

IV. Construcción de buques (bases)

Objetivos:

1. Reconocer los principales materiales empleados para la construcción de buques y las pruebas a las cuales se ven sometidos.
2. Comprender el proceso de ensamblaje de buques.
3. Discutir algunos aspectos elementales asociados a: la estructura de fondo, las placas de costado, las placas de fondo, las cuadernas, mamparos, pilares, cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera, y estructura trasera.



IV. Construcción de buques (bases)

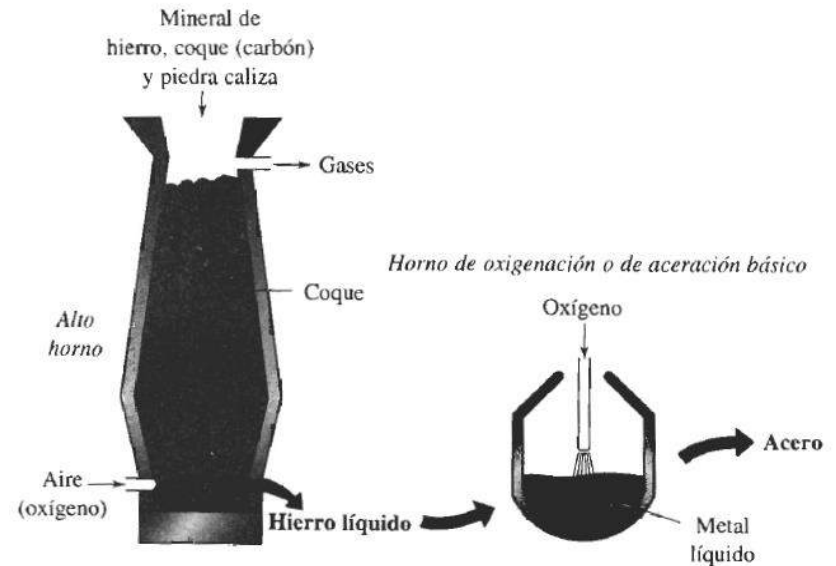
1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Aceros

¿Cómo se producen los aceros?

La producción de todos los aceros usados en la construcción naval, comienza con la fundición del mineral de hierro (que contiene de 50% a 70% de óxido de hierro) para hacer hierro fundido crudo conocido como arrabio.

Para la producción de acero primario, el mineral de hierro (óxido de hierro) se calienta en un alto horno en presencia de coque (carbón) y oxígeno. El carbono reduce el óxido de hierro a hierro bruto líquido, produciendo como subproductos monóxido y bióxido de carbono. Dado que el hierro bruto líquido contiene cantidades elevadas de carbón, se sopla oxígeno en el horno de oxigenación o de aceración básico para eliminar el carbón excedente y producir acero líquido.



Los aceros pueden ser considerados como aleaciones de hierro y carbono, en donde el carbono varía de 0.1% en los aceros dulces hasta 1.8% en los aceros endurecidos.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

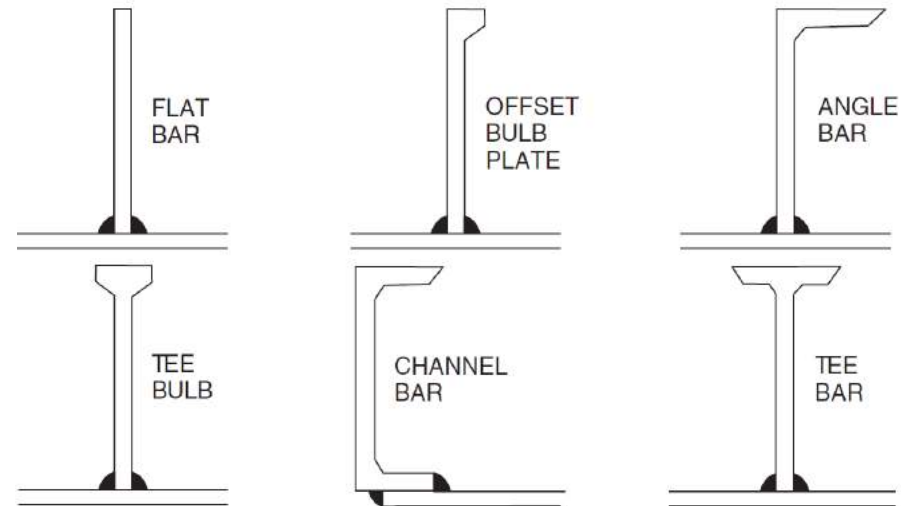
Aceros

¿Cómo se producen los aceros?

Ha de decirse que las propiedades de los aceros pueden ser alteradas de forma considerable por medio de diferentes tratamientos térmicos, al modificar la estructura cristalina del metal lo que implica consecuentes cambios en las propiedades mecánicas del acero.

¿Cuáles son las secciones transversales típicas de los refuerzos hechos de acero?

Existen diferentes secciones transversales que pueden ser obtenidas tras el rolado en caliente de lingotes de acero. En la siguiente figura se muestran las secciones transversales que están disponibles en el mercado (secciones estándares) para la construcción naval.



IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Aceros

Aceros en la construcción de buques

Los aceros empleados para la construcción del casco generalmente son aceros dulces con un contenido de carbono que oscila entre el 0.15-0.23% y con un contenido razonablemente alto de manganeso. En este tipo de aceros tanto el contenido de sulfuro como de fósforo son mantenidos al mínimo (menos del 0.05%), ya que altas concentraciones de estos elementos hacen que sea difícil de soldar el acero y pueden llevar al desarrollo de fisuras durante el proceso de rolado.

Los aceros de los buques amparados bajo una sociedad clasificadora deben ser producidos por una empresa manufacturera certificada por dicha sociedad y todos estos elementos hechos de acero estarán marcados por el logo de la sociedad.

Desde 1959, la mayoría de las sociedades decidieron estandarizar sus requerimientos con respecto al tipo de acero que debe ser usado en alguna sección del buque. Hoy día existen cinco diferentes calidades de acero que son empleadas por los buques mercantes, acero de grado: A, B, C, D, y E. Aquí el de grado A es el acero dulce ordinario. El de grado B suele ser de mejor calidad que el de grado A y se emplean en regiones más críticas. Los grados C, D, E presentan mayor tenacidad.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Aceros

Aceros de alta resistencia

Estos son aceros que presentan una mayor resistencia que los aceros dulces o de medio carbono, y son empleados en regiones con altos niveles de esfuerzo en tanqueros, portacontenedores, y graneleros. El uso de los aceros de alta resistencia permite la disminución en el espesor de cubiertas, planchas de fondo, y de cuadernas posicionadas en la sección media de buques de gran eslora.

Aceros resistentes a la corrosión

Los aceros inoxidable no son comúnmente usados en las estructuras de los buques, principalmente por su alto costo. Este tipo de aceros solo se suele ver en la fabricación de tanques de carga destinados a transportar carga altamente corrosiva.

Aleaciones de aluminio

Existen tres ventajas de usar aleaciones de aluminio en vez de acero de medio carbono en la construcción de buques:

- ✓ El aluminio es más ligero que el acero. Con una construcción empleando aluminio se podría reducir hasta un 60% del peso del buque, en comparación con una construcción empleando acero.
- ✓ El aluminio presenta una mayor resistencia a la corrosión con respecto al acero.
- ✓ El aluminio presenta propiedades no magnéticas. Esto último es una ventaja principalmente en buques de guerra y en el uso de instrumentos de navegación.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Aleaciones de aluminio

La mayor desventaja del aluminio con respecto al acero es su alto costo de fabricación. En este sentido, para determinar si es viable o no la construcción en aluminio habría que comparar las ganancias al incrementar la capacidad de carga (en vista de que el peso en rosca es considerablemente inferior) con respecto a los costos de la construcción inicial y de mantenimiento.

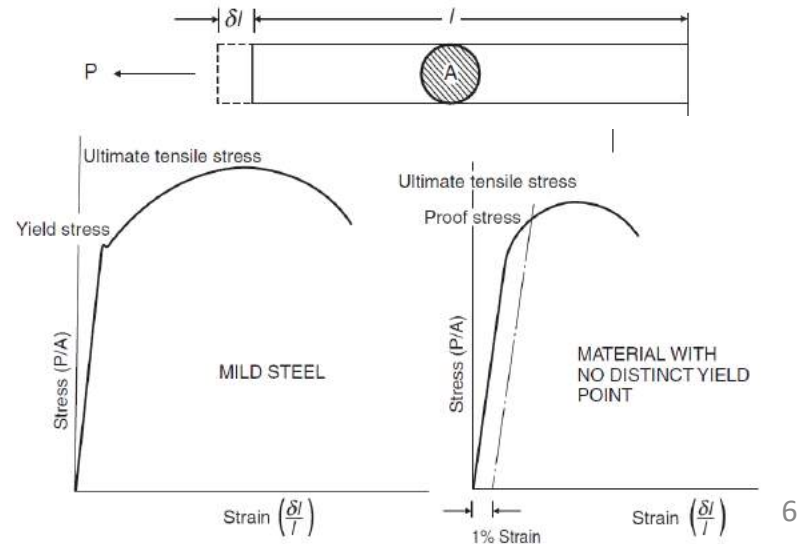
De la experiencia, hoy día se sabe que las construcciones en aluminio son viables en embarcaciones pequeñas.

Ha de decirse además, que un gran número de embarcaciones presentan una superestructura hecha de aluminio.

Pruebas de los materiales

Los metales son probados para asegurar su resistencia, ductilidad, y tenacidad.

La resistencia de un material es su habilidad para resistir deformación. El esfuerzo de cedencia y el esfuerzo último en tensión miden la habilidad del material para resistir fuerzas en tensión actuando sobre la estructura.



IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Pruebas de los materiales

La dureza de un material describe su habilidad para resistir abrasión. La dureza es importante, por ejemplo, en graneleros en donde la manipulación de la carga produce una acción abrasiva sobre las bodegas. La dureza usualmente es medida en una escala (Rockwell o Brinell).

La ductilidad es la habilidad de deformarse que presenta un material antes de fallar. La fragilidad es el opuesto de la ductilidad.

La tenacidad es la habilidad de un material de absorber energía de deformación.

¿Cuáles son las pruebas que efectúan las sociedades clasificadoras a los materiales que constituyen el casco?

Existen dos pruebas principales: la de tensión y la de impacto.

- ✓ Prueba de tensión. Aquí un espécimen de dimensiones conocidas es sujeto a una carga de tensión, y a partir de esto se especifica la resistencia a la cedencia, la resistencia última a la tensión, y la elongación que debe ser obtenida. En el caso de la elongación típicamente se considera que como mínimo debe ser igual a 5.65 veces la raíz cuadrada del área de sección transversal de la probeta de prueba (esto es equivalente a una deflexión igual a 5 veces el diámetro de la probeta).

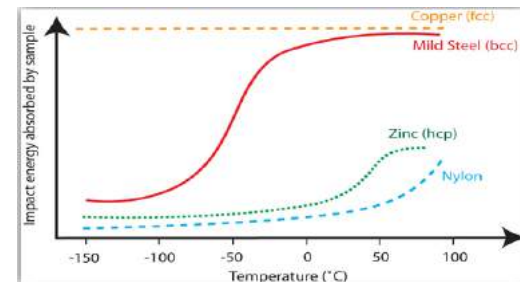
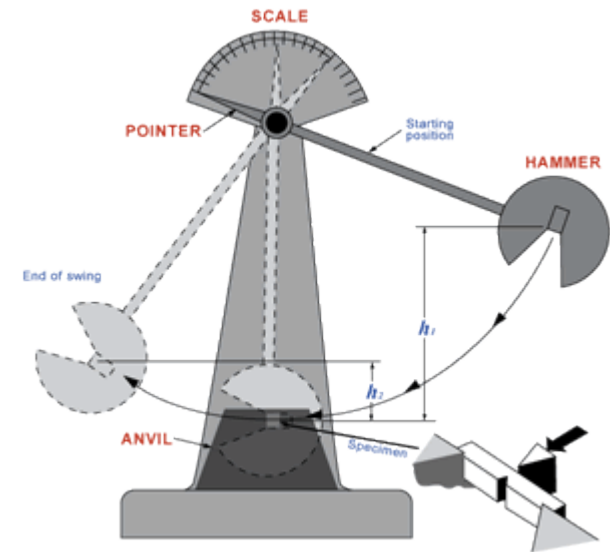
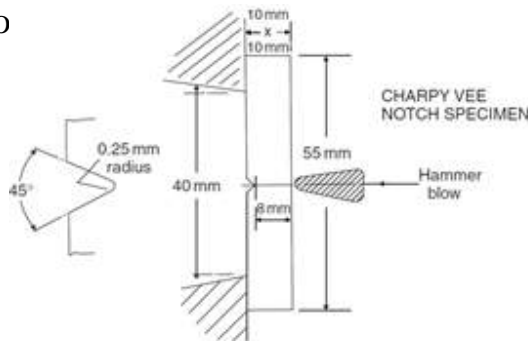
IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Pruebas de los materiales

¿Cuáles son las pruebas que efectúan las sociedades clasificadoras a los materiales que constituyen el casco?

- ✓ Pruebas de impacto. Hay muchas pruebas de impacto pero la prueba con péndulo Charpy para muescas en V y en U es la más común. El objetivo de esta prueba es determinar la tenacidad del material. Aquí el espécimen absorbe energía hasta que se fractura. Esta energía absorbida es igual al cambio de energía potencial en el péndulo



IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Algunas reglas de IACS asociadas a los materiales ferrosos

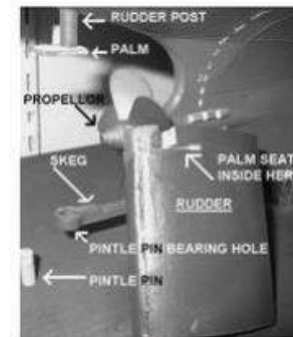
La Asociación Internacional de Sociedades Clasificadoras hace algunas observaciones importantes en lo que respecta al uso de materiales ferrosos en buques en el libro *Requirements Concerning Materials and Welding*.

Sección W7 y W8

En la sección W7 y W8, IACS hace algunas observaciones importantes con respecto a acero forjado y fundido empleado en aplicaciones relacionadas al casco y a la maquinaria.

Algunos ejemplos de aceros forjados incluyen: *rudder stocks*, *pintles*, y *propeller shaft*. La tabla 1 y la tabla 2 de la sección W7, muestran la composición química de los aceros forjados usados tanto en el casco como en la maquinaria. La tabla 3 y 4 de esta misma sección, lista las propiedades mecánicas de dichos aceros forjados.

En la sección W7.5 de igual forma, se hacen algunas observaciones con respecto a los tratamientos térmicos requeridos por estos aceros forjados.



IV. Construcción de buques (bases)

Table 1 Chemical composition limits ¹⁾ for hull steel forgings ⁶⁾

Steel type	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu ⁴⁾	Total residuals
C, C-Mn	0.23 ^{2),3)}	0.45	0.30-1.50	0.035	0.035	0.30 ⁴⁾	0.15 ⁴⁾	0.40 ⁴⁾	0.30	0.85
Alloy	⁵⁾	0.45	⁵⁾	0.035	0.035	⁵⁾	⁵⁾	⁵⁾	0.30	-

¹⁾ Composition in percentage mass by mass maximum unless shown as a range.
²⁾ The carbon content may be increased above this level provided that the carbon equivalent (Ceq) is not more than 0.41%, calculated using the following formula:

$$Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

³⁾ The carbon content of C and C-Mn steel forgings not intended for welded construction may be 0.65 maximum.
⁴⁾ Elements are considered as residual elements.
⁵⁾ Specification is to be submitted for approval.
⁶⁾ Rudder stocks and pintles should be of weldable quality.

Table 2 Chemical composition limits ¹⁾ for machinery steel forgings

Steel type	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu ³⁾	Total residuals
C, C-Mn	0.65 ²⁾	0.45	0.30-1.50	0.035	0.035	0.30 ³⁾	0.15 ³⁾	0.40 ³⁾	0.30	0.85
Alloy ⁴⁾	0.45	0.45	0.30-1.00	0.035	0.035	Min 0.40 ⁵⁾	Min 0.15 ⁵⁾	Min 0.40 ⁵⁾	0.30	-

¹⁾ Composition in percentage mass by mass maximum unless shown as a range or as a minimum.
²⁾ The carbon content of C and C-Mn steel forgings intended for welded construction is to be 0.23 maximum. The carbon content may be increased above this level provided that the carbon equivalent (Ceq) is not more than 0.41%.
³⁾ Elements are considered as residual elements unless shown as a minimum.
⁴⁾ Where alloy steel forgings are intended for welded constructions, the proposed chemical composition is subject to approval by the Classification Society.
⁵⁾ One or more of the elements is to comply with the minimum content.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 3 Mechanical properties for hull steel forgings

Steel type	Tensile strength ¹⁾ R _m min. N/mm ²	Yield stress R _e min. N/mm ²	Elongation A ₅ min. %		Reduction of area Z min. %	
			Long.	Tang.	Long.	Tang.
C and C-Mn	400	200	26	19	50	35
	440	220	24	18	50	35
	480	240	22	16	45	30
	520	260	21	15	45	30
	560	280	20	14	40	27
	600	300	18	13	40	27
	Alloy	550	350	20	14	50
	600	400	18	13	50	35
	650	450	17	12	50	35

1) The following ranges for tensile strength may be additionally specified:
 specified minimum tensile strength: < 600 N/mm² ≥ 600 N/mm²
 tensile strength range: 120 N/mm² 150 N/mm²

Table 4 Mechanical properties for machinery steel forgings ²⁾

Steel type	Tensile strength ¹⁾ R _m min. N/mm ²	Yield stress R _e min. N/mm ²	Elongation A ₅ min. %		Reduction of area Z min. %		Hardness ³⁾ (Brinell)	
			Long.	Tang.	Long.	Tang.		
C and C-Mn	400	200	26	19	50	35	110-150	
	440	220	24	18	50	35	125-160	
	480	240	22	16	45	30	135-175	
	520	260	21	15	45	30	150-185	
	560	280	20	14	40	27	160-200	
	600	300	18	13	40	27	175-215	
	640	320	17	12	40	27	185-230	
	680	340	16	12	35	24	200-240	
	720	360	15	11	35	24	210-250	
	760	380	14	10	35	24	225-265	
	Alloy	600	360	18	14	50	35	175-215
		700	420	16	12	45	30	205-245
		800	480	14	10	40	27	235-275
	900	630	13	9	40	27	260-320	
	1000	700	12	8	35	24	290-365	
	1100	770	11	7	35	24	320-385	

¹⁾ The following ranges for tensile strength may be additionally specified:
 specified minimum tensile strength: < 900 N/mm² ≥ 900 N/mm²
 tensile strength range: 150 N/mm² 200 N/mm²

²⁾ For propeller shafts intended for ships with ice class notation except the lowest one, Charpy V-notch impact testing is to be carried out for all steel types at -10°C and the average energy value is to be minimum 27 J (longitudinal test). One individual value may be less than the required average value provided that it is not less than 70% of this average value.

