RESOLUCIÓN MSC.168(79)
(adoptada el 9 de diciembre de 2004)

NORMAS Y CRITERIOS RELATIVOS A LAS ESTRUCTURAS LATERALES DE LOS GRANELEROS DE FORRO SENCILLO EN EL COSTADO

EL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA,

RECORDANDO el artículo 28 b) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité,

RECORDANDO TAMBIÉN el capítulo XII del Convenio SOLAS sobre las Medidas de seguridad adicionales aplicables a los graneleros, adoptado por la Conferencia de 1997 con el fin de mejorar la seguridad de los buques que transportan cargas sólidas a granel,

RECORDANDO ASIMISMO que, consciente de la necesidad de seguir mejorando la seguridad de los graneleros en todos los aspectos de su proyecto, construcción, equipo y funcionamiento, examinó los resultados de varios estudios de evaluación formal de la seguridad (EFS) de los graneleros,

RECONOCIENDO que la prohibición de cargar materiales pesados en bodegas alternas en condición de plena carga para los graneleros de forro sencillo en el costado que no cumplan las prescripciones pertinentes de resistencia estructural lateral, contribuiría a incrementar la seguridad de estos buques, puesto que se reducirían las fuerzas cortantes y los momentos flectores,

TOMANDO NOTA de la resolución MSC.170(79), mediante la que se adoptó, entre otras cosas, el capítulo XII revisado del Convenio y en particular la regla XII/14, "Restricciones relativas a la navegación con cualquier bodega vacía", en la que figuran referencias a normas y criterios obligatorios que los graneleros deben cumplir para evitar las restricciones mencionadas *supra*,

RECONOCIENDO que la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) ha publicado las prescripciones unificadas pertinentes que se indican a continuación:

S12 Rev.2.1 - Estructuras laterales de los graneleros de forro sencillo en el costado; y

S31 - Criterios de renovación para las cuadernas del forro del costado en los graneleros de forro sencillo no construidos de conformidad con la Prescripción unificada UR S12 Rev.1, o sus revisiones posteriores,

CONSIDERANDO que estas Prescripciones unificadas de la IACS contienen, respectivamente, las normas y los criterios necesarios para determinar si la regla XII/14 del Convenio SOLAS 1974 debería aplicarse a un tipo de granelero en particular y que, por lo tanto, deberían utilizarse como base para dichas normas y criterios,

HABIENDO EXAMINADO la recomendación del Subcomité de Proyecto y Equipo del Buque en su 47º periodo de sesiones,

1. ADOPTA, a efectos de la aplicación de la regla XII/14 del Convenio SOLAS 1974:

.1 las Normas relativas a las estructuras laterales de los graneleros de forro sencillo en el costado, que figuran en el anexo 1 de la presente resolución; y

.2 los Criterios de renovación de cuadernas y cartabones del forro exterior de los graneleros de forro sencillo en el costado, no construidos conforme a las Normas relativas a las estructuras laterales de los graneleros de forro sencillo en el costado, que figuran en el anexo 2 de la presente resolución;

2. INVITA a los Gobiernos Contratantes del Convenio a que tomen nota de que las normas y los criterios de renovación que se reproducen en los anexos entrarán en vigor el 1 de julio de 2006, al hacerlo también el capítulo XII revisado del Convenio SOLAS 1974;

3. PIDE al Secretario General que remita copias certificadas de la presente resolución y de los textos de las normas y los criterios de renovación que se reproducen en los anexos a todos los Gobiernos Contratantes del Convenio SOLAS 1974;

4. PIDE ADEMÁS al Secretario General que remita copias certificadas de la presente resolución y de los textos de las normas y los criterios de renovación que se reproducen en los anexos a los Miembros de la Organización que no sean Gobiernos Contratantes del Convenio SOLAS 1974.

ANEXO 1

NORMAS RELATIVAS A LAS ESTRUCTURAS LATERALES DE LOS GRANELEROS DE FORRO SENCILLO EN EL COSTADO

1 Ámbito de aplicación

A efectos de la regla XII/14 del Convenio SOLAS, las presentes prescripciones definen las normas mínimas aplicables a las estructuras laterales de la zona de carga de los graneleros de forro sencillo en el costado, de eslora igual o superior a 150 m, que transporten carga sólida a granel de densidad igual o superior a 1 780 kg/m^3, para que se los exima de las restricciones relativas a la navegación con cualquier bodega vacía.

2 Escantillones de las estructuras laterales

2.1 El espesor de las planchas del forro del costado del buque, el módulo resistente y el área de resistencia a la fuerza cortante de las cuadernas laterales se determinarán aplicando los criterios de una sociedad de clasificación reconocida por la Administración de conformidad con lo dispuesto en la regla XI-1/1 del Convenio SOLAS, o con arreglo a las normas nacionales aplicables de la Administración que garanticen un nivel equivalente de seguridad.

2.2 Se deberá aumentar el tamaño de los escantillones de las cuadernas laterales de las bodegas inmediatamente adyacentes al mamparo de colisión con el objeto de no someter al forro exterior a una deformación excesiva. Otra opción sería instalar estructuras de apoyo que mantengan la continuidad de los palmejares de los piques de proa dentro de la bodega más cercana a proa.

3 Espesor mínimo del alma de las cuadernas

El espesor del alma de las cuadernas de la zona de carga no debe ser inferior a $t_{w,min}$, en mm, calculado utilizando la fórmula siguiente:

$$t_{w,min} = C(7{,}0 + 0{,}03 \cdot L)$$

donde:

C = 1,15 para las cuadernas de la bodega más cercana a proa;
1 para las cuadernas de las demás bodegas.

