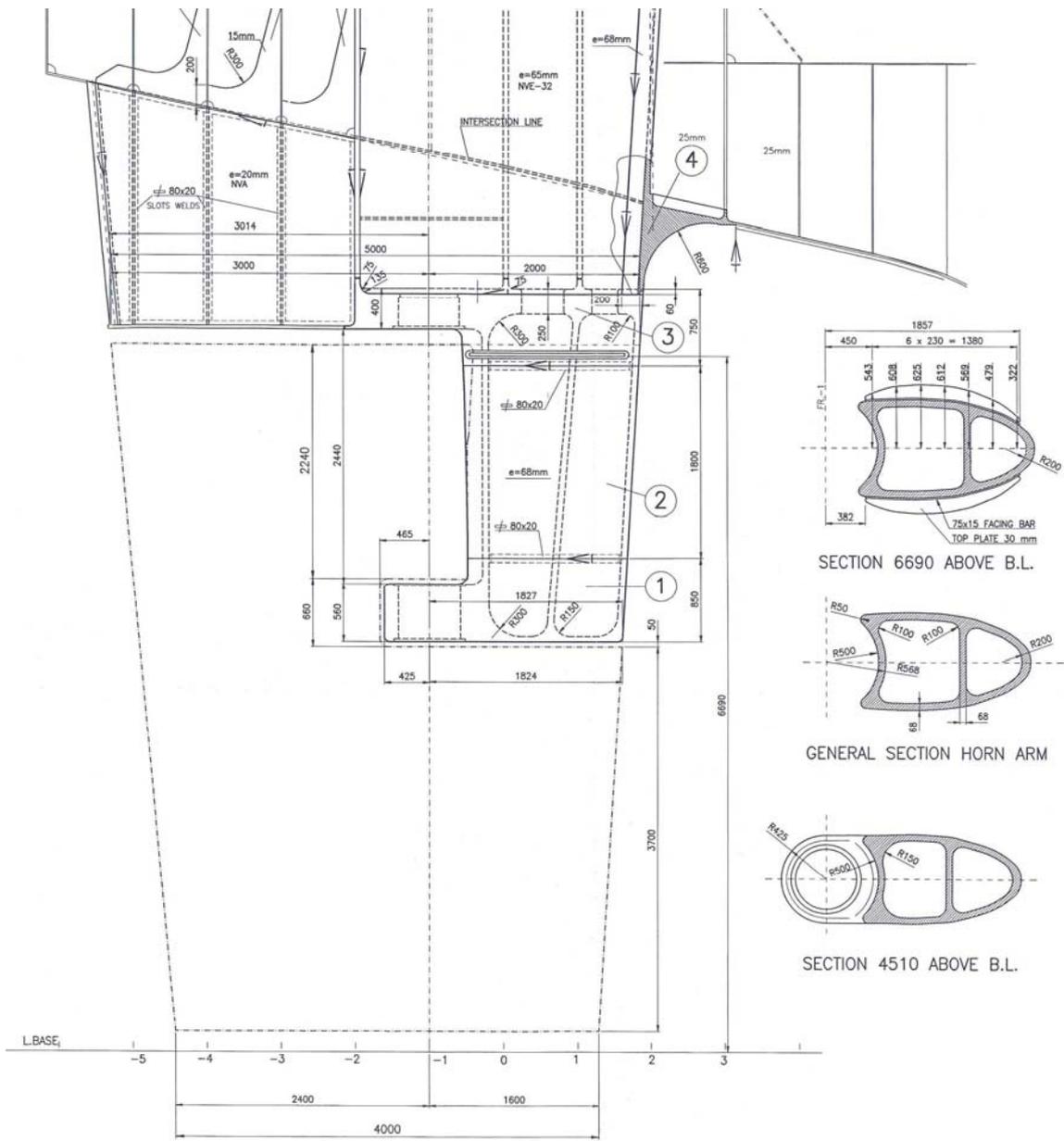
Node nb.	X (m)	Z (m)
1 . . . . .	1.645	0.000
2 . . . . .	1.445	0.229
3 . . . . .	1.245	0.305
4 . . . . .	1.045	0.343
5 . . . . .	0.845	0.355
6 . . . . .	0.645	0.353
7 . . . . .	0.445	0.340
8 . . . . .	0.245	0.317
9 . . . . .	0.045	0.283
10 . . . . .	-0.155	0.241
11 . . . . .	-0.355	0.198
12 . . . . .	-1.288	0.070
13 . . . . .	-2.467	0.141
14 . . . . .	-2.467	0.000

Segment from node to node	Thickness (mm)	Symmetric (y/n)
---------------------------	----------------	-----------------

Web nb.	X (m)	Thickness (mm)	Hole (m)
1 . . . . .	1.060	20.000	0.000
2 . . . . .	0.400	20.000	0.000
3 . . . . .	-0.450	20.000	0.000
4 . . . . .	-1.050	20.000	0.000
5 . . . . .	-1.750	20.000	0.000



**Secciones del soporte del timón**



### HORIZONTAL HORN SECTIONS DATA

Z at mid-height of lower pintle in the user reference system .....	4.230	(m)
Z at mid-height of upper pintle in the user reference system .....	7.150	(m)
d .....	3.750	(m)
e at d/2 .....	1.100	(m)

**Horn section : S 1 - Sección baja**

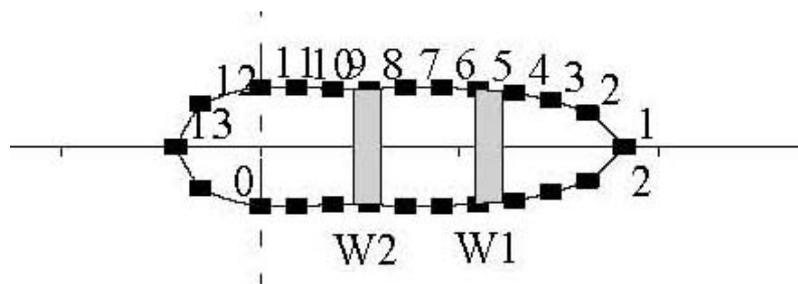
Horn section material (Yield/ Tensile) .....	235.000 / 400.000
z location of section from the mid-height of lower pintle .....	0.000 (m)
X horn reference system origin .....	No horn reference system