³⁾ The hardness values are typical and are given for information purposes only.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

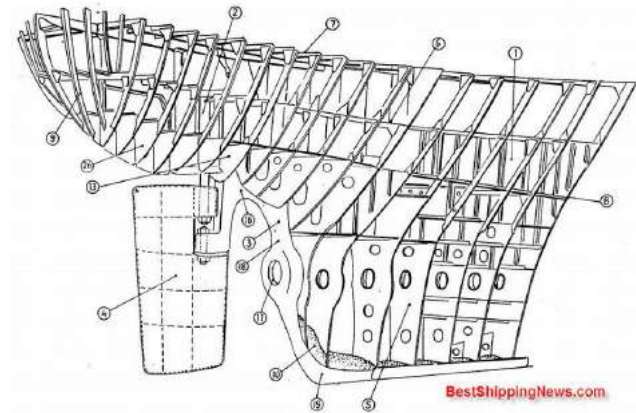
Algunas reglas de IACS asociadas a los materiales ferrosos

Sección W7 y W8

Algunos ejemplos de aceros fundidos incluyen: *stern frames* y *turbine casings*.



La tabla 1 y 2 de la sección W8 muestra de igual forma las propiedades químicas y mecánicas requeridas para estos aceros fundidos.



IV. Construcción de buques (bases)

Table 1 Chemical composition limits for hull and machinery steel castings (%)

Steel type	Applications	C (max.)	Si (max.)	Mn	S (max.)	P (max.)	Residual elements (max.)				Total residuals (max.)
							Cu	Cr	Ni	Mo	
C, C-Mn	Castings for non-welded construction	0.40	0.60	0.50 - 1.60	0.040	0.040	0.30	0.30	0.40	0.15	0.80
	Castings for welded construction	0.23	0.60	1.60 max.	0.040	0.040	0.30	0.30	0.40	0.15	0.80

Table 2. Mechanical properties for hull and machinery steel castings

Specified minimum tensile strength ⁽¹⁾ (N/mm^2)	Yield stress (N/mm^2) min.	Elongation on $5,65 \sqrt{S_0}$ (%) min.	Reduction of area (%) min.
400	200	25	40
440	220	22	30
480	240	20	27
520	260	18	25
560	300	15	20
600	320	13	20

NOTE
(1) A tensile strength range of $150 N/mm^2$ may additionally be specified.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Algunas reglas de IACS asociadas a los materiales ferrosos

Sección W9 y W10

La sección W9 habla acerca de las fundiciones de hierro gris, y la sección W10 habla de la fundición dúctil o nodular. Aquí, en ambos casos, se deja a discreción del fabricante la composición química de la fundición. IACS estipula que para el hierro fundido gris el mínimo esfuerzo a tensión no debe ser menor que 200 N/mm^2 . En el caso de las fundiciones nodulares, la tabla 1 de la sección W10 lista los requerimientos mínimos que se deben cumplir con respecto a las propiedades mecánicas.

Sección W11

La sección W11 es la más importante en lo que respecta metales ferrosos.

Aquí se considera el acero estructural de alta resistencia empleado para la construcción de las placas y de las diferentes secciones del casco.



En esta sección hacen referencia al método de manufactura (W11.5), a la composición química, y a las propiedades mecánicas de estos aceros. Con respecto a la composición química la tabla 1 y 2 da esta información para este tipo de acero. Las tablas 6 y 7 en tanto, tratan lo concerniente a las propiedades mecánicas requeridas para cada grado de acero.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 1 Mechanical properties

Specified minimum tensile strength (N/mm ²)	0,2% proof stress (N/mm ²) min.	Elongation on $5,65 \sqrt{S_0}$ (%) min.	Typical hardness values (Brinell) (see W10.7.1)	Impact energy		Typical structure of matrix (see W10.9.3)	
				Test temp °C	KV ⁽²⁾ J min		
Ordinary qualities	370	230	17	120-180	-	-	Ferrite
	400	250	12	140-200	-	-	Ferrite
	500	320	7	170-240	-	-	Ferrite/Perlite
	600	370	3	190-270	-	-	Ferrite/Perlite
	700	420	2	230-300	-	-	Perlite
	800	480	2	250-350	-	-	Perlite or Tempered structure
Special qualities	350	220	22 ⁽³⁾	110-170	+20	17(14)	Ferrite
	400	250	18 ⁽³⁾	140-200	+20	14(11)	Ferrite
<p>NOTE</p> <ol style="list-style-type: none"> For intermediate values of specified minimum tensile strength, the minimum values for 0,2% proof and elongation may be obtained by interpolation. The average value measured on 3 Charpy V-notch specimens. One result may be below the average value but not less than the minimum shown in brackets. In the case of integrally cast samples, the elongation may be 2 percentage points less. 							

IV. Construcción de buques (bases)

Table 1 Chemical composition and deoxidation practice for normal strength steels

Grade	A	B	D	E
Deoxidation Practice	For t ≤ 50 mm Any method except rimmed steel ⁽¹⁾ For t > 50 mm Killed	For t ≤ 50 mm Any method except rimmed For t > 50 mm Killed	For t ≤ 25 mm Killed For t > 25 mm Killed and fine grain treated	Killed and fine grain treated
Chemical Composition % ^{(4) (7) (8)} (ladle samples)	Carbon plus 1/6 of the manganese content is not to exceed 0.40%			
C max.	0.21 ⁽²⁾	0.21	0.21	0.18
Mn min.	2.5 x C	0.80 ⁽³⁾	0.60	0.70
Si max.	0.50	0.35	0.35	0.35
P max.	0.035	0.035	0.035	0.035
S max.	0.035	0.035	0.035	0.035
Al (acid soluble min)	-	-	0.015 ^{(5) (6)}	0.015 ⁽⁶⁾

t = thickness

Notes:

- Grade A sections up to a thickness of 12.5 mm may be accepted in rimmed steel subject to the special approval of the Classification Society.
- Max. 0.23% for sections.
- When Grade B steel is impact tested the minimum manganese content may be reduced to 0.60%.
- When any grade of steel is supplied in the thermo-mechanically rolled condition variations in the specified chemical composition may be allowed or required by the Classification Society.
- For Grade D steel over 25 mm thick.
- For Grade D steel over 25 mm thick and Grade E steel the total aluminium content may be determined instead of acid soluble content. In such cases the total aluminium content is to be not less than 0.020%. A maximum aluminium content may also be specified by the Classification Society. Other suitable grain refining elements may be used subject to the special approval of the Classification Society.
- The Classification Society may limit the amount of residual elements which may have an adverse effect on the working and use of the steel, e.g. copper and tin.
- Where additions of any other element have been made as part of the steelmaking practice, the content is to be indicated.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 2 Chemical composition and deoxidation practice for higher strength steels

Grade ⁽¹⁾	A32	D32	E32	F32
	A36	D36	E36	F36
	A40	D40	E40	F40
Deoxidation Practice	killed and fine grain treated			
Chemical Composition % ^{(5) (7)} (ladle samples)				
C max.	0.18			0.16
Mn	0.90 – 1.60 ⁽²⁾			0.90 – 1.60
Si max.	0.50			0.50
P max.	0.035			0.025
S max.	0.035			0.025
Al (acid soluble min)	0.015 ^{(3) (4)}			0.015 ^{(3) (4)}
Nb	0.02 – 0.05 ⁽⁴⁾		total:	0.02 – 0.05 ⁽⁴⁾) total:
V	0.05 – 0.10 ⁽⁴⁾		0.12	0.05 – 0.10 ⁽⁴⁾) 0.12
Ti max.	0.02) max.		0.02) max.
Cu max.	0.35			0.35
Cr max.	0.20			0.20
Ni max.	0.40			0.80
Mo max.	0.08			0.08
N max.	-			0.009 (0.012 if Al is present)
Carbon Equivalent ⁽⁶⁾				

Notes:

1. The letter "H" may be added either in front or behind the grade mark e.g. HA 32 or AH 32.
2. Up to a thickness of 12.5 mm the minimum manganese content may be reduced to 0.70%.
3. The total aluminium content may be determined instead of the acid soluble content. In such cases the total aluminium content is to be not less than 0.020%.
4. The steel is to contain aluminium, niobium, vanadium or other suitable grain refining elements, either singly or in any combination. When used singly the steel is to contain the specified minimum content of the grain refining element. When used in combination, the specified minimum content of a fine graining element is not applicable.
5. When any grade of higher strength steel is supplied in the thermo-mechanically rolled condition variations in the specified chemical composition may be allowed or required by the Classification Society.
6. When required, the carbon equivalent value is to be calculated from the ladle analysis using the following formula.

$$Ceq = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (\%)$$

This formula is applicable only to steels which are basically of the carbon-manganese type and gives a general indication of the weldability of the steel.

7. Where additions of any other element have been made as part of the steelmaking practice, the content is to be indicated.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 3 Carbon equivalent for higher strength steels up to 100 mm in thickness produced by TM

Grade	Carbon Equivalent, max. (%) ⁽¹⁾	
	t ≤ 50	50 < t ≤ 100
A32, D32, E32, F32	0.36	0.38
A36, D36, E36, F36	0.38	0.40
A40, D40, E40, F40	0.40	0.42

t: thickness (mm)

Table 6 Mechanical properties for normal strength steels

Grade	Yield Strength ReH (N/mm ²) min	Tensile Strength Rm (N/mm ²)	Elongation (5.65 √S ₀) A ₅ (%)	Impact Test						
				Test Temp. °C	Average Impact Energy (J) min					
					t ≤ 50		50 < t ≤ 70		70 < t ≤ 100	
					Long ⁽³⁾	Trans ⁽³⁾	Long ⁽³⁾	Trans ⁽³⁾	Long ⁽³⁾	Trans ⁽³⁾
A	235	400/520 ⁽¹⁾	22 ⁽²⁾	+20	-	-	34 ⁽⁵⁾	24 ⁽⁵⁾	41 ⁽⁵⁾	27 ⁽⁵⁾
B				0	27 ⁽⁴⁾	20 ⁽⁴⁾	34	24	41	27
D				-20	27	20	34	24	41	27
E				-40	27	20	34	24	41	27

Notes:

- (1) For all thicknesses of Grade A sections the upper limit for the specified tensile strength range may be exceeded at the discretion of the Classification Society.
- (2) For full thickness flat tensile test specimens with a width of 25 mm and a gauge length of 200mm the elongation is to comply with the following minimum values:

Thickness mm	> 5	> 10	> 15	> 20	> 25	> 30	> 40
	≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 40
Elongation %	14	16	17	18	19	20	21

- (3) See paragraph W11.6.3.
- (4) Charpy V-notch impact tests are generally not required for Grade B steel with thickness of 25 mm or less.
- (5) Impact tests for Grade A over 50 mm thick are not required when the material is produced using fine grain practice and furnished normalised. TM rolling may be accepted without impact testing at the discretion of the Society.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 7 Mechanical properties for higher strength steels

Grade	Yield Strength ReH (N/mm ²) min	Tensile Strength Rm (N/mm ²)	Elongation (5.65 √S ₀) A ₅ (%)	Test Temp. °C	Impact Test					
					Average Impact Energy (J) min					
					t ≤ 50		50 < t ≤ 70		70 < t ≤ 100	
					Long ⁽²⁾	Trans ⁽²⁾	Long ⁽²⁾	Trans ⁽²⁾	Long ⁽²⁾	Trans ⁽²⁾
A32	315	440/570	22 ⁽¹⁾	0	31 ⁽³⁾	22 ⁽³⁾	38	26	46	31
D32				-20	31	22	38	26	46	31
E32				-40	31	22	38	26	46	31
F32				-60	31	22	38	26	46	31
A36	355	490/630	21 ⁽¹⁾	0	34 ⁽³⁾	24 ⁽³⁾	41	27	50	34
D36				-20	34	24	41	27	50	34
E36				-40	34	24	41	27	50	34
F36				-60	34	24	41	27	50	34
A40	390	510/660	20 ⁽¹⁾	0	39	26	46	31	55	37
D40				-20	39	26	46	31	55	37
E40				-40	39	26	46	31	55	37
F40				-60	39	26	46	31	55	37

t: thickness (mm)

Notes:

- (1) For full thickness flat tensile test specimens with a width of 25mm and a gauge length of 200 mm the elongation is to comply with the following minimum values:

Thickness (mm)	Grade	> 5	> 10	> 15	> 20	> 25	> 30	> 40	
		≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 40	≤ 50
Elongation %	A32, D32, E32 & F32	14	16	17	18	19	20	21	22
	A36, D36, E36 & F36	13	15	16	17	18	19	20	21
	A40, D40, E40 & F40	12	14	15	16	17	18	19	20

- (2) See paragraph W11.6.3.
 (3) For Grades A32 and A36 steels a relaxation in the number of impact tests for acceptance purposes may be permitted by special agreement with the Classification Society provided that satisfactory results are obtained from occasional check tests.

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Algunas reglas de IACS asociadas a los materiales ferrosos

Sección W27

La sección W27 trata acerca de las propelas hechas de fundiciones de acero. Las tablas 1 de esta sección lista la composición química de este tipo de acero, en tanto que la tabla 2 menciona las propiedades mecánicas que ha de tener este tipo de acero.

Table 1 - Typical chemical composition for steel propeller castings

Alloy type	C Max. (%)	Mn Max. (%)	Cr (%)	Mo ¹⁾ Max. (%)	Ni (%)
Martensitic (12 Cr 1 Ni)	0,15	2,0	11,5-17,0	0,5	Max. 2,0
Martensitic (13 Cr 4 Ni)	0,06	2,0	11,5-17,0	1,0	3,5-5,0
Martensitic (16 Cr 5 Ni)	0,06	2,0	15,0-17,5	1,5	3,5-6,0
Austenitic (19 Cr 1 1 Ni)	0,12	1,6	16,0-21,0	4,0	8,0-13,0

Note: 1) Minimum values are to be in accordance with recognised national or international standards

IV. Construcción de buques (bases)

Table 2 - Mechanical Properties for steel propeller castings

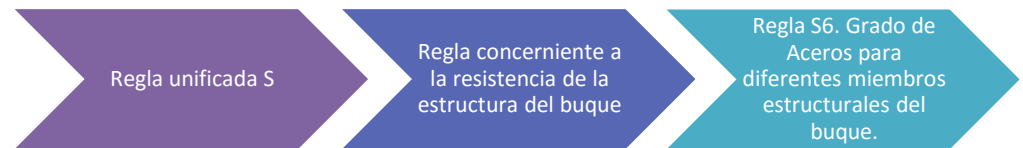
Alloy type	Proof stress $R_{p0.2}$ min. (N/mm ²)	Tensile strength R_m min. (N/mm ²)	Elongation A_5 min. (%)	Red. of area Z min. (%)	Charpy V-notch ¹⁾ Energy min. (J)
12 Cr 1Ni	440	590	15	30	20
13 Cr 4Ni	550	750	15	35	30
16 Cr 5Ni	540	760	15	35	30
19 Cr 11Ni	180 ²⁾	440	30	40	-
<p>1) Not required for general service and the lowest Ice class notations. For other Ice class notations, tests are to be made -10°C.</p> <p>2) $R_{p1,0}$ value is 205 N/mm².</p>					

IV. Construcción de buques (bases)

1. Materiales empleados en la construcción de buques y las pruebas a las que se ven sometidos por las sociedades clasificadoras

Uso de grados de acero para varios miembros del casco de acuerdo a IACS
(naves de 90 m o más de eslora)

Dentro de las reglas de IACS se tiene la regla unificada S, la cual trata acerca de los requerimientos concernientes a la resistencia estructural de buques. La sección S6 se refiere al uso de los grados de acero para los diferentes miembros estructurales de embarcación de 90 m o más de eslora. Ha de decirse que esta regla no aplica para buque graneleros o tanqueros. Las tablas de la 1 a la 6 establecen las clases y grados de material que han de tener los diferentes miembros estructurales del buque.



En esta misma sección, la tabla 7 y la tabla 8 muestran información similar a la de la tabla 2 y a la de la tabla 6 para buques cuyas estructuras se encuentran expuestas a bajas temperaturas.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 1 - Material Classes and Grades for ships in general

Structural member category	Material class/grade
SECONDARY:	
A1. Longitudinal bulkhead strakes, other than that belonging to the Primary category	- Class I within 0.4L amidships - Grade A/AH outside 0.4L amidships
A2. Deck plating exposed to weather, other than that belonging to the Primary or Special category	
A3. Side plating	
PRIMARY:	
B1. Bottom plating, including keel plate	- Class II within 0.4L amidships - Grade A/AH outside 0.4L amidships
B2. Strength deck plating, excluding that belonging to the Special category	
B3. Continuous longitudinal members above strength deck, excluding hatch coamings	
B4. Uppermost strake in longitudinal bulkhead	
B5. Vertical strake (hatch side girder) and uppermost sloped strake in top wing tank	
SPECIAL:	
C1. Sheer strake at strength deck (*)	- Class III within 0.4L amidships - Class II outside 0.4L amidships - Class I outside 0.6L amidships
C2. Stringer plate in strength deck (*)	
C3. Deck strake at longitudinal bulkhead, excluding deck plating in way of inner-skin bulkhead of double-hull ships (*)	
C4. Strength deck plating at outboard corners of cargo hatch openings in container carriers and other ships with similar hatch opening configurations	- Class III within 0.4L amidships - Class II outside 0.4L amidships - Class I outside 0.6L amidships - Min. Class III within cargo region
C5. Strength deck plating at corners of cargo hatch openings in bulk carriers, ore carriers combination carriers and other ships with similar hatch opening configurations	- Class III within 0.6L amidships - Class II within rest of cargo region
C6. Bilge strake in ships with double bottom over the full breadth and length less than 150 m (*)	- Class II within 0.6L amidships - Class I outside 0.6L amidships
C7. Bilge strake in other ships (*)	- Class III within 0.4L amidships - Class II outside 0.4L amidships - Class I outside 0.6L amidships
C8. Longitudinal hatch coamings of length greater than 0.15L	- Class III within 0.4L amidships - Class II outside 0.4L amidships - Class I outside 0.6L amidships - Not to be less than Grade D/DH
C9. End brackets and deck house transition of longitudinal cargo hatch coamings	

(*) Single strakes required to be of Class III within 0.4L amidships are to have breadths not less than 800+5L (mm), need not be greater than 1800 (mm), unless limited by the geometry of the ship's design.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 2 - Minimum Material Grades for ships with length exceeding 150 m and single strength deck

Structural member category	Material grade
Longitudinal strength members of strength deck plating	Grade B/AH within 0.4L amidships
Continuous longitudinal strength members above strength deck	Grade B/AH within 0.4L amidships
Single side strakes for ships without inner continuous longitudinal bulkhead(s) between bottom and the strength deck	Grade B/AH within cargo region

Table 3 - Minimum Material Grades for ships with length exceeding 250 m

Structural member category	Material grade
Shear strake at strength deck (*)	Grade E/EH within 0.4L amidships
Stringer plate in strength deck (*)	Grade E/EH within 0.4L amidships
Bilge strake (*)	Grade D/DH within 0.4L amidships

(*) Single strakes required to be of Grade E/EH and within 0.4L amidships are to have breadths not less than $800+5L$ (mm), need not be greater than 1800 (mm), unless limited by the geometry of the ship's design.