L = distancia, en m, medida en la línea de carga de verano desde la cara proel de la roda hasta la cara popel del codaste, o hasta el eje de la mecha del timón si no existe codaste. L no deberá ser inferior al 96% de la eslora total en la línea de carga de verano, ni es necesario que sea superior al 97% de la misma; tampoco se considerará que es superior a 200 m.

4 Cartabones inferiores y superiores

4.1 El espesor de los cartabones inferiores de las cuadernas no deberá ser inferior al mayor de los valores de t_w y $t_{w,min}$ + 2 mm, siendo t_w el espesor del alma de la cuaderna lateral existente. El espesor del cartabón superior de la cuaderna no deberá ser inferior a t_w o a $t_{w,min}$, si este valor es mayor.

4.2 El módulo resistente (SM) de la cuaderna y el cartabón, o del cartabón integral y de las planchas conexas del casco, en los puntos ilustrados en la figura 1, no deberá ser inferior al doble del módulo resistente requerido para la zona central de la cuaderna.

4.3 Las dimensiones de los cartabones superiores e inferiores no deberán ser inferiores a las de la figura 2.

4.4 Deberá asegurarse la continuidad estructural con las uniones de los extremos superiores e inferiores de las cuadernas laterales dentro de los tanques laterales altos y de los tanques laterales de pantoque, mediante los cartabones de unión que se indican en la figura 3. Estos cartabones deberán estar reforzados para evitar el alabeo, de conformidad con los criterios de una sociedad de clasificación reconocida por la Administración, según se estipula en la regla XI-1/1 del Convenio SOLAS, o con arreglo a normas nacionales aplicables de la Administración, que otorguen un nivel equivalente de seguridad.

4.5 Los módulos resistentes de los longitudinales laterales y los longitudinales inclinados del mamparo en los que se fijan los cartabones de unión se determinarán midiendo la clara entre las transversales con arreglo a las prescripciones de una sociedad de clasificación reconocida por la Administración, según se estipula en la regla XI-1/1 del Convenio SOLAS, o de conformidad con normas nacionales aplicables de la Administración, que otorguen un nivel equivalente de seguridad. En caso de que se adopten otros medios, a discreción de la Administración o de una sociedad de clasificación reconocida, los módulos resistentes de los longitudinales laterales y los longitudinales inclinados del mamparo se calcularán con arreglo a los criterios aplicables para la función de soporte efectivo de los cartabones.

5 Secciones de las cuadernas laterales

5.1 Las cuadernas serán de secciones simétricas, montadas con cartabones superiores e inferiores incorporadas y estarán soldadas en ángulo suave.

5.2 En el punto de unión con los cartabones de los extremos, la brida de la cuaderna lateral deberá estar curvada (no en ángulo). El radio de dicha curvatura no deberá ser inferior a r (en mm), obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{0{,}4 \cdot b_f^2}{t_f}$$

donde b_f y t_f son, respectivamente, la anchura y el espesor de los cartabones, en mm. El extremo de la brida deberá redondearse.

5.3 En buques de menos de 190 m de eslora, las cuadernas de acero dulce podrán ser asimétricas y tener cartabones independientes. La llanta o la brida del cartabón deberá redondearse en ambos extremos. Los cartabones se soldarán en ángulo suave.

5.4 El coeficiente de grosor de las cuadernas de las bulárcamas no deberá superar los siguientes valores:

.1 $60\ k^{0,5}$ en el caso de las cuadernas con bridas simétricas;

.2 $50\ k^{0,5}$ en el caso de las cuadernas con bridas asimétricas;

donde:

k = 1 en el caso del acero normalmente utilizado para la construcción del casco
k = 0,78 en el caso de acero con un límite elástico de 315 N/mm²; y
k = 0,72 en el caso de acero con un límite elástico de 355 N/mm².

La parte saliente de la brida no será superior a $10\ k^{0,5}$ veces el espesor neto de la brida.

6 Cartabones de pandeo

En la bodega más cercana a proa, las cuadernas laterales de sección asimétrica deberán estar dotadas de cartabones de pandeo en cuadernas alternas, como se indica en la figura 4.

7 Uniones soldadas de cuadernas y cartabones de los extremos

7.1 Se deberá utilizar un cordón doble y continuo de soldadura para las uniones de las cuadernas y los cartabones al forro del costado y las planchas de los tanques altos y de pantoque, así como para soldar las bulárcamas a las llantas.

7.2 A tal efecto, el cuello de la soldadura deberá tener las siguientes dimensiones (véase la figura 1):

.1 0,44 t en la zona "a";

.2 0,4 t en la zona "b";

donde "t" es el más delgado de los dos miembros que se sueldan.

7.3 Si la forma del casco no permite efectuar una soldadura en ángulo recto, quizás sea necesario preparar los bordes de la bulárcama y los cartabones para garantizar que se logra la calidad de soldadura indicada *supra*.

