

NORMA TÉCNICA

NTC

COLOMBIANA NTC ISO 12215-6

2018-0x-xx

LA CARÁTULA Y EL PRÓLOGO EN ESTE DOCUMENTO NORMATIVO, FORMAN PARTE ESTRUCTURAL DEL MISMO PERO, SE ENCUENTRAN EN ETAPA DE ESTUDIO HASTA QUE EL PROCESO NORMATIVO LLEGUE A RATIFICACIÓN COMO NORMA TÉCNICA COLOMBIANA.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

PEQUEÑAS EMBARCACIONES. CONSTRUCCIÓN DE CASCOS Y DE ESCANTILLONES. PARTE 6: DISPOSITIVOS ESTRUCTURALES Y DETALLES DE CONSTRUCCIÓN. EMBARCACIONES MENORES.



E: X 22

CORRESPONDENCIA: X

DESCRIPTORES: X

I.C.S.: 48

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

X actualización
Editada 2018-0X-XX

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 1595 de 2015.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC X (X actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo de 2018-0X-XX.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico X.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

CONTENIDO

Página

0.	INTRODUCCIÓN	i
----	--------------------	---

1

INTRODUCCIÓN

La razón fundamental para haber preparado esta parte de la Norma XXX es la de que, al diferir notablemente tanto las normas como las prácticas recomendadas para las cargas sobre los cascos y el dimensionamiento de las embarcaciones menores, se limita la aceptación general de estas embarcaciones en todo el mundo.

El objetivo de esta parte de la Norma XXX es conseguir una resistencia estructural global que asegure la integridad de la embarcación tanto en su estanqueidad al agua como a la intemperie.

Se considera que esta parte de la Norma ISO 12215 se ha desarrollado mediante la aplicación de la práctica en uso y de sólidos principios de ingeniería.

Considerando el desarrollo futuro, tanto en tecnología como en los tipos de embarcaciones, así como las embarcaciones menores que actualmente están fuera del campo de aplicación de esta parte de la Norma y siempre que existan métodos apoyados en una tecnología adecuada, se puede aceptar su uso en tanto se consiga una resistencia equivalente a la de esta parte de la Norma.

Se considera que el dimensionamiento de acuerdo con esta parte de la Norma XXX recoge la práctica actual, siempre que la embarcación esté correctamente tripulada por una persona con experiencia marinera y que esté operada a la velocidad adecuada al estado predominante del mar.

**EMBARCACIONES MENORES.
CONSTRUCCIÓN DE CASCOS Y ESCANTILLONES.
PARTE 5: PRESIONES DE DISEÑO, ESFUERZOS DE DISEÑO
Y DETERMINACIÓN DEL ESCANTILLONADO**

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de la Norma ISO 12215 concierne a los detalles y componentes estructurales que no están incluidos explícitamente en las Normas ISO 12215-5, ISO 12215-7, ISO 12215-8 e ISO 12215-9. Esta norma se aplica a las embarcaciones menores, tanto monocascos como multicascos, construidas con plástico reforzado con fibra (FRP), aluminio o aleaciones ligeras de acero, madera u otros materiales adecuados para construir una embarcación, con una eslora de casco, de acuerdo con la Norma ISO 8666, de hasta 24 m.

Esta parte de la Norma ISO 12215 cumple dos funciones. Por una parte, ofrece un soporte a la Norma ISO 12215-5 facilitando aclaraciones complementarias y cálculos de procedimientos y fórmulas. Por otra parte, ofrece un buen número de ejemplos de disposiciones y detalles estructurales que muestran los principios de buena práctica. Estos principios dan una norma que puede tomarse como referencia frente a otras disposiciones y detalles estructurales alternativos, utilizando los criterios de equivalencia que se especifican en esta parte de la Norma ISO 12215.

NOTA El escantillonado determinado de esta parte de la Norma ISO 12215 esta previsto, en primer lugar, para aplicarse a las embarcaciones de recreo, incluyendo las de alquiler recreativo, y puede que no sea conveniente para las embarcaciones de alto rendimiento (o competición).

2 NORMAS PARA CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 8666 *Pequeñas embarcaciones. Datos principales.*

ISO 12215-5:2008 *Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones. Parte 5: Presiones de diseño, tensiones de diseño y determinación del escantillonado.*

ISO 12215-7 *Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones. Parte 7: Determinación del escantillonado de los multicascos.*

ISO 12215-8 *Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones. Parte 8: Timones.*

ISO 12215-9 *Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y de escantillones Parte 9: Veleros. Apéndices y puntos de amarre.*

ISO 12216 *Pequeñas embarcaciones. Ventanas, portillos, escotillas, tapas ciegas y puertas. Requisitos de resistencia y estanquidad.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los fines de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

3.1 desplazamiento en carga; m_{LDC} :

Masa de la embarcación, incluyendo todos los apéndices, cuando está completamente cargada y lista para navegar, tal y como se define en la Norma ISO 8666.

3.2 embarcación a vela:

Embarcación para la que el medio principal de propulsión es la fuerza del viento, y para la que $A_s > 0,07 (m_{LDC})^{2/3}$ donde

A_s es el área total del perfil de todas las velas que pueden desplegarse al mismo tiempo cuando la embarcación se encuentra ciñendo, tal y como se define en la Norma ISO 8666, expresada en m^2 ;

m_{LDC} es el desplazamiento en carga, tal y como se define en la Norma ISO 8666, expresado en kg.

NOTA Esta parte de la Norma ISO 12215 se refiere a las embarcaciones no propulsadas a vela como embarcaciones a motor.

3.3 rejilla; emparrillado (grid):

Conjunto de refuerzos transversales que se cruzan con otro conjunto de refuerzos longitudinales.

3.4 refuerzo secundario:

Elemento de refuerzo que soporta directamente el forro.

NOTA En un emparrillado de refuerzo, los refuerzos secundarios corresponden normalmente a los refuerzos que tienen el momento de inercia más bajo, por ejemplo, los palmejares, las cuadernas y los mamparos parciales. La separación entre los refuerzos secundarios se corresponde generalmente con el espacio más corto sin soportar del forro al que van unidos. En el caso de refuerzos con una anchura de base considerable (por ejemplo los refuerzos tipo Hat) la separación de los refuerzos debe ser la del panel sin soportar más la anchura de la base.

3.5 refuerzo principal:

Elementos de refuerzo que soportan los elementos secundarios de refuerzo.

NOTA 1 En un emparrillado de refuerzo, los refuerzos principales corresponden normalmente a los refuerzos que tienen el momento de inercia más alto, por ejemplo, los mamparos estructurales, las vagras profundas y las bulárcamas. La separación entre los refuerzos principales se corresponde normalmente con la separación entre los refuerzos secundarios.

NOTA 2 Algunos refuerzos, como los mamparos, las vagras profundas o las bulárcamas, pueden contribuir también para soportar las cargas globales.

3.6 Viga secundaria o palmejar (stringer):

Reforzado longitudinal, generalmente designado como un **reforzado secundario** (3.4), que soporta el forro del casco.

3.7 Cuaderna (frame):

Reforzado transversal, generalmente designado como un **reforzado secundario** (3.4), que soporta el forro del casco.

3.8 Bao (beam):

Refuerzo transversal, generalmente designado como un **refuerzo secundario** (3.4), que soporta la cubierta.

3.9 Bulárcama (web frame):

Cuaderna reforzada, generalmente designada como un **refuerzo principal** (3.5), que soporta los palmejares y las vagras menos importantes y que normalmente está conectado con los baos reforzados de cubierta.

NOTA La separación entre bulárcamas es normalmente mayor (o algún múltiplo de) la separación entre cuadernas o baos.

CIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser iniciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos for pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

3.10 Varenga (floor):

Viga transversal del fondo, que puede utilizarse para unir las cuadernas y puede ser también un mamparo parcial.

NOTA Las varengas se utilizan a menudo para soportar el piso de la cabina, por lo que el borde superior es generalmente horizontal. En las embarcaciones a vela, las varengas se utilizan tradicionalmente como soporte de la quilla.

3.11 Vagra (girder):

Viga principal de refuerzo longitudinal, generalmente designada como parte del refuerzo principal, que soporta tanto las cuadernas o varengas transversales de fondo como los baos de cubierta.

NOTA A las vagras de fondo se les denomina algunas veces sobrequillas (keelsons).

3.12 Cartabón (braket):

Elemento de refuerzo, normalmente de perfil triangular, conocido también como cartela, pañuelo, etc, utilizado para reforzar la unión entre dos refuerzos y reducir su luz.

NOTA También se utilizan los cartabones para transmitir cargas locales.

4 SÍMBOLOS

A menos que específicamente se señale otra cosa, los símbolos y unidades utilizados en esta parte de la Norma ISO 12215 son los que figuran en la tabla 1.

NOTA Los símbolos y unidades utilizados solamente en los anexos, no están incluidos en la tabla 1.

Tabla 1 – Símbolos

Símbolo	Designación	Unidad
A_D	Superficie de diseño del forro/refuerzo	mm^2
b	Separación entre refuerzos	mm
b_w	Ancho del flange de pegado	mm
B_H	Manga del casco, según la Norma ISO 8666	m
$D_{\text{máx.}}$	Puntal máximo de la embarcación, según la Norma ISO 8666	m
E	Módulo elástico del refuerzo	N/mm^2
f_1	Coefficiente de propiedades mecánicas para FRP y aleaciones de aluminio	1
f_{1w}	Coefficiente de propiedades mecánicas para la madera	1
I	Momento de inercia del refuerzo	cm^4
k_0, \dots, k_2	Coefficientes para el cálculo de espesor del refuerzo	1
$k_j, k_{j\text{mín.}}$	Coefficiente de ancho del flange de pegado	1
l_u	Luz o espacio (span) entre refuerzos	mm
L_H	Eslora del casco, según la Norma ISO 8666	m
L_{WL}	Eslora en la flotación, según la Norma ISO 8666	m
m_{LDC}	Masa del desplazamiento en carga, según la Norma ISO 8666	kg

CIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser iniciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos for pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para ier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

m_T	Masa de la embarcación transportada sobre un remolque, según la Norma ISO 8666	kg
P	Potencia máxima de los motores	kW

DOCUMENTO EN ESTUDIO

NOTA: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser usada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

Símbolo	Designación	Unidad
t_b	Espesor del forro del fondo	mm
t_{BHD}	Espesor de los mamparos de madera contrachapada	mm
t_w	Espesor total del refuerzo tipo Hat	mm
$V_{m\acute{a}x.}$	Velocidad máxima de la embarcación en aguas tranquilas	knot
σ_d	Esfuerzo de diseño	N/mm ²
σ_u	Esfuerzo de rotura	N/mm ²
τ_d	Esfuerzo a la cizalladura de diseño	N/mm ²
τ_u	Esfuerzo de rotura por cizalladura	N/mm ²
ψ	Contenido de fibra de vidrio en masa	1

5 GENERALIDADES

Cuando la determinación de la carga y del escantillonado de una embarcación con una eslora de casco, L_H , comprendida entre 2,5 m y 24 m hayan cumplido con la normas

- ISO 12215-5 para la presión de diseño de monocascos y determinación del escantillonado;
- ISO 12215-7 para los multicascos;
- ISO 12215-8 para timones; e
- ISO 12215-9 para los apéndices y la sujeción de la jarcia,

las disposiciones estructurales y los detalles deben satisfacer los capítulos 6 al 11 de esta norma.

Cuando se haya utilizado uno de los dos métodos siguientes prescritos en la Norma ISO 12215-5, la embarcación necesita cumplir sólo con los requisitos del anexo A:

- a) para las embarcaciones a vela con una eslora de casco, L_H , comprendida entre 2,5 m y 9 m, para las categorías de diseño C y D, en las que se haya utilizado el anexo A de la Norma ISO 12215-5:2008;
- b) para las embarcaciones con una eslora, L_H , comprendida entre 2,5 m y 6 m y con una construcción del fondo de laminado sólido en FRP, en las que se haya utilizado el anexo B de la Norma ISO 12215-5:2008.

6 DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL

6.1 Reforzado

6.1.1 Generalidades

El forro del casco, la cubierta y las cabinas debe ser reforzado lo necesario para satisfacer la Norma ISO 12215-5, mediante cualquier combinación convencional de refuerzos longitudinales y transversales, mamparos estructurales, mobiliario interior tal como literas y estanterías, y moldeados en bandeja interiores, siempre que estos elementos se puedan considerar como “soportes de cargas”. La disposición se hace normalmente con refuerzos soportados por otros refuerzos más profundos y fuertes, que se cruzan perpendicularmente.

NOTA En las pequeñas embarcaciones, los “refuerzos naturales” (es decir, elementos que añaden resistencia, incluso si no están destinados para este fin, véase 9.14 de la Norma ISO 12215-5:2008), por ejemplo los bordes de cubierta, los pantoques curvos, los codillos pronunciados y la quilla, pueden delimitar paneles que no necesitan otro reforzado.

Las figuras 1, 2 y 3 muestran disposiciones características que cumplen con las normas de buena práctica. Estas figuras se aplican tanto a las embarcaciones a vela como a las embarcaciones a motor, y se puede aceptar una combinación de ellas en una misma embarcación. En las embarcaciones menores (generalmente las de una eslora de casco inferior aproximadamente a 9 m) se emplean refuerzos naturales, tales como bordes de cubierta, pantoques curvos, codillos pronunciados, la quilla, etc., para definir los paneles y entonces no necesitan otros refuerzos. Las embarcaciones mayores necesitan generalmente hacer un mayor uso de los refuerzos que se describen en los apartados 3.3 al 3.12.

6.1.2 Criterios de equivalencia

Se pueden hacer otras disposiciones, pero éstas necesitan seguir los principios de buena práctica (como se ilustra en las figura 1, 2 y 3) de una transmisión efectiva y gradual de los esfuerzos debidos a las cargas de presión y cargas concentradas (mástiles, quilla, timón, etc.) desde el punto de la carga hasta la estructura que la soporta (véanse los apartados 6.3 y 6.4).

6.1.3 Embarcación con estructura longitudinal

En el ejemplo de la figura 1, el forro del casco está reforzado por refuerzos secundarios longitudinales soportados por refuerzos principales transversales, tales como bulárcamas, mamparos y varengas profundas. El ejemplo que se da es una disposición típica de una embarcación de FRP.

6.1.4 Embarcación con una estructura transversal

En el ejemplo de la figura 2, el forro del casco está reforzado por cuadernas transversales (reforzado secundario), que se soportan típicamente en la línea de crujía, en los codillos o en la curvatura del pantoque y al nivel de cubierta. En las embarcaciones mayores se pueden instalar vagras (refuerzo principal), que soportan estas cuadernas y también contribuyen al soporte de las cargas de las vagras del casco.