IV. Construcción de buques (bases)

Table 4 - Minimum Material Grades for single-side skin bulk carriers subjected to SOLAS regulation XII/6.5.3

Structural member category	Material grade
Lower bracket of ordinary side frame (*), (**)	Grade D/DH
Side shell strakes included totally or partially between the two points located to 0.125ℓ above and below the intersection of side shell and bilge hopper sloping plate or inner bottom plate (**)	Grade D/DH

(*) The term "lower bracket" means webs of lower brackets and webs of the lower part of side frames up to the point of 0.125ℓ above the intersection of side shell and bilge hopper sloping plate or inner bottom plate.

(**) The span of the side frame, ℓ , is defined as the distance between the supporting structures.

Table 5 - Minimum Material Grades for ships with ice strengthening

Structural member category	Material grade
Shell strakes in way of ice strengthening area for plates	Grade B/AH

IV. Construcción de buques (bases)

Table 6 - Material Grade Requirements for Classes I, II and III

Class	I		II		III	
	MS	HT	MS	HT	MS	HT
$t \leq 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \leq 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \leq 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \leq 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \leq 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \leq 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 < t \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH

For strength members not mentioned in Tables 1 to 5, Grade A/AH may generally be used.

IV. Construcción de buques (bases)

2. Ensamblaje del buque en bloques y disposición de un astillero

Ventajas de la construcción por ensamblaje

Históricamente los buques eran construidos en un *slipway* pieza a pieza. Sin embargo, la producción rápida y a gran escala, requirió la adopción de unidades prefabricadas para la construcción de buques. Hoy día, todos los buques son prefabricados en algún grado.

- ✓ Las unidades pueden ser construidas bajo techo. Esto es atractivo para climas calientes y húmedos, ya que no sólo mejora las condiciones laborales sino que también las condiciones en que se realiza la soldadura.
- ✓ Es posible girar las unidades para permitir que en su mayoría la soldadura se de en posición horizontal (*downhand*).
- ✓ Mayor disponibilidad de servicios centrales (disponibilidad de gases para cortar y corriente eléctrica para soldar en los lugares donde se requiere, por ejemplo).

- ✓ Las técnicas de producción pueden ser adoptadas con secuencias de pre fabricación (el material y la fuerza laboral son planificados en grupos y toda la secuencia de construcción es controlada para cumplir con el tiempo requerido).
- ✓ Equipamiento previo de las unidades (*outfitting*) lo cual implica un ahorro de tiempo y dinero.

Ensamblaje

El ensamblaje es cualquier proceso donde se toma un cierto número de componentes o estructuras de menor tamaño y se combinan para formar estructuras mayores.

IV. Construcción de buques (bases)

2. Ensamblaje del buque en bloques y disposición de un astillero

Ensamblaje

El proceso de ensamblaje típicamente incluye:

- ✓ Sub ensamblajes. Una vez las placas y los diferentes miembros estructurales han sido maquinados, estos se encuentran listos para ser ensamblados en unidades bidimensionales; como por ejemplo: *flat plate panels*, *curved shell units*, o estructuras matriciales (*eggbox*).
- ✓ Ensamblaje de unidades. Los sub ensamblajes bidimensionales serán empleados para ensamblar unidades tridimensionales. Aquí se deben considerar limitantes como la capacidad de las grúas y las dimensiones que se pueden manejar. Cada unidad debe ser diseñada para facilitar que se dé la mayor parte del proceso de soldadura de forma horizontal.
- ✓ Ensamblaje de bloques. Las diferentes unidades pueden ser ensambladas en bloques. Generalmente, las unidades abran sido equipadas en algún grado al llegar a este punto. Los bloques tienden a ser largos especialmente en zonas como: espacios de máquinas o cuartos de bombas. De igual forma, módulos equipados pueden ser instalados en los bloques.
- ✓ Equipamiento de módulos. Unidades de maquinaria, tuberías y otros sistemas de equipamiento para una zona específica pueden ser planeados, construidos en módulos, e instalados durante la fabricación de los bloques.

IV. Construcción de buques (bases)

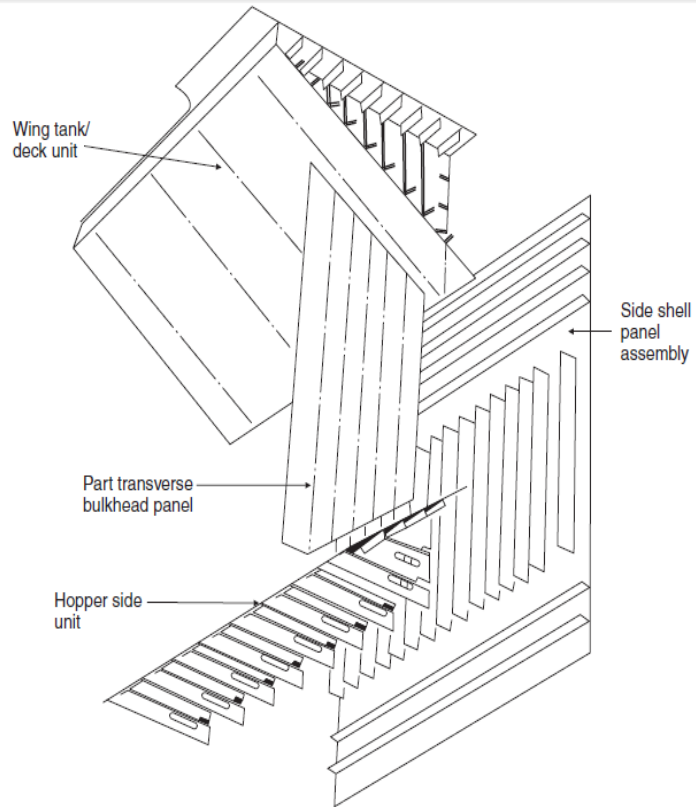


Figure 14.1 Bulk carrier single shell side block unit.

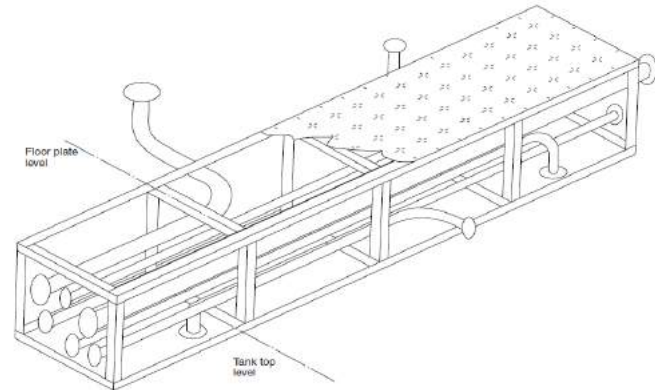


Figure 14.2 Pipe module.

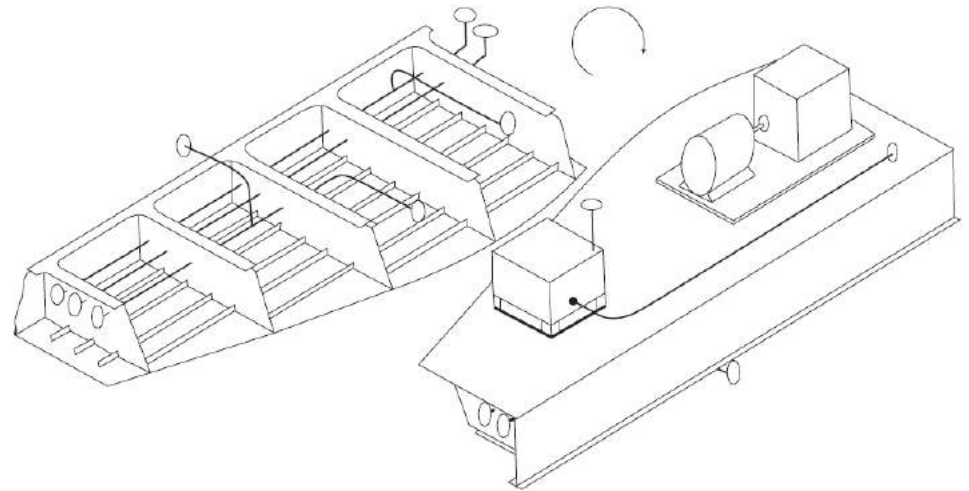


Figure 14.3 Assembly unit outfitted on both sides.

IV. Construcción de buques (bases)

2. Ensamblaje del buque en bloques y disposición de un astillero

Ensamblaje

El proceso de ensamblaje típicamente incluye:

- ✓ Erección de unidad. Consiste en unir los bloques para que constituyan el buque. Las secuencias de erección para un buque en particular varían de un astillero a otro y depende de diferentes factores. La experiencia y las dificultades encontradas durante construcciones previas llevan a estandarizar ciertas prácticas en los astilleros.

En general, es práctica común empezar en la región del espacio de máquinas de abajo hacia arriba y tanto hacia popa como hacia proa.

Al realizar la erección del buque es importante emplear la secuencia correcta de soldadura de forma tal que se eviten altos esfuerzos residuales.

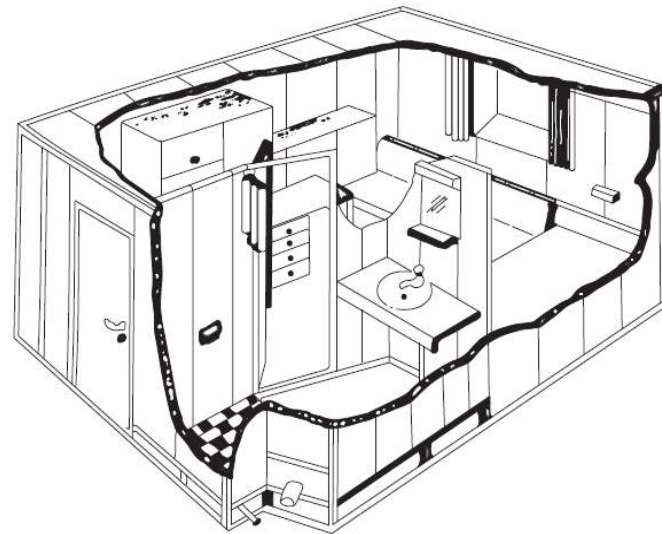


Figure 14.4 Cabin/toilet module.

IV. Construcción de buques (bases)

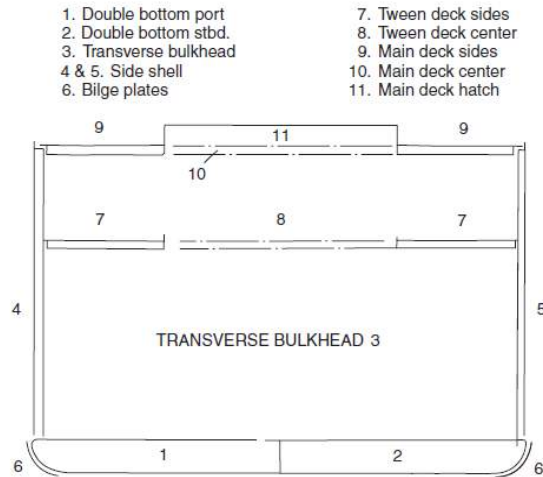


Figure 14.5 An erection sequence for a general cargo ship.

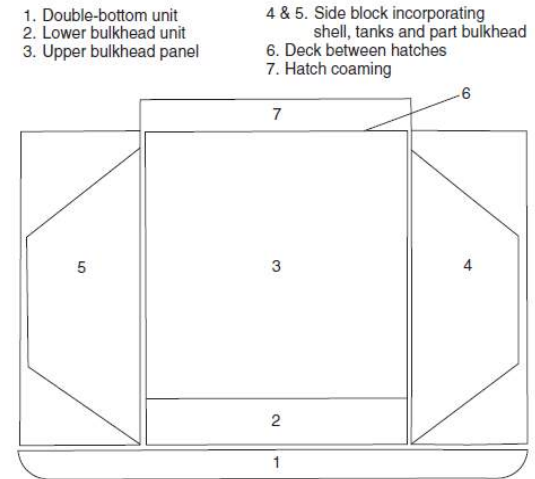


Figure 14.7 An erection sequence for a dry cargo bulk carrier.

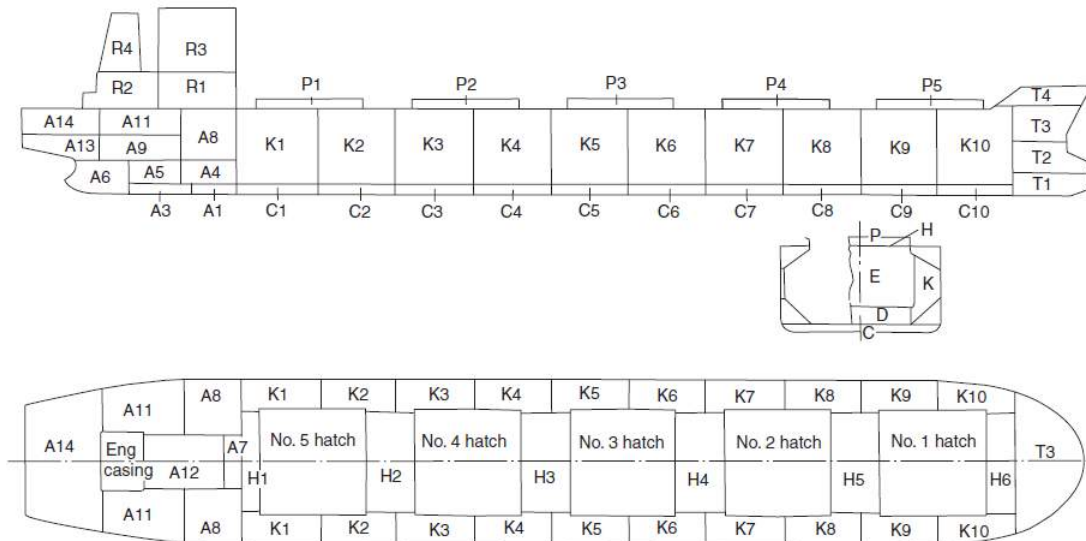


Figure 14.8 Typical block erection for a single-hull bulk carrier.

IV. Construcción de buques (bases)

2. Ensamblaje del buque en bloques y disposición de un astillero

Disposición de un astillero para la construcción de buques en bloque

Hasta la llegada de buques de acero, la operación de construcción de buques podía ser realizada prácticamente en cualquier lugar cercano al mar o a un río con disponibilidad de madera.

La configuración ideal para un astillero moderno se basa en el flujo de producción de la siguiente figura.

La planeación de un astillero involucra aspectos como:

- ✓ Tamaño y tipo de buque que será construido.
- ✓ Número de buques que se desea construir por año.
- ✓ Número de bloques estructurales y módulos que se desea crear y almacenar.

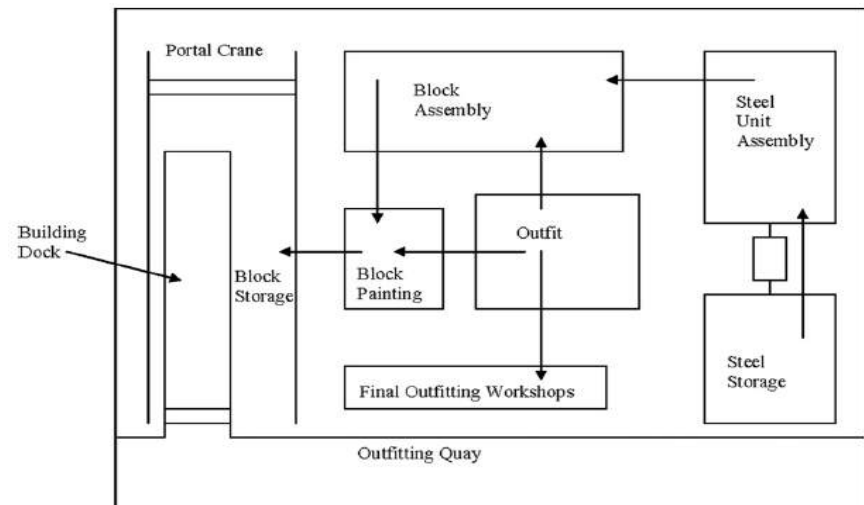


Figure 11.2 Modern, large shipyard layout.

- ✓ Equipo necesario para la manufactura de los bloques estructurales y módulos.
- ✓ Espacio requerido por la materia prima, la maquinaria, los bloques y módulos.
- ✓ Requerimiento de facilidades administrativas y técnicas en diferentes partes del astillero.