8 Espesor neto mínimo de las planchas del forro del costado

El espesor de las planchas del forro del costado situadas entre el tanque lateral de pantoque y el tanque superior no deberá ser inferior a $t_{p,min}$ (en mm), calculado según la fórmula siguiente:

$$t_{p,min} = \sqrt{L}$$

Figura 1

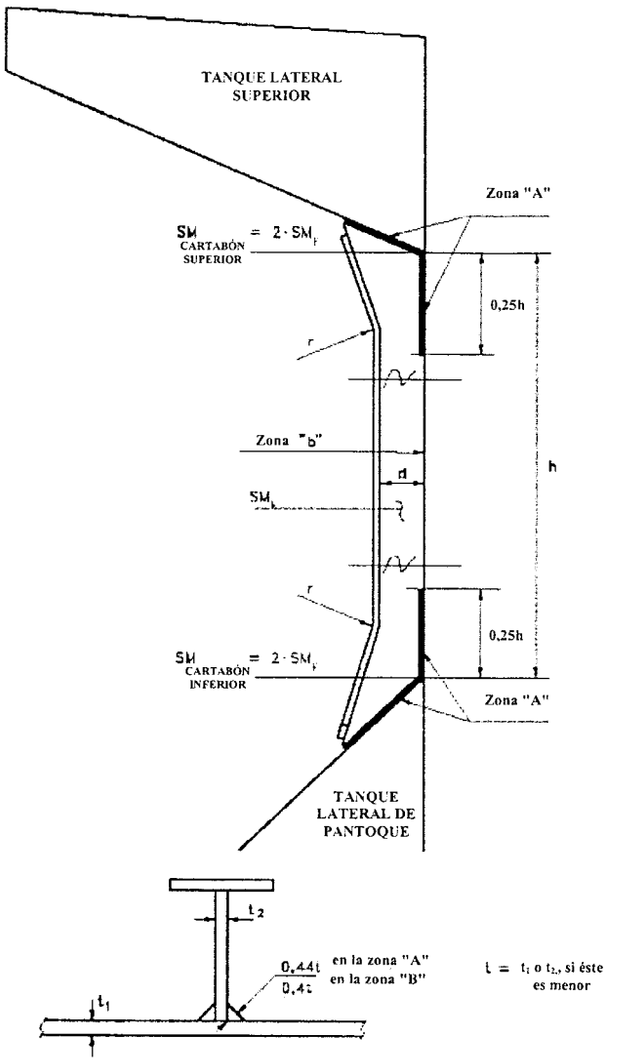


Figura 2

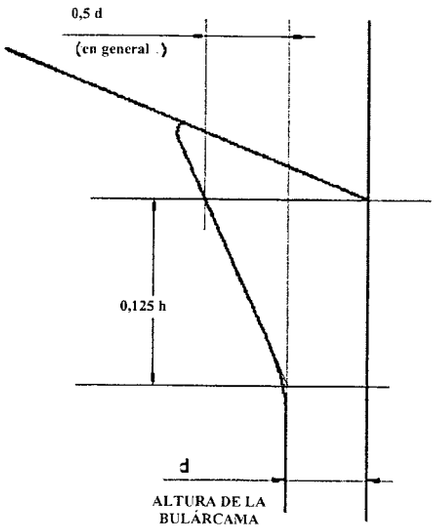


Figura 3

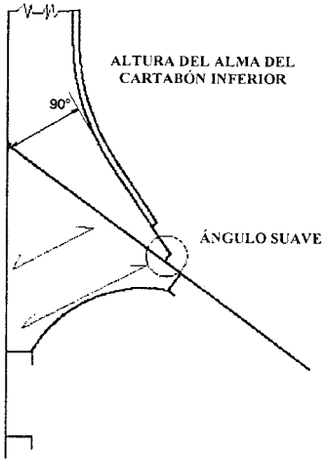
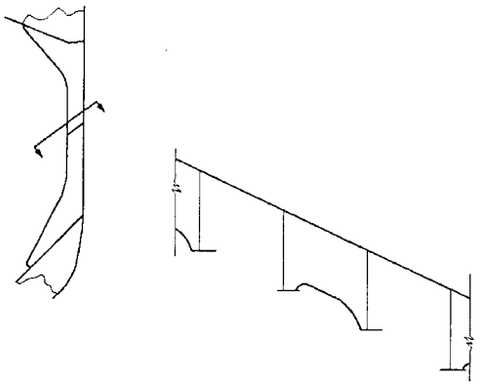


Figura 4 - Cartabones de pandeo que deben instalarse en la bodega más cercana a proa



ANEXO 2

CRITERIOS APLICABLES A LA RENOVACIÓN DE LAS CUADERNAS Y CARTABONES DEL FORRO EXTERIOR DE LOS GRANELEROS DE FORRO SENCILLO EN EL COSTADO NO CONSTRUIDOS CONFORME A LAS NORMAS RELATIVAS A LAS ESTRUCTURAS LATERALES DE LOS GRANELEROS DE FORRO SENCILLO EN EL COSTADO

1 APLICACIÓN Y DEFINICIONES

A los efectos de la regla XII/14 del Convenio SOLAS, estas prescripciones se aplican a las cuadernas y cartabones de las bodegas de carga de los graneleros de forro sencillo en el costado que no están construidos de conformidad con el anexo 1, pero que deben alcanzar un grado de seguridad equivalente para quedar exentos de las restricciones relativas a la navegación con cualquier bodega vacía.

Estas prescripciones definen los criterios de renovación del acero u otras medidas que deben adoptarse respecto de las almas y bridas de los cartabones y cuadernas del forro exterior del costado, conforme a lo dispuesto en 2.

Las medidas que es necesario adoptar para reforzar las cuadernas de los costados también se definen en 2.3.

Los análisis por el método de elementos finitos u otros análisis numéricos o los procedimientos de cálculo directo no pueden utilizarse en sustitución del cumplimiento de las prescripciones del presente anexo, excepto cuando las estructuras de los costados o sus medios sean atípicos y no puedan aplicárseles directamente las prescripciones del presente anexo.

Se deberá llevar a cabo una evaluación del cumplimiento de estas prescripciones cuando el buque cumpla 10 años de servicio, y en cada reconocimiento intermedio y de renovación subsiguientes.