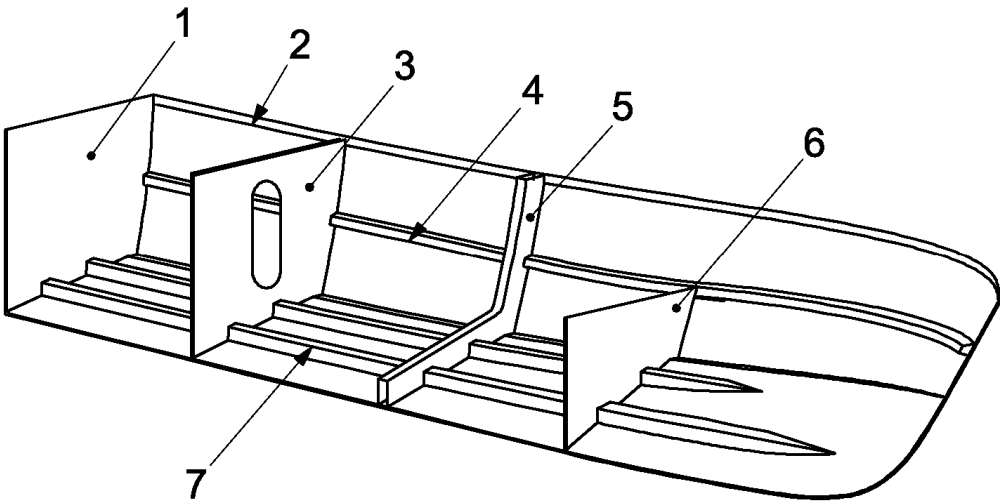
6.1.5 Embarcaciones menores lentas reforzadas por la quilla, la tapa de regala, el piso estructural y las bancadas

Es común en las pequeñas embarcaciones menores (es decir, en las que la eslora del casco es inferior a 6 m) el no tener refuerzos específicos. Sin embargo, los componentes no previstos principalmente como refuerzos, tales como las compartimentaciones interiores, pueden actuar como tales. Estos componentes pueden necesitar reforzarse para este otro papel de “refuerzos”. En la figura 3, las bancadas, los paños de proa y popa, el piso de la cabina y la regala, se utilizan de esta forma.

6.1.6 Elementos que soportan cargas

Para ser considerado como “soporte de cargas”, el miembro soporte debe estar unido efectivamente al forro por una combinación de soldadura (continua o intermitente), pegado con un adhesivo de calidad estructural (por ejemplo usando rellenos de resina epoxi) o angulares pegados con fibra reforzada u otros métodos apropiados para estos materiales. Además, el miembro en cuestión debe construirse con un material aceptable para la construcción del casco, de acuerdo con la Norma ISO 12215-5, y debe ser capaz de soportar las fuerzas y momentos relacionados con la asunción del soporte efectivo que se define en la misma.

NOTA: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser usada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.



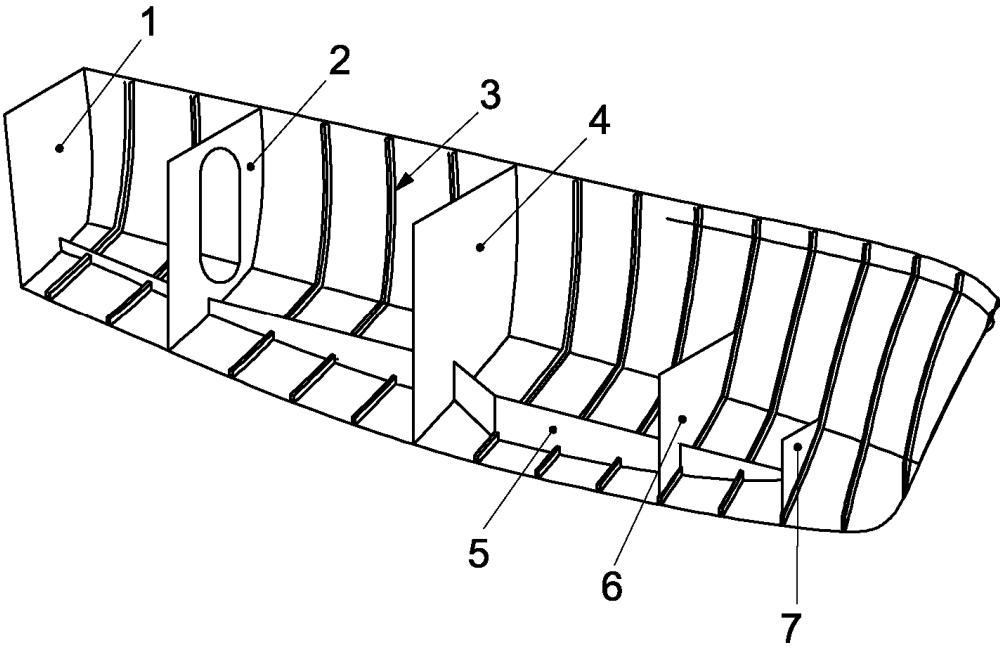
Leyenda

- 1 Espejo
- 2 Tapa regala
- 3 Mamparo
- 4 Refuerzo longitudinal de costado (palmejar)
- 5 Bulárcama
- 6 Varenga profunda
- 7 Refuerzo longitudinal de fondo (vagra); constituye una buena práctica el disponer los extremos de acuerdo con las figura 4 a) o 4 c).

NOTA 1, 3, 5 y 6 son refuerzos principales; 2, 4 y 7 son refuerzos secundarios.

Figura 1 – Embarcación con estructura longitudinal

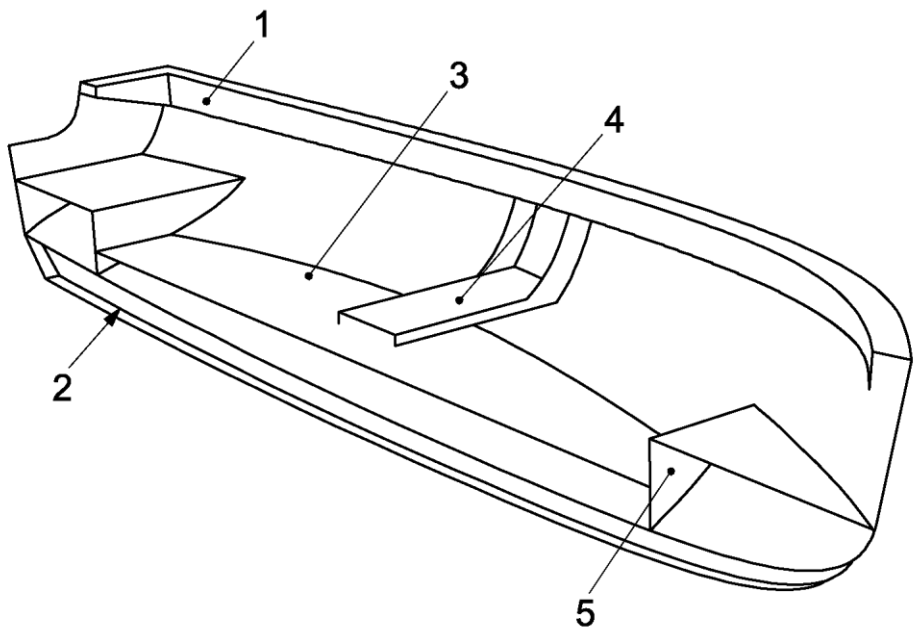
NOTA: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser usada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.



Leyenda

- | | | | |
|---|----------|---|------------------|
| 1 | Espejo | 5 | vagra de fondo |
| 2 | mamparo | 6 | varenga profunda |
| 3 | cuaderna | 7 | varenga profunda |
| 4 | mamparo | | |

Figura 2 - Embarcación con estructura transversal



Leyenda

- 1 tapa de regala
- 2 quilla
- 3 piso estructural
- 4 bancada
- 5 varenga profunda

Figura 3 – Pequeña embarcación menor lenta reforzada por la quilla, la tapa de regala, el suelo estructural y las bancadas

6.2 Resistencia de la viga-buque

La Norma ISO 12215-5 está basada en la asunción de que el escantillonado del casco y la cubierta está regido por las cargas locales, lo que suele ser el caso de las embarcaciones de proporciones normales y en especial de las construidas con estructura longitudinal.

Para las siguientes embarcaciones, se recomienda una evaluación explícita de la resistencia longitudinal y del pandeo:

- embarcaciones a motor de construcción transversal en las que $\frac{V_{\text{máx.}}}{\sqrt{L_{\text{WL}}}} > 6$;
- embarcaciones a vela de construcción transversal sometidas a grandes cargas debidas a la jarcia;
- embarcaciones con grandes aberturas en cubierta o embarcaciones con $\frac{L_{\text{H}}}{D_{\text{máx.}}} > 12$.

En el anexo D se dan diversas recomendaciones para hacer su evaluación.

6.3 Transmisión de cargas

6.3.1 Generalidades

La geometría estructural se debe disponer y detallar de forma que se asegure una transmisión gradual de las cargas a través de la estructura. Las cargas concentradas (por ejemplo el pie de un mástil para los mástiles apoyados en la quilla, el pilar de un mástil para los mástiles apoyados en la cubierta) se deben transmitir a la estructura de alrededor mediante una serie de miembros soportes de refuerzo. En ningún caso se deben dejar los puntos con cargas concentradas apoyados en forro sin reforzar. En general, las cargas concentradas se deben introducir en los elementos estructurales adyacentes mediante cartabones que soporten los esfuerzos cortantes, alas o varengas. Se deben evitar los cruces de elementos cargados cortados a cuchillo (véase 6.3.5).

En el apartado 6.3.2 se dan diversos ejemplos de buena práctica de disposiciones para la transmisión de cargas. Otras disposiciones necesitarían estudiarse específicamente.

6.3.2 Ejemplos de buena práctica de disposiciones para la transmisión de cargas

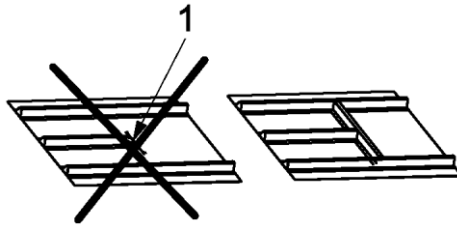
En la siguiente lista se dan diversos ejemplos de buena práctica sobre disposiciones de transmisión de cargas.

- Los refuerzos (generalmente barras angulares, secciones en T, Hats o llantas planas) y las vagras (incluyendo las vagras de máquinas) no terminan bruscamente, sino que es aconsejable que terminen de forma que transmitan sus esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes al miembro que soportan, con cartabones o sin ellos, pero con una unión estructural efectiva del alma y el ala al miembro que soportan (véase la figura 4). Cuando los refuerzos estén ligeramente cargados, pueden tener sus extremos rebajados (redondeados), siempre que la pendiente del rebaje sea por lo menos del 30% y que el forro entre el extremo del refuerzo y la estructura que lo soporta sea capaz de transmitir la fuerza cortante y los momentos flectores del refuerzo rebajado [véase la figura 4 c]).
- Varengas ligeramente rebajadas en profundidad hacia la cuaderna transversal a la que van unidas. Cuando no se instalen cuadernas transversales, las varengas se unen al forro del costado a lo largo de una longitud suficiente para asegurar que el esfuerzo cortante (debido al momento de la quilla o a la presión del fondo) pueda transferirse adecuadamente al forro del costado (véase la figura 5). Los extremos de las varengas o los refuerzos transversales de las quillas de lastre de las embarcaciones a vela satisfacen los requisitos de la Norma ISO 12215-9.
- Se evita efectuar cortes y ángulos vivos en las estructuras que soportan cargas, tales como el casco, la cubierta y los miembros del reforzado principales y secundarios. Cuando no se puedan evitar los cortes, la profundidad de cualquier corte no será superior al 50% de la profundidad del alma del miembro, y la longitud de los cortes no será superior al 75% de la profundidad del alma del miembro, a menos que se haya proyectado realmente otra cosa. Los radios de los ángulos de los cortes no deben ser inferiores al 12% de la profundidad del corte, o a 30 mm, cualquiera que sea el mayor valor. No se pueden efectuar cortes a menos del 20% de la separación entre los puntos de soporte, ni en las zonas de concentración de cargas del miembro.

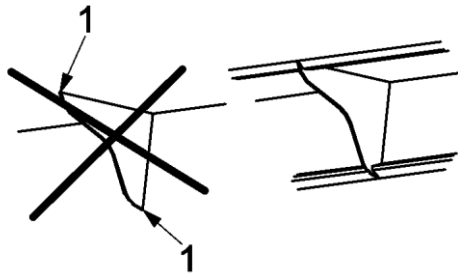
6.3.3 Aberturas en la cubierta y el casco de acuerdo con las buenas prácticas

Las aberturas en las cubiertas y el casco tienen ángulos redondeados no inferiores al 12% de la anchura de la abertura, pero no necesitan ser superiores a 300 mm ni inferiores a 50 mm. Esto no se aplica cuando los bordes están reforzados por medio de una llanta estructural u otro sistema equivalente (véase la figura 6).

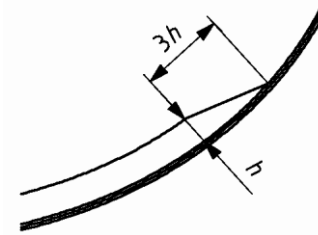
Constituye también una buena práctica el minimizar el perfil de los cortes en los paneles cargados estructuralmente, a menos que se los refuerce adecuadamente.



a) Refuerzo terminando en el panel, soluciones de mala y buena prácticas



b) Cartabón, soluciones de mala y buena prácticas



c) Extremos rebajados de forma aceptable, siempre que la carga vertical pueda ser absorbida por el casco

Leyenda

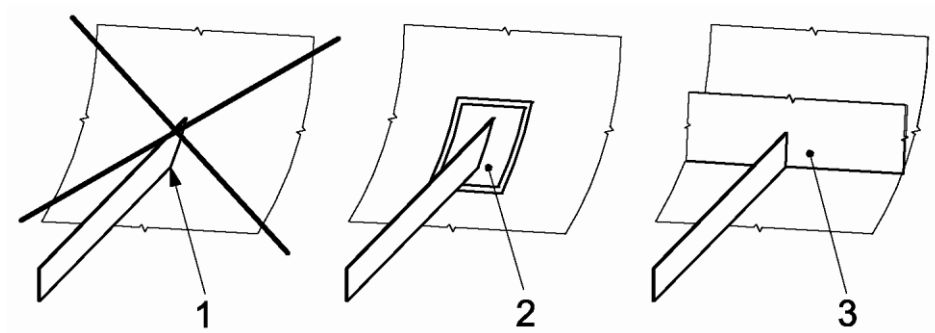
1 riesgo de rotura
 h altura del refuerzo

Figura 4 – Detalle de los extremos de palmejares y cartabones

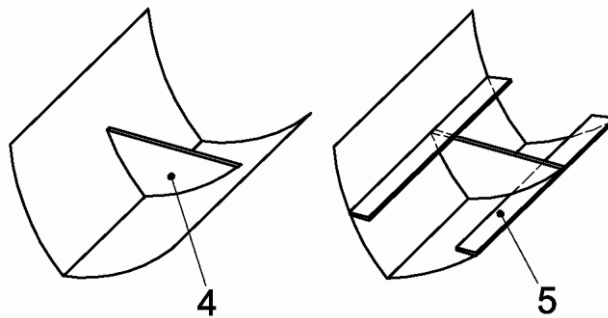
6.3.4 Sistemas de cuadernas flotantes

Los sistemas de cuadernas flotantes (véase la figura 7) son aquéllos en los que un juego de refuerzos (los refuerzos “flotantes”) descansa efectivamente sobre otro juego sin estar directamente unido al forro del casco. Solamente el segundo juego (el refuerzo “unido”) está directamente unido al forro. Cuando se analicen estas cuadernas flotantes utilizando la Norma ISO 12215-5, se tomará el forro efectiva de la cuaderna flotante como cero.