IV. Construcción de buques (bases)

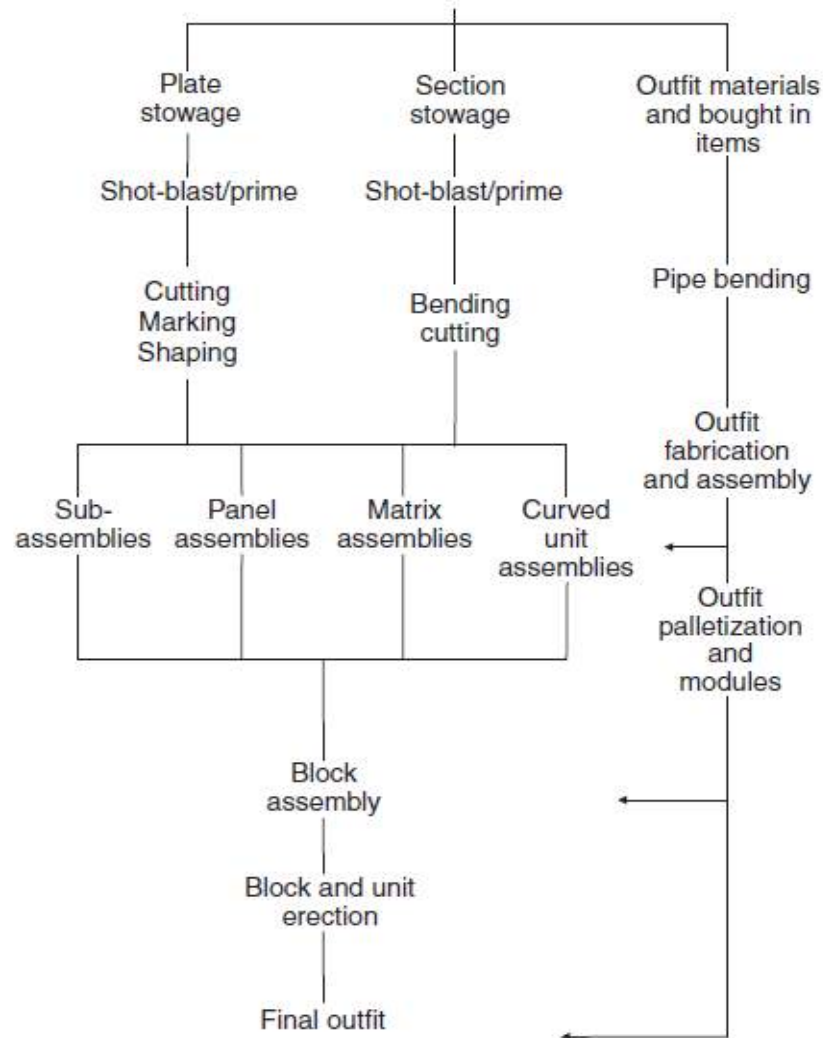


Figure 11.3 Shipbuilding process.

IV. Construcción de buques (bases)

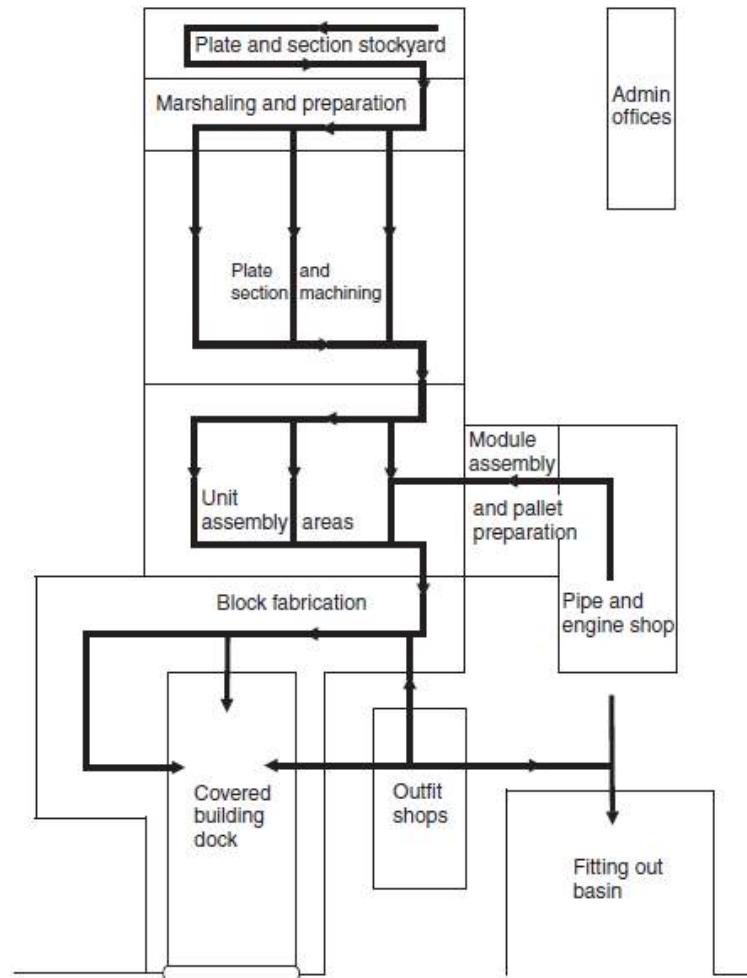


Figure 11.4 Shipyard layout.

Vea el siguiente enlace: <http://www.stxons.com/service/eng/cybertour/cybertour.aspx?cityName=jinhae>

IV. Construcción de buques (bases)

3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

Preparación y maquinado de placas

Preparación de placas y secciones:

✓ *Stockyard*. Al llegar al astillero, las placas y demás secciones son almacenadas temporalmente en el *stockyard*. Esto es requerido porque la demanda de un astillero no necesariamente podrá ser cubierta a tiempo por la empresa que manufactura el acero.

Las placas y demás secciones proporcionadas por la empresa manufacturera tienen un código de identificación, cosa de que puedan ser almacenados en la sección apropiada del *stockyard*.

✓ Calentamiento. La pieza es precalentada antes de ser llevada a la etapa de pintura.

✓ *Plate leveling rolls* (laminado). Durante el calentamiento puede suceder que se liberen esfuerzos residuales y puede ser necesario el laminado. De igual forma, durante el transporte de las piezas, las mismas podrían haber sufrido de alguna deformación.

✓ *Shot-blasting*. En muchas ocasiones la pieza es sometida a shot blasting empleando algún material abrasivo para remover óxido de la superficie.

✓ Primera mano de pintura.

✓ Corte de placas. Para realizar cortes precisos y no desperdiciar material se emplean sistemas de oxicorte o plasma controlados numéricamente siguiendo una geometría dada desde un programa CAD.

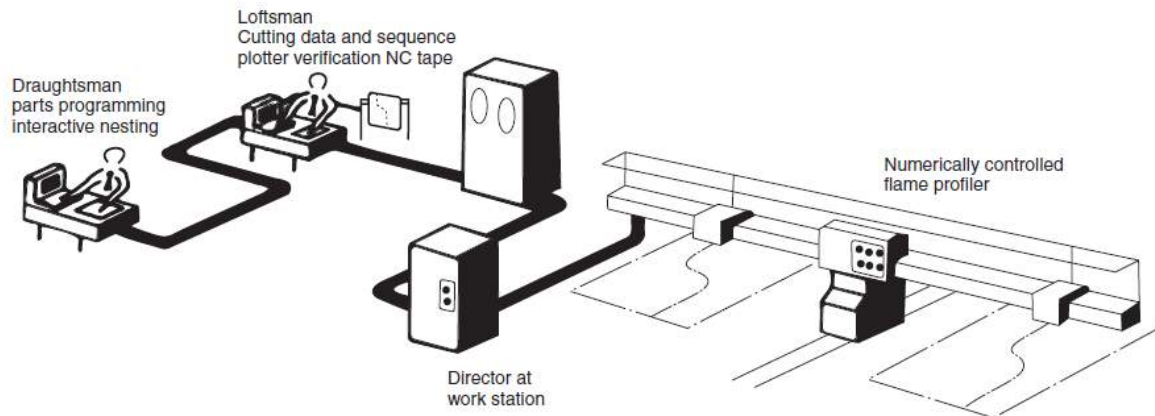
IV. Construcción de buques (bases)

3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

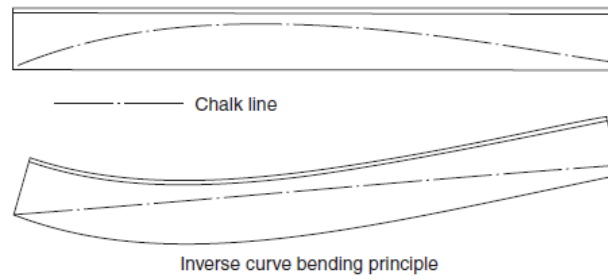
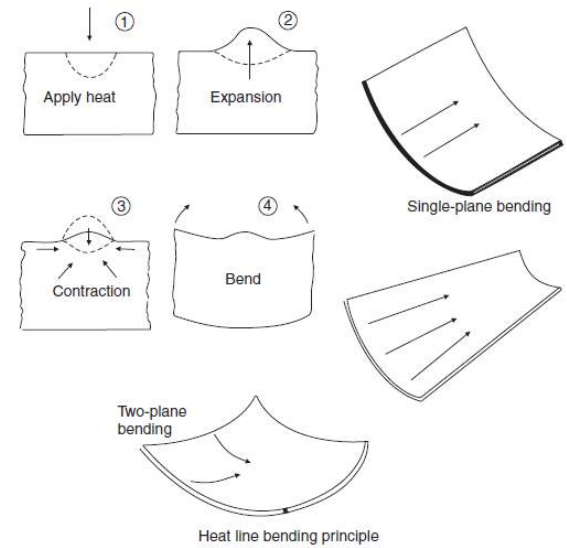
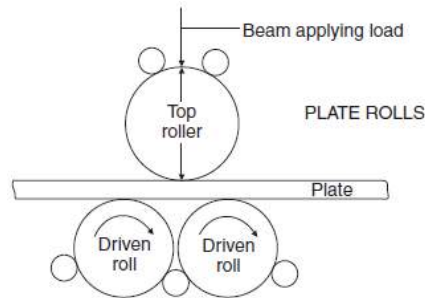
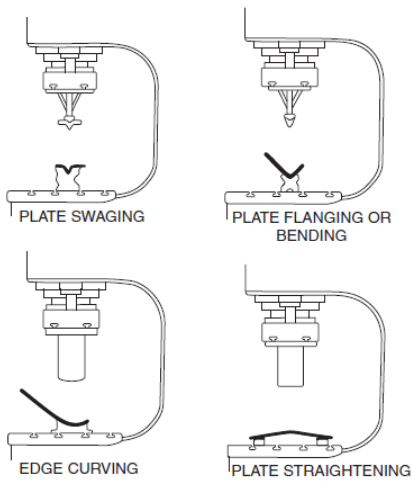
Preparación y maquinado de placas

Preparación de placas y secciones:

- ✓ Maquinas taladradoras.
- ✓ Guillotinas. Son empleadas para cortar placas pequeñas.
- ✓ Presas. Son empleadas para realizar estampado, flexión, curvado y rectificado de placas.
- ✓ Máquinas de laminado (roladoras).
- ✓ Deflexión por medio de líneas de calor.
- ✓ Deflexión en frío de cuadernas. La deflexión de cuadernas puede realizarse con el método de curva invertida.



IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

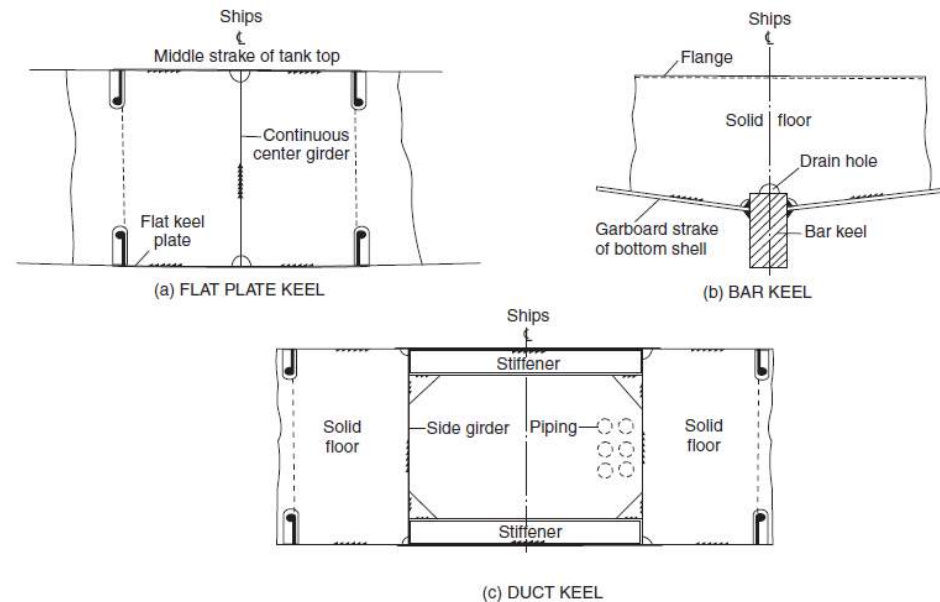
3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

Estructura del fondo

Quilla

En el centro de la línea del fondo de la estructura está localizada la quilla, la cual contribuye substancialmente a la resistencia longitudinal y a una efectiva distribución de la carga cuando se encuentra en dique el buque. Existen principalmente tres tipos de quillas:

- ✓ *Flat plate keel.* Es la quilla que emplea la mayoría de los buques.
- ✓ *Bar keel.* Es la quilla encontrada principalmente en buques pequeños. Tiene el inconveniente de ser más pesada y no se emplea cuando se tienen doble fondos.
- ✓ *Duct keel.* Se emplea en el doble fondo de algunos buques, y corre desde el mamparo delantero de la sala de máquinas hasta el mamparo de colisión en el pique de proa. El ancho de este ducto no debe ser mayor a los 2 m.



IV. Construcción de buques (bases)

3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

Estructura del fondo

Doble bottom structure

La mínima profundidad de un doble fondo de un buque dependerá de los requerimientos de la sociedad clasificadora para la profundidad de la viga central (*center girder*). Este también puede ser más profundo dependiendo de los requerimientos de combustible, agua fresca o lastre. En el espacio de máquinas la profundidad del doble fondo también se aumenta.

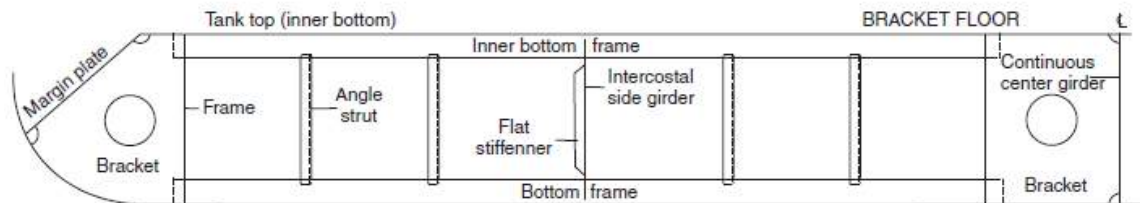
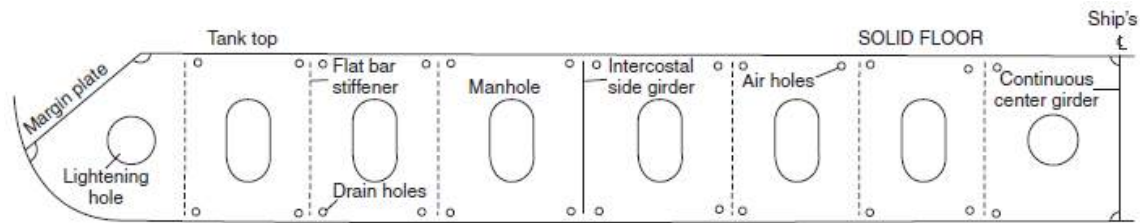
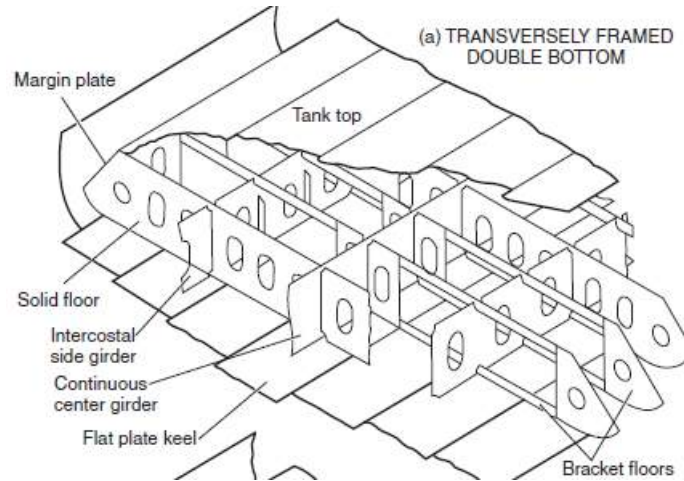
Los doble fondo pueden presentar una construcción transversal o una longitudinal. Sí la longitud del buque excede los 120 m, la construcción será longitudinal, ya que tiende a darse pandeo en la construcción transversal cuando la eslora del buque es tan grande.

Las planchas extremas interiores del doble fondo pueden presentar una determinada pendiente para propósitos de drenaje.

Placas verticales dispuestas de forma transversal (*solid floors*) pueden ser observadas tanto en la construcción transversal como en la longitudinal para dar resistencia y soportar el fondo interior. En medio de los *solid floors* se colocan *brackets floors*.