1.1 Buques reforzados para navegar entre hielos

1.1.1 En el caso de los graneleros reforzados a fin de obtener la cota de clasificación para la navegación entre hielos, las cuadernas intermedias no se tendrán en cuenta al considerarse el cumplimiento de lo estipulado en el presente anexo.

1.1.2 El espesor después de la renovación, necesario para que la estructura adicional prescrita cumpla con la cota de clasificación para la navegación entre hielos, se basará en las prescripciones de la sociedad de clasificación correspondiente.

1.1.3 Si se pide la cancelación de la cota para la navegación entre hielos, no se considerará que la estructura adicional de refuerzo para navegar entre hielos contribuye al cumplimiento de lo estipulado en el presente anexo, con excepción de los cartabones de pandeo (véanse 2.1.2.1.2.b y 2.3).

2 RENOVACIÓN U OTRAS MEDIDAS PERTINENTES

2.1 Criterios para la renovación u otras medidas pertinentes

2.1.1 Símbolos empleados en 2.1

t_M = Espesor medido, en mm
t_{REN} = Espesor al que se prescribe la renovación (véase 2.1.2)
$t_{REN,d/t}$ = Criterios relativos a espesores basados en la razón d/t (véase 2.1.2.1)
$t_{REN,S}$ = Criterios relativos a espesores basados en la resistencia (véase 2.1.2.2)
t_{COAT} = 0,75 t_{S12}
t_{S12} = Espesor en mm, de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 3 del anexo 1 para las almas de las cuadernas y en el párrafo 4 para los cartabones superiores e inferiores
t_{AB} = Espesor de la construcción original, en mm
t_C = Véase el cuadro 1 a continuación

Cuadro 1 – Valores de t_C en mm

Eslora del buque, L (m)	Otras bodegas		Bodega Nº 1	
	Clara y cartabones superiores	Cartabones inferiores	Clara y cartabones superiores	Cartabones inferiores
≤ 100	2,0	2,5	2,0	3,0
150	2,0	3,0	3,0	3,5
≥ 200	2,0	3,0	3,0	4,0
Nota: En el caso de buques de esloras de magnitud intermedia, t_C se obtiene por interpolación lineal de los valores indicados *supra*.				

2.1.2 Criterios aplicables a las almas (comprobación de resistencia al esfuerzo cortante y otras comprobaciones)

Las almas de los cartabones y cuadernas del forro exterior del costado se renovarán cuando el espesor medido (t_M) sea igual o inferior al espesor (t_{REN}) que se define a continuación:

t_{REN} es el mayor de los valores siguientes:

.1 $t_{COAT} - t_C$
.2 0,75 t_{AB}
.3 $t_{REN,d/t}$
.4 $t_{REN,S}$ (cuando se prescriba según 2.1.2.2)

2.1.2.1 Criterios relativos al espesor basado en la razón d/t

2.1.2.1.1 A reserva de lo dispuesto en b) y c) *infra*, $t_{REN,d/t}$ se calcula mediante la siguiente ecuación:

$t_{REN,\,d/t}$ = (altura del alma, en mm)/R

donde:

R = para las cuadernas

$65\ k^{0,5}$ para cuadernas con bridas simétricas
$55\ k^{0,5}$ para cuadernas con bridas asimétricas

para los cartabones inferiores (véase a) *infra*):

$87\ k^{0,5}$ para cuadernas con bridas simétricas
$73\ k^{0,5}$ para cuadernas con bridas asimétricas

k = 1 para el acero normalmente utilizado en la construcción del casco;
k = 0,78 para el acero con un límite elástico de 315 N/mm^2; y
k = 0,72 para el acero con un límite elástico de 355 N/mm^2.

2.1.2.1.2 En ningún caso el espesor $t_{REN,\ d/t}$ de los cartabones estructurales inferiores será menor que el de las cuadernas que sustentan.

a) Cartabones inferiores

Para el cálculo de la altura del alma de los cartabones inferiores se aplicarán las siguientes disposiciones:

.1 La altura del alma del cartabón inferior podrá medirse a partir de la intersección entre el mamparo inclinado del tanque lateral de pantoque y la chapa del forro exterior del costado, en sentido perpendicular a la llanta del cartabón inferior (véase la figura 3).

.2 Cuando se instalen refuerzos en la llanta del cartabón inferior, la altura del alma podrá considerarse como la distancia comprendida entre el forro exterior del costado y el refuerzo, entre los refuerzos, o entre el refuerzo exterior y la llanta de los cartabones, tomándose el mayor de estos valores.

b) Alternativa - Cartabones de pandeo

En los casos en que t_M sea inferior a $t_{REN,\ d/t}$, en la sección b) de las cuadernas laterales (véase la figura 2) podrán instalarse cartabones de pandeo según se estipula en 2.3, como alternativa a lo establecido en las prescripciones relativas a la razón entre la altura del alma y el espesor de tales cuadernas laterales, en cuyo caso $t_{REN,\ d/t}$ podrá dejarse de lado para el cálculo de t_{REN} con arreglo a 2.1.2.

c) Cuadernas situadas inmediatamente a popa del mamparo de colisión

En el caso de las cuadernas laterales situadas inmediatamente a popa del mamparo de colisión cuyos escantillones se incrementan a fin de que su momento de inercia sea tal que les permita evitar que el forro exterior del costado tenga demasiada flexibilidad, cuando el espesor t_{AB} de su alma estructural sea mayor que $1{,}65t_{REN,S}$, el espesor $t_{REN,\ d/t}$ podrá considerarse como el valor $t'_{REN,d/t}$ calculado según la ecuación siguiente:

$$t'_{REN,d/t} = \sqrt[3]{t_{REN,d/t}^{\ 2}\ t_{REN,S}}$$

donde $t_{REN,\ d/t}$ se obtiene según las fórmulas de 3.3.