Node nb.	X (**) (m)	Y (**) (m)
1 .....	1.827	0.000
2 .....	1.644	0.241
3 .....	1.462	0.327
4 .....	1.279	0.380
5 .....	1.096	0.408
6 .....	0.914	0.419
7 .....	0.731	0.420
8 .....	0.548	0.414
9 .....	0.365	0.414
10 .....	0.183	0.420
11 .....	0.000	0.425
12 .....	-0.301	0.301
13 .....	-0.425	0.000

(\*\*) in the horn reference system

Segment from node to node	Thickness (mm)
1 2 .....	68.000
2 3 .....	68.000
3 4 .....	68.000
4 5 .....	68.000
5 6 .....	68.000
6 7 .....	68.000
7 8 .....	68.000
8 9 .....	68.000
9 10 .....	68.000
10 11 .....	68.000
11 12 .....	68.000
12 13 .....	68.000

Web nb.	X (m)	Thickness (mm)
1 .....	1.150	68.000
2 .....	0.534	68.000



**Horn section : S 2 - Sección alta**

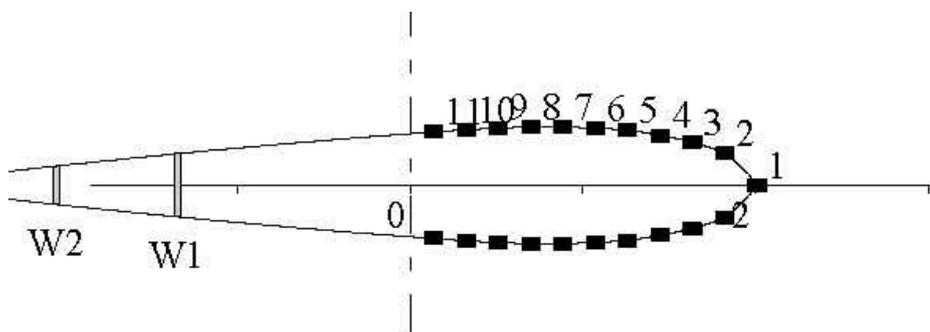
Horn section material (Yield/ Tensile) . . . . . 260.000 / 520.000  
z location of section from the mid-height of lower pintle . . . . . 2.720 (m)  
X horn reference system origin . . . . . No horn reference system

Node nb.	X (**) (m)	Y (**) (m)
1 . . . . .	2.009	0.000
2 . . . . .	1.822	0.267
3 . . . . .	1.635	0.359
4 . . . . .	1.448	0.414
5 . . . . .	1.261	0.458
6 . . . . .	1.074	0.474
7 . . . . .	0.887	0.484
8 . . . . .	0.700	0.483
9 . . . . .	0.513	0.476
10 . . . . .	0.326	0.461
11 . . . . .	0.139	0.442
12 . . . . .	-3.014	0.000

(\*\*) in the horn reference system

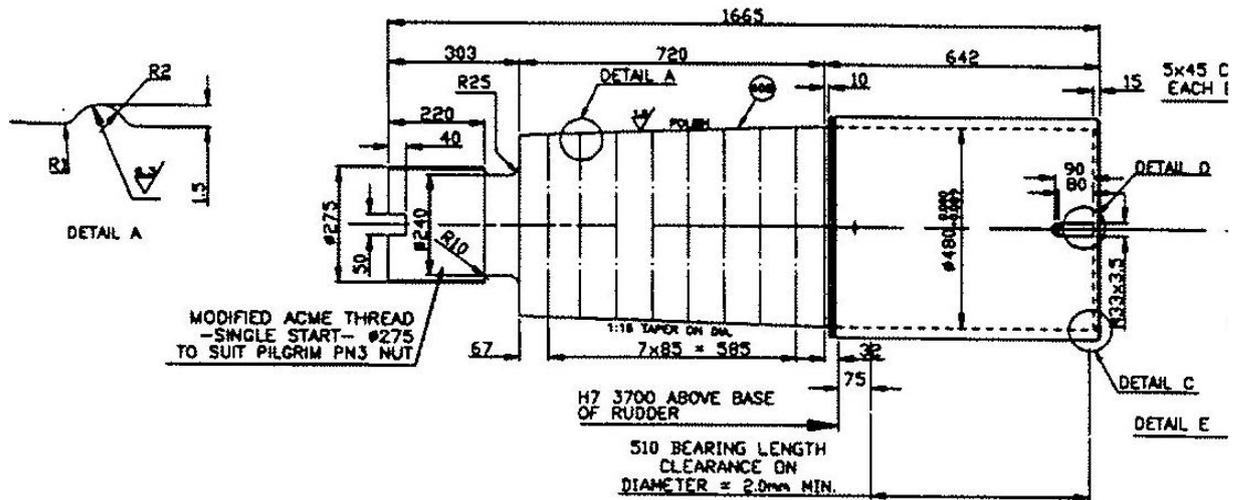
Segment from node to node	Thickness (mm)
1 2 . . . . .	68.000
2 3 . . . . .	68.000
3 4 . . . . .	68.000
4 5 . . . . .	68.000
5 6 . . . . .	68.000
6 7 . . . . .	68.000
7 8 . . . . .	68.000
8 9 . . . . .	68.000
9 10 . . . . .	68.000
10 11 . . . . .	68.000
11 12 . . . . .	30.000

Web nb.	X (m)	Thickness (mm)
1 . . . . .	-1.350	20.000
2 . . . . .	-2.050	20.000





# Pinzote



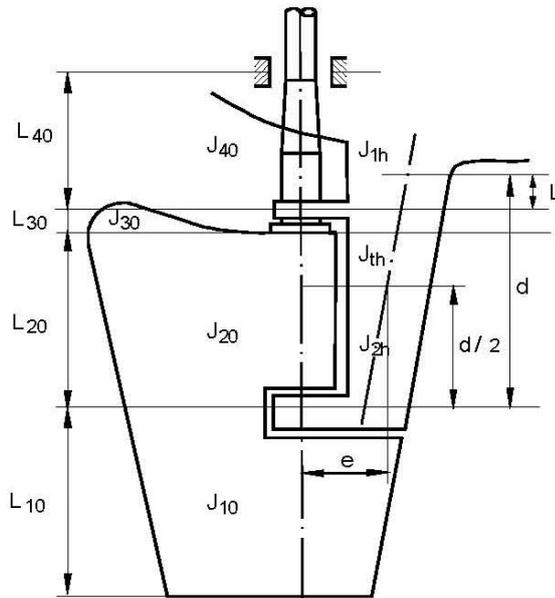
## PINTLES

Diameter .....	480.00 (mm)
Pintle Material .....	ST 235
Bearing Length .....	642.00 (mm)
Bearing Material .....	Steel, bronze and hot-pressed bronze-graphite materials