Para todos los materiales, y en particular para las embarcaciones de metal o madera que utilicen cuadernas de contrachapado, estas cuadernas “flotantes” son normalmente baos en I unidos a palmejares en T, L o U. Se debe prestar una atención especial a la resistencia de la zona soldada o pegada entre la cuaderna “flotante” y el palmejar, a la resistencia a la torsión o al pandeo del palmejar y la bulárcama transversal y a las cargas en los cruces de los elementos cortados a cuchillo (véase 6.3.5), que requieren un cálculo específico. A título indicativo, el área de la zona soldada o pegada no debe ser generalmente inferior al área del elemento de refuerzo, A_w , que se da en la ecuación (48) de la Norma ISO 12215-5:2008.



a) Refuerzo terminando en el forro del casco, mala y buena prácticas



b) Varenga profunda/mamparo parcial

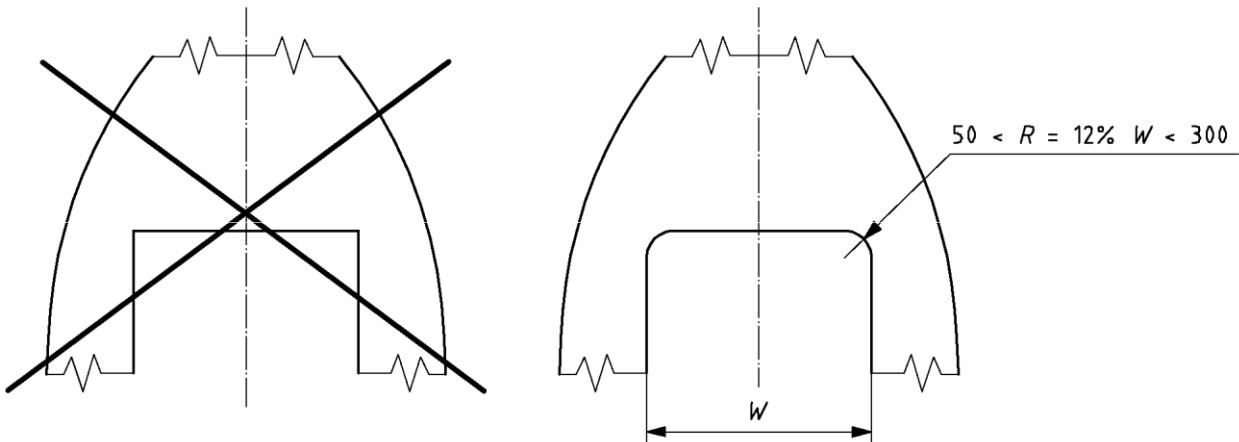
Leyenda

- 1 punto duro, riesgo de rotura, mala práctica
- 2 chapa reforzada, solución aceptable
- 3 varenga transversal o mamparo, buena práctica
- 4 no hay una estructura longitudinal en el extremo superior de la varenga profunda, práctica aceptable
- 5 suelo de la cabina, cubierta o refuerzo longitudinal sobre la varenga, buena práctica

Figura 5 – Detalle de un refuerzo terminando en el costado

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

Medidas en milímetros



Leyenda

R radio de la esquina
W anchura de la abertura

Figura 6 – Radios de las esquinas de las aberturas en la cubierta y el casco

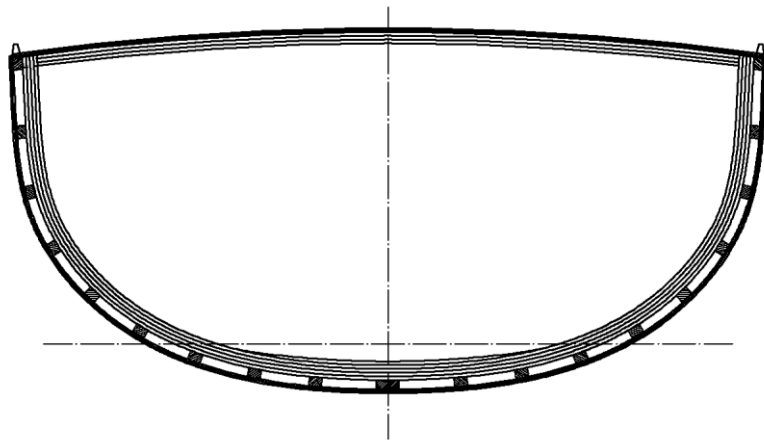
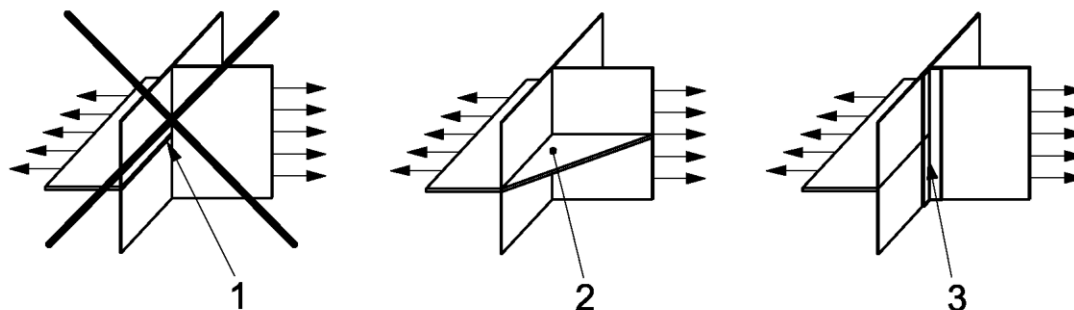


Figura 7 – Sección de una embarcación de madera con cuadernas flotantes

6.3.5 Cruce de elementos cargados cortados a cuchillo

El cruce de elementos cargados cortados a cuchillo se produce cuando dos miembros transmisores de cargas se cortan en ángulo recto. Esto se debe evitar, ya que se produce una alta concentración de esfuerzos en el punto de conexión de los dos miembros. En el caso de que exista un cruce de elementos cargados cortados a cuchillo, se debe reforzar al menos uno de los miembros tal y como se muestra en la figura 8.



Leyenda

- 1 concentración de esfuerzos (cruce de elementos cargados cortados a cuchillo), mala práctica
- 2 cartabón transfiriendo la carga desde la chapa horizontal a la chapa vertical, buena práctica
- 3 reforzado con un refuerzo de perfil en L o un trabado (para usarse solamente en las zonas ligeramente cargadas), práctica aceptable

Figura 8 – Croquis mostrando un cruce de elementos cargados cortados a cuchillo

6.3.6 Criterios de equivalencia

Se pueden aceptar otras disposiciones, pero éstas deben seguir los principios de buena práctica (como se ilustra en las figuras 4 a la 8) para conseguir una transmisión efectiva y gradual de esfuerzos, unos radios generosos, la utilización de cartabones de conexión, una discreta rebaja del material, evitación de disposiciones que ocasionen concentración de esfuerzos y una cuidadosa disposición de cualquier abertura de aligeramiento.

6.4 Determinación de la separación entre refuerzos

6.4.1 Generalidades

Para poder saber si un refuerzo cumple con los requisitos de las series de Normas ISO 12215 (véase el capítulo 11 de la Norma ISO 12215-5:2008), se debe establecer la separación y la luz del refuerzo en consideración.

La separación es la distancia entre refuerzos sucesivos, medida perpendicularmente al eje del refuerzo. La luz es la distancia entre los puntos de apoyo (véase el capítulo 9 de la Norma ISO 12215-5:2008). Es importante tener en cuenta que la luz ejerce una gran influencia sobre la resistencia a la flexión y la flecha de cualquier refuerzo.

Para simplificar los cálculos, las series de Normas ISO 12215 consideran a los refuerzos como vigas aisladas bajo una carga de presión uniformemente distribuida. La Norma ISO 12215-5 da una guía para situar los puntos de soporte de los refuerzos aislados (véase la figura 11 de la Norma ISO 12215-5:2008).

En realidad, la estructura de las embarcaciones menores comprenden a menudo un conjunto de refuerzos transversales que se cruzan con otro conjunto de refuerzos longitudinales. Esto se suele denominar rejilla o “grid”. Cada punto en donde un miembro transversal se cruza con un miembro longitudinal se denomina “punto de intersección”.

En algunos casos, es correcto tomar la luz del refuerzo como la distancia entre dos puntos de intersección adyacentes, pero en otros casos esto es demasiado optimista. El soporte que un juego de miembros que se cruzan ofrece a otro juego es una función compleja de la rigidez relativa a la flexión (EI) y las dimensiones de la rejilla entre unos soportes bien definidos, tales como mamparos, el costado lateral, los compartimentos y otros miembros muy profundos. Este capítulo da los procedimientos para determinar la luz de los refuerzos.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

6.4.2 Refuerzos profundos que se cruzan con refuerzos poco profundos

Cuando un juego de miembros tiene una profundidad de por lo menos el doble de la del otro juego, estos refuerzos profundos se denominan “miembros principales” y los refuerzos menos profundos se denominan “miembros secundarios”.

La luz de los miembros principales, l_u , es la dimensión de la rejilla en la dirección del miembro principal.

La luz de los miembros secundarios, l_u , es la separación de los miembros principales.

EJEMPLO Cuadernas transversales laterales de 120 mm de profundidad, separadas 900 mm, que van desde el borde de la cubierta en un costado hasta un codillo pronunciado, con una distancia de 1 900 mm. Los palmejares longitudinales de costado de 50 mm de profundidad están separados 300 mm entre sus centros.

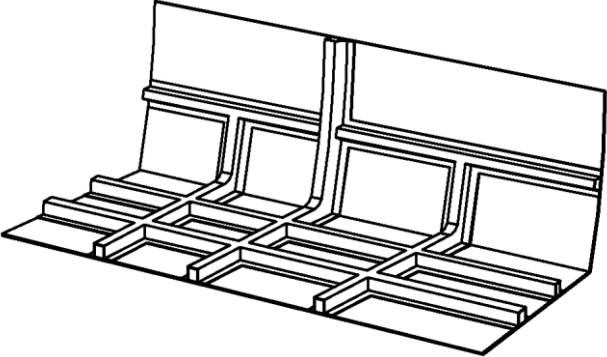
Las cuadernas transversales son los miembros principales, con una luz l_u de 1 900 mm y una separación b de 900 mm.

Los palmejares longitudinales son los miembros secundarios, con una luz, l_u de 900 mm y una separación b de 300 mm.

6.4.3 Refuerzos que se cruzan con otros refuerzos de una profundidad similar

6.4.3.1 Generalidades

Esta disposición se encuentra comúnmente en las embarcaciones menores como las que se hacen con un moldeado (véase la figura 9) y a menudo nos referimos a ellas como de estilo “caja de huevos”. Ningún juego de miembros se puede categorizar como principal o secundario, ya que no se puede determinar mediante una simple evaluación el grado en el que un juego soporta al otro.



NOTA El moldeado que se muestra es un pre-moldeado con alas pegadas, pero puede también hacerse mediante un laminado *in situ*.

Figura 9 – Moldeado en bandeja estilo “caja de huevos”

En estos casos, se debe adoptar el procedimiento descrito en los apartados 6.4.3.2 y 6.4.3.3.

6.4.3.2 Refuerzos dispuestos a lo largo de la dimensión más corta de la rejilla

La luz utilizada para determinar el momento flector y la fuerza cortante de diseño debe tomarse como el 60% de la dimensión de la rejilla.

La presión de diseño se debe obtener utilizando un área de diseño, A_D , basada en la separación entre refuerzos y en el 60% de la dimensión de la rejilla.

6.4.3.3 Refuerzos dispuestos a lo largo de la dimensión mayor de la rejilla

La luz utilizada para determinar el momento flector y la fuerza cortante de diseño se debe tomar como el 150% de la distancia entre los puntos de intersección.

La presión de diseño se debe obtener utilizando un área de diseño, A_D , basada en la separación entre refuerzos y en el 150% de la distancia entre los puntos de intersección.

EJEMPLO Una caja de huevos consistente en secciones en hat de 75 mm de profundidad dispuestas en ambas direcciones. Los hat tienen una separación de 600 mm en los dos juegos. La rejilla tiene una longitud de 2 300 mm de largo \times 1 700 mm de anchura.

Para los refuerzos dispuestos en la dirección de 1 700 mm: Separación = 600 mm, luz = $0,6 \times 1\,700 = 1\,020$ mm. Presión de diseño basada en un área de diseño de 600 mm \times 1020 mm.

Para los refuerzos dispuestos en la dirección de 2 300 mm: Separación = 600 mm, luz = $1,5 \times 600 = 900$ mm. Presión de diseño basada en un área de 600 mm \times 900 mm.

6.4.3.4 Nota de precaución

Los métodos descritos en los apartados 6.4.3.2 y 6.4.3.3 son una notable simplificación del comportamiento real de la rejilla. Se usa la profundidad como un indicador de la resistencia a la flexión, $\frac{EI}{l_u^3}$. El procedimiento presupone que las

dimensiones de la rejilla, y en el caso de los métodos descritos en los apartados 6.4.3.2 y 6.4.3.3, el número de refuerzos y miembros dispuestos, en las dos direcciones, es aproximadamente similar: esta presunción explica por qué se utiliza en este caso la dimensión más corta de la rejilla, ya que para disposiciones similares la rejilla estará reforzada en la dirección más corta, que atraerá mayores esfuerzos. (análogo para las ecuaciones del forro).

6.4.3.5 Ejemplo de una rejilla que puede no cumplir los presupuestos rectores

Una rejilla en la que podría no satisfacerse la condición especificada en el apartado 6.4.3.4 sería aquella dispuesta, por ejemplo, a lo largo de 6000 mm en una dirección, con exactamente dos soportes de motores en hat que contuvieran fibra de carbono en las coronas, con aproximadamente diez hats de CSM/WR discurriendo a 90° con una dimensión de rejilla de 1500 mm.

No es posible proporcionar métodos de evaluación simplificados que cubran todas las configuraciones estructurales. La falta de estos métodos de evaluación simplificados en las Normas ISO 12215 no debe interpretarse como una exclusión del uso de otras disposiciones.

6.4.4 Transmisión de esfuerzos cortantes con respecto a los moldeados estilo “caja de huevos”

6.4.4.1 Ejemplo de buena práctica

Los refuerzos de las rejillas de caja de huevos, compuestos por elementos tipo hat son continuos en, por lo menos, una de las direcciones de la rejilla, y preferentemente en las dos. En donde la rejilla se haya pre-moldeado dejando un hueco en forma de cruz en el punto de intersección, se pega en este sitio un refuerzo anti-cizalladura, teniendo en cuenta la general baja resistencia de los componentes secundarios pegados. Cuando se utilice un pegado secundario, o donde el alma de la cuaderna sea continua solamente en una dirección de la rejilla, se incrementa en un 20% el área de del refuerzo anti-cizalladura requerido en la Norma ISO 12215-5.

6.4.4.2 Criterios de equivalencia

Cuando exista un hueco en forma de cruz y no haya continuidad de los esfuerzos cortantes en el estado final, la disposición se considerará aceptable si :

- el esfuerzo cortante inmediatamente adyacente al hueco en forma de cruz es inferior al 20% del esfuerzo cortante de diseño; o
- si se coloca un reforzado adicional por el exterior del punto de intersección, y se comprueba mediante cálculos o ensayos la idoneidad de este reforzado.

6.5 Parteluces de ventana (window mullions)

Un parteluz es un refuerzo que soporta la ventana (por ejemplo, el bastidor vertical de la ventana). Las grandes aberturas, con o sin ventanas, precisan la instalación de la estructura del parteluz. Los parteluces se deben analizar en las dos situaciones de carga que se pueden producir separadamente y se resumen a continuación.