- ✓ Construcción transversal. Sí la construcción del doble fondo es transversal, los *solid floors* y los *bracket floors* constituyen el principal soporte del fondo interior y de las placas del fondo. Con excepción de ciertos espacios (cuarto de máquinas por ejemplo), los *solid floor* son ubicados cada 3 m con *bracket floors* en medio de estos. Para reducir el espaciamiento entre los *brackets* (que no debe ser mayor a 2.5 m) se pueden colocar ángulos verticales o canales.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

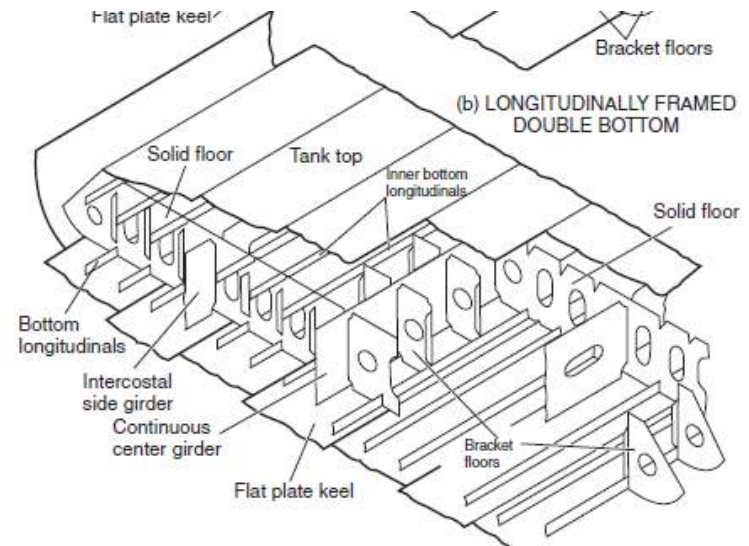
Estructura del fondo

Doble bottom structure

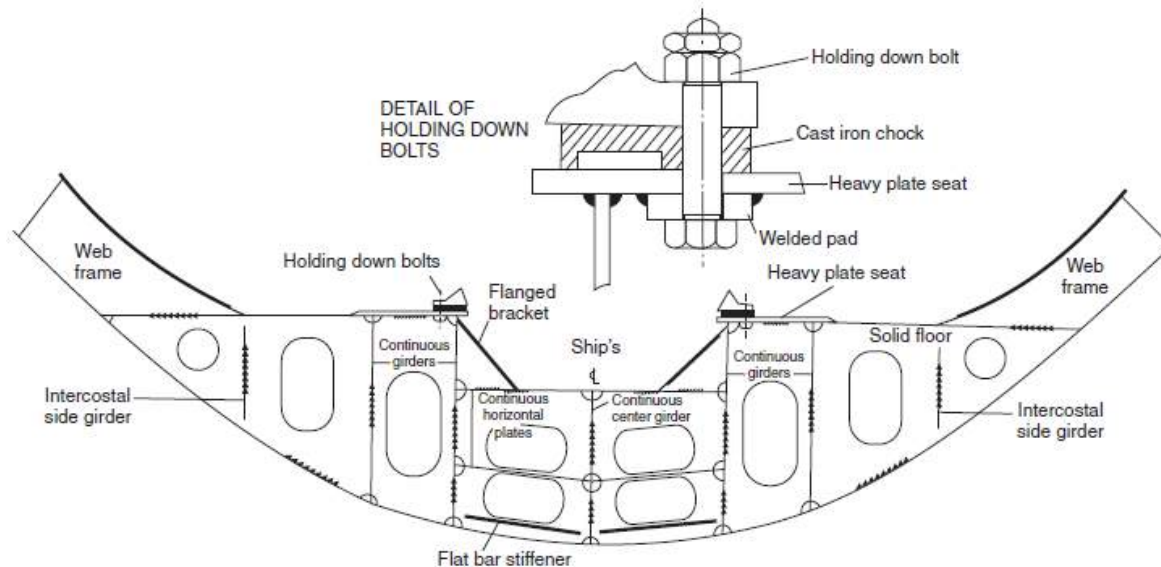
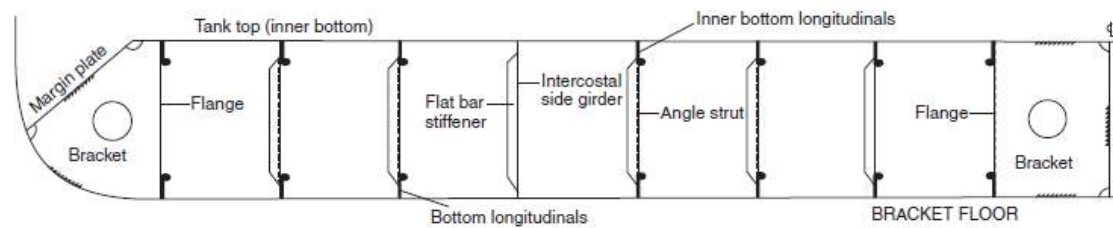
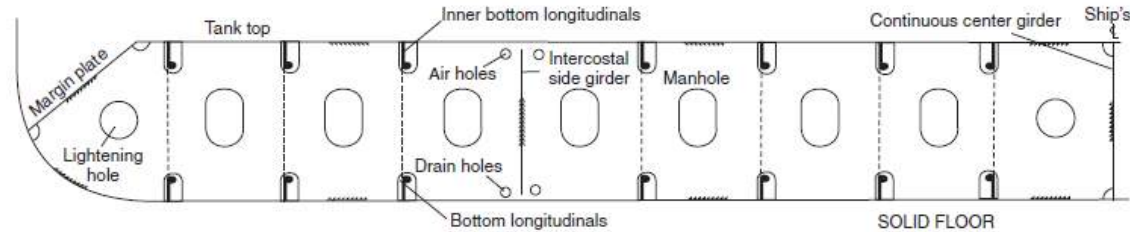
- ✓ Construcción longitudinal. Sí la construcción del doble fondo es longitudinal, los *solid floors* se encontraran debajo de cada cuaderna en la sección del cuarto de máquinas y espaciados cada 3.8 m en el resto del doble fondo, sin embargo en esta construcción la resistencia la dan principalmente elementos longitudinales.

En medio de los *solid floors* también se colocan *bracket floors*, los cuales se extenderán hasta el siguiente longitudinal.

El espaciamiento entre los elementos de soporte transversal para los longitudinales no debe exceder los 2.5 m, por lo que de estar demasiado separados los *solid floors*, se pueden colocar ángulos verticales para soportar los elementos longitudinales.



IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

3. Preparación y maquinado de placas y estructura del fondo

Estructura del fondo

Single bottom structure

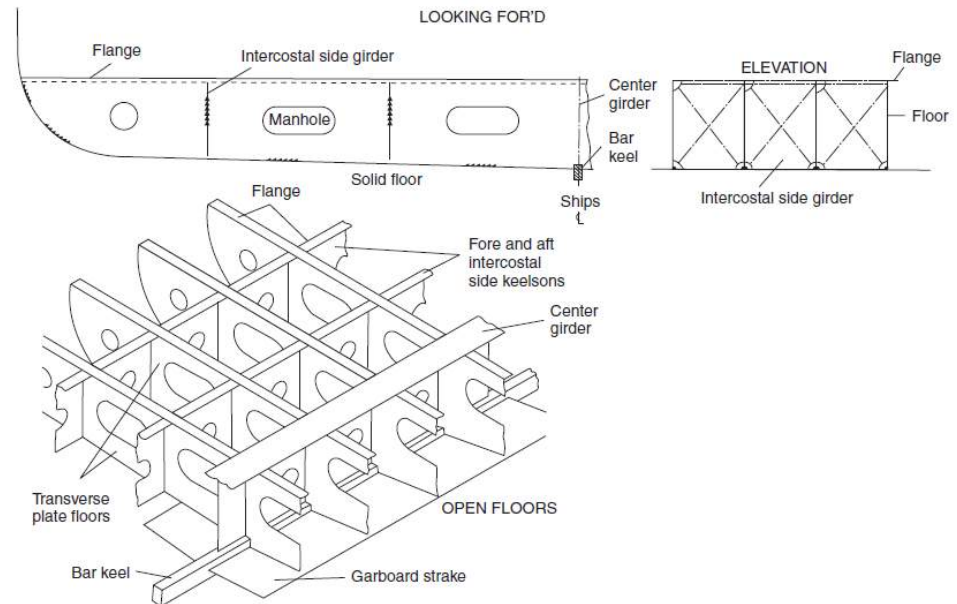
4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

Placas de costado y de fondo

Las placas de costado y de fondo, constituyen el recubrimiento a prueba de agua (*watertight*) de la embarcación y al mismo tiempo contribuyen a la resistencia longitudinal del buque. Estas placas, pueden ser planas o curvas y se encuentran unidas por conexiones horizontales (*seams*) y verticales (*butts*) de soldadura.

Placas del fondo

En el caso de buques que tengan *flat plate keel* el espesor de estas placas se mantiene constante a lo largo de toda la eslora del buque.



Con respecto a las tracas del fondo que van desde la placa que constituye la quilla hasta el pantoque, se debe decir que, su espesor aumenta cerca del centro del buque; ya que ahí los esfuerzos flectores son mayores.

IV. Construcción de buques (bases)

4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

Placas de costado y de fondo

Placas del costado

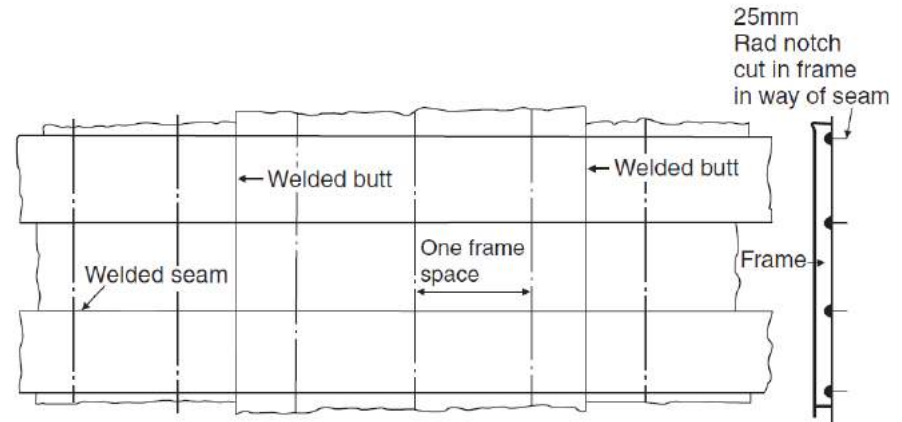
Al igual que las placas del fondo, las placas que constituyen el costado, presentan un mayor espesor cerca de la sección media del buque. También presentan un mayor espesor cerca de mamparos transversales que constituyen los tanques para almacenar carga líquida.

De todas las placas de costado, la de mayor espesor es el *sheerstrake* ya que se encuentra a una mayor distancia del eje neutral y esta adyacente a la cubierta de resistencia (*strenght deck*).

Grados de acero para las tracas del costado y del fondo

Las sociedades clasificadoras han regulado que aleación de acero debe ser usada en determinadas zonas del costado y del fondo.

La idea general, es emplear aceros más dúctiles en las zonas donde se dan las concentraciones de esfuerzos.



IV. Construcción de buques (bases)

4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

Cuadernas y refuerzos longitudinales

Construcción transversal

En un buque de carga general, se suele tener una construcción transversal que consiste de cuadernas principales (*web frames*) y de cuadernas de soporte con *brackets* tanto en el extremo superior como en el inferior.

El dimensionamiento de las cuadernas transversales depende principalmente de su posición, del espaciamiento entre ellas, de su espesor, y de que tan rígida sean las conexiones en los extremos.

Web frames se pueden observar principalmente en la sala de máquinas (generalmente espaciadas no más de 5 cuadernas de soporte) y en el mamparo de colisión. La idea al colocar este tipo de cuadernas; es aumentar la rigidez transversal del buque.

Brackets conectados a las cuadernas

La parte baja de las cuadernas puede ser conectada al *tank top* por medio de *brackets*.

Construcción longitudinal

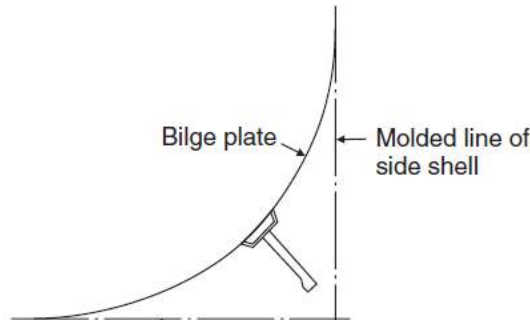
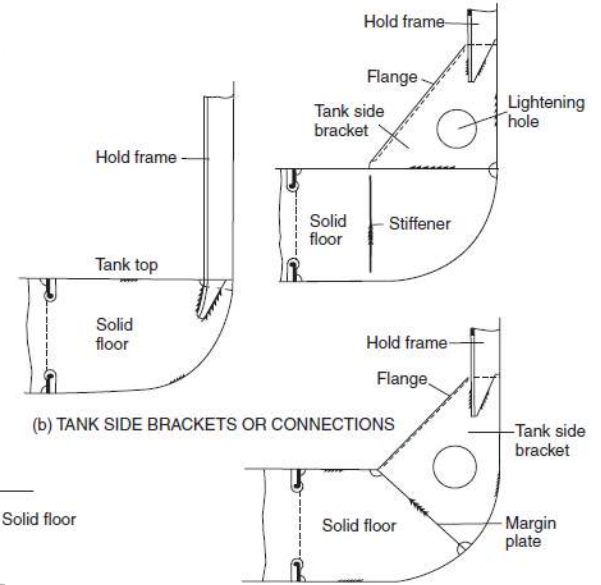
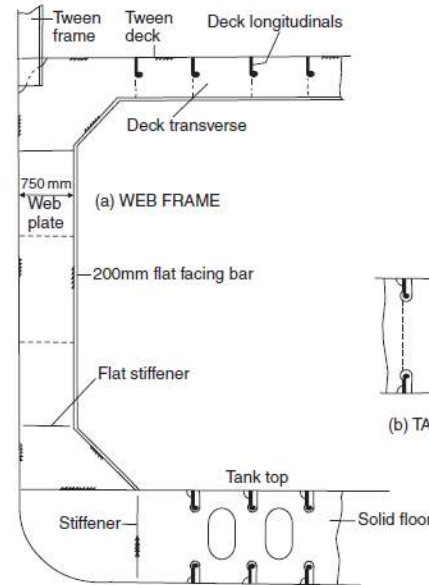
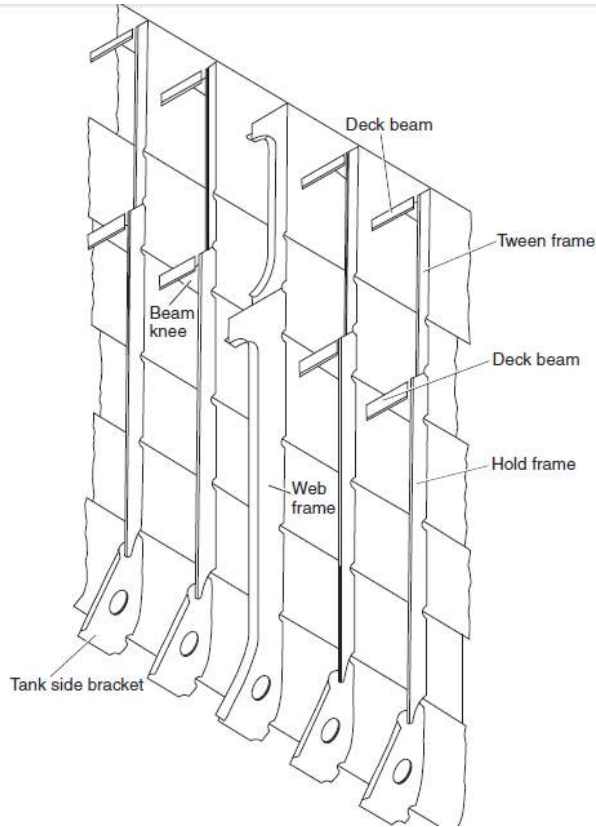
En esta construcción predominan los refuerzos en la dirección longitudinal y los mismos tienden a ser de tipo bulbo.

En este tipo de construcción se emplean *web frames* para soportar a los longitudinales. En el caso de buques de 100 m o menos de eslora los *web frames* deben estar espaciados a no más de 3.8 m.

Quillas del pantoque

Muchos buques tienen algún tipo de quilla cerca del pantoque para aumentar su estabilidad. Estas quillas suelen correr en dirección longitudinal y en dirección perpendicular al pantoque.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

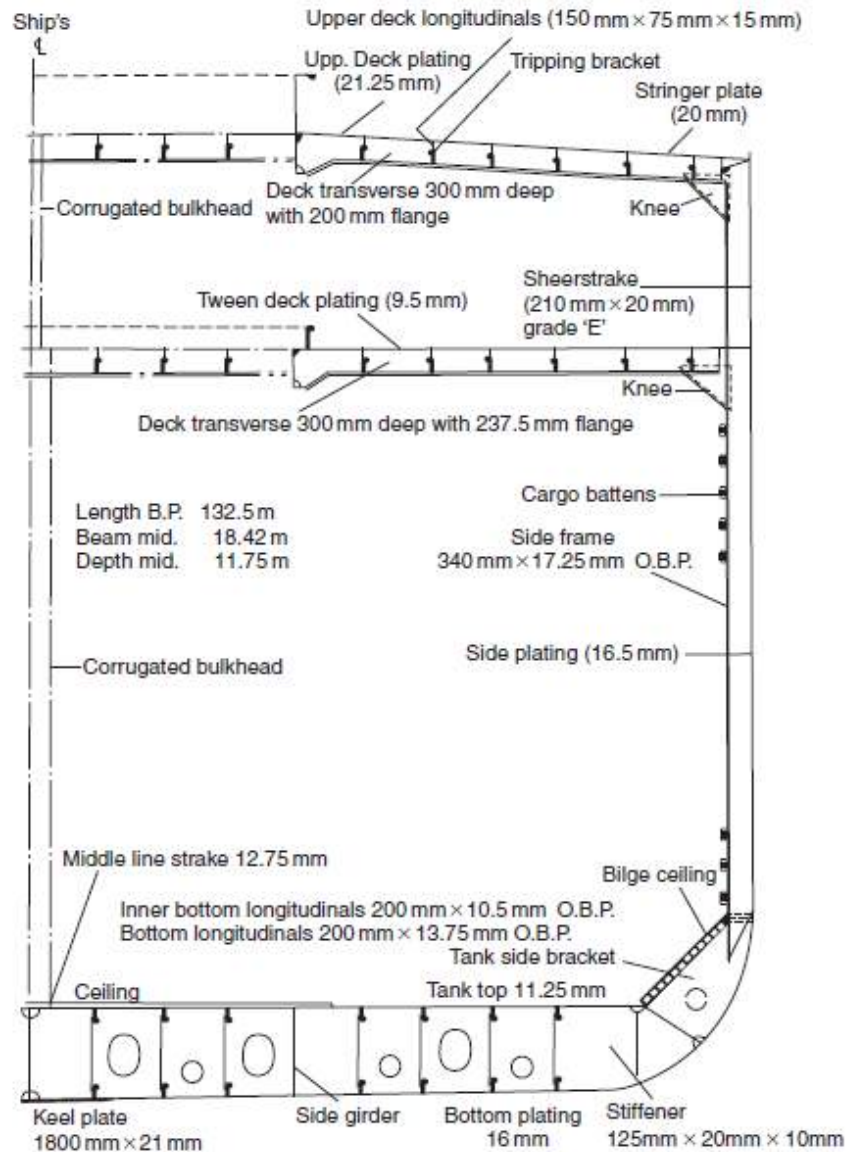


Figure 17.6 General cargo ship—midship section.