### Pintle Cone Coupling Data:

dU .....	480.00 (mm)
tS .....	652.00 (mm)
d0 .....	430.00 (mm)
dG .....	275.00 (mm)

**DIRECT CALCULATION DATA**



**Beam 1:**

---

L10 .....	4.030 (m)
Inertia	
(calculated for blade section S 4 - H7 ( Z = 3.900m )) .....	1 420 911 (cm4)
Link to the blade section .....	YES

**Beam 2:**

---

L20 .....	2.570 (m)
Inertia	
(calculated for blade section S 1 - H2 ( Z = 6.008m )) .....	1 158 867 (cm4)
Link to the blade section .....	YES

**Beam 3:**

---

L30 .....	0.350 (m)
Inertia (calculated for a stock diameter = 0.460 (m)) .....	219 787 (cm4)
Link to the stock diameter .....	YES

**Beam 4:**

---

L40 .....	1.650 (m)
Inertia (calculated for a stock diameter = 0.400 (m)) .....	125 664 (cm4)
Link to the stock diameter .....	YES

**Horn:**

---

J1h inertia	
(calculated for horn section S 2 - Sección alta ( z = 2.720m )) .....	6 139 516 (cm4)
Link to the horn section .....	YES

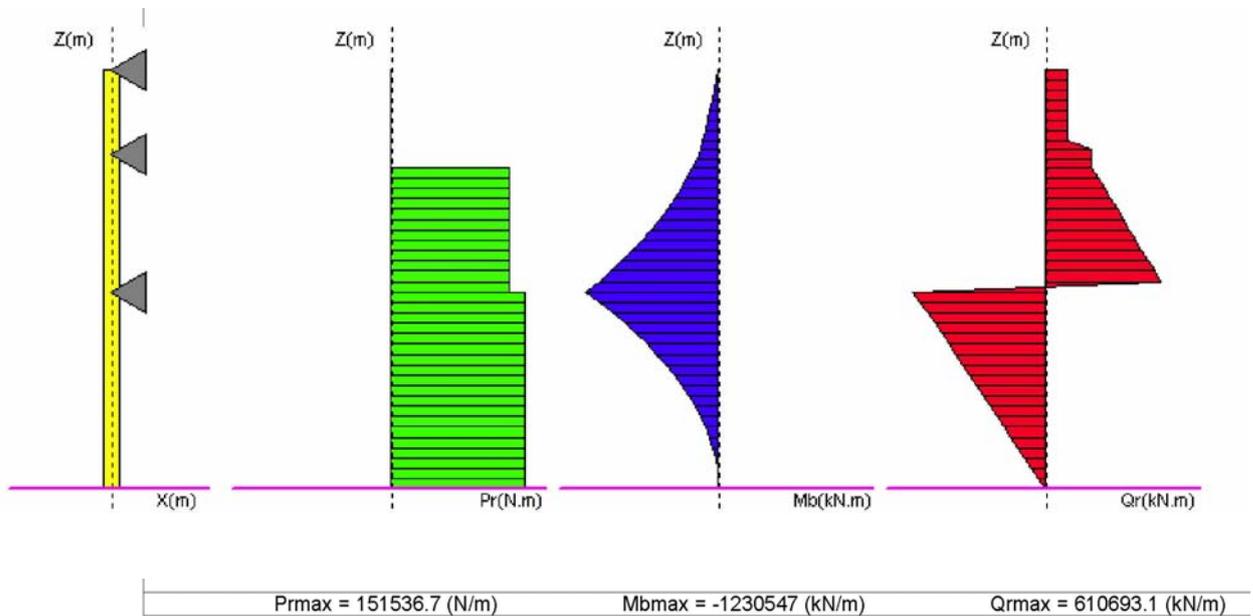
---

J2h inertia	
(calculated for horn section S 1 - Sección baja ( z = 0.000m )) .....	5 007 781 (cm4)
Link to the horn section .....	YES

---

Jth factor	
(calculated for horn section S 1 - Sección baja ( z = 0.000m )) .....	4 422 297 (cm4)
Link to the horn section .....	YES

# Resultados



## BLADE - GEOMETRY & FORCES

### GEOMETRY RESULTS

	Cross sectional area (m <sup>2</sup> )	Mean height Hmean (m)	Mean breadth Bmean (m)
Area A (full blade) . . . . .	24.698 400	6.600	4.400
Area A1 . . . . .	8.906 128	2.570	3.278
Area A2 . . . . .	15.792 270	3.700	4.268
Area A1F . . . . .	0.918 400	--	--
Area A2F . . . . .	6.290 000	--	--

Area AT = A + rudder post or horn area . . 38.098 400 (m<sup>2</sup>)

### LEVER ARMS

	Ahead Condition	Astern Condition
Lever r1 (m) . . . . .	0.48	1.46
Lever r2 (m) . . . . .	-0.29	1.12

### APPLIED FORCES

	Ahead Condition	Astern Condition
Rudder Force CR1, acting on part A1 (N) . . . . .	344 403.30	49 200.46
Rudder Force CR2, acting on part A2 (N) . . . . .	610 693.10	87 241.86

## RUDDER STOCK DIAMETER

### - Direct Calculation -

Stock material (Yield / Tensile) .....	235 / 400 (N/mm <sup>2</sup> )
Stock standard material (Yield) .....	235 (N/mm <sup>2</sup> )
Material factor k1 .....	1.00