NOTA Se admite que las cargas son transitorias y no se pueden producir simultáneamente.

- Situación de carga 1: baos simples que soportan una carga uniformemente distribuida equivalente a la carga lateral o frontal de una cabina, tal y como se define en la Norma ISO 12215-5, de acuerdo con su posición. La anchura cargada corresponde a la separación del parteluz donde se haya fijado la ventana. El esfuerzo admisible debería ser el que se especifica en la Norma ISO 12215-5.
- Situación de carga 2: puntales simples de soporte a compresión, que soportan una carga igual a la presión total sobre la estructura de cubierta, tal y como se define en la Norma ISO 12215-5, soportados por los parteluces divididos por el número de parteluces que soportan esta carga. La carga de rotura por compresión se debería calcular utilizando una fórmula estilo Ranking-Gordon o Perry-Robinson, que tienen en cuenta el comportamiento por interacción entre columnas y puntales. La carga de compresión debe ser por lo menos el doble de la carga aplicada como se ha calculado más arriba.

Con respecto al tratamiento de las ventanas:

- a) las ventanas que no estén unidas materialmente se consideran como no efectivas;
- b) para las ventanas unidas, se debe analizar conjuntamente la resistencia de los paneles y/o parteluces.

Como los cristales que se utilizan en las ventanas, por ejemplo el PMMA (acrílico) y el vidrio, son más frágiles que los materiales normales de construcción naval, el factor de seguridad debe ser mayor que el que se da en la Norma ISO 12215-5, y se debe tomar el de la Norma ISO 12216.

6.6 Soporte de los mástiles de las embarcaciones a vela

En la Norma ISO 12215-9 se dan detalles sobre el soporte de los mástiles de las embarcaciones a vela.

7 DETALLES ESTRUCTURALES ESPECÍFICOS PARA LAS CONSTRUCCIONES DE FRP

7.1 Reforzado local

7.1.1 Generalidades

Las zonas más vulnerables se deben proteger contra las pequeñas varadas, las fuerzas de atraque y/o remolque y el contacto con objetos flotantes (por ejemplo la roda, la quilla expuesta o las zonas de crujía, los codillos). Esta protección se puede realizar por reforzados locales, (por ejemplo con una defensa anti-rozamiento, cartabones, mamparos), un laminado adicional, un laminado solapado, etc.

En el apartado 7.1.2 se muestran diversos reforzados de buena práctica a base de un laminado extra o a solape.

7.1.2 Refuerzos de buena práctica mediante un laminado extra

7.1.2.1 Quilla protectora

En este contexto, una quilla protectora es un codillo pronunciado o un perfil que normalmente va a lo largo de la línea de crujía del casco y comprende la parte más baja del mismo. Un multicasco puede tener una quilla protectora en cada casco. Como la quilla de lastre de un velero es estrictamente una quilla protectora en este sentido, se deben sustituir los contenidos de este capítulo por los requisitos de la Norma ISO 12215-9. Si el fondo del casco fuese plano o redondeado sin un codillo pronunciado, se considera que el casco no tiene una quilla protectora en el sentido de este capítulo.

A continuación se describen, en a) y b), las características de una quilla protectora.

- a) Reforzado contra la abrasión y las pequeñas varadas: la quilla se refuerza para incrementar la resistencia a los impactos debidos a las pequeñas varadas. Esto se considera que se cumple si hay una zona laminada reforzada, tal y como se explica en la figura 10 y en la ecuación (1), dentro de los $(80 \times B_H)$ mm a partir de la línea de crujía.

NOTA El resultado se expresa en milímetros; B_H se expresa en metros.

- b) Resistencia suficiente para atraque y/o remolque: la quilla se diseña para poder soportar las cargas de atraque y/o remolque que la embarcación puede sufrir, sin fallo, distorsión ni fractura, con la masa del desplazamiento en carga, en cualquier punto de la quilla, a menos que se indique otra cosa sobre la varada en el manual del propietario. Esto se considera que se cumple si la quilla satisface las siguientes normas de buena práctica.

El módulo de la sección de la quilla alrededor del eje horizontal, SM_{QUILLA} , calculado en cm^3 debe ser al menos

$$SM_{QUILLA} = 1,4 \times 10^{-3} \times f_1 \times m_T \times L_H \tag{1}$$

donde m_T es la masa en la condición de remolque, en kg, de acuerdo con la Norma ISO 8666, y

$$f_1 = \frac{130}{\sigma_{fu}} \tag{2}$$

donde σ_{fu} es la carga de rotura a la flexión del laminado, en N/mm^2 .

Al calcular el módulo de sección real de la quilla, el espesor efectivo del forro (véase la Norma ISO 12215-5) es 20 veces el espesor del forro del fondo a cualquier lado de la quilla.

7.1.2.2 Roda protectora

La roda protectora es la parte más a proa del casco que va desde la línea de flotación en condiciones m_{LDC} hasta la cubierta, o la regala.

El laminado debe estar de acuerdo con el apartado 7.1.2.4 en las zonas que se indican en la figura 10, y dentro de los $(40 \times B_H)$ mm a partir de la línea de crujía.

NOTA El resultado se expresa en milímetros; B_H se expresa en metros.

7.1.2.3 Codillos protectores

Los esfuerzos de la flexión y la torsión global del casco tienden a concentrarse en los codillos. Además, los codillos son vulnerables a la abrasión. Por lo tanto, los codillos con un ángulo incluido de como mucho 130° se refuerzan de acuerdo con la figura 10 y el apartado 7.1.2.4, y dentro de $(40 \times B_H)$ mm desde la línea de la crujía.

7.1.2.4 Reforzado de las zonas protegidas

A continuación se especifica la masa mínima del reforzado de fibra de las zonas protegidas.

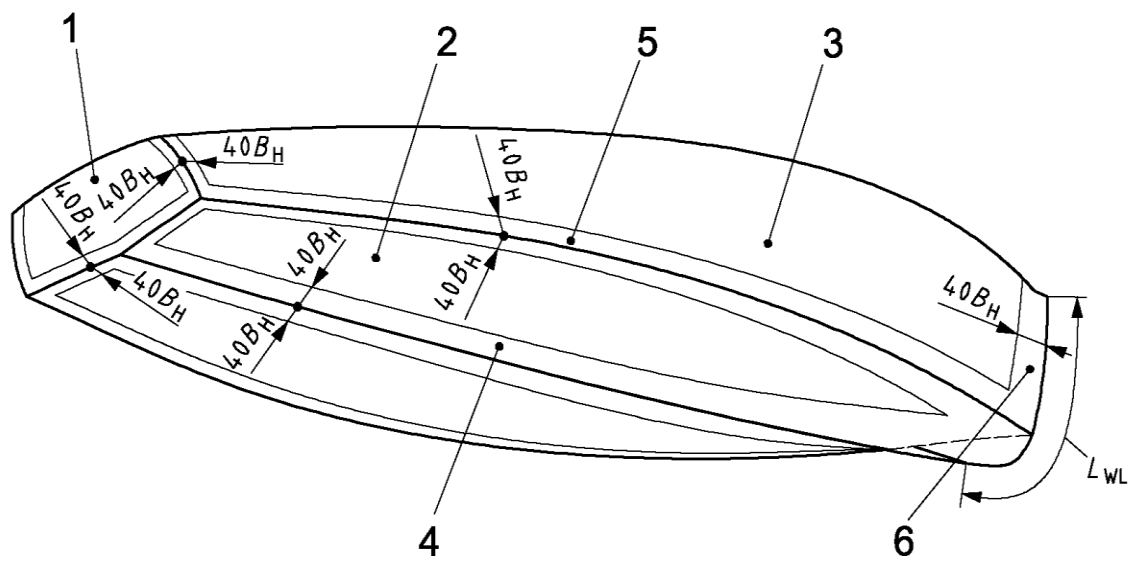
Para la quilla protectora, la roda y el codillo, la masa mínima de la fibra de vidrio seca del reforzado del fondo, $w_{min.}$, tal y como se define en la ecuación (47) de la Norma ISO 12215-5:2008, es:

- $(2,2 \times w_{min.})$ kg/m^2 para la quilla protectora;
- $(2,0 \times w_{min.})$ kg/m^2 para la roda protectora;
- $(1,7 \times w_{min.})$ kg/m^2 para el codillo protector.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

7.1.3 Criterios alternativos

La finalidad del apartado 7.1.2 es la de facilitar medidas cuantitativas de robustez, que bien pueden adoptarse por los constructores, o utilizarlas como referencia. Se pueden aceptar métodos alternativos de refuerzo local siempre que se pueda comprobar, bien por cálculos o por ensayos, que ofrecen un nivel similar de robustez al que se consigue utilizando el apartado 7.1.2.



- Leyenda
- 1

espejo de popa

2

chapas del fondo

3

chapas laterales

4

quilla protectora

5

codillo protector

6

roda protectora

B_H

manga del casco

L_{WL}

eslora en la flotación

Figura 10 – Zonas reforzadas del laminado

7.2 Pegado

7.2.1 Generalidades

Debe hacerse notar que el espesor del casco o de la cubierta requerido por la Norma ISO 12215-5 no incluye el espesor del ala para el trabado o el pegado del refuerzo a unir.

NOTA La razón para este requisito es que los requisitos de resistencia de la Norma ISO 12215-5 asumen un grado empotramiento del extremo del panel de entre el 100% y el 50%, lo que significa que el momento flector de diseño del panel puede tener lugar en el centro del panel y no necesariamente en los bordes. Además, no se beneficia del trabado entre las almas de los hats.

La conexión entre los elementos estructurales debe ser capaz de transmitir, con los mismos o menores esfuerzos de diseño, las fuerzas que se determinan en la Norma ISO 12215-5. Esta conexión se hace generalmente mediante un trabado, pegado, relleno con un adhesivo estructural, unión mecánica o una combinación de éstas. Se puede utilizar el método descrito en el anexo B para evaluar los esfuerzos en una línea pegada.

De acuerdo con estos cálculos, resulta que la conexión de miembros estructurales tiene que considerarse como una función de los esfuerzos cortantes o flujos de cizalladura que tienen que transmitir de acuerdo con la siguiente clasificación (véase también 11.6 y 11.7, así como las tablas 20 y 21 de la Norma ISO 12215-5:2008):

- a) Los hats diseñados para ser sometidos a unos esfuerzos cercanos a σ_d y τ_d , de acuerdo con la Norma ISO 12215-5, transmiten altos esfuerzos cortantes y flujos de cizalla.
- b) Los refuerzos altos, como costados de las literas o los elementos estructurales profundos, transmiten moderados esfuerzos cortantes y flujos de cizalladura.
- c) Los refuerzos muy altos, como los mamparos (cuando no están fuertemente cargados por mástiles o jarcia), transmiten bajos o moderados esfuerzos cortantes y flujos de cizalladura.

La consideración anterior explica por qué la conexión de un palmejar o una varenga de la quilla de lastre es más crítica que la de un mamparo (véase 7.2.4 para la unión de los mamparos).

7.2.2 Conexión de refuerzos mediante trabado (tabbing)

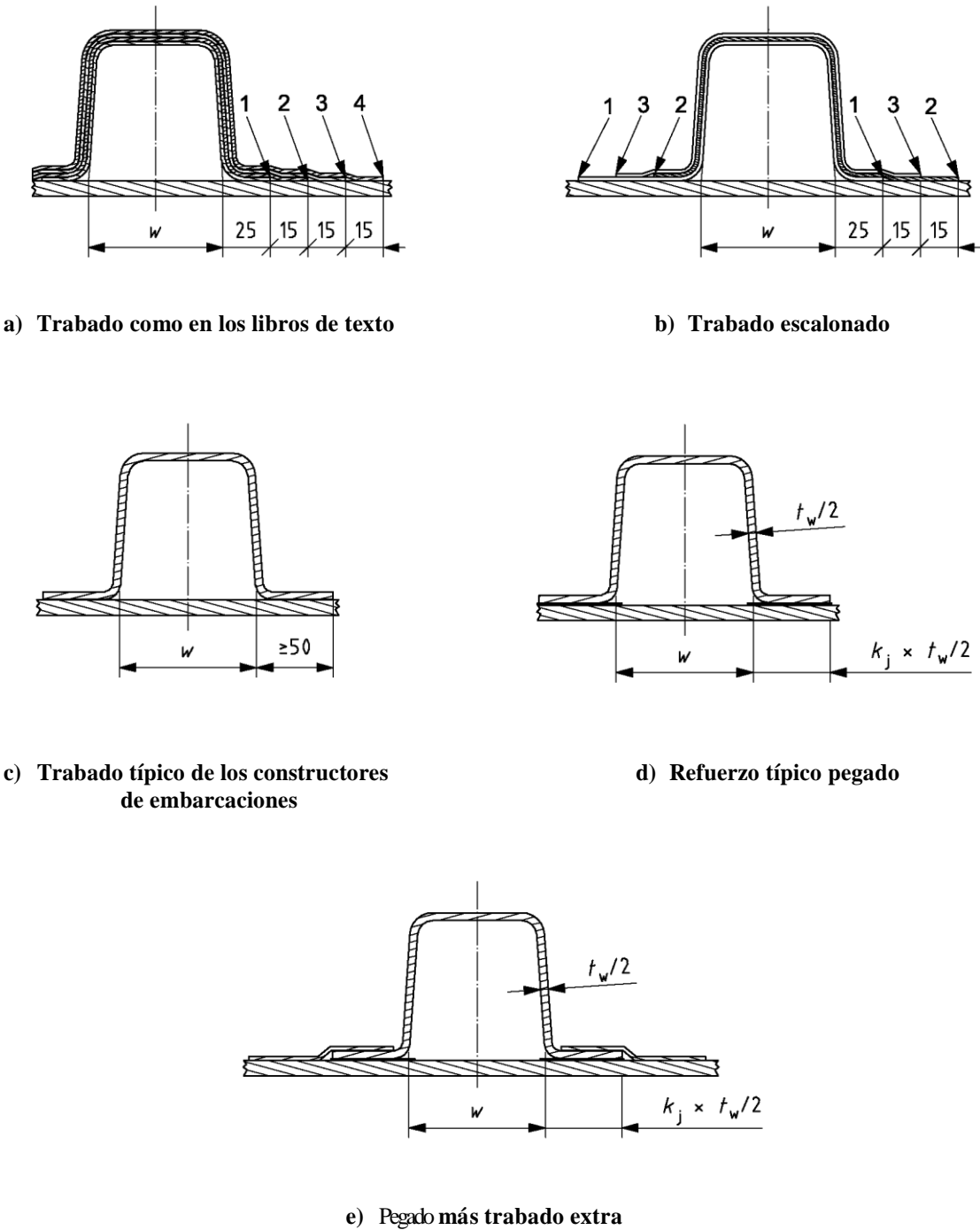
El trabado es una conexión por ángulos laminados *in situ*. Cuando el trabado se hace con un material similar al del refuerzo, el espesor total del trabado no debe ser mayor que el espesor total del refuerzo. Donde sea posible, es una buena práctica efectuar el trabado por ambos lados.

7.2.3 Conexión típica de un hat de FRP

7.2.3.1 Generalidades

En la figura 11 se dan cinco dispositivos típicos de buena práctica.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.