IV. Construcción de buques (bases)

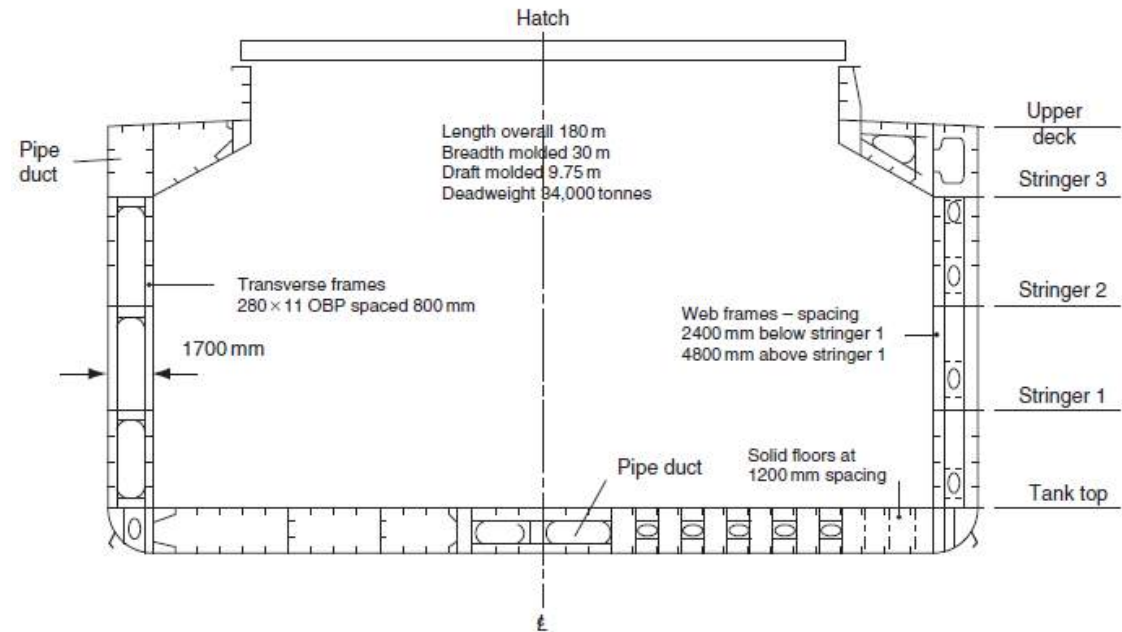
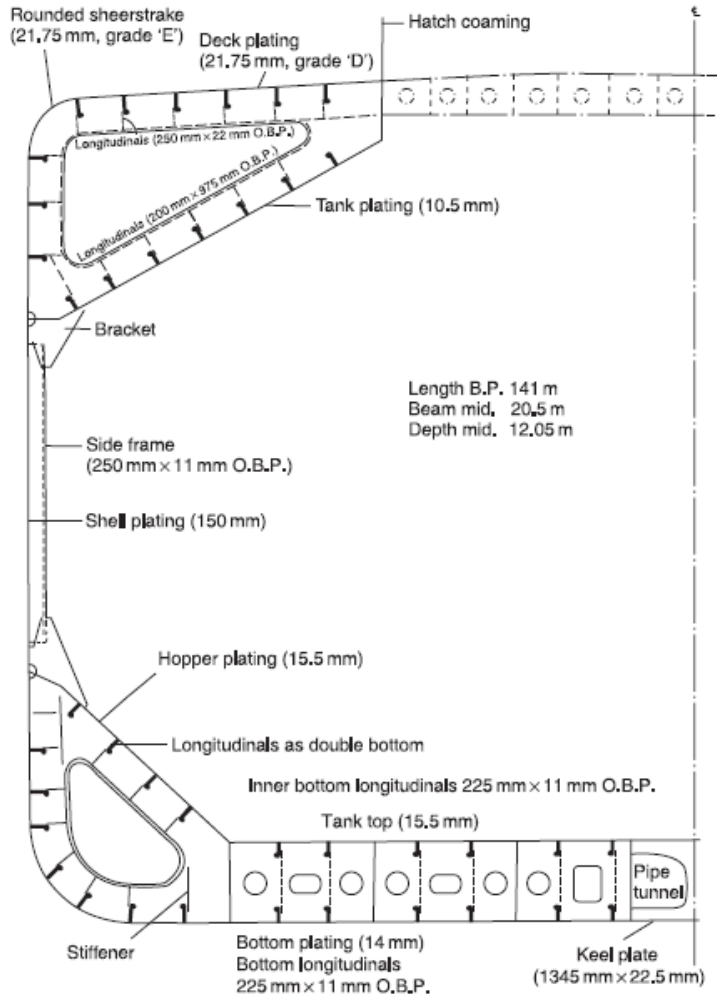


Figure 17.8 Bulk carrier—double-side skin midship section.

IV. Construcción de buques (bases)

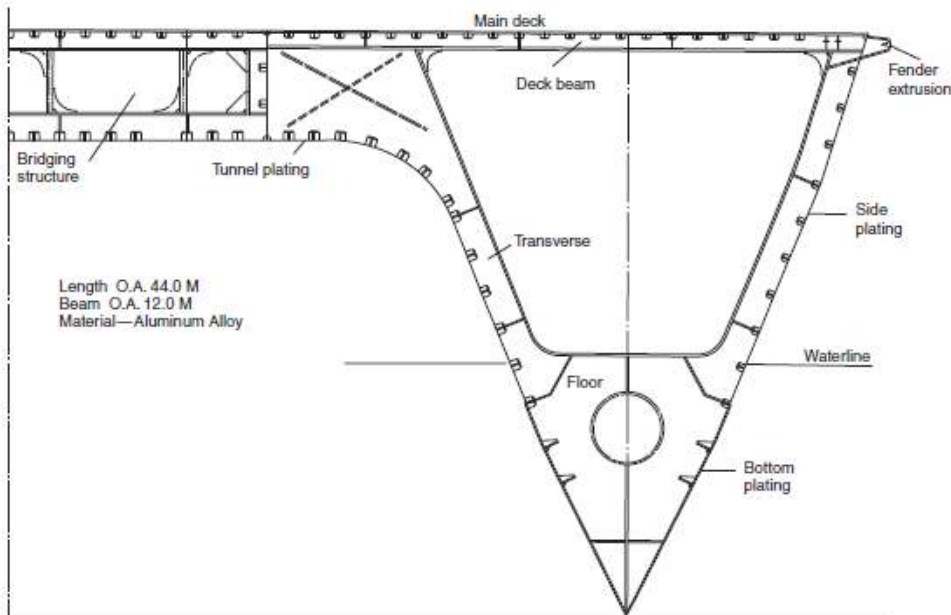


Figure 17.11 High speed craft (catamaran)—section.

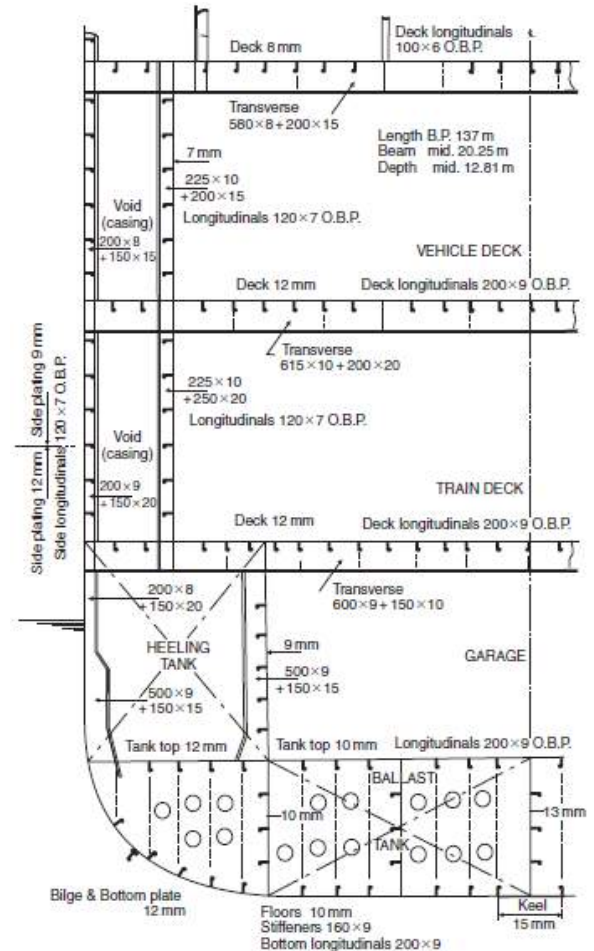


Figure 17.10 Midship section of ro-ro ship.

IV. Construcción de buques (bases)

4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

Mamparos

Existen mamparos principales que dividen el buque en una serie de compartimientos estanco y mamparos secundarios que se colocan producto de las necesidades de carga o bien por cuestiones de acomodación.

Mamparos principales

Estos mamparos constituyen las principales particiones transversales y longitudinales de un buque y son de gran importancia ya que dividen al mismo en una serie de compartimientos estanco. Estos mamparos además, son miembros estructurales que resisten parte de las cargas verticales del buque y pueden resultar ser una barrera efectiva contra la propagación de fuego desde bodegas o desde la sala de máquinas. El número mínimo, de estos mamparos que puede haber en un buque de carga general, es 4.

Dependiendo de la eslora del buque, el número total puede variar y por regla se suele solicitar que se encuentren espaciados a intervalos uniformes.

La construcción de los mamparos principales suele hacerse de placas horizontales cuyo espesor tiende a incrementar a medida que aumenta la profundidad.

Estos mamparos se encuentra reforzados verticalmente; o bien pueden ser mamparos corrugados y no requerir de refuerzo vertical alguno. Es posible pasar ductos en medio de estos mamparos, sin embargo, se debe garantizar que se mantenga la estanqueidad.

Table 18.1 Bulkheads for cargo ships

Length of ship (meters)		Total number of bulkheads	
Above	Not exceeding	Machinery midships	Machinery aft
	65	4	3
65	85	4	4
85	105	5	5
105	115	6	5
115	125	6	6
125	145	7	6
145	165	8	7
165	190	9	8
190	To be considered individually		

IV. Construcción de buques (bases)

4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

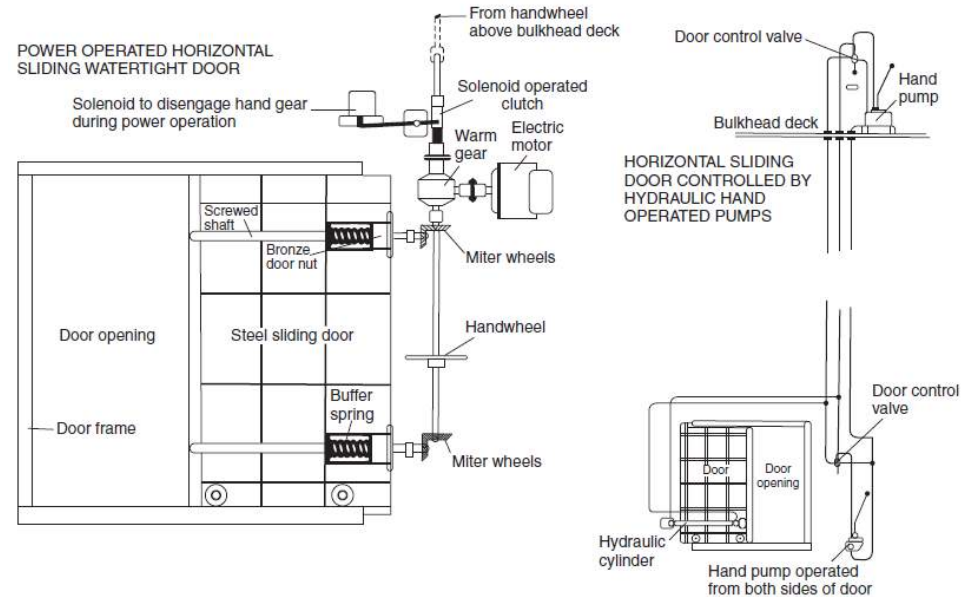
Mamparos

Puertas estanco

Ocasionalmente se requiere proveer medios de acceso a los espacios confinados por los mamparos estanco, y para este propósito, deben usarse puertas estanco. Estas puertas suelen ser pequeñas, típicamente de 1000 a 1250 mm del alto y cerca de 700 mm de ancho.

Mamparos secundarios

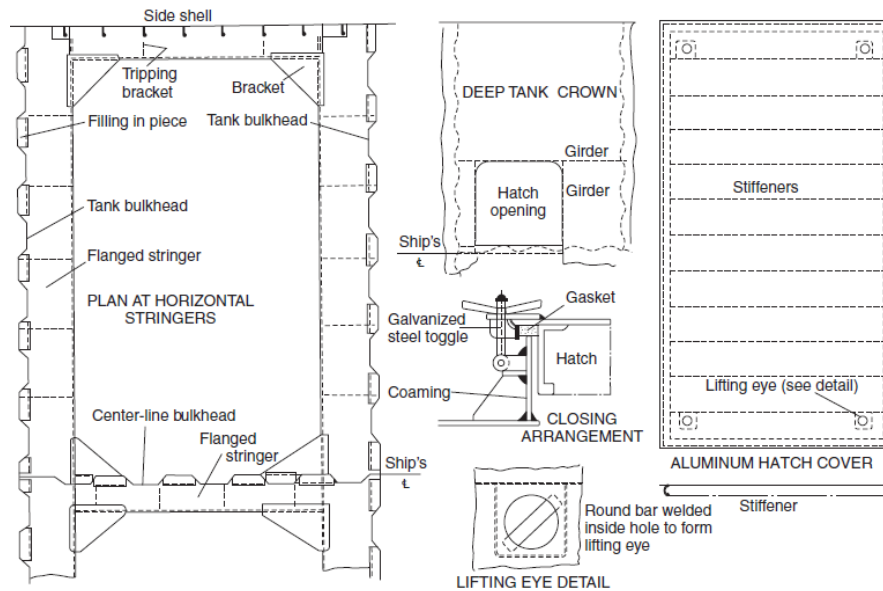
Los mamparos secundarios son aquellos que constituyen las fronteras de los *deep tanks*, los cuales regularmente se ven sujetos a altas presiones producto de que se emplean para almacenar líquidos. Las placas que se emplean en este tipo mamparos tienden a tener altos espesores.



Topside tanks

Estos tanques son empleados para llevar lastre y en algunas ocasiones granos ligeros. La construcción de este tipo de tanques es generalmente longitudinal.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

4. Placas de costado, placas de fondo, cuadernas, mamparos, y pilares

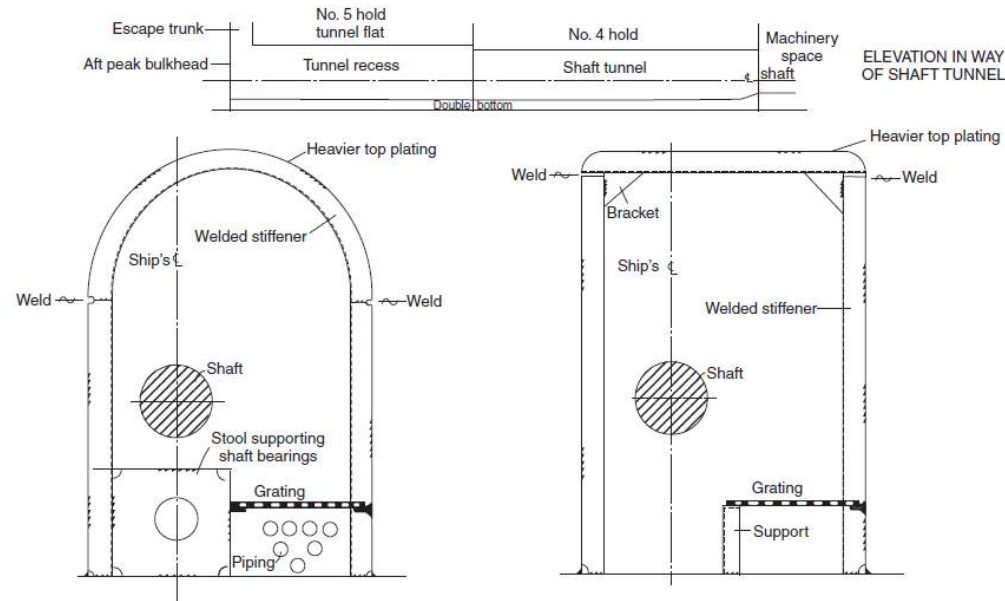
Mamparos

Túnel del eje

Cuando el mamparo trasero del cuarto de máquinas no coincide con el del pique de popa, es necesario colocar un espacio estanco para el túnel del eje. Aquí se deben proporcionar dos medios para salir de dicho espacio.

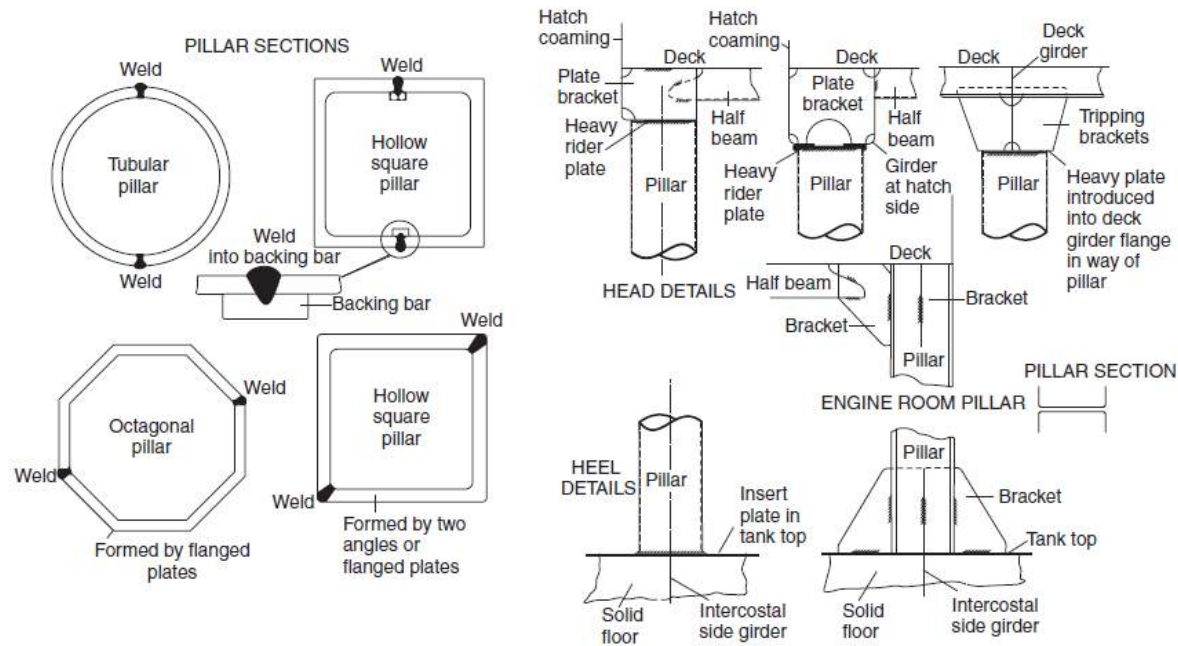
Pilares

La principal función de los pilares es la de soportar las cargas de las cubiertas y los diferentes pesos que se pueden encontrar encima de ellas (pilares en las zonas de carga). Una función secundaria que pueden realizar los pilares es la de mantener la continuidad de la estructura en la dirección vertical (pilares en los espacios de máquinas).



Evidentemente, se debe realizar un buen diseño de estos elementos, particularmente de su sección transversal; ya que están sujetos a cargas de compresión y pueden pandearse.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Cubiertas

Las cubiertas a diferentes niveles en un buque sirven para diferentes propósitos; pueden ser cubiertas estancó, cubiertas de resistencia, o simplemente cubiertas sobre las cuales se encuentran acomodaciones.