#### Direct Calculation Results

	Ahead Condition	Astern Condition
Bending moment MB (N.m) .....	240 133.60	34 304.79
Bending moment MR (N.m) .....	1 230 547.00	175 792.40
Shear force QR (N) .....	610 693.10	87 241.86
Support force FA1 (N) .....	1 168 269.00	166 895.60
Support force FA2 (N) .....	112 856.10	16 122.30
Support force FA3 (N) .....	100 317.00	14 331.00

#### Horn Compliance Matrix terms (m/N)

k11 .....	308.315 E-12
k12 .....	387.840 E-12
k22 .....	286.306 E-11

#### Stock Diameter Results

	Ahead Condition		Astern Condition	
Rudder stock bending moment (N.m) .....	240 133.60		34 304.79	
Rudder torque (N.m) .....	373 556.50		169 525.60	
	Ahead Condition		Astern Condition	
	DLower	DUpper	DLower	DUpper
Basic Stock Diameter .....	325.44	302.48	234.52	232.45
Rule Stock Diameter (1) .....	325.44	302.48	234.52	232.45
(1) all corrections taken into account (material, serv. notation, etc.)				
	Actual value		Rule value	
	(mm)		(mm)	
Stock diameter at the lower bearing level .....	460.00		325.44	
Stock diameter at the upper bearing level .....	400.00		302.48	

#### Rudder Stock Lower Bearing

Actual bearing inner diameter dm .....	0.51 (m)
Actual bearing length hm .....	0.53 (m)
The length/diameter ratio of the bearing surface is not to be greater than 1.2	

	Ahead Conditions	Astern Conditions
Support Force Fa acting on the bearing (N) .....	112 856.100	16 122.300
Mean Bearing Pressure (N/mm <sup>2</sup> ) .....	0.416	0.059

De las cuarenta y cinco planchas en que se divide la pala, solo se muestran las once primeras. El resto de planchas se pueden ver en el anexo correspondiente. [Todos los resultados de espesores son correctos.](#)

### BLADE PLATING

Blade material (Yield / Tensile) ..... 235 / 400 (N/mm2)  
 Blade standard material (Yield) ..... 235 (N/mm2)  
 Material factor k ..... 1.000

Plate nb.	Xg(m)	Plate tF(t0)	Zg(m) t rul(t0)	spacX (m) Vertical Web t rul(t0)	spacZ (m) Horizontal Web t rul(t0)(mm)
1	- 0.744	13.281( 13.281)	0.577 13.281	0.601	0.740
No reinforcement	20.000		( 13.281)	9.296( 9.296)	9.296( 9.296)
2	- 0.031	15.417( 15.417)	0.570 15.417	0.859	0.740
No reinforcement	20.000		( 15.417)	10.792( 10.792)	10.792 ( 10.792)
3	0.729	13.815( 13.815)	0.570 13.815	0.661	0.740
No reinforcement	20.000		( 13.815)	9.670( 9.670)	9.670( 9.670)
4	1.340	13.058( 13.058)	0.574 16.323	0.580	0.740
Rudder nose	20.000		( 16.323)	11.426( 11.426)	11.426 ( 11.426)
5	- 1.373	14.000( 14.000)	0.570 14.000	0.689	0.740
No reinforcement	20.000		( 14.000)	9.800( 9.800)	9.800( 9.800)
6	- 2.076	14.142( 14.142)	0.570 14.142	0.718	0.740
No reinforcement	20.000		( 14.142)	9.900( 9.900)	9.900( 9.900)
7	- 0.776	13.435( 13.435)	1.296 13.435	0.662	0.700
No reinforcement	20.000		( 13.435)	9.405( 9.405)	9.405( 9.405)
8	- 0.031	15.041( 15.041)	1.290 15.041	0.859	0.700
No reinforcement	20.000		( 15.041)	10.529( 10.529)	10.529 ( 10.529)
9	0.729	13.430( 13.430)	1.290 13.430	0.661	0.700
No reinforcement	20.000		( 13.430)	9.401( 9.401)	9.401( 9.401)
10	1.360	13.147( 13.147)	1.294 16.434	0.618	0.700
Rudder nose	20.000		( 16.434)	11.504( 11.504)	11.504 ( 11.504)
11	- 1.436	13.552( 13.552)	1.290 13.552	0.689	0.700
No reinforcement	20.000		( 13.552)	9.486( 9.486)	9.486( 9.486)

Solo se muestran los resultados de dos de las ocho secciones introducidas como datos en el Rudder. El resto de secciones se pueden ver en el anexo correspondiente. Todos los resultados de las características geométricas de las secciones son correctos.

### BLADE SECTIONS

Blade material (Yield / Tensile) ..... 235 / 400  
 Blade standard material (Yield) ..... 235 (N/mm2)  
 Material factor k ..... 1.00

#### Blade section : S 1 - H2

Z coordinate ..... 6.008 (m)  
 Area ..... 0.222 796 (m2)  
 Xg of gravity center ..... - 0.800 (m)

Moment of Inertia / Gx axis ..... 0.011 588 670 (m4)  
 Moment of Inertia / Gy axis ..... 0.426 076 200 (m4)  
 Section modulus Ws ..... 0.029 639 (m3)

#### Forces - direct calculation :

	Ahead condition	Astern condition
Bending moment (N.m) .....	450 996.30	64 428.03
Shear force (N) .....	319 308.30	45 615.46

#### Strength checks - direct calculation :

	Rule value (N/mm2)	Ahead condition Actual value (N/mm2)	Astern condition Actual value (N/mm2)
Bending stress .....	75.00	15.22	2.17
Shear stress .....	50.00	1.43	0.20
Equivalent stress (bending and shear) .....	100.00	15.42	2.20

#### Blade section : S 2 - H3

Z coordinate ..... 5.350 (m)  
 Area ..... 0.179 209 (m2)  
 Xg of gravity center ..... - 1.003 (m)

Moment of Inertia / Gx axis ..... 0.007 057 569 (m4)  
 Moment of Inertia / Gy axis ..... 0.396 679 800 (m4)  
 Section modulus Ws ..... 0.018 720 (m3)

#### Forces - direct calculation :

	Ahead condition	Astern condition
Bending moment (N.m) .....	690 111.70	98 587.37
Shear force (N) .....	407 486.20	58 212.31