Leyenda

- 1, 2, 3 y 4 capas en orden de laminado
 k_j cola de ancho coeficiente
 t_w espesor total del sombrero de copa
 w anchura de la abertura

Figura 11 – Varias conexiones típicas de hats

7.2.3.2 **Trabado de hats como en los libros de texto [figura 11 a)]**

La figura 11 a) nos muestra una disposición de trabado para un refuerzo hecho con laminado de FRP sobre un molde. Es similar a la recomendada por los libros de texto o las sociedades de clasificación para los palmejares y cuadernas transversales: la primera capa tiene una anchura de 25 mm, la de las otras capas es de 15 mm por cada 0,600 kg/m² de fibra de vidrio. Cada capa cubre la anterior y se solapa en la anchura indicada. Para otras fibras distintas de las de vidrio, se puede usar para calcular el solape el método descrito en el anexo B.

Esta disposición está diseñada para asegurar que cada capa transmita su esfuerzo cortante directamente al forro, y no a través de las capas anteriores.

7.2.3.3 **Trabado de sombreros de copa de acuerdo con la práctica industrial [figuras 11 b) y c)]**

La figura 11 b) muestra un trabado intermedio entre las figuras 11 a) y c): trabado “escalonado”, quiere decir que todas las capas tienen la misma anchura, por ejemplo un laminado moldeado + [(2 × 25) + (2 × 15)] mm. La capa 1 sobrepasa a la anterior en 25 mm por la izquierda, la capa 2 sobrepasa a la anterior en 25 mm por la derecha, y la capa 3 está centrada con la anterior.

La figura 11 c), sin escalonamiento, es típica en la práctica de muchos constructores de embarcaciones. Esta configuración se ha comprobado satisfactoriamente en los palmejares de las embarcaciones por debajo de 12 m cuando se han fabricado por constructores que emplean las buenas prácticas de construcción naval. Sin embargo, los detalles locales, tales como éstos, dependen en gran medida de la habilidad del fabricante. El cumplimiento único de estas configuraciones típicas (por ejemplo, sin un soporte que evidencie su buen comportamiento) no garantiza una unión segura. La responsabilidad recae exclusivamente sobre el constructor, y la figura 11 c) tiene que considerarse solamente como indicativa. En el apartado 7.2.3.5 se trata de la evaluación de la anchura del trabado o el encolado.

7.2.3.4 **Buena práctica para hats prefabricados pegados, mediante liners o moldeados en bandeja [figuras 11 d) y e)]**

Los hats y los liners frecuentemente están prefabricados. La configuración que se muestra en la figura 11 d) corresponde a una disposición que se ha comprobado satisfactoria para los palmejares de una embarcación por debajo de 14 m, cuando ha sido ejecutada por constructores que utilizan las buenas prácticas de construcción naval.

La figura 11 e) muestra una capa extra de trabado, que se añade frecuentemente en las zonas con una alta concentración de esfuerzos, tales como las varengas que soportan la quilla de lastre.

7.2.3.5 **Ancho del trabado o el pegado**

La finalidad del trabado o del pegado es la de transmitir el esfuerzo cortante desde el forro al alma del refuerzo, utilizando la resistencia a la cizalladura interlaminar o del pegado del ala de conexión. En el anexo H de la Norma ISO 12215-5:2008 se ha tratado con cierta extensión este asunto.

Los valores que se dan a continuación dependen en gran medida de la habilidad del fabricante, del material específico y de la preparación de la superficie, por lo que deben tomarse solamente como guía. Se deben validar mediante ensayos o una larga experiencia práctica. Es también de gran importancia el espacio (gap) que queda entre el refuerzo y el forro, ya que los elementos de refuerzo no se adaptan fácilmente a la superficie del casco. En este caso, se deben emplear pegantes con una alta capacidad para rellenar estos espacios.

Las figuras 11 c) a la e) muestran el ancho del pegado del ala, *b_w*. El coeficiente *k_j* es la relación entre el ancho de la pega y la mitad del espesor del alma, tal y como se calcula en la ecuación (3):

$$k_j = \frac{b_w}{t_w} \cdot \frac{1}{2}$$

(3)

La relación calculada en la ecuación (3) debe ser mayor que el valor mínimo del coeficiente, *k_{jmin.}*, calculado en la ecuación (4):

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

$$k_{j\text{mín.}} = \frac{\tau_{dw}}{\tau_{db}} \tag{4}$$

donde

τ_{dw} es el esfuerzo cortante de diseño del alma del hat o del liner que se da en la Norma ISO 12215-5, en N/mm²;

τ_{db} es el esfuerzo cortante de diseño de la unión pegada (véase el capítulo B.3), en N/mm².

Consecuentemente, el ancho mínimo del alma pegada (bonding flange), $b_{w\text{mín.}}$, expresada en mm se debe calcular como se indica en la ecuación (5), pero no debe ser inferior a 50 mm.

$$b_{w\text{mín.}} = \frac{t_w}{2} \times \frac{\tau_{dw}}{\tau_{db}} \tag{5}$$

donde

$\frac{t_w}{2}$ es la mitad de la anchura del hat o del liner, en mm.

La tabla 2 nos da los valores de buena práctica de $k_{j\text{mín.}}$ para pegantes o pastas de poliéster o epoxi. Se pueden obtener, por interpolación, valores intermedios. En el anexo B se dan valores más precisos o detallados.

Tabla 2 – Valores de buena práctica de $k_{j\text{mín}}$ para los laminados de fibra de vidrio

Tipo de fibra de vidrio	Contenido de vidrio en masa ψ	Pegamento de resina o pasta de poliéster o viniléster	Epoxi curado en frío pegamento de resina o pasta
Mat/roving/cuadraxial	0,35	12	7
Double biax	0,35	20	11
Mat/roving/cuadraxial	0,50	14	8
Duble biax	0,50	23	13

No hace falta hacer el cálculo de la junta pegada para todos los refuerzos, sino solamente para una muestra representativa.

En el caso de una alta concentración de esfuerzos (uniones de varengas), se añadirá un trabado extra laminado *in situ*, como se muestra en la figura 11 e).

Si el esfuerzo cortante en el alma del refuerzo es menor o igual que el 80% del esfuerzo cortante intralaminar de diseño, entonces se pueden reducir los valores k_j como sigue. k_j es el que figura en la tabla 2 o en el capítulo B.4 multiplicado por $\frac{\tau_{aw}}{\tau_{dw}}$, donde τ_{aw} y τ_{dw} son respectivamente los esfuerzos cortantes de diseño y reales en el alma. Sin embargo, la anchura de la unión no debe ser inferior a 50 mm.

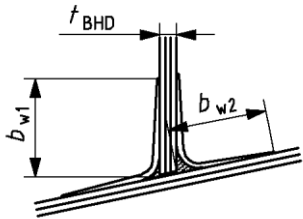
7.2.4 Otras aplicaciones de buena práctica para el trabado de mamparos, mamparos parciales, costados de literas, etc.

Cuando el miembro a conectar sea de laminado sólido, el espesor del trabado no debe ser superior al espesor, t_w , del ala a la que se une (véase la figura 12) si ésta es del mismo tipo de refuerzo.

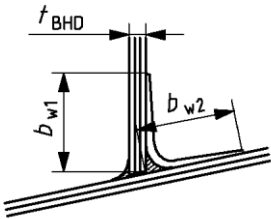
Cuando el miembro a conectar sea un laminado tipo sandwich, el espesor del trabado no debe ser superior al espesor de la cara del sandwich conectado, si éste es del mismo tipo de refuerzo.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

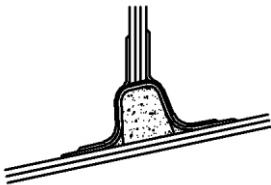
La figura 12 nos muestra la práctica típica empleada por muchos constructores. Se puede aplicar a cualquier tipo de refuerzo, incluyendo los liners pegados o las rejillas de refuerzo. Las configuraciones que se muestran en la figura 12 corresponden a disposiciones que se han probado satisfactoriamente cuando han sido ejecutadas por constructores que utilizan técnicas de construcción de buena práctica. Sin embargo, los detalles locales tales como éstos dependen en gran medida de la habilidad del fabricante. El solo cumplimiento de estas configuraciones típicas (por ejemplo sin ningún otro soporte que evidencie su buen funcionamiento) no garantiza una unión correcta. La responsabilidad descansa completamente en el constructor, por lo que la figura 12 se debe considerar solamente como indicativa.



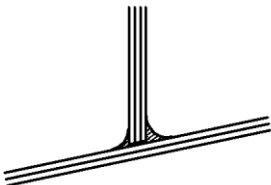
a) Trabado por ambos lados



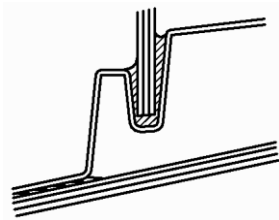
b) Trabado más grueso por un lado solamente



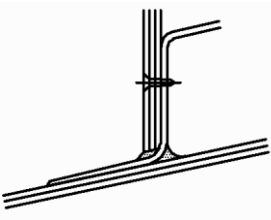
c) Trabado sobre un hat



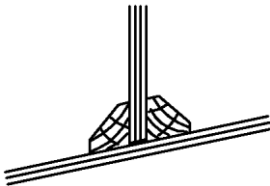
d) Pegado por ambos lados



e) Pegado en la ranura de un liner



f) Conexión mecánica más pegado con liner



g) Conexión con apoyos de madera pegados

Leyenda

b_{w1} , b_{w2} dimensión del trabado en ángulo
 t_{BHD} espesor del mamparo de contrachapado

Figura 12 – Conexiones típicas de mamparos

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

7.2.5 Conexiones de buena práctica entre mamparos de contrachapado y el casco

Cuando se conecte un mamparo de contrachapado al casco y a la cubierta, la unión debe ser estructuralmente eficiente y, en la medida de lo posible, se debe conectar por ambos lados. Como en cualquier otra clase de trabado, son críticas la selección del adhesivo, la preparación de la superficie de contacto y la mano de obra.

Se han encontrado satisfactorias, por los constructores, las siguientes disposiciones de buena práctica:

- a) Dimensión del trabado en ángulo (b_{w1} y b_{w2} en la figura 12) de $(3 \times t_{BHD})$ mm pero no mayor de 75 mm;
- b) Masa del refuerzo de la unión del trabado en ángulo de $(0,06 \times t_{BHD})$ kg/m².

NOTA 1 Las figura a) y b) anteriores se dan sólo como guía, y tienen que considerarse indicativas.

Estos valores se aplican para un trabado por ambos lados: si solamente se puede hacer por un lado, por falta de accesibilidad, constituye una buena práctica el aumentar la masa del laminado en un 30% a un 50%.

Para los mamparos de contrachapado tipo sandwich, t_{BHD} es el espesor combinado de las caras, que se considera que es aproximadamente igual.

Los mamparos de contrachapado pueden también pegarse al casco, o moldearse en bandeja o con un liner, si se demuestra que pueden transmitir, con un gran margen de seguridad, los esfuerzos cortantes que se determinan en la Norma ISO 12215-5.

NOTA 2 Un gran margen significa un esfuerzo de diseño de 0,25 veces el esfuerzo de rotura (véase el anexo B).

7.3 Uniones principales

7.3.1 Unión casco/cubierta

La unión casco/cubierta se debe diseñar y construir de forma que se consiga la integridad y continuidad entre el casco y la cubierta y, cuando proceda, para soportar las cargas de compresión de la flexión general (arrufo). Sin embargo, no necesita ser más resistente que el costado lateral o la estructura de la cubierta, cualquiera que sea el de menor resistencia.

La unión casco/cubierta de las embarcaciones con cubierta completa de las categorías de diseño A, B y C, debe ser estanca al agua. Esto también se aplica a la cubierta de las embarcaciones con cubierta parcial.

Uniones típicas casco/cubierta de buena práctica son (véase la figura 13):

- conexión con un sujetador mecánico (perno, remache, tornillo, etc.); en este caso se requiere normalmente una pieza interior de soporte de metal o madera;
- laminado de solape;
- Pegado;
- una combinación de estos tres métodos.

Cuando el arrufo o la unión casco/cubierta esté en la parte más ancha de la embarcación, constituye una buena práctica reforzarla para soportar las cargas debidas al atraque y al manejo desde tierra de la embarcación.

Cuando se requiere que la cubierta sea estanca al agua (por ejemplo por estabilidad), la unión casco/cubierta debe ser estanca al agua.

Cuando los laminados estén conectados mecánicamente, los sujetadores deben estar fabricados con un metal resistente a la corrosión o protegidos contra la corrosión. Los sujetadores deben estar separados y colocados de forma que no perjudiquen la eficacia de la unión. Las arandelas y las tuercas deben ser de materiales compatibles. Se deben sellar los bordes del laminado y los orificios para las sujeciones.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

Las siguientes disposiciones han sido encontradas satisfactorias por los constructores navales:

- a) pernos o tornillos de diámetro $(2,8 + 0,42 L_H)$ mm;
- b) pernos o tornillos separados $(190 + 4,25 L_H)$ mm;
- c) anchura del solape de $(4 \times L_H)$ mm, con un valor mínimo de 30 mm.

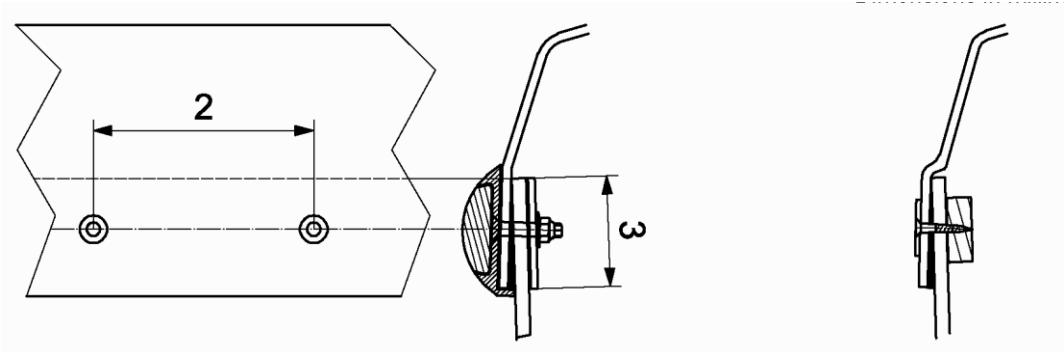
- NOTA 1 Los valores anteriores de a), b) y c) se dan como guía, y deben considerarse indicativos [véase la figura 13 a)].
- NOTA 2 Los valores anteriores de a), b) y c) están expresados en milímetros; L_H está expresada en metros
- NOTA 3 Los valores anteriores de a), b) y c) se aplican cuando se considera que la resistencia de la unión descansa solamente en la resistencia del perno (por ejemplo cuando el sellante eventual se considere que es solamente para estanquidad al agua). Si es un adhesivo-sellante y tiene una función significativa de unión, los valores anteriores son menos válidos.

En el caso en que la unión casco cubierta se haga exclusiva o principalmente mediante pegado, el constructor debe basarse en su práctica sobre pasadas experiencias y/o ensayos, y debe trabajar en estrecha conexión con el fabricante del compuesto pegante.

Se pueden utilizar disposiciones alternativas a las relacionadas anteriormente si se comprueba que son capaces de transmitir con eficacia las cargas de la conexión casco/cubierta; sin embargo, se recomienda basarse en una pasada experiencia satisfactoria.