Con respecto a las cubiertas expuestas de los buques, ha de decirse que tienen cierta inclinación en sus extremos para facilitar el drenado del agua.

Las cubiertas se constituyen de placas con refuerzos dispuestos en la dirección transversal o longitudinal.

Placas de cubiertas

En vista de que los esfuerzos flectores son mayores en la región media del buque; el mayor espesor de las placas de cubierta se observará en esta región (cerca del 40% de la longitud de buque con respecto a *amidships* tendrá placas de cubiertas de mayor espesor).

De igual forma, en aquellos puntos donde existan discontinuidades en la cubierta (cortes para crear aberturas por ejemplo) se observará un mayor aumento en los espesores de las placas de cubierta.

Donde la cubierta de resistencia (*strength deck*) exceda los 30 mm se debe considerar que las placas de dicha cubierta sean de acero grado B, y si excede los 40 mm será de acero grado D sobre la sección media del buque.

El *stringer plate* (traca de la placa de cubierta adyacente al *sheerstrake*) de la cubierta de resistencia, sobre la región media de buque, en aquellas embarcaciones de menos de 260 m de eslora, debe ser de acero grado B si tiene un espesor entre 15 y 20 mm; de grado D si tiene un espesor entre 20 y 25 mm; y grado E cuando es de más de 25 mm.

IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Cubiertas

Placas de cubiertas

Toda apertura en cubierta debe tener bordes redondeados para evitar esfuerzos y debe ser reforzada; a menos, que la geometría de dichos bordes sea parabólica o elíptica.

Refuerzo de cubiertas

Las cubiertas pueden ser reforzadas transversalmente o longitudinalmente.

En el caso de la construcción longitudinal; se observan elementos transversales (*deck transverses*) que soportan las vigas longitudinales y que se encuentran apoyados por medio de *brackets* sobre las cuadernas.

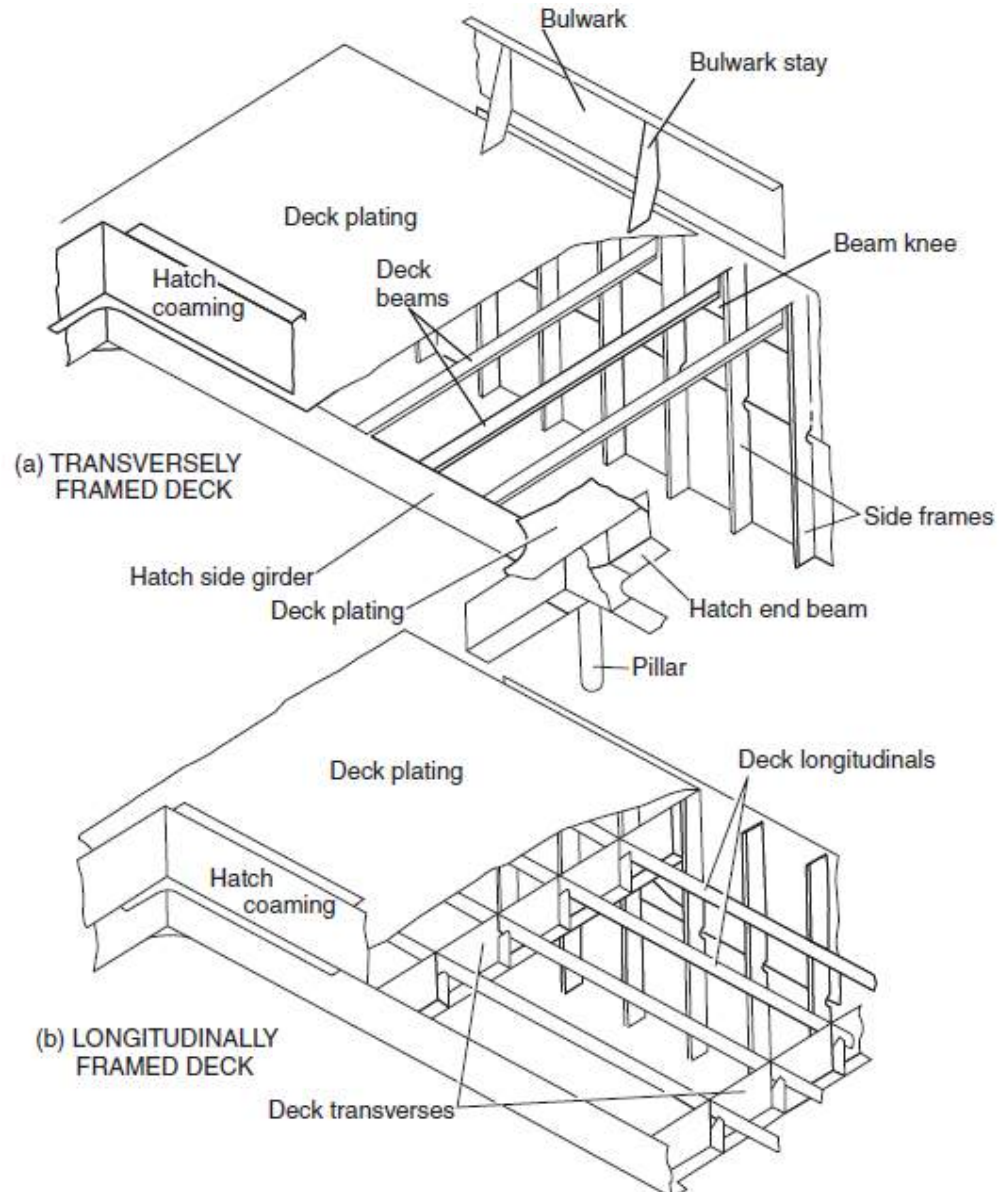
Dentro del 7.5% de la longitud del barco hacía adelante, en el castillo de proa y en cubiertas expuestas, los elementos transversales se encuentran menos espaciados y

se aumenta el espesor de los elementos longitudinales de manera tal que se evite el pandeo de las placas de cubierta producto del impacto del buque durante la navegación.

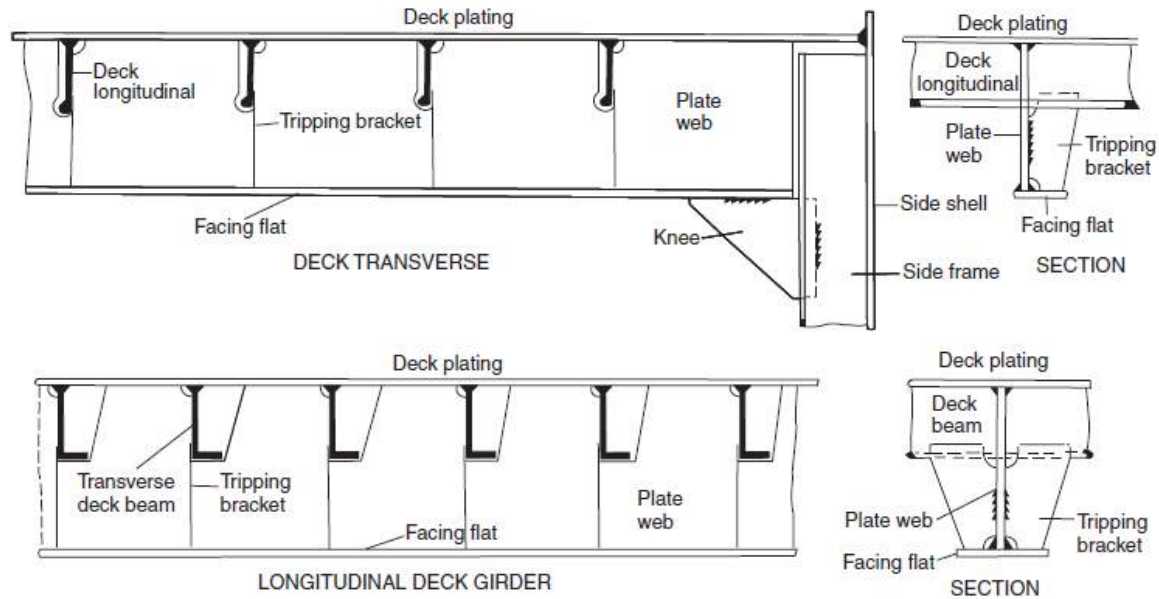
En el caso de cubiertas reforzadas en la dirección transversal; se tienen vigas dispuestas en esta dirección por cada cuaderna, las cuales se encuentran apoyadas en largueros dispuestos a lo largo de las cubiertas (*longitudinal deck girders*).

Independientemente del tipo de construcción empleada para reforzar las cubiertas, se observa un mayor escantillonado de los elementos en la dirección de las cubiertas de carga.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Escotillas (*hatches*)

Las regulaciones básicas que cubren la construcción y los medios de cierre de las escotillas en aquellas cubiertas estancos son cubiertas en el Convenio de Líneas de Carga de 1966.

La altura de las brazolas de las escotillas (*hatch coaming*), dependen de la posición de la brazola. Aquellas brazolas en la posición 1 (brazolas en cubiertas expuestas o cubiertas de superestructuras dentro del 25% de la longitud del buque hacia adelante) tendrán elevaciones de al menos 600 mm y aquellas brazolas en la posición 2 (brazolas localizadas en cubiertas expuestas detrás del 25% de la longitud del buque hacia adelante) tendrán elevaciones de al menos 450 mm.

Cuando la altura de la brazola sea igual o mayor a 600 mm, esta debe ser reforzadas por algún elemento longitudinal.

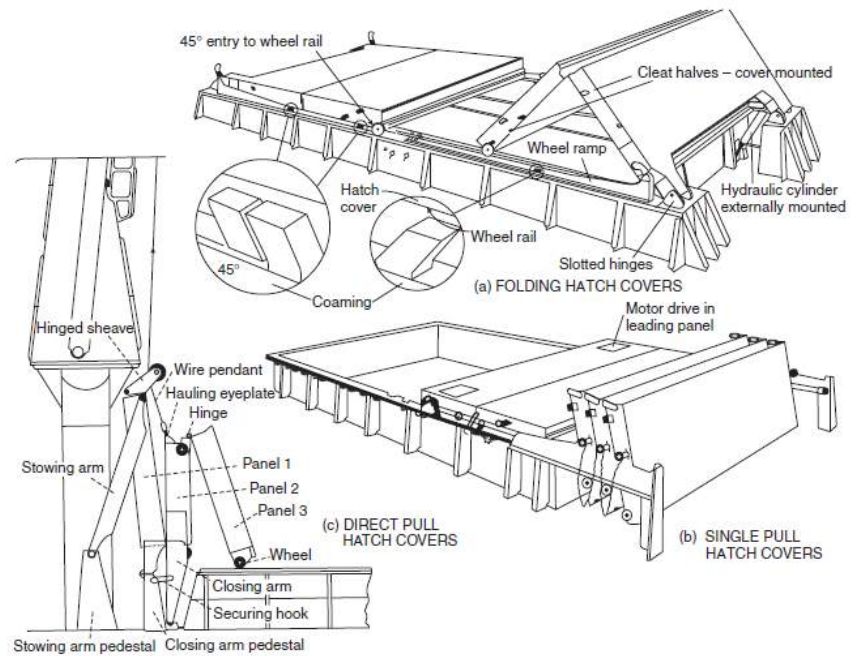
*Tapa bodegas (*hatch covers*)*

Existen diferentes tipos de tapa bodegas, todas acorde a las especificaciones dadas de acuerdo al Convenio de Líneas de Carga de 1966.

Superestructura y deckhouses

Una superestructura puede definirse como aquellas erecciones por encima de la cubierta principal que se extienden hasta la manga o prácticamente hasta la manga del buque. El resto de las erecciones por encima de la cubierta principal se denominan *deckhouses*.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Superestructura y deckhouses

Castillo de proa

Los buques navegantes deben tener un castillo de proa que se extienda al menos un 7% de la longitud de la embarcación por delante de la proa; y la elevación mínima sobre la línea de flotación se estipula en el Convenio de Líneas de Carga de 1966. Las placas de costados y del final del castillo de proa tienen un espesor que depende de la longitud del buque y de la construcción y los tipos de refuerzos empleados.

Estructura del puente

Los costados de la superestructura de puentes que excedan el 15% de la longitud del buque tendrán un espesor mayor, similar al requerido por las placas de costado del casco.

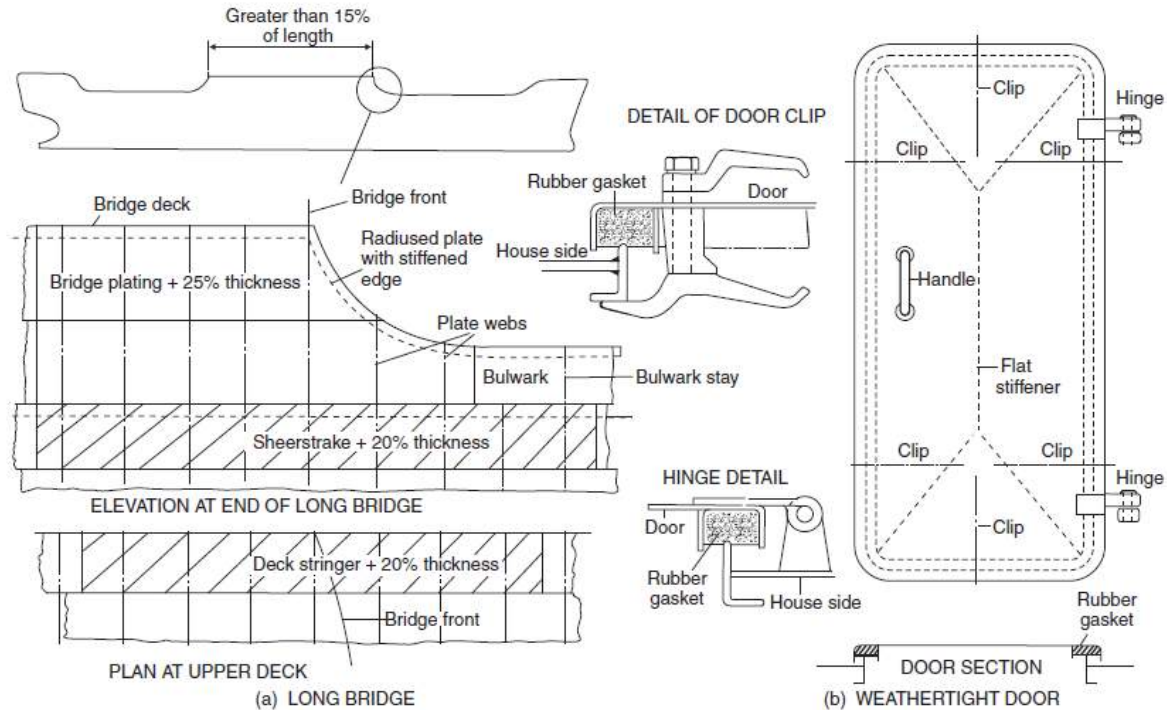
Superestructura de popa

Cuando no se tengan *deckhouses* o superestructuras de puentes, el frente de la superestructura de popa debe ser fuertemente construido y con un escantillonamiento similar al del frente de una estructura de puente.

Puertas estanco

La integridad de las acomodaciones en la cubierta principal y otras cubiertas, en el caso de tener acceso a las mismas, se mantiene por medio de puertas estanco. Las puertas estanco deben cumplir con los requerimientos del Convenio de Líneas de Carga de 1966.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

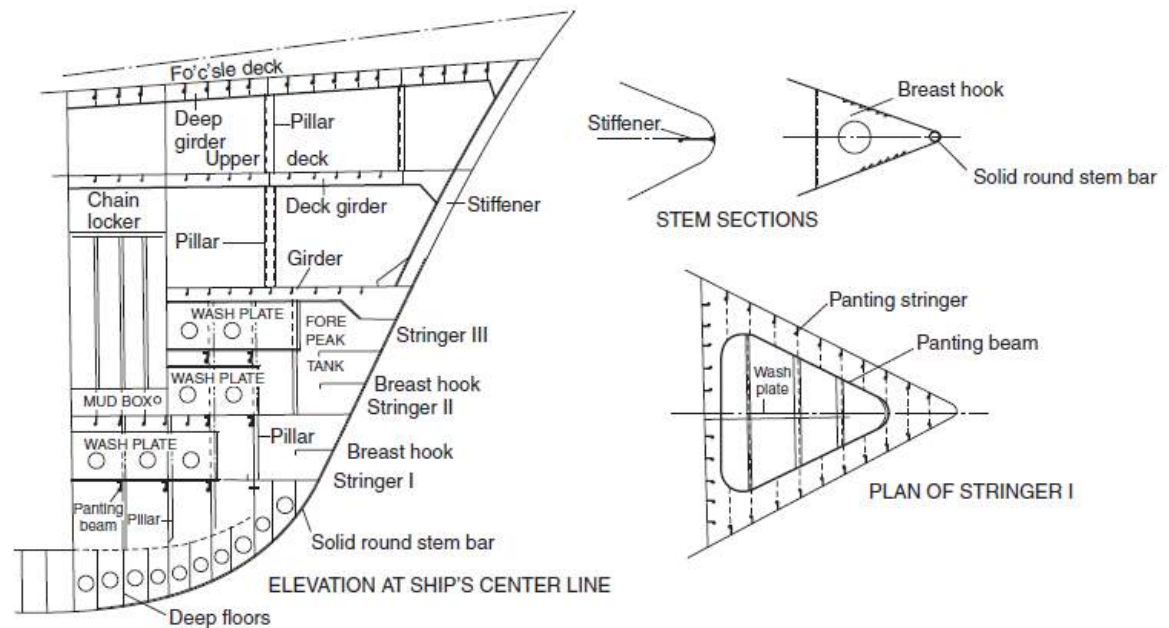
5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Estructura por delante del mamparo de colisión de proa