#### Strength checks - direct calculation :

	Rule value (N/mm2)	Ahead condition Actual value (N/mm2)	Astern condition Actual value (N/mm2)
Bending stress .....	75.00	36.86	5.27
Shear stress .....	50.00	2.27	0.32
Equivalent stress (bending and shear) .....	100.00	37.07	5.30

## HORN SECTIONS

Z at mid-height of lower pintle in the user reference system .....	4.230	(m)
Z at mid-height of upper pintle in the user reference system .....	7.150	(m)
d .....	3.750	(m)
e at d/2 .....	1.100	(m)

### Horn section : S 1 - Sección baja

Horn section material (Yield / Tensile) .....	235 / 400
Horn section standard material (Yield) .....	235 (N/mm2)
Material factor k1 .....	1.00

z location of section from the mid-height of lower pintle ..... 0.000 (m)

#### Geometry results :

Total area .....	0.468 733	(m2)
Shear area .....	0.110 875	(m2)
Enclosed area .....	0.924 997	(m2)
Mean sectional area .....	0.924 997	(m2)

Xg of gravity center .....	0.509	(m)
Moment of Inertia / Gx axis .....	0.050 077 810	(m4)
Moment of Inertia / Gy axis .....	0.310 109 700	(m4)
Section modulus Ws .....	0.117 830	(m3)

Plate thickness of rudder horn .....	68.00	(mm)
Sum of (ui / ti) (fT calculation) .....	77.391	
Jth factor .....	0.044 222 970	(m4)

Unit displacement due to a 1N force (fB) .....	0.222	(1E-08)(m/N)
Unit displacement due to torsion (fT) .....	0.131	(1E-08)(m/N)
Spring constant Zp .....	283 911.700	(1E+03)(N/m)

#### Forces - direct calculation :

	Ahead condition	Astern condition
Shear force (N) .....	1 168 269.00	166 895.60
Bending moment (N.m) .....	0.00	0.00
Torque (N.m) .....	594 693.70	84 956.24

#### Strength checks - direct calculation :

	Rule value (N/mm2)	Ahead condition Actual value (N/mm2)	Astern condition Actual value (N/mm2)
Shear stress .....	--	10.54	1.51
Torsional stress .....	--	4.73	0.68
Bending stress .....	67.00	0.00	0.00
Total shear stress .....	48.00	15.26	2.18
Equivalent stress .....	120.00	20.00	2.86

**Horn section : S 2 - Sección alta**

Horn section material (Yield / Tensile) ..... 260 / 520  
 Horn section standard material (Yield) ..... 235 (N/mm2)  
 Material factor k1 ..... 0.93

z location of section from the mid-height of lower pintle ..... 2.720 (m)

Geometry results :

Total area ..... 0.486 410 (m2)  
 Shear area ..... 0.016 856 (m2)  
 Enclosed area ..... 2.900 739 (m2)  
 Mean sectional area ..... 2.900 739 (m2)

Xg of gravity center ..... 0.088 (m)  
 Moment of Inertia / Gx axis ..... 0.061 395 160 (m4)  
 Moment of Inertia / Gy axis ..... 1.048 408 000 (m4)  
 Section modulus Ws ..... 0.126 763 (m3)

Plate thickness of rudder horn ..... 30.00 (mm)  
 Sum of (ui / ti) (fT calculation) ..... 272.526  
 Jth factor ..... 0.123 500 700 (m4)

Unit displacement due to a 1N force (fB) ..... 0.181 (1E-08)(m/N)  
 Unit displacement due to torsion (fT) ..... 0.047 (1E-08)(m/N)  
 Spring constant Zp ..... 439 588.900 (1E+03)(N/m)

Forces - direct calculation :

	Ahead condition	Astern condition
Shear force (N) .....	1 168 269.00	166 895.60
Bending moment (N.m) .....	3 177 693.00	453 956.10
Torque (N.m) .....	102 768.10	14 681.16

Strength checks - direct calculation :

	Rule value (N/mm2)	Ahead condition Actual value (N/mm2)	Astern condition Actual value (N/mm2)
Shear stress .....	--	69.31	9.90
Torsional stress .....	--	0.59	0.08
Bending stress .....	72.28	25.07	3.58
Total shear stress .....	51.78	69.90	9.99
Equivalent stress .....	129.45	122.64	17.52

## CONE COUPLINGS

### General data for computation:

Stock material (Yield / Tensile) .....	235 / 400 (N/mm2)
Stock standard material (Yield) .....	235 (N/mm2)
Stock material factor k1 .....	1.00
Cone coupling material (Yield / Tensile) .....	330 / 400 (N/mm2)
Cone coupling standard material (Yield) .....	235 (N/mm2)
Cone coupling material factor k1 .....	0.88
Yield stress used for computation .....	280 (N/mm2)
Cone coupling with hydraulic arrangements .....	YES
Keyed connection .....	NO
External boss diameter .....	840.00 (mm)
Rule Stock diameter at lower bearing level (Direct Calculation method) .....	325.44 (mm)
Rule Stock diameter at upper bearing level (Direct Calculation method) .....	302.48 (mm)

### Cone coupling results:

	Min Rule	Actual	MaxRule
Taper on diameter .....	0.050	0.07391	0.08333

	Actual (mm)				Rule (mm)			
	tS	dG	tN	dN	tS	dG	tN	dN
Slogging nut .....	690.00	375.00	288.00	600.00	488.16	211.54	225.00	562.50

	Rule thickness	Rule diameter
Washer** (mm) .....	48.75	600.00

\*\* for cone couplings with hydraulic arrangements

### **Push up length\*\***

Mean diameter of conical bore .....	434.50 (mm)
Etha coefficient .....	2.000
Beta coefficient .....	0.7324
MiuA coefficient .....	0.1454

	Min Rule	Max Rule
Push up length (mm) .....	0.000	0.000

\*\* for cone couplings with hydraulic arrangements

## PINTLES

Pintle Material (Yield / Tensile) ..... 235 / 400 (N/mm<sup>2</sup>)  
 Pintle Material factor k ..... 1.000  
 Pintle Bearing Material ..... Steel, bronze and hot-pressed bronze-graphite materials

Pintle Corrosion Coefficient fC ..... 30.0

	Actual (mm)	Rule (mm)	
		Ahead	Astern
Pintle diameter dA .....	480.00	375.19	160.47
Pintle Bearing Length hm .....	642.00	378.30	142.99