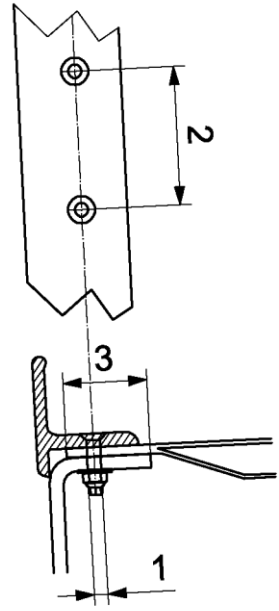
ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

Medidas en milímetros

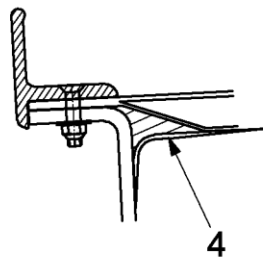


a) Unión vertical

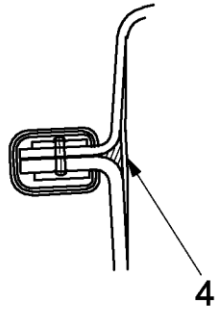
b) Unión vertical con un tornillo auto-roscante y agarre interior de madera o contrachapado



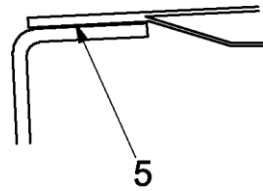
c) Unión horizontal con los borde intra - borda a nivel de cubierta



d) Unión horizontal con los bordes fuera - borda a nivel de cubierta



e) Unión horizontal



f) Unión horizontal pegada solamente

Leyenda

- 1 diámetro del perno/remache/tornillo
- 2 separación entre pernos
- 3 anchura del solape
- 4 laminado de estanquidad
- 5 unión encolada

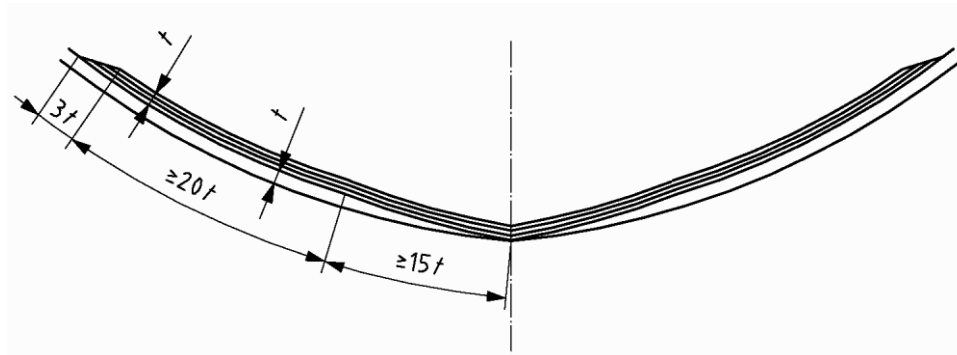
Figura 13 – Uniones típicas casco/cubierta

7.3.2 Unión en la línea de crujía

Cuando el casco se construye en dos mitades, éstas se deben conectar con capas de laminado solapadas consecutivamente. Se debe prestar atención a la adecuada preparación de las superficies antes de unir las.

El procedimiento de conexión que se muestra en la figura 14 y se explica más abajo, es una recomendación de buena práctica, para un casco de espesor t excluyendo una eventual quilla protectora.

La zona próxima a la línea de crujía se rebaja con una relación de achaflanado de 15/1. Luego se conectan las dos mitades mediante capas de un laminado de composición similar a las del casco, y en una anchura total, en mm, de $76t$ y con un espesor t , antes de la disminución progresiva de $[76 = 2 \times (15 + 20 + 3)]$ mm.



Leyenda

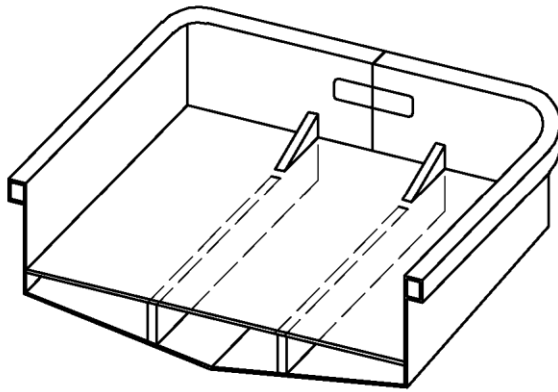
t espesor del casco

Figura 14 – Croquis de una unión en la línea de crujía

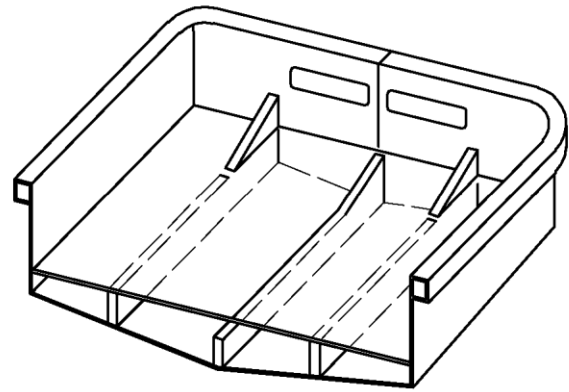
7.3.3 Espejos para la instalación de motores fuera borda e intraborda (sterndrive)

El diseño del espejo debe asegurar que los momentos flectores y el empuje desde el motor f/b o intraborda se transmitan a la estructura del casco sin crear excesivas tensiones.

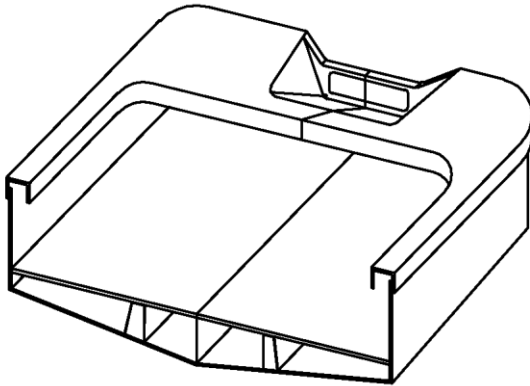
Los espejos para intrabordas se deben reforzar mediante cartabones o cualquier otra disposición que transmita las cargas del motor a la estructura. La figura 15 da diversos ejemplos de la configuración estructural típica del espejo. Cuando sea pertinente, se deben considerar las instrucciones del fabricante del motor.



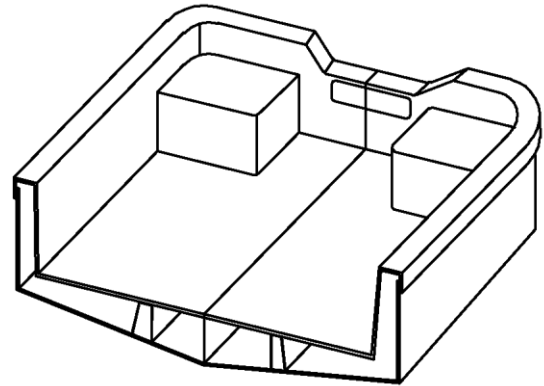
a) Espejo de popa reforzado con dos vagras de fondo para un solo motor



b) Tres vagras para dos motores



c) Cargas superiores soportadas por los costados de cubierta/pozo del motor
cargas inferiores soportadas por vagras y el piso de la bañera



d) Cargas superiores transferidas a los costados y fondo de la bañera mediante bancadas

Figura 15 – Ejemplos de configuraciones del espejo

El espesor mínimo del alma del contrachapado, $t_{\text{alma contr.}}$, expresado en mm, se calcula de acuerdo con la ecuación (6), y el valor obtenido se debe redondear al múltiplo más próximo de 5 mm:

$$t_{\text{alma contr.}} = 35 + 0,15P \quad (6)$$

El espesor mínimo de la capa interior del soporte del motor, $t_{\text{int.}}$, expresado en mm, se calcula de acuerdo con la ecuación (7):

$$t_{\text{int.}} = L_H^{0,55} \quad (7)$$

El espesor mínimo de la capa exterior del soporte del motor, $t_{\text{ext.}}$, expresado en mm, se calcula de acuerdo con la ecuación (8):

$$t_{\text{ext.}} = L_H^{0,55} + 0,085P^{0,5} \quad (8)$$

donde P es la potencia total del motor instalado a popa, en kW.

Estos valores sólo son válidos para motores fuera borda en los que $P < 100$ kW.

Es posible hacer otras disposiciones, siempre que las cargas del motor se transmitan eficazmente a la estructura de la embarcación.

7.4 Transición entre laminados

La transición entre zonas adyacentes de laminados debe ser gradual.

En buena práctica, la longitud de la transición entre laminados de diferente espesor pero de la misma configuración debe ser como mínimo de 20 veces la diferencia de espesor, y en las zonas fuertemente cargadas de 40 veces esta diferencia. Para diferentes configuraciones, esta longitud se debe ajustar al menor espesor de laminado.

Cuando haya cambios en las formas del casco, como en los codillos o en los límites del espejo, el reforzado se debe hacer a través y pasando el codillo, con los extremos de varias capas escalonadas. Se puede utilizar el ejemplo de buena práctica que se da en el apartado 7.1.2 (véase la figura 10).

7.5 Construcción en sandwich

La construcción en sandwich se debe considerar como un medio efectivo de limitar las deflexiones. Este método de construcción puede ser aconsejable con o sin un refuerzo adicional. Se debe tener en cuenta el riesgo de pelado de la cara exterior del sandwich debido a la presión hidráulica. Cuando un laminado en sandwich se transforme en un laminado sólido, constituye una buena práctica el que la zona de transición se extienda un mínimo de tres veces el espesor del núcleo.

7.6 Montaje de accesorios

El casco y/o la cubierta deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las cargas transferidas a la embarcación por los accesorios, tales como dispositivos de amarre (cornamusas) y remolque, púlpitos, candeleros, pasamanos, winches, traks, bases de poleas, etc.

El reforzado del laminado para estos accesorios se realiza generalmente por los siguientes métodos:

- laminado adicional;
- adosando o insertando refuerzos de contrachapado o metal;
- reemplazando el núcleo por otra de espuma de alta densidad, madera o insertos de contrachapado, que posean una resistencia a la compresión en la dirección de través del espesor por encima de 5 N/mm^2 , o mediante una transición a un laminado sólido; o
- mediante una combinación de los métodos anteriores.

Cuando se haga un inserto en sustitución del material de núcleo retirado, los bordes del núcleo restante y el laminado adyacente deben revestirse con resina para evitar la entrada de agua.

7.7 Bases del motor y vigas longitudinales (vagras)

7.7.1 Generalidades

Además de las consideraciones generales del apartado 6.3, todas las estructuras de soporte deben ser capaces de resistir y transmitir tanto las cargas de diseño calculadas en la Norma ISO 12215-5, como las superpuestas a éstas por cualquier carga adicional que pueda producirse durante el servicio previsto, asociadas con el motor. Estas cargas pueden incluir, pero no se limitan a:

- la masa del motor, teniendo en cuenta cualquier aceleración que actúe sobre el motor en el tipo de servicio para el que está previsto, tal como la debida a los movimientos verticales y laterales en alta mar, a los giros a alta velocidad, etc.;
- la fuerza del empuje, si está soportada por la bancada del motor y no por cojinetes de empujen que la soporten por separado;
- el momento torsional producido por la combinación del motor y la hélice;
- las vibraciones causadas por el funcionamiento del motor;
- el deslizamiento de las chumaceras del motor, debido a la carga constante de la masa del motor (incluso cuando está parado).

Estas cargas se introducen a menudo en la estructura como cargas puntuales.

Puede ser necesario tener en cuenta los efectos de la fatiga, principalmente en la zona de la hélice, en donde son frecuentes las vibraciones debido a las fluctuaciones de presión.

Los motores suelen descansar normalmente sobre soportes flexibles, para amortiguar las vibraciones. Se deben considerar los efectos del tipo de soportes sobre la alineación del motor y de la línea de ejes. Cuando el eje esté soportado por un arbotante de hélice, la disposición motor/reductor/hélice sigue normalmente una de las disposiciones siguientes, para evitar demasiados grados de libertad que puedan causar problemas de grandes vibraciones:

- a) motor/reductor sobre soportes flexibles, conexión rígida entre el reductor y el eje porta –hélice, y prensaestopas y eje “flotantes”;
- b) motor/reductor sobre soportes flexibles, conexión flexible entre el reductor y la articulación homocinética de la chumacera de empuje, y prensaestopas y eje “fijos”.

7.7.2 Bases del motor

Este capítulo describe las disposiciones más comunes. Puede haber disposiciones alternativas que sean igualmente satisfactorias. El fabricante y/o el diseñador se deben asegurar de que la disposición que se adopte sea adecuada para el tipo de servicio para el que está prevista la embarcación.

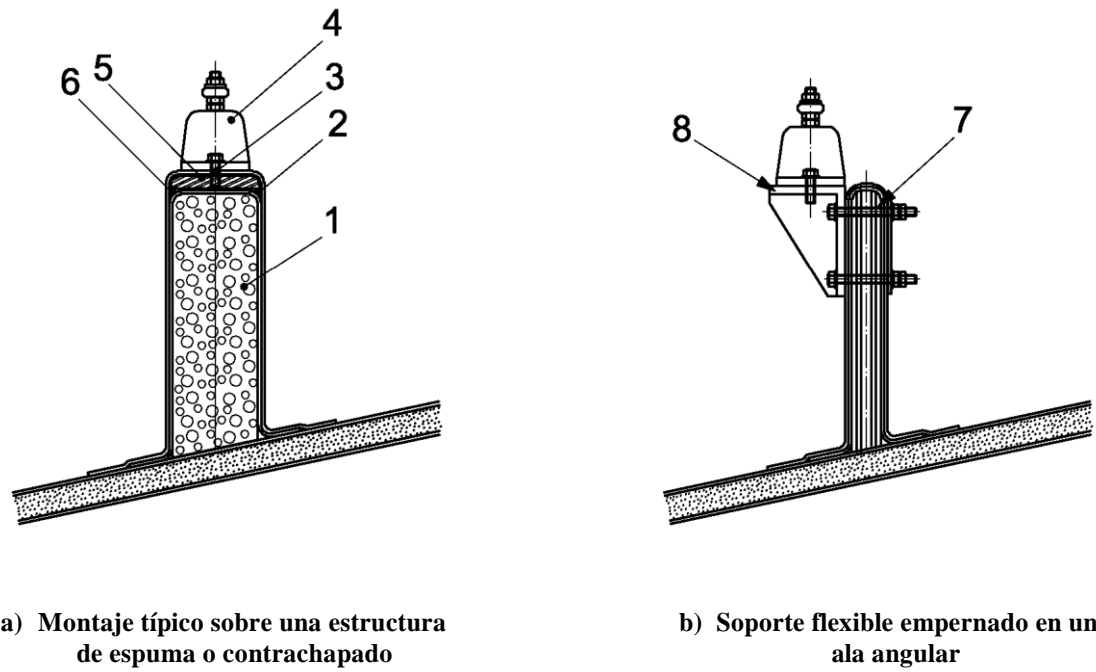
Los motores se colocan generalmente entre dos miembros longitudinales, llamados “bases del motor”. Estas bases proporcionan una adecuada transmisión de las cargas del motor a la estructura de alrededor. En las embarcaciones mayores, las bases del motor están típicamente soportados por varengas y mamparos. Estas se deben extender lo más posible a proa y popa de la estructura, pero pueden juntarse a proa y popa del motor, siempre que se mantenga una adecuada resistencia y rigidez. Se deben evitar en general los cambios bruscos en su altura o en su inercia, ya que pueden causar una concentración de esfuerzos. Donde terminen las bases, deben ser redondeadas o provistos de cartelas, o conectados de otra forma a la estructura de manera que se prevenga una concentración de esfuerzos, y en la medida de lo posible, para que se transmitan sus cargas verticales a la estructura.