Proa

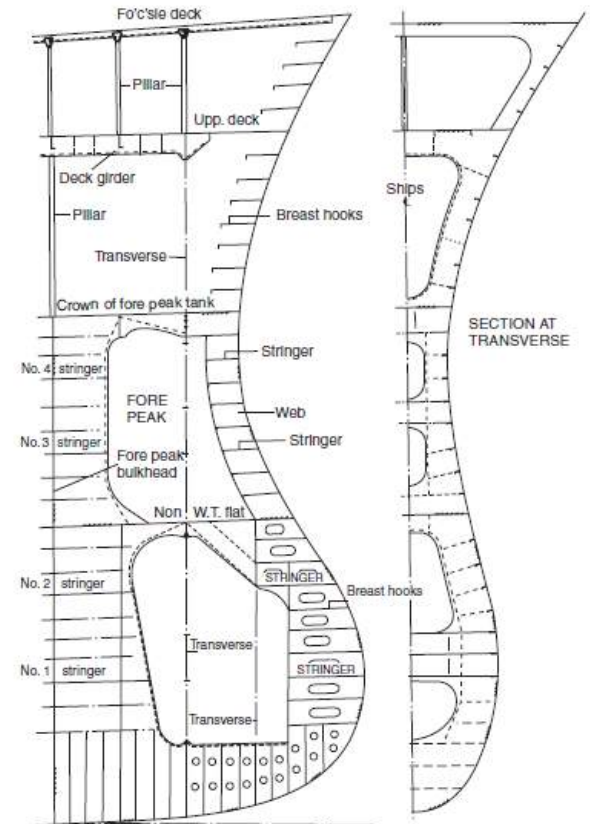
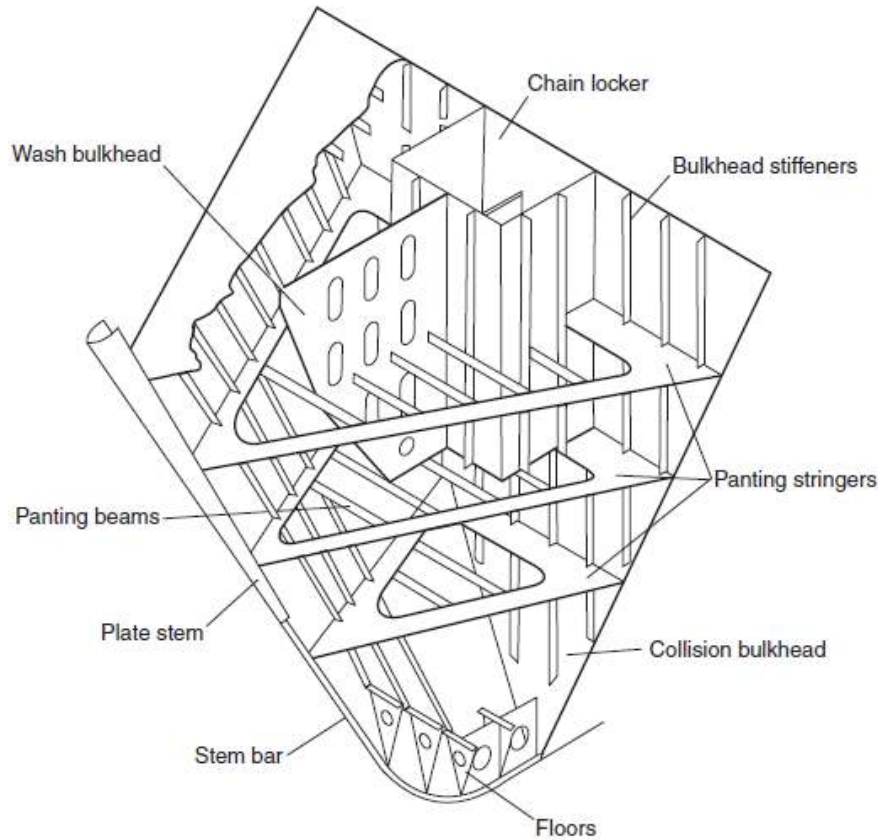
En muchos buques convencionales, una barra sólida circular es colocada desde la quilla hasta la placa con curvatura que se encuentra por encima de la línea de flotación y que constituye la parte superior de la proa. En buques antiguos estas barras sólidas eran de sección transversal cuadrada y durante los impactos causaban gran daño producto de su menor rigidez.

- ✓ Proa con forma de bulbo. Embarcaciones que operan a altas velocidades y aquellas con altos coeficientes de bloque suelen presentar proa con forma de bulbo.



La idea al colocar el bulbo es reducir la resistencia al movimiento bajo ciertas condiciones. Las placas que constituyen el bulbo suelen presentar un aumento en su espesor.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Estructura por delante del mamparo de colisión de proa

Proa

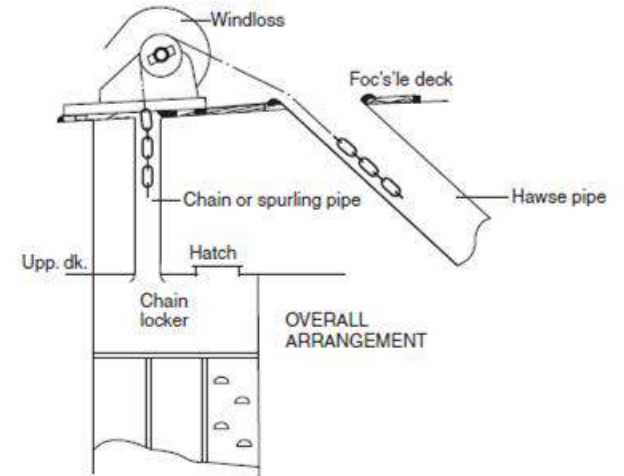
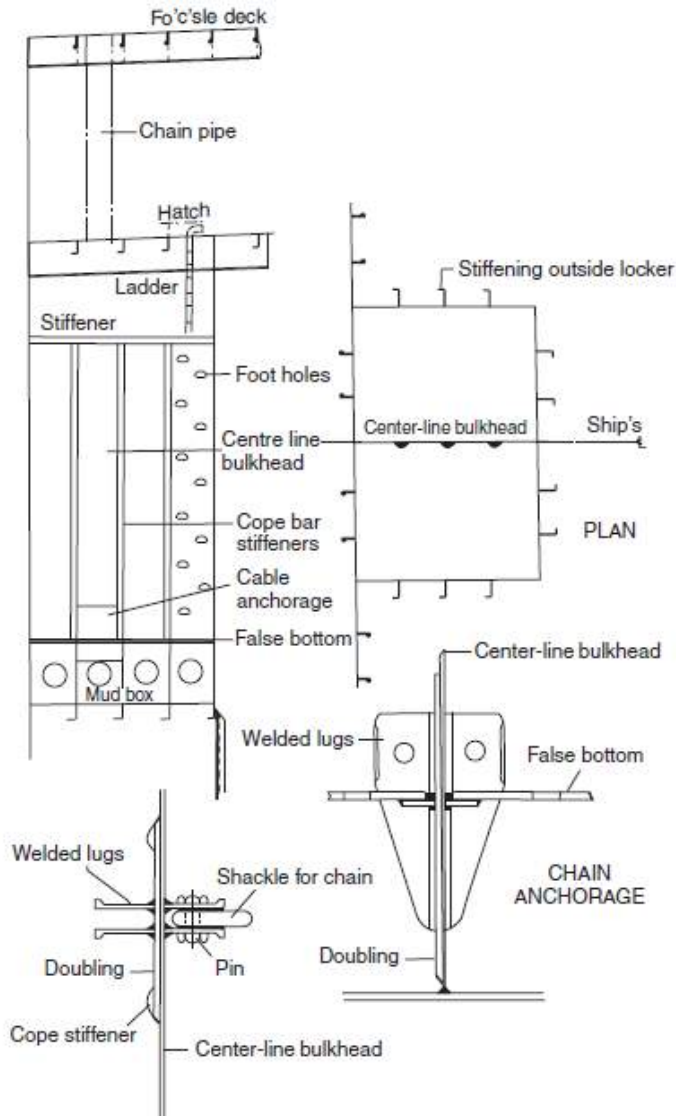
- ✓ Pañol de cadenas. El pañol de cadenas suele colocarse por delante del mamparo de colisión. Las dimensiones de este espacio son determinadas en relación a la longitud y tamaño de las cadenas. El pañol de cadenas no necesariamente tendrá la misma manga que el buque en esta sección, pero convencionalmente se encontrará reforzado. Un fondo falso podrá ser colocado y la separación de la sección de babor y estribor del pañol puede realizarse por medio de un mamparo longitudinal intermedio, el cuál ha de ser reforzado.

El acceso al fondo del pañol se da por medio de *foot holes* en el mamparo divisorio.

Cada cadena entra a su compartimiento correspondiente en el pañol a través del castillo de proa y por medio de tubos o ductos (*chain pipes*) de dimensiones apropiadas.

- ✓ *Hawse pipe*. El *hawse pipe* es un ducto a través del cual una de las cadenas del sistema de anclaje pasa el costado del casco en dirección a los *winches* y de ahí va al *chain pipe*.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Estructura trasera

Popa

Existen diferentes configuraciones adoptadas para la popa; dos de las más comunes son: *cruiser stern* y *transom stern*. La diferencia fundamental entre ambas es que en el caso del *transom stern* se tiene una mayor área de cubierta hacia popa y que esta configuración mejora el flujo a través de la popa, es decir es hidrodinámicamente más favorable en comparación con el otro tipo de configuración de popa mencionado.

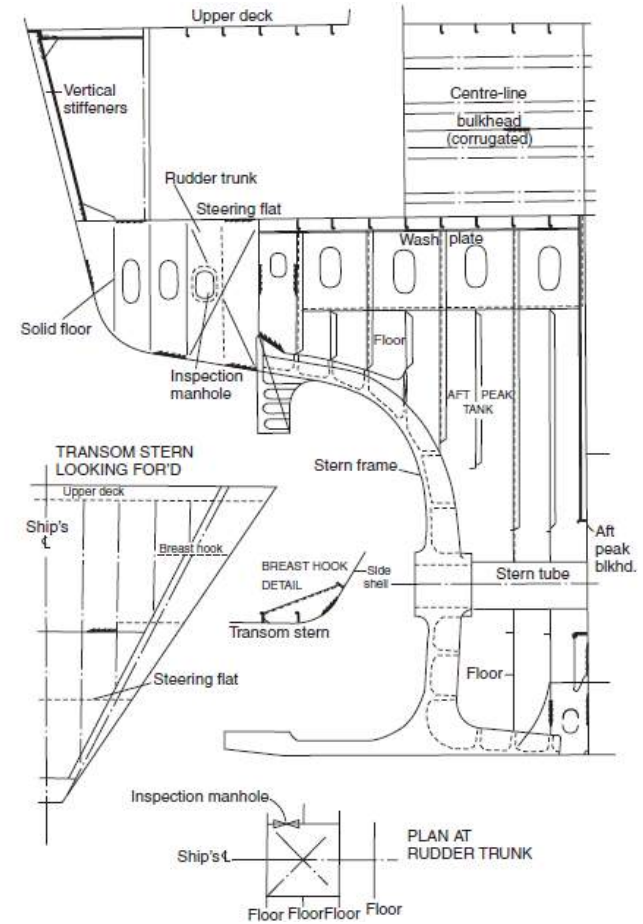
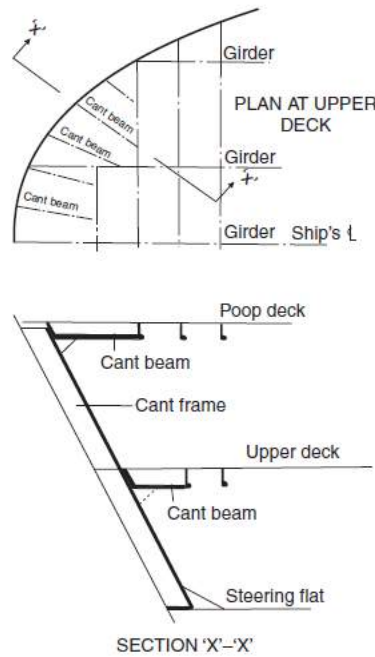
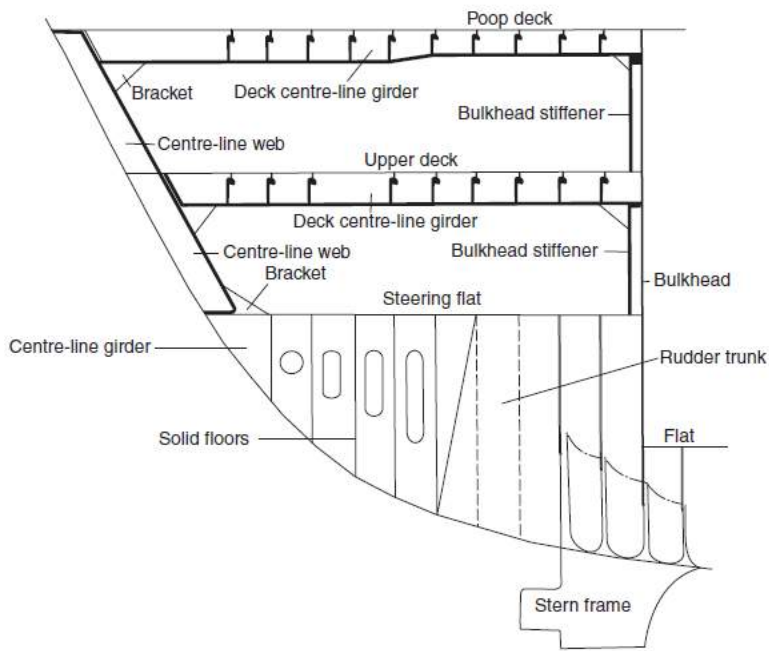
Debe decirse que la configuración de popa en conjunto con el tipo de timón (diseñado principalmente pensando en una buena maniobrabilidad) determinará la forma que tendrá el *stern frame*.

- ✓ Construcción de la popa. En el caso de *cruiser stern* se pueden presentar mayores impactos (*slamming forces*) producto de la existencia de una mayor área superficial expuesta. En este caso se tendrán *solid floors* dispuestos en el espacio de cada cuaderna y robustos largueros centrales (*center-line girder*).

Las placas de la popa son reforzadas por medio de cuadernas sesgadas (*cant frames*) con vigas sesgadas de soporte de las cubiertas que se extienden hasta la viga transversal adyacente más próxima.

En el caso de *transom stern*, como esta configuración se constituye de placas planas no se emplean cuadernas sesgadas sino refuerzos verticales.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

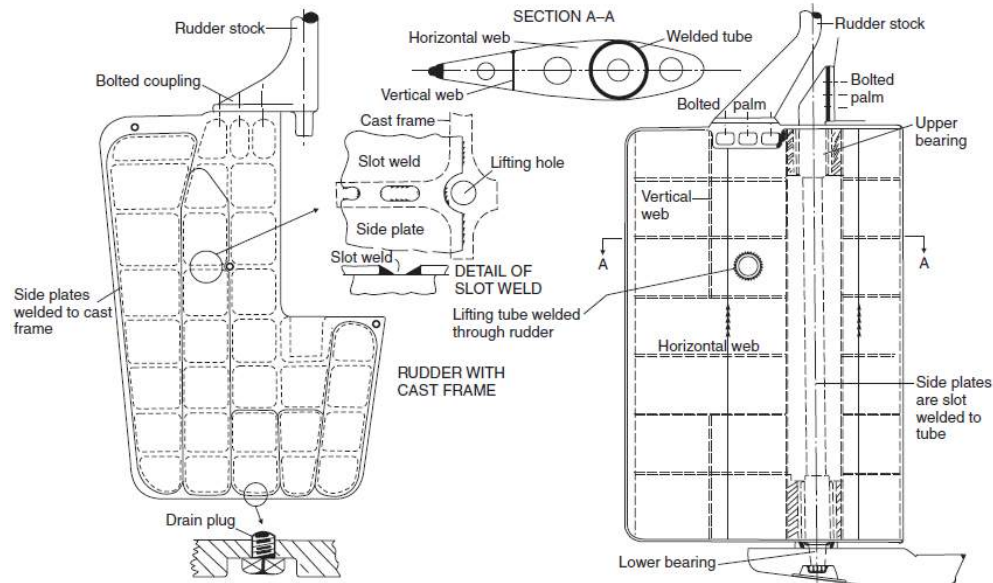
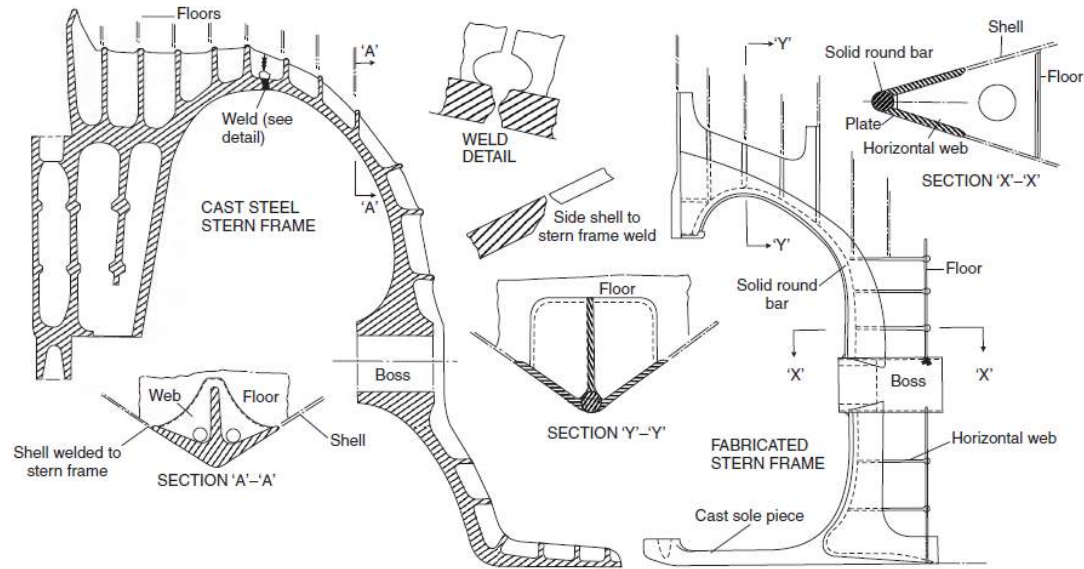
5. Cubiertas, escotillas, superestructura, estructura delantera y estructura trasera

Estructura trasera

Popa

- ✓ *Stern frames*. Como se comentó dependen en gran medida del perfil de la popa y del tipo de timón y pueden ser fabricados ya sea por uniones soldadas o bien medio de fundición como una sola estructura.
- ✓ Timones. Los timones modernos son contruidos con geometrías hidrodinamicamente favorables y consisten básicamente de placas de acero reforzadas por *webs frames* interiores. Estos *web frames* pueden ser contruidos a partir de placas de acero soldadas o ser bien fundidos.
- ✓ Soporte del timón (*Ruder stock*). El soporte del timón puede ser fundido o forjado y es diseñado de acuerdo al torque y al momento flector que debe soportar.
- ✓ *Stern tube*. Constituye el soporte del eje de la propela que conecta el mamparo de colisión de popa prácticamente hasta el *stern frame*. El *stern tube* puede ser lubricado ya sea por agua de mar o bien por aceite.
- ✓ *Propelas*. Las propelas de los buques suelen tener entre 3 y 6 aspas; y pueden ser de paso variable. Ocasionalmente para aumentar el empuje de la propela, la misma pueden encontrarse dentro de una tobera convergente.

IV. Construcción de buques (bases)



IV. Construcción de buques (bases)