Allowable Bearing Pressure pFAll (N/mm<sup>2</sup>) ..... 7.000  
 The length/diameter ratio of the bearing surface is not to be greater than 1.2

	Ahead	Astern
Support Force acting on pintle Fa (N) .....	1 168 269.000	166 895.600
Rule Mean Bearing Pressure (N/mm <sup>2</sup> ) .....	3.791	0.542

Rule Manufacturing Clearance t0 (mm) (metallic supports) ..... 1.480  
 (for non-metallic supports t0 is to be not less than 1.5 mm)

	Ahead (mm)	Astern (mm)
The external diameter dE of pintle cone coupling is to be not less than .....	680.11	551.28

The tN dimension of pintle cone coupling is to be not less than 165.00 (mm)  
 The dN dimension of pintle cone coupling is to be not less than 516.00 (mm)

The taper on diameter of pintle cone coupling is to be between 1/12 and 1/8  
 Taper on diameter of pintle cone coupling ..... 0.08

	Actual (mm)	Rule (mm)	
		Ahead	Astern
tS dimension of pintle cone coupling (mm) .....	652.00	562.78	240.70

## Resumen del estudio del timón

### **Diámetros de la mecha**

Diámetros superior e inferior Correctos

### **Espesores de la pala**

Espesores normales y reforzados Correctos

### **Secciones de la pala**

Inercias y módulos Correctos

### **Secciones del soporte del timón**

Inercias y módulos Correctos

### **Acoplamiento troncocónico de la mecha**

Diámetros, conicidad y tuerca Correctos

### **Pinzote**

Diámetros, conicidad y tuerca Correctos

Todos los resultados de todos los elementos del sistema de  
gobierno son correctos