En la figura 16 se muestran varias disposiciones típicas de motores de propulsión que pueden utilizarse con cualquier material (FRP, contrachapado, metal). Pueden existir otras disposiciones que sean igualmente satisfactorias.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

La figura 16 a) nos muestra un montaje típico sobre una estructura de espuma o contrachapado. El bloque flexible de soporte descansa sobre la parte superior de un hat. Se ha fijado con pernos atornillados en una platina de acero sobre-laminada. Si la estructura se hace de espuma, se debe tener cuidado para que los extremos de la platina carguen las almas de la estructura a compresión, de forma que no compriman la espuma.

La figura 16 b) muestra otra disposición típica, en la que el soporte flexible está empernado en un ala angular. Esta ala angular esta empernada sobre el contrachapado laminado o una vagra de metal.



- Leyenda
- 1 estructura de espuma o contrachapado
 - 2 la placa de acero sobrepasa la capa interior de la rejilla para la carga de compresión
 - 3 perno roscado
 - 4 soporte flexible del motor
 - 5 placa de acero sobrelaminado
 - 6 relleno epoxi
 - 7 rejilla de contrachapado laminado
 - 8 cartabón de metal embridado en L

Figura 16 – Ejemplos típicos de soportes de motores intra-borda

7.7.3 Bases de componentes que absorben empujes, tales como chumaceras de empuje y saildrives

Las chumaceras de empuje, los saildrives y otros componentes similares que absorban empujes, se colocan generalmente entre dos miembros longitudinales. Estos longitudinales deben procurar una transmisión de esfuerzos adecuada desde los componentes que absorben empujes hasta la estructura que los rodea. A proa y popa de estos componentes, los longitudinales se pueden unir en uno solo. En el mejor de los casos, el motor de propulsión principal se debe colocar sobre los mismos longitudinales. Las zonas donde terminan estos longitudinales, hay que redondearlas o proveerlas de cartelas, o conectarse de otra forma a la estructura, de manera que se eviten las concentraciones de esfuerzos.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

Toda la estructura de soporte debe ser capaz de resistir tanto las cargas de diseño calculadas en la Norma ISO 12215-5, como las superpuestas a éstas por cualquier carga adicional que se pueda razonablemente esperar que la embarcación tenga que soportar, por causa de los componentes que absorben empujes.

Estas cargas pueden incluir, pero no se limitan a:

- el peso de la unidad, teniendo en cuenta cualquier aceleración que actúe sobre la misma en el tipo de servicio previsto, tal como la debida a los movimientos verticales y laterales en alta mar, a los giros a gran velocidad y a las colisiones;
- la fuerza del empuje;
- la fuerza de arrastre hidrodinámico;
- el momento torsional producido por la combinación del motor y la hélice;
- las vibraciones causadas por la rotación de la hélice o por el funcionamiento del motor (transferidas a través del eje);
- las varadas.

Estar cargas se pueden introducir en la estructura como cargas puntuales.

7.8 Drenaje del casco

La unión de los refuerzos se debe hacer de forma que el agua no se quede atrapada. Se deben hacer las disposiciones necesarias para facilitar el paso libre del agua desde todas las partes de la sentina hasta las bombas de achique. Se deben sellar los bordes de las aberturas en la estructura. No se deben colocar las groeras (o las penetraciones de cables, etc.) cerca del flance de los refuerzos.

8 DETALLES ESTRUCTURALES ESPECÍFICOS PARA LAS CONSTRUCCIONES METÁLICAS

8.1 Detalles de diseño

Se debe prestar una atención especial a la continuidad estructural. Se deben evitar los cambios bruscos de perfil o sección, así como los ángulos vivos. Cuando cambie el ancho de una platina de refuerzo o la profundidad de un nervio, el rebaje no debe ser inferior al 33% [véase la figura 4 c)].

El diseño de los detalles de los miembros estructurales debe asegurar una transferencia adecuada de los momentos flectores y los esfuerzos cortantes en los cambios de sección. Cuando se considere necesario, se pueden utilizar las Normas ISO 12215-5 e ISO 12215-9 para verificar que se pueden transmitir los esfuerzos cortantes y los momentos flectores de diseño.

8.2 Conexiones de los extremos

Las conexiones de los extremos de los miembros estructurales deben proporcionar una adecuada fijación de los extremos y una transmisión efectiva de los momentos flectores y los esfuerzos cortantes al miembro que los soporta, así como una distribución de la carga por la estructura circundante.

8.3 Incremento del forro del casco

Constituye una buena práctica el incrementar el espesor del forro del casco en las zonas sometidas a rozamientos o desgastes, y si se considera relevante, en una cantidad que supere los escantillones mínimos requeridos en 0,5 mm por lo menos.

8.4 Quilla protectora

8.4.1 Generalidades

Si la embarcación está diseñada para vararse sobre su fondo, constituye una buena práctica instalar una quilla protectora y de varada.

Entre las quillas protectoras, son típicas las de barra, las de canal (cajón), las quillas planas (de llanta), etc.

8.4.2 Buena práctica para el módulo de la sección de la quilla protectora

Si se coloca una quilla protectora en una embarcación metálica, constituye una buena práctica el que el módulo de sección, SM_{QUILLA} , calculado en cm^3 , incluyendo una eventual quilla de barra y la chapa asociada, no sea inferior a

$$SM_{QUILLA} = 7 \times 10^{-4} \times f_1 \times m_{LDC} \times L_H \tag{9}$$

donde f_1 es el definido en el apartado 7.1.2.

Se debe prestar atención al pandeo de los salientes de las chapas y a las perforaciones de las chapas llanas.

Al calcular el módulo real de la sección de la quilla, la chapa efectiva asociada debe estar de acuerdo con la Norma ISO 12215-5.

8.5 Drenaje del casco

La unión de los refuerzos se debe hacer de forma que el agua no se quede atrapada. Se deben hacer las disposiciones necesarias para facilitar el paso del agua desde todas las partes de la sentina hasta las bombas de achique.

8.6 Cuartos de máquinas

Los motores principales y auxiliares deben asegurarse firmemente a la estructura del casco mediante bases de escantillones adecuados para resistir las cargas que se relacionan en el apartado 7.7.

8.7 Estándares de soldadura de buena práctica

8.7.1 Generalidades

Muchas normas EN o ISO contienen informaciones útiles para los procedimientos de soldadura (véanse en la Bibliografía las referencias [4] a la [15]).

En el anexo C se da un ejemplo de un buen procedimiento de soldadura; se recomienda su aplicación.

8.7.2 Criterios alternativos

La finalidad del anexo C es facilitar medidas cuantitativas de procedimientos de soldadura, que bien pueden adoptarse por los constructores, o utilizarse en los bancos de pruebas. Se pueden aceptar métodos alternativos siempre que se pueda demostrar, bien por cálculo o por ensayos, que alcanzan un nivel similar de resistencia, robustez, duración y estanquidad al que se consigue con el procedimiento descrito en el anexo C.

8.8 Buena práctica para el remachado o la unión con adhesivos

8.8.1 Generalidades

El remachado se puede utilizar como una conexión estructural. La buena práctica descrita en el apartado 8.8.3 es válida para todas las conexiones estructurales remachadas, y la buena práctica adicional descrita en el apartado 8.8.4 es válida para las conexiones estancas al agua.

8.8.2 Criterios alternativos

Se pueden aceptar métodos alternativos de remachado siempre que se pueda demostrar, bien por cálculo o por ensayos, que alcanzan un nivel similar de resistencia, robustez, duración y estanquidad al que se consigue con la aplicación de los apartados 8.8.3 u 8.8.4.

8.8.3 Buena práctica para las conexiones estructurales remachadas

8.8.3.1 Diseño

Las conexiones remachadas se diseñan generalmente para trabajar a cizalladura. Fuera del plano las cargas se transfieren normalmente por otros métodos. La geometría de las juntas remachadas asegura que los esfuerzos cortantes se distribuyan aproximadamente por igual entre todos los remaches. El esfuerzo cortante en los remaches se puede calcular utilizando el método descrito en el capítulo B.2.

Normalmente el diámetro del remache es por lo menos igual al espesor de la lámina más gruesa de la conexión, o al 25% del espesor de las láminas a conectar, la que sea la mayor dimensión. La distancia del remache al borde de la lámina debe ser como mínimo de 1,5 veces el espesor de la mayor. Las distancias longitudinales y transversales entre remaches deben ser como mínimo de 2,5 veces el diámetro del remache.

8.8.3.2 Material y tipo de los remaches

El material del remache debe ser preferiblemente el mismo del material base. No se debe volver frágil como consecuencia del trabajo en frío. Se debe escoger una combinación de materiales de forma que se evite la corrosión.

8.8.4 Buena práctica adicional para las conexiones remachadas estancas al agua

En las conexiones estancas al agua, los remaches se deben disponer en dos o más hileras. La distancia entre remaches adyacentes debe ser como máximo de 4 veces el espesor de la lámina más delgada.

9 BUENA PRÁCTICA PARA LA MADERA LAMINADA

9.1 Sellado de los bordes

La madera laminada y en particular el contrachapado prefabricado son muy vulnerables a la degradación por la entrada de agua. Se debe emplear una capa de sellado de resina u otra protección, incluyendo los bordes. Si se utiliza el contrachapado como “hormas” efectivas estructurales para los refuerzos de FRP, entonces el contrachapado debe recubrirse previamente con una resina adecuada.

9.2 Orientación del contrachapado

La resistencia y la rigidez del contrachapado consistente en unas pocas capas (cinco o menos) dependen en gran medida de la orientación de las vetas de la superficie. Esto se debe tener en consideración cuando se evalúen los escantillonados de acuerdo con la Norma ISO 12215-5, especialmente para:

- los paneles de contrachapado dispuestos de forma que las vetas de la superficie sean perpendiculares a la dirección más corta del panel; en este caso, se deben utilizar las propiedades perpendiculares a las vetas (véase el anexo E de la Norma ISO 12215-5:2008);
- mamparos de contrachapado con cortes sustanciales en los que las vetas de la superficie pueden formar varios ángulos con el eje local de las secciones menos profundas del contrachapado (véase el anexo E de la Norma ISO 12215-5:2008).

9.3 Escantillonados locales

9.3.1 Quilla protectora

Si la embarcación está diseñada para vararse sobre su fondo, constituye una buena práctica instalar una quilla protectora y de varada.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

9.3.2 Buena práctica para el módulo de sección de la quilla protectora

Si se coloca una quilla protectora en una embarcación de madera o contrachapado, constituye una buena práctica el que el módulo de sección, SM_{QUILLA} , calculado en cm^3 , incluyendo el forro asociado, no sea inferior a

$$SM_{QUILLA} = 2,8 \times 10^{-3} \times f_1 \times m_{LDC} \times L_H$$

(10)

donde

$$f_1 = \frac{65}{\sigma_{fu}}$$

(11)

y σ_{fu} es la carga de rotura por flexión de la madera, en N/mm^2 .

Al calcular el módulo real de la sección de la quilla, el forro efectivo (véase la Norma ISO 12215-5) debe ser 15 veces el espesor del forro del fondo, a ambos lados de la quilla.

9.3.3 Buena práctica para el codillo protector

Cuando se fije, constituye una buena práctica el tener el tronco del codillo con el área de la sección transversal superior a $0,7 \times L_H^{1,6} cm^2$ y $0,12 \times t_b^2 cm^2$.

La profundidad debe estar comprendida entre el 50% y el 60% de la anchura y ofrecer una superficie de contacto de 2,5 veces, como mínimo, el espesor del forro del fondo.

También son adecuadas otras configuraciones, como las que utilizan cordones de epoxi.

9.4 Criterios alternativos

La finalidad de este capítulo es la de proporcionar medidas cuantitativas de robustez, que, bien pueden adoptarse por los constructores, o utilizarse en los bancos de pruebas. Se pueden aceptar métodos alternativos de reforzado local, siempre que se pueda demostrar, bien por cálculos o por ensayos, que alcanzan un nivel similar de robustez al que se consigue con este capítulo.

10 CONSIDERACIÓN DE OTRAS CARGAS

Además de la presiones de diseño y de las cargas consideradas en las Normas ISO 12215-5, ISO 12215-7, ISO 12215-8 e ISO 12215-9, se deben considerar las cargas siguientes:

- a) Varada en dique (basándose en la masa normal de varada de la embarcación);
- b) Izado (basándose en la masa normal de izado de la embarcación y el número de puntos de izado);
- c) Encallamiento (véase la Norma ISO 12215-9);
- d) Remolque (basándose en la velocidad mínima con respecto al gobierno de la embarcación, viento y marea);
- e) Fondeo;
- f) Atraque/amarre;
- g) Transporte en un vehículo por carretera.

Estas cargas no están explícitamente definidas en las Normas ISO 12215 y pueden ser difíciles de calcular en algunos casos. Sin embargo, se debe proveer un adecuado reforzado local teniendo en cuenta lo anterior. Estas cargas son locales, y se deben transmitir efectivamente a la estructura del casco.

11 OTROS COMPONENTES ESTRUCTURALES

11.1 Generalidades

Algunos componentes estructurales tienen fórmulas explícitas de escantillado, dadas en las Normas ISO 12215-5, ISO 12215-7, ISO 12215-8 e ISO 12215-9 (es decir, la estructura del casco, el timón, la quilla, las planchas de cadenas, los baos), pero hay otros componentes, no cubiertos anteriormente, que también es necesario considerar.

11.2 Estructura y conexión del timón

Véase la Norma ISO 12215-8.

En los timones suspendidos, la mecha está normalmente soportada en dos puntos para evitar una estructura estática-mente indeterminada:

- un punto bajo, normalmente cerca del fondo del casco, y
- un punto alto, normalmente cerca de la cubierta o de una consola intermedia.

En estos puntos bajos y altos, el casco, la cubierta o la consola deben ser suficientemente fuertes, o se deben reforzar, para transferir las cargas verticales/laterales de la mecha (por ejemplo las cargas de los cojinetes del timón o de la sujeción de los machos).

Cuando el timón esté unido al espejo de popa, este último se debe reforzar convenientemente para soportar las cargas del timón o de sus accesorios.

11.3 Unión de la quilla

Véase la Norma ISO 12215-9.

11.4 Introducción y distribución de las cargas de la jarcia

Véase la Norma ISO 12215-9.

11.5 Otros componentes estructurales no considerados en otras partes

Cuando no sea posible efectuar cálculos, se deben aplicar los requisitos generales de esta parte de la Norma ISO 12215. En particular, los escantillones calculables en otras partes de la Norma ISO 12215 para la estructura adyacente deben servir de referencia base para asignar los escantillones de los siguientes componentes:

- talones del codaste (skegs) (véase la Norma ISO 12215-9);
- arbotantes de la hélice (struts);
- pescantes (davits);
- ventanas (véase la Norma ISO 12216);
- dispositivos de ventilación (conductos de aireación y de ventilación);
- mástiles de radar.

ANEXO A (Normativo)

DISPOSICIONES ESTRUCTURALES PARA LAS EMBARCACIONES DE LAS CATEGORÍAS C Y D

A.1 Generalidades

Este anexo concierne a los requisitos de las disposiciones estructurales de las embarcaciones de las categorías de diseño D o C, que pueden optar a utilizar el anexo A de la Norma ISO 12215-5:2008, tal y como se especifica en su capítulo 5, o esta parte de la Norma ISO 12215. Estas embarcaciones pueden construirse de plástico reforzado con fibra, con laminado sólido o en sandwich, aluminio o aleaciones ligeras de acero, contrachapado, tablones de madera o laminados de madera moldeada.