2.1.2.2 Criterios de espesor basados en la comprobación de la resistencia a la cizalladura

Cuando el valor t_M en la parte inferior de las cuadernas del costado, según se indica en la figura 1, sea igual o inferior a t_{COAT}, $t_{REN,S}$ se calculará con arreglo a 3.3.

2.1.2.3 Espesor de las almas renovadas de las cuadernas y los cartabones inferiores

Cuando sea necesario renovar el acero, las almas renovadas tendrán un espesor no inferior al mayor de los valores de t_{AB}, $1{,}2\ t_{COAT}$ o $1{,}2\ t_{REN}$.

2.1.2.4 Criterios relativos a otras medidas

2.1.2.4.1 Cuando $t_{REN} < t_M \leq t_{COAT}$, se tomarán las siguientes medidas:

.1 arenado o tratamiento equivalente, y revestimiento (véase 2.2);

.2 instalación de cartabones de pandeo (véase 2.3) cuando se cumpla el supuesto anterior respecto de cualquiera de las zonas A, B, C y D de las cuadernas laterales, como se indica en la figura 1; y

.3 se mantendrá el revestimiento "como nuevo" (es decir, sin roturas ni presencia de herrumbre) al realizar los reconocimientos de renovación e intermedios.

2.1.2.4.2 Se podrá dispensar de la adopción de las medidas anteriores en los casos en que no se constate una disminución de los espesores de los miembros estructurales respecto de los espesores de construcción y si el revestimiento está "como nuevo" (es decir, sin roturas ni presencia de herrumbre).

2.1.3 Criterios relativos a la renovación de las cuadernas y cartabones (comprobación de la resistencia a la flexión)

Cuando la longitud o la altura de los cartabones inferiores no cumplan con las prescripciones establecidas en el anexo 1, se efectuará una comprobación de la resistencia a la flexión con arreglo a 3.4, y se reforzarán o renovarán tales cuadernas y cartabones según se prescribe en dicha sección.

2.2 Mediciones del espesor, renovación de aceros, arenado y revestimiento

2.2.1 A los efectos de la renovación de los aceros, del arenado y del revestimiento, se definen cuatro zonas (A, B, C y D) como se indica en la figura 1.

2.2.2 Se efectuarán mediciones representativas del espesor de cada zona y se evaluarán con relación a los criterios expuestos en 2.1.

2.2.3 En el caso de cartabones estructurales, si los criterios expuestos en 2.1 no se cumplen en las zonas A o B, se deberán renovar los aceros, arenar y aplicar revestimiento en ambas zonas según corresponda.

2.2.4 En el caso de cartabones independientes, si las zonas A o B no cumplen con los criterios expuestos en 2.1, se deberán renovar los aceros, arenar y aplicar revestimiento en cada una de estas zonas, según corresponda.

2.2.5 Si es necesario renovar los aceros de la zona C con arreglo a lo dispuesto en 2.1, lo mismo se hará en las zonas B y C. Cuando, con arreglo a lo dispuesto en 2.1, se prescriban el arenado y revestimiento para la zona C, estas tareas se extenderán a las zonas B, C y D.

2.2.6 Si es necesario renovar los aceros de la zona D con arreglo a lo dispuesto en 2.1, sólo se hará en dicha zona. Cuando, con arreglo a lo dispuesto en 2.1, se prescriban el arenado y revestimiento para la zona D, estas tareas se extenderán a las zonas C y D.

2.2.7 La Administración, o una sociedad de clasificación reconocida por la Administración de conformidad con lo dispuesto en la regla XI-1/1 del Convenio SOLAS, podrán tratar de manera especial las zonas en las que previamente se haya renovado el acero o se haya aplicado un nuevo revestimiento si están "como nuevas" (es decir, sin roturas ni presencia de herrumbre).

2.2.8 Cuando se decida aplicar un revestimiento basándose en los criterios de renovación del acero relativos al espesor prescritos en 2.1, dicho revestimiento se aplicará, en términos generales, de conformidad con las prescripciones pertinentes de la Organización.

2.2.9 Si, con arreglo a lo prescrito en 2.1, sólo un número limitado de cartabones y cuadernas laterales requieren un nuevo revestimiento en una parte de su longitud, se aplicarán los siguientes criterios:

.1 la parte a la que debe aplicarse el revestimiento abarca:

- el alma y la llanta de los cartabones y cuadernas laterales,

- la superficie de la bodega correspondiente al forro exterior del costado, al tanque lateral de pantoque y a las chapas del tanque lateral superior, según corresponda, cubriendo una anchura no inferior a 100 mm, medidos desde el alma de la cuaderna lateral.

.2 se aplicará un revestimiento epoxídico o equivalente.

2.3.10 Todas las superficies sobre las que se aplicará el revestimiento deberán arenarse previamente.

2.3 Refuerzos

2.3.1 Los refuerzos consisten en cartabones de pandeo que se sitúan en la parte inferior y en la sección central de las cuadernas laterales (véase la figura 4). Los cartabones de pandeo pueden instalarse en cuadernas alternadas, pero los cartabones inferiores y los centrales deberán ir en cuadernas alternadas alineadas.

2.3.2 El espesor de los cartabones de pandeo no será inferior al espesor de la construcción inicial del alma de la cuaderna lateral a la que estén fijados.