# PLANOS



## DISPOSICIÓN GENERAL



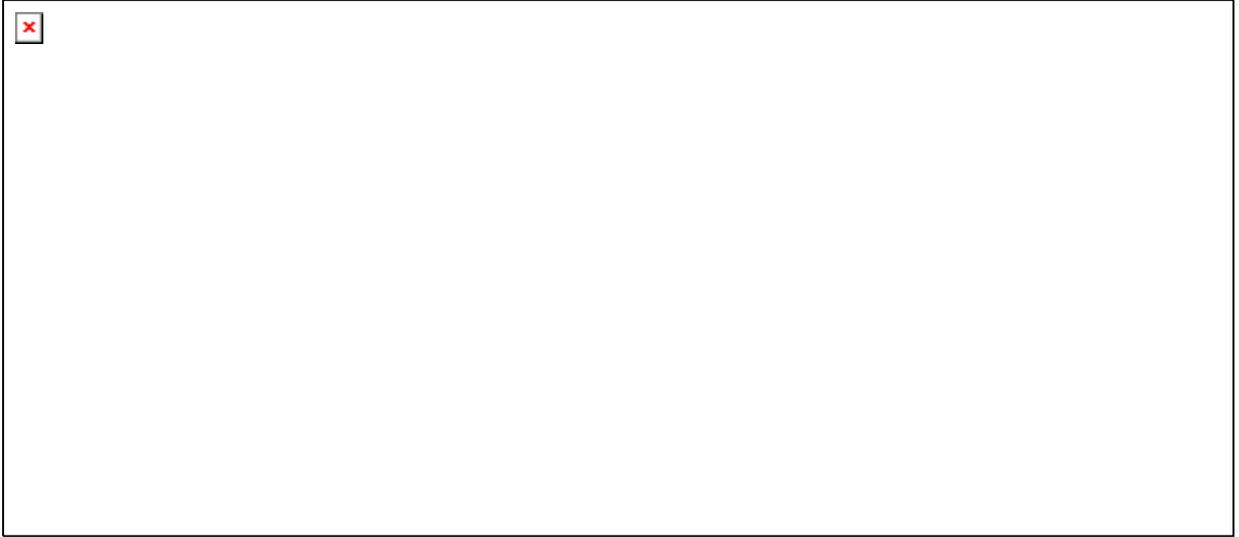


# CUADERNA MAESTRA

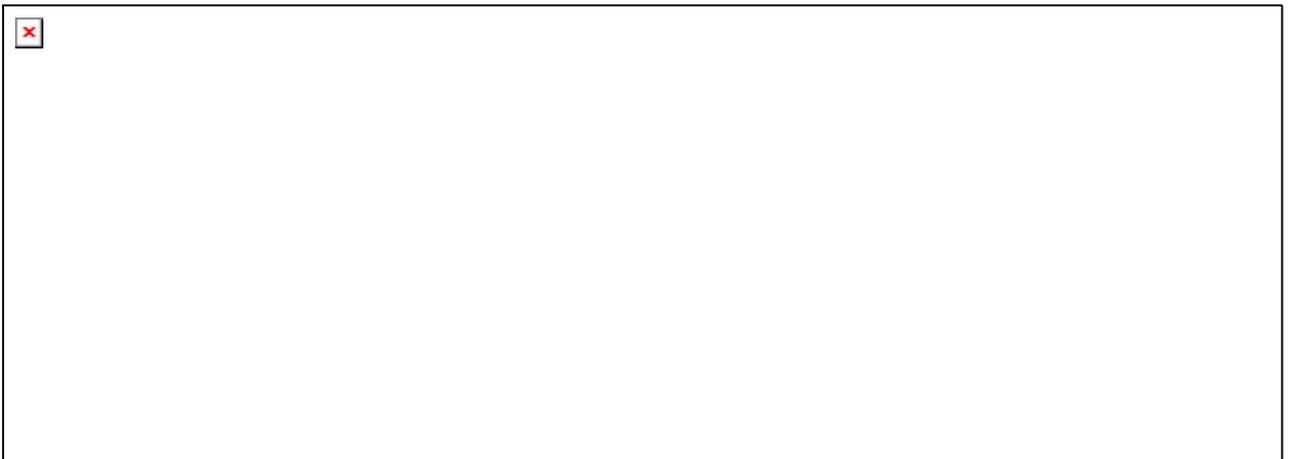




## DESARROLLO DEL FORRO



## CUBIERTA SUPERIOR

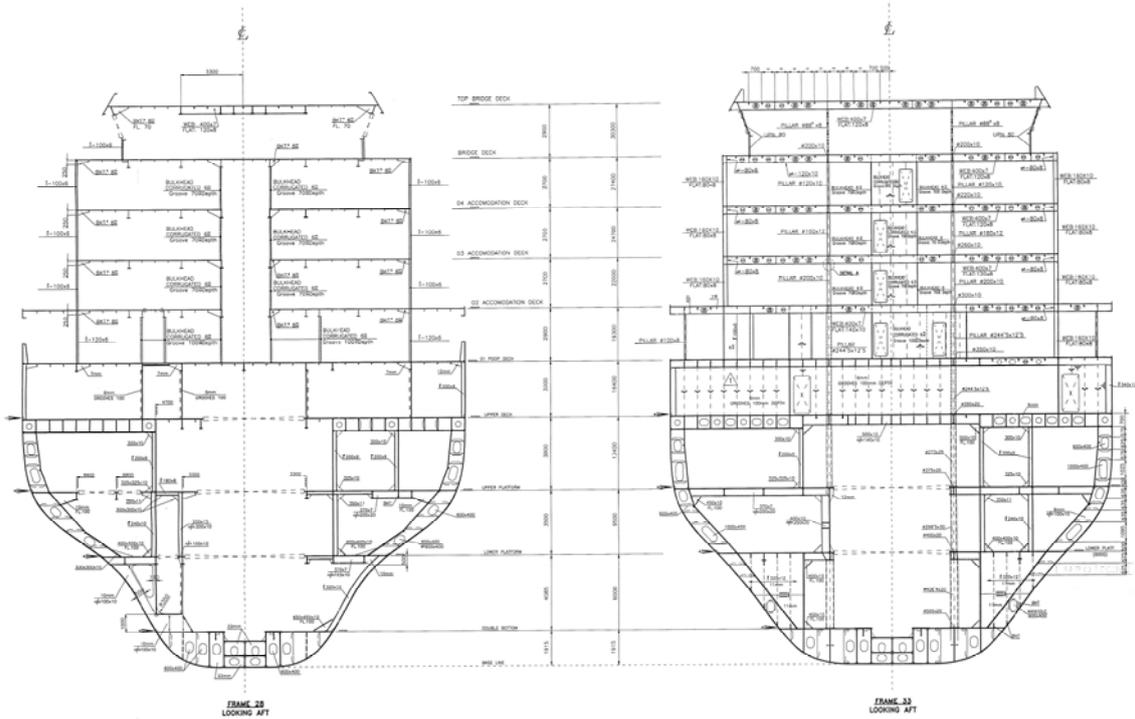




# DOBLE FONDO

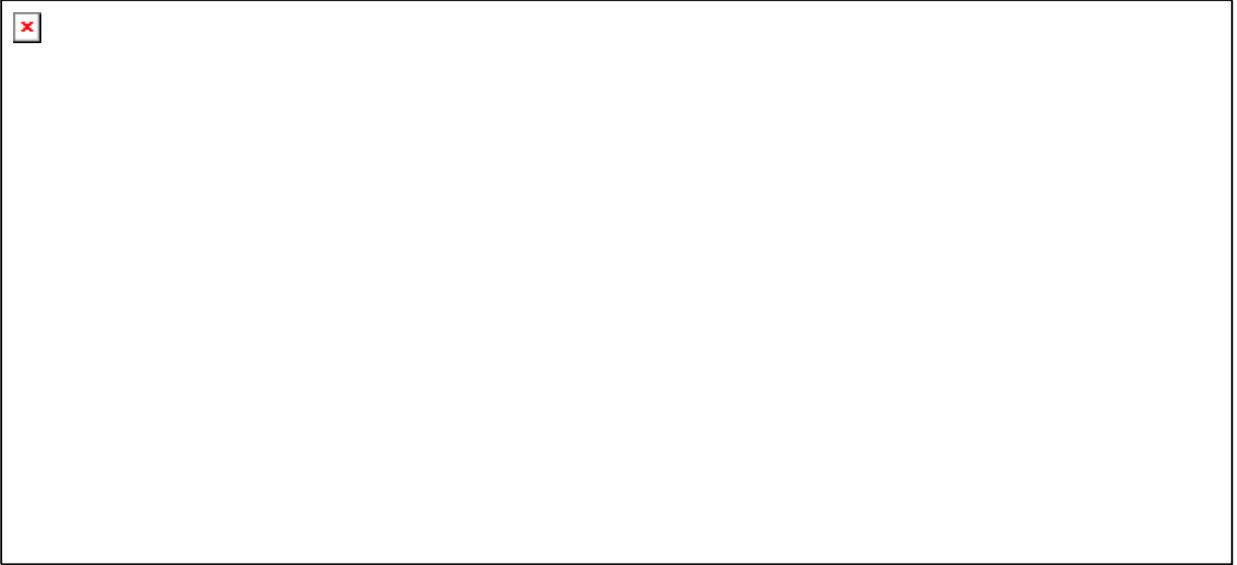


## SECCIONES TIPO C. MÁQUINAS

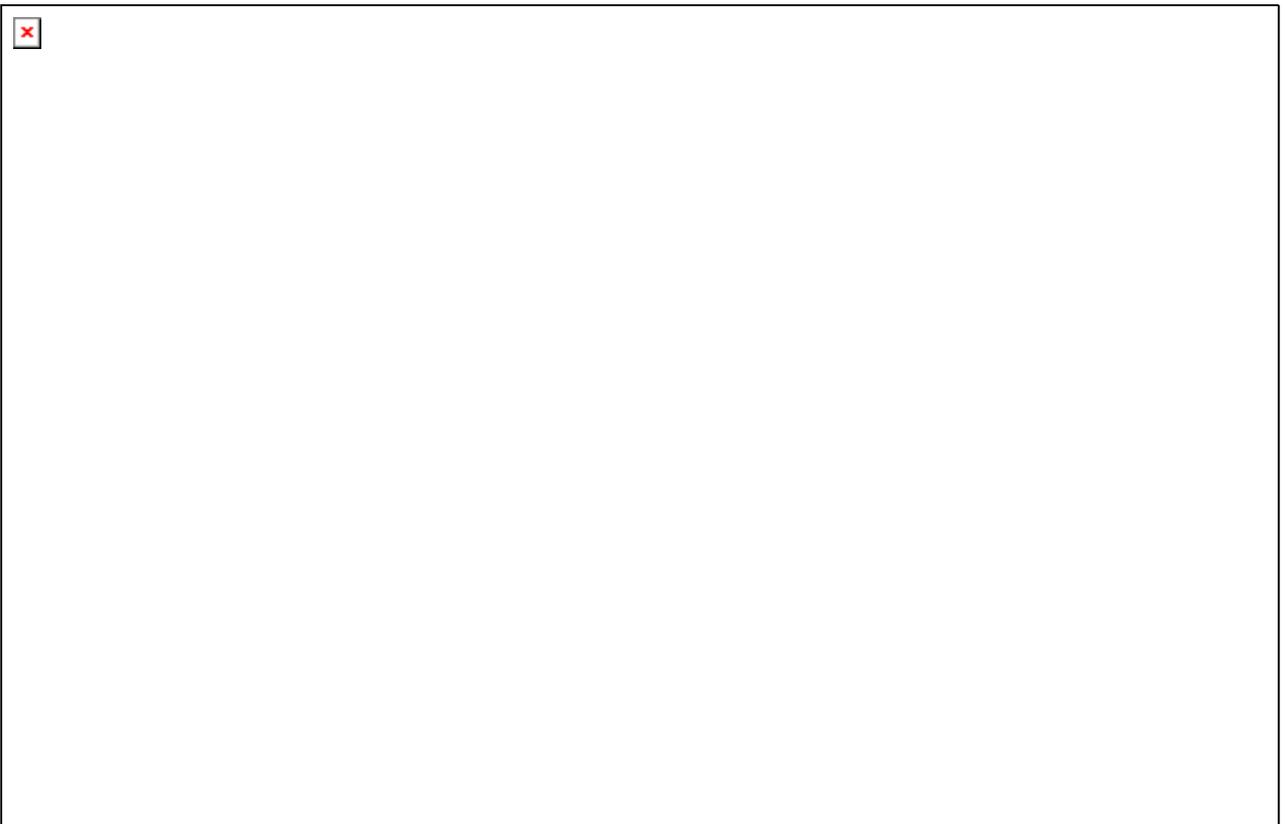




## MAMPAROS TRANSVERSALES



## MAMPAROS LONGITUDINALES





# **PRESUPUESTO**



En el presupuesto general de la construcción del buque que se estudia, habrá que tener en cuenta dos consideraciones concernientes a este proyecto.

Por un lado el coste de la clasificación, más precisamente el porcentaje de ese coste destinado a la aprobación de planos de casco.

Por otro lado, el aumento del coste del pedido de acero debido a las modificaciones realizadas en el diseño original del casco del buque para satisfacer los requerimientos de la Sociedad.

### **Coste de la Clasificación**

La clasificación de un buque se presupuesta teniendo en cuenta muchos factores del mismo. Para la parte de casco se tienen en cuenta las dimensiones principales del buque (eslora, manga, puntal y calado) y las notaciones de servicio del mismo.

Según datos facilitados por Bureau Veritas, el importe (aproximado) presupuestado para el casco del buque estudiado en este proyecto es de 185.000 €, de los cuales el 40% es destinado a la aprobación de planos y el 60% restante a la inspección en obra (acerería y astillero).

Por tanto, en lo que concierne a este proyecto, es decir, la aprobación de los planos de casco el importe es:

**74.000€**

## Aumento del coste del pedido de acero

El aumento del coste del pedido de acero debido a las modificaciones realizadas en la estructura se muestran en las siguientes tablas:

### Planchas y llantas

Elemento modificado	Área (m <sup>2</sup> )	Δ t (mm)	Δ Peso (kg)	Tipo Acero	Precio Acero (€/kg)	Δ presupuesto €
<b>Z. Bodegas Carga</b>						
Refzo. Quilla Plana	20.9	15	2461	A/235	2.00	4921.95
Refzo. Central D.F.	20.9	15	2461	E/235	2.20	5414.15
Tracas Doble Casco	1002.9	0.5	3936	INOX	10.00	39363.83
Tracas Doble Casco	442.4	1	3473	INOX	10.00	34728.40
Varengas (44-50;61-66)	213.2	3	5021	A/235	2.00	10041.72
Varengas (50-61;66-69)	72.16	3	1699	E/235	2.20	3738.61
<b>Z. Cámara Máquinas</b>						
Tracas Costado	125.9	1	988	A/235	2.00	1976.63
Tracas Costado	124.2	2	1950	A/235	2.00	3899.88
Tracas Costado	129.2	3	3043	A/235	2.00	6085.32
Traca de Cinta	70.2	5	2755	E/235	2.20	6061.77
Tracas D.F.	64.9	2	1019	A/235	2.00	2037.86
Traca plataforma sup.	25.2	6	1187	E/235	2.20	2611.22
<b>Pique de Proa</b>						
Planchas de Roda	24.1	3	568	A/235	2.00	1135.11
Planchas de Roda	8.4	1	66	A/235	2.00	131.88
<b>Pique de Popa</b>						
Tracas Costado	107.6	3	2534	A/235	2.00	5067.96
Tracas Costado	19.7	10	1546	D/235	2.10	3247.55
<b>TOTAL</b>						<b>130463.83</b>

## Perfiles

Elemento modificado	Longitud	$\Delta$ Peso/m	$\Delta$ Peso	Tipo Acero	Precio Acero	$\Delta$ presupuesto
	(m)	(kg/m)	(kg)		(€/kg)	€
<b>Z. Bodegas Carga</b>						
Longitud. Doble Casco	627	2.10	1316.7	E/235	2.20	2896.74
<b>Superestructura</b>						
Longit. Mamp. Lateral	54	2.43	131.22	A/235	2.00	262.44
<b>TOTAL</b>						<b>3159.18</b>

Por tanto, la suma del coste de clasificación (aprobación de planos de casco) más el aumento de coste en el pedido de acero es:

$$74.000 + 130.463,83 + 3159,18 \text{ €}$$

Por lo que la repercusión de este proyecto en el presupuesto general de la construcción del buque es de:

**207.623,01 €**