2.3.3 Las soldaduras de los cartabones de pandeo a las cuadernas y las planchas del forro exterior del costado serán de cordón continuo doble.

2.4 Espesor del cuello de la soldadura

En caso de renovación del acero, las uniones soldadas deberán cumplir lo dispuesto en el párrafo 7 del anexo 1.

2.5 Picaduras y ranuras

2.5.1 Si la concentración de picaduras en la zona es superior al 15% (véase la figura 5), se medirán los espesores para determinar si hay corrosión por picaduras.

2.5.2 El espesor remanente mínimo que puede aceptarse en las zonas de picaduras y ranuras es el siguiente:

.1 75% del espesor de la construcción inicial, en el caso de picaduras y ranuras de las almas y bridas de cuadernas y cartabones; y

.2 70% del espesor de la construcción inicial, en el caso de picaduras y ranuras de las planchas del forro del costado del tanque lateral de pantoque y del tanque lateral superior que van fijadas a la cuaderna del costado, en una banda de hasta 30 mm a ambos lados de la misma.

3 CRITERIOS DE COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA

En términos generales, se deberán comprobar las resistencias y calcular las cargas de las cuadernas de proa, centrales y de popa de cada bodega. Los escantillones necesarios para las cuadernas situadas en posiciones intermedias se obtendrán por interpolación lineal de los resultados obtenidos para las cuadernas. Si hay variaciones en los escantillones de las cuadernas laterales de una bodega, también se calcularán los escantillones necesarios para la cuaderna media de cada grupo de cuadernas que tenga los mismos escantillones. Los escantillones necesarios para las cuadernas situadas en posiciones intermedias se obtendrán por interpolación lineal de los resultados correspondientes a las cuadernas calculadas.

3.1 Modelo de las cargas

3.1.1 Fuerzas

Las fuerzas $P_{fr,a}$ y $P_{fr,b}$, expresadas en kN, que se tendrán en cuenta para las comprobaciones de la resistencia en las secciones a) y b) de las cuadernas laterales (especificadas en la figura 2; en el caso de cartabones inferiores independientes, la sección b) se encuentra en la parte superior de los cartabones inferiores) se calculan como sigue:

$$P_{fr,a} = P_S + \text{máx}\,(P_1, P_2)$$

$P_{fr,b} = P_{fr,a}\frac{h-2h_B}{h}$

donde:

Ps = fuerza de la presión en aguas tranquilas, en kN

$= s\,h\left(\frac{p_{S,U}+p_{S,L}}{2}\right)$ cuando el extremo superior de la cuaderna lateral (h) se encuentra por debajo de la línea de flotación en carga (véase la figura 1).

$= s\,h'\left(\frac{p_{S,L}}{2}\right)$ cuando el extremo superior de la cuaderna lateral (h) coincide con la línea de flotación en carga o está por encima de ella (véase la figura 1).

P_1 = fuerza de la presión de la ola, en kN, con mar de proa

$= s\,h\left(\frac{p_{1,U}+p_{1,L}}{2}\right)$

P_2 = fuerza de presión de la ola, en kN, con mar de través

$= s\,h\left(\frac{p_{2,U}+p_{2,L}}{2}\right)$

h, h_B = longitud de la cuaderna lateral y longitud del cartabón inferior, en m, tal como se definen, respectivamente, en las figuras 1 y 2

h' = distancia, en m, entre el extremo inferior de la longitud h de la cuaderna lateral y la línea de flotación en carga (véase la figura 1)

s = clara entre cuadernas, en m

$P_{S,U}, P_{S,L}$ = presión en aguas tranquilas, en kN/m^2, en los extremos superior e inferior de la longitud h de la cuaderna lateral, respectivamente (véase la figura 1)

$P_{1,U}, P_{1,L}$ = presión de las olas, en kN/m^2, como se define en el párrafo 3.1.2.1) *infra*, en los extremos superior e inferior de la longitud h de la cuaderna lateral, respectivamente

$P_{2,U}, P_{2,L}$ = presión de las olas, en kN/m^2, como se define en el párrafo 3.1.2.2) *infra*, en los extremos superior e inferior de la longitud h de la cuaderna lateral, respectivamente.

3.1.2 Presión de la ola

3.1.2.1 Presión de la ola p_1

3.1.2.1.1 La presión de la ola p_1, en kN/m^2, en la línea de flotación y por debajo de ella, viene dada por la expresión:

$$p_1 = 1{,}50\left[p_{11} + 135\,\frac{B}{2\,(B+75)} - 1{,}2\,(T-z)\right]$$

$$p_{11} = 3\,k_S\,C + k_f$$

3.1.2.2.2 La presión de la ola p_1, en kN/m^2, por encima de la línea de flotación, viene dada por la expresión:

$$p_1 = p_{1wl} - 7{,}50\,(z-T)$$

3.1.2.2 Presión de la ola p_2

3.1.2.2.1 La presión de la ola p_2, en kN/m^2, en la línea de flotación y por debajo de ella, viene dada por la expresión:

$$p_2 = 13{,}0\left[0{,}5\,B\,\frac{50\,C_r}{2(B+75)} + C_B\,\frac{0{,}5\,B+k_f}{14}\left(0{,}7+2\,\frac{z}{T}\right)\right]$$

3.1.2.2.2 La presión de la ola p_2, en kN/m^2, por encima de la línea de flotación, viene dada por la expresión:

$$p_2 = p_{2wl} - 5{,}0\,(z-T)$$

donde:

p_{1wl} = presión de la ola p_1 en la línea de flotación

p_{2wl} = presión de la ola p_2 en la línea de flotación

L = la distancia en m, para la línea de carga de verano, comprendida entre la cara de proa de la roda y el lado popel del codaste o el centro de la mecha del timón, en el caso de buques sin codaste. L no debe ser inferior al 96% ni superior al 97% de la eslora total en la línea de carga de verano.

B = manga de trazado máxima, en m

C_B = coeficiente de bloque de trazado a un calado d, correspondiente a la línea de carga de verano, basado en la eslora L y la manga de trazado B y cuyo valor no debe considerarse inferior a 0,6:

$$C_B = \frac{\textit{desplazamiento de trazado [m}^3\textit{] a un calado d}}{LBd}$$

T = máximo calado de proyecto, en m

C = coeficiente

$= 10{,}75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1,5}$ para $90 \le L \le 300$ m

= 10,75 para $300 < L$

$C_r = (1{,}25 - 0{,}025 \frac{2k_r}{\sqrt{GM}})\, k$

k = 1,2 para buques sin quilla de balance

= 1,0 para buques con quilla de balance

k_r = radio de giro del movimiento de balance. Si no se dispone del valor real de k_r

= 0,39 B para los buques que presenten una distribución equilibrada del peso en la sección transversal (p.ej. estiba alterna de carga pesada o estiba homogénea en caso de carga ligera)

= 0,25 B para los buques que presenten una distribución desequilibrada del peso en la sección transversal (p.ej. distribución homogénea de carga pesada)

GM = 0,12 B si no se dispone del valor real de GM

z = distancia vertical, en m, desde la línea de base al punto de carga

$k_s = C_B + \frac{0{,}83}{\sqrt{C_B}}$ en el extremo popel de L

$= C_B$ entre 0,2 L y 0,6 L desde el extremo popel de L

$= C_B + \frac{1{,}33}{C_B}$ en el extremo proel de L

k_s debe variar de forma lineal entre los puntos especificados *supra*

k_f = 0,8 C

3.2 Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos normal y cortante admisibles, σ_a y τ_a, medidos en N/mm^2, de las cuadernas de forro del costado vienen dados por las expresiones siguientes:

$\sigma_a = 0{,}90\, \sigma_F$

$\tau_a = 0{,}40\, \sigma_F$

donde σ_F es el límite elástico superior mínimo del material, medido en N/mm^2.

3.3 Comprobación de la resistencia a la cizalladura

3.3.1 Cuando en la parte inferior de las cuadernas laterales, según se indica en la figura 1, t_M sea igual o inferior a t_{COAT}, deberá comprobarse la resistencia a la cizalladura de conformidad con los datos siguientes.

3.3.2 El espesor $t_{REN,S}$, medido en mm, es el valor máximo entre los espesores $t_{REN,Sa}$ y $t_{REN,Sb}$ medidos al comprobar la resistencia a la cizalladura en las secciones a) y b) (véanse la figura 2 y 3.1) del modo que se indica a continuación, pero que no debe ser superior a $0{,}75 t_{S12}$.

.1 en la sección a): $t_{REN,Sa} = \frac{1\,000\, k_S\, P_{fr,a}}{d_a\, sen\phi\, \tau_a}$

.2 en la sección b): $t_{REN,Sb} = \frac{1\,000\, k_S\, P_{fr,b}}{d_b\, sen\phi\, \tau_a}$

donde:

k_s = factor de distribución de la fuerza cortante, que debe considerarse igual a 0,6

$P_{fr,a}$, $P_{fr,b}$ = fuerzas debidas a la presión, tal como se definen en el párrafo 3.1.1

d_a, d_b = altura del alma del cartabón y de la cuaderna, medida en mm, en las secciones a) y b), respectivamente (véase la figura 2); en el caso de que se trate de cartabones independientes (no estructurales), d_b deberá considerarse igual al valor mínimo de la altura del alma, excluyendo posibles escotaduras.

ϕ = ángulo entre el alma de la cuaderna y la plancha del forro

τa = esfuerzo cortante permisible, medido en N/mm^2, definido en 3.2.

3.4 Comprobación de la resistencia a la flexión

3.4.1 Cuando la longitud o la altura del cartabón inferior no cumplan las prescripciones del anexo 1, el módulo resistente real, medido en cm^3, de los cartabones y las cuadernas del costado de las secciones a) y b) no deberá ser inferior a los valores siguientes:

.1 en la sección a):

$$Z_a = \frac{1\,000\, P_{fr,a}\, h}{m_a\, \sigma_a}$$

.2 en la sección b):

$$Z_b = \frac{1\,000\ P_{fr,a}\ h}{m_b\ \sigma_a}$$

donde:

$P_{fr,a}$ = fuerza debida a la presión, definida en 3.1.1

h = clara de la cuaderna lateral, en m, definida en la figura 1

σ_a = esfuerzo normal permisible, en N/mm^2, definido en 3.2

m_a, m_b = coeficientes del momento flector, definidos en el cuadro 2

3.4.2 El módulo resistente real de los cartabones y las cuadernas laterales deberá calcularse con respecto a un eje paralelo a la plancha conexa, a partir de los espesores medidos. Se podrán utilizar valores alternativos del espesor para estimaciones previas, siempre que dichos valores no sean inferiores a:

.1 t_{REN}, para el espesor del alma;

.2 los espesores mínimos permitidos por los criterios de renovación para las bridas y las planchas conexas, de una sociedad de clasificación reconocida por la Administración de conformidad con lo dispuesto en la regla XI-I/1 del Convenio SOLAS, o por las normas nacionales aplicables de dicha Administración que proporcionen un nivel equivalente de seguridad.

3.4.3 La anchura de la plancha conexa es equivalente a la clara entre cuadernas, medida a lo largo del forro en el punto medio de la longitud h de la cuaderna.

3.4.4 Si los módulos resistentes reales de las secciones a) y b) son inferiores a los valores Z_a y Z_b, se deberán renovar o reforzar las cuadernas y los cartabones para obtener módulos resistentes reales que no sean inferiores a los valores 1,2 Z_a y 1,2 Z_b, respectivamente.

3.4.5 En este caso, la renovación o el refuerzo de la brida deberán ampliarse a la parte inferior de las cuadernas del costado, como se indica en la figura 1.

Cuadro 2 – Coeficientes m_a y m_b del momento flector

	m_a	m_b		
		$h_b = 0{,}08\ h$	$h_b = 0{,}1\ h$	$h_b = 0{,}125\ h$
Bodegas vacías de buques autorizados a navegar en condiciones de carga no homogénea	10	17	19	22
Otros casos	12	20	22	26

Nota 1: Por condición de carga no homogénea se entiende una condición en la que el cociente entre las relaciones de llenado máxima y mínima para cada bodega es superior a 1,20, corregido para distintas densidades de carga.

Nota 2: Para valores intermedios de la longitud del cartabón h_b, el coeficiente m_b se obtiene mediante interpolación lineal de los valores que figuran en el cuadro.

Figura 1 - Parte inferior de las cuadernas laterales

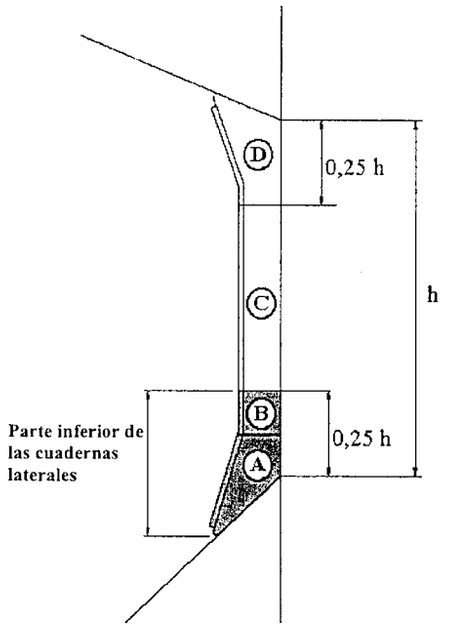


Figura 2 - Secciones a) y b)

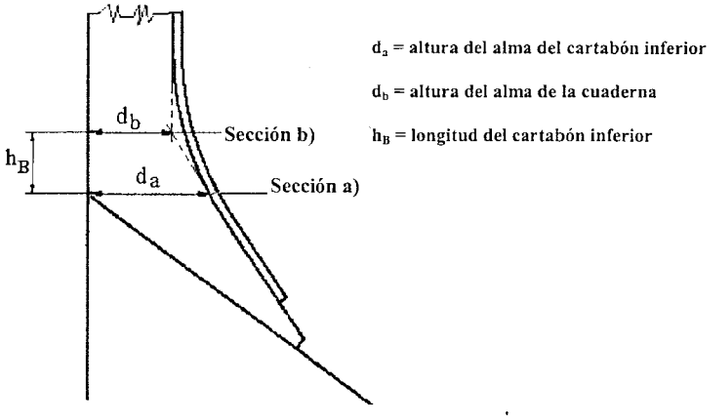


Figura 3 - Definición de la altura del alma del cartabón inferior

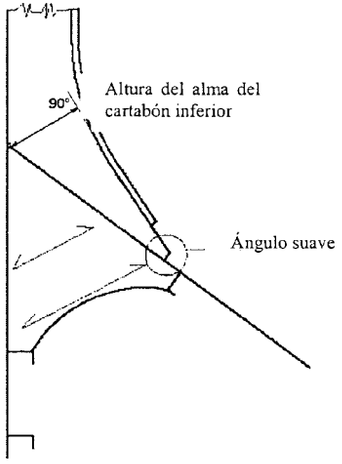


Figura 4 - Cartabones de pandeo

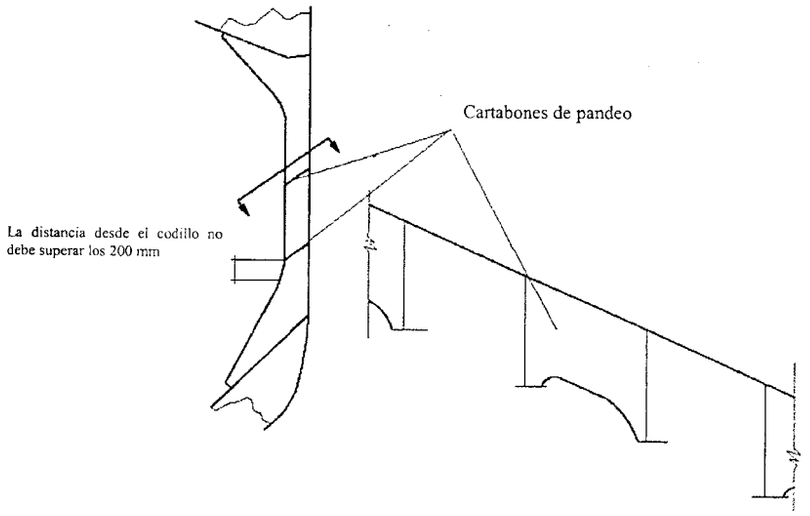


Figura 5 - Diagramas de densidad de picado (valores comprendidos entre el 5% y el 25%)