A.2 Resistencia y reforzado del casco

A.2.1 Espesor de los forros y reforzado local

El casco, la cubierta y las cabinas deben satisfacer los requisitos de espesor mínimo del anexo A de la Norma ISO 12215-5:2008. Para determinar el espesor mínimo del forro requerido por el anexo A de la Norma ISO 12215-5:2008, se debe conocer el ancho del panel local dl del forro “ b ”, en donde b se mide entre “refuerzos” en los bordes del panel. Estos refuerzos pueden ser refuerzos convencionales, mamparos, estructuras internas tales como bancadas o frentes de literas, moldeados interiores o refuerzos “naturales” como son los codillos del casco, los pantoques, los bordes de cubierta, la quilla, etc. En el capítulo 7 de la Norma ISO 12215-5:2008 se muestran las medidas de b para las disposiciones típicas de refuerzos.

Para ser considerado un refuerzo, a los efectos de este apartado, la estructura del refuerzo debe ser “soportadora de cargas”. Esto quiere decir que el refuerzo debe tener la suficiente resistencia para que cualquier flexión de los paneles del forro tenga lugar entre refuerzos; por ejemplo el refuerzo no debe flexionarse simultáneamente con el panel. En los anexos A y G de la Norma ISO 12215-5:2008 se pueden determinar las dimensiones mínimas del refuerzo adecuado de las bulárcamas o palmejares de un perfil convencional, contruidos con FRP, madera o metal.

Estos refuerzos que soportan cargas deben estar unidos efectivamente al forro adyacente mediante una unión mecánica, pegado, reforzado con fibra, trabado, soldado, o cualquier otro método apropiado para los materiales a unir. La unión del refuerzo al forro del casco se debe hacer también de forma que se minimicen las cargas puntuales que puedan producir una distorsión local del mismo (véanse las notas sobre materiales de construcción más abajo).

Más adelante se dan diversos ejemplos de buena práctica, se pueden adoptar otras disposiciones siempre que se consiga la rigidez total necesaria.

A.2.2 Rigidez conjunta de la estructura del casco

A.2.2.1 Generalidades

Se debería asegurar el cumplimiento de los requisitos del anexo A de la Norma ISO 12215-5:2008 sobre el espesor del forro mediante el reforzado local de la estructura, pero puede ser necesario hacer otras consideraciones para asegurarse de que la rigidez general de la estructura del casco es suficiente para prevenir cualquier distorsión que nos lleve a un posible daño estructural.

Más adelante se dan diversos ejemplos de buena práctica, que son apropiados para cada tipo de cubierta, pero también se pueden escoger otras disposiciones si se comprueba que proporcionan la rigidez total necesaria.

A.2.2.2 Buena práctica para embarcaciones abiertas

Las embarcaciones sin cubierta tienen materiales estructurales adicionales en el perímetro del forro del casco, tales como palmejares de regala o de defensa, faldillas o galones, que refuerzan el borde superior del forro del casco. En las discontinuidades que pudiera haber en el perímetro del casco (por ejemplo, en los ángulos del espejo de popa), se debe reforzar la estructura con codillos adicionales de un radio adecuado.

En las embarcaciones menores abiertas, se pueden utilizar las bancadas para proporcionar una rigidez transversal adicional, en cuyo caso los extremos deben estar efectivamente unidos al forro del casco, de forma que distribuyan la carga para evitar los puntos cargados y las subsiguientes distorsiones (véase la figura 3).

A.2.2.3 Buena práctica para embarcaciones con cubierta parcial

En las embarcaciones con cubierta parcial, la cubierta debe estar unida efectivamente al forro del casco para prevenir los movimientos locales, y debe estar soportada de forma que se eviten las cargas puntuales sobre el forro del casco (véase 6.3).

Se deben evitar los ángulos vivos sobre la cubierta, para prevenir las zonas con altos esfuerzos que puedan producir una rotura (véase 6.3).

A.2.2.4 Buena práctica para embarcaciones con cubierta completa

En las embarcaciones con cubierta completa, se deben disponer el casco y la estructura de la cubierta de forma que se prevenga que la cubierta se mueva independientemente del casco. En las embarcaciones con espacio interior suficiente, esto se consigue normalmente mediante una combinación de mamparos o mamparos parciales, bulárcamas, baos, cuadernas de anillo o arbotantes.

En las embarcaciones menores con cubierta completa en las que el espacio interior entre el casco y la cubierta no es accesible fácilmente, la rigidez suficiente puede conseguirse mediante pegado o si no conectando zonas del casco a la cubierta o al piso de la bañera directamente o mediante una estructura interna diseñada con este fin.

A.2.3 Distribución de cargas

La disposición estructural debe asegurar una transición suave de las cargas a través de la estructura. A este respecto se cita a continuación algunas buenas prácticas:

- los refuerzos no deben terminar de forma abrupta, sino que deben continuar en la otra estructura reforzada para evitar la concentración de puntos cargados, o deben tener sus extremos rebajados;
- las cargas puntuales concentradas no deben descansar sobre chapas sin soporte, sino que se deben transmitir a la estructura circundante mediante refuerzos o miembros que las soporten;
- las aberturas en el forro del casco, cubierta u otras estructuras que soporten cargas deben tener sus ángulos con radios abiertos; se deben evitar los ángulos vivos (véase 6.3.3).

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

ANEXO B (Informativo)

DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE EN UN REFUERZO
CON UNIONES PEGADAS O REMACHADAS

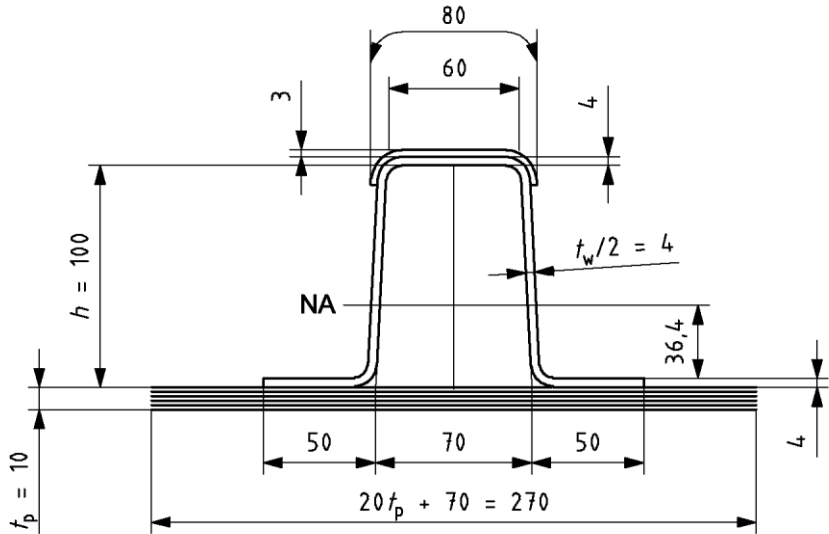
B.1 Generalidades

El contenido de este anexo es la aplicación del método de análisis de refuerzos que se explica en los anexos G y H de la Norma ISO 12215-5:2008. En consecuencia, aquí sólo se contemplan los detalles específicos que conciernen a la unión de los refuerzos.

B.2 Esfuerzo cortante y flujo de cizalladura en un refuerzo

Se utiliza el ejemplo de refuerzo tipo hat que figura en el anexo H de la Norma ISO 12215-5:2008.

Medidas en milímetros



Leyenda

- NA eje neutro
- h altura del refuerzo
- tp espesor de la chapa
- tw espesor total del refuerzo tipo hat

Figura B.1 - Refuerzo tipo Hat

El flujo de cizalladura, q , expresado en N/mm, viene definido en el apartado H.2.1.6 de la Norma ISO 12215-5:2008.

Para una cinta de forro de 1 mm de ancho,

$$q = F \frac{Q \times E}{E \times I_{NA}} \quad (B.1)$$

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

y para un refuerzo,

$$q = \frac{F \times E \times A \times z_{CANA}}{E \times I_{NA}}$$

(B.2)

donde

F es el esfuerzo cortante máximo, en N;

Q es el primer momento de área, en mm³;

E es el módulo elástico en el plano del elemento de refuerzo, en N/mm³;

$E \times I_{NA}$ es la rigidez a la flexión del refuerzo y chapa combinados en torno al eje neutro, en N/mm²;

A es el área de la sección transversal desde el punto a otro del borde del refuerzo, en mm²;

z_{CANA} es la altura del centroide de A al eje neutro, en mm.

En la columna 23 de la tabla H.4 de la Norma ISO 12215-5:2008, el flujo de cizalladura varía desde 0 N/mm en los extremos superior e inferior del refuerzo, hasta 255 N/mm en NA (eje neutro), y es 225 N/mm en la unión entre el forro y el ala.

Como se ve en la tabla H.4 de la Norma ISO 12215-5, es de una importancia primordial la resistencia del laminado o el pegante de unión. El esfuerzo cortante medio en el ala del fondo, τ_{MED} , calculado en N/mm², es:

$$\tau_{MED} \frac{225}{100} = 2,25$$

(B.3)

y el factor de cumplimiento, c_f , es:

$$c_f = \frac{\tau_d}{\tau_{MED}} = \frac{8,2}{2,25} = 3,64$$

(B.4)

B.3 Esfuerzo cortante de diseño en una unión laminada o pegada

En el método descrito en este anexo, dada la importancia de la resistencia de la unión pegada, el primer paso a dar es el de evaluar los esfuerzos de diseño en la unión laminada o pegada.

La distribución de los esfuerzos en una unión laminada o pegada es compleja. La ecuaciones (B.1) a (B.4) anteriores para los esfuerzos cortantes y flujos de cizalladura son unas simplificaciones, y no sirven para las concentraciones de esfuerzos. Además, la naturaleza visco-elástica de los adhesivos requiere mantener en un nivel bajo los esfuerzos de diseño, para limitar el deslizamiento y asegurar la durabilidad de la unión.

Por estas razones, la resistencia de diseño en las uniones requiere un factor de seguridad mayor que el de otros materiales estructurales, tales como el FRP, la madera o el metal.

En consecuencia, el esfuerzo cortante en la unión, $\tau_{unión}$, calculado en N/mm², es:

$$\tau_{unión} = 0,2 \tau_{unión}$$

(B.5)

donde $\tau_{unión}$ es el esfuerzo cortante de rotura de la unión:

Los datos se pueden tomar de la tabla B.1, a menos que se disponga de valores específicos comprobados.

Tabla B.1 – Esfuerzos cortantes nominales y de diseño en una unión laminada o pegada

Adhesivo	Esfuerzo cortante de rotura en la unión $T_{\text{unión}}$ N/mm ²	Esfuerzo cortante de diseño en la unión $T_{\text{dunión}}$ N/mm ²
Resina o pasta de poliéster o viniléster	15	3
Epoxi curado en frío	27	5,4
Pasta tipo epoxi	40	8

La parte inferior de la tabla H.4 de la Norma ISO 12215-5:2008 concierne a esta resistencia de la unión. Con un laminado o pasta de resina de poliéster, el esfuerzo cortante de diseño en la unión es de 3 N/mm^2 , como se indica en la tabla B.1 superior. Consecuentemente, el factor de cumplimiento, c_f , tiene un valor aceptable:

$$c_f = \frac{T_{\text{dunión}}}{T_{\text{MEDunión}}} = \frac{3}{2,24} = 1,33$$

Para otros refuerzos pegados, en particular los de madera, se debe usar el mismo método para evaluar la resistencia de una unión pegada. No obstante, las proporciones de los refuerzos dadas en el anexo G de la Norma ISO 12215-5:2008 son tales que los esfuerzos de la unión pegada generalmente no son críticos.

B.4 Valores de k_j

Los valores de k_j definidos en el apartado 7.2.3.4 se han relacionado en la tabla B.2 utilizando los dos primeros valores de las uniones pegadas de la tabla B.1 para los esfuerzos cortantes de diseño del pegante/pasta, y los valores de las tablas C.4 a) y C.4 b) de la Norma ISO 12215-5:2008, para las almas de los refuerzos. Los valores de τ_d y k_j se han redondeado al número entero más próximo; b_a es la anchura de la línea de pegado.

NOTA En la tabla H.4 de la Norma ISO 12215-5:2008 se puede observar que el flujo de cizalladura en la unión pegada (225 N/mm) es ligeramente inferior al flujo al nivel NA (255 N/mm), y que los valores dados en la tabla B.2 son ligeramente conservadores.

Tabla B.2 – Resistencia de la unión pegada de rotura y de diseño

Resina/pegante/pasta de poliéster o viniléster							Resina/pegante/pasta de epoxi curado en frío						
T_d laminado pegado o pasta de la tabla B.1	Valores de b_a/t_w para pegamento T_d						T_d laminado pegado o pasta de la tabla B.1	Valores de b_a/t_w para pegamento T_d					
	Esfuerzo cortante interlaminar del anexo C de la Norma ISO 12215-5:2008			Valores de k_j del apartado 7.2.3.4				Esfuerzo cortante interlaminar del anexo C de la Norma ISO 12215-5:2008			Valores de k_j del apartado 7.2.3.4		
3,0							5,4						
Ψ	MR ^a T_d	DB $\pm 45^\circ$ T_d	Quad ^c T_d	MR	DB $\pm 45^\circ$	Quad	Ψ	MR T_d	DB $\pm 45^\circ$ T_d	Quad T_d	MR	DB $\pm 45^\circ$	Quad
	N/mm ²							N/mm ²					
0,35	33	59	36	11	20	12	0,35	33	59	36	6	11	7
0,40	35	63	39	12	21	13	0,40	35	63	39	6	12	7
0,45	37	67	41	12	22	14	0,45	37	67	41	7	12	8
0,50	39	70	43	13	23	14	0,50	39	70	43	7	13	8
0,55	41	74	45	14	25	15	0,55	41	74	45	8	14	8
0,60	43	77	47	14	26	16	0,60	43	77	47	8	14	9

NOTA Los resultados significativos están sombreados.

^a MR = mat/roving.

^b DB \pm 45 = doble bias \pm 45°.

^c Quad = cuadraxial equilibrado (0/45/90/-45).

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

B.5 Evaluación aproximada del flujo de cizalladura

Un método aproximado para evaluar el flujo de cizalladura consiste en dividir el esfuerzo cortante, F_d , por la altura entre el CGS de la parte superior e inferior del ala del refuerzo. Este método se puede utilizar solamente para un cálculo preliminar.

En el caso del ejemplo de la tabla H.4 de la Norma ISO 12215-5:2008, la altura total es de 121 mm, de los que se deduce la mitad del espesor de las dos alas superiores ($7/2 = 3,5$ mm), más la mitad del espesor del ala del fondo, el forro ($10/2 = 5$ mm). La altura para una evaluación aproximada es entonces de $121 - 3,5 - 5 = 112,5$ mm. El flujo de cizalladura “aproximado”, q , expresado en N/mm, se calcula como

$$q = \frac{F_d}{h_{eq}} = \frac{26\,950}{112,5} = 240 \text{ N/mm}$$

que está comprendido entre el valor máximo de 255 N/mm y el valor en la unión del ala de 225 N/mm.

Este valor se puede usar para una evaluación aproximada de la unión pegada, o puede multiplicarse por 1,10 para una evaluación más conservadora.

B.6 Determinación de las uniones remachadas

B.6.1 Teoría

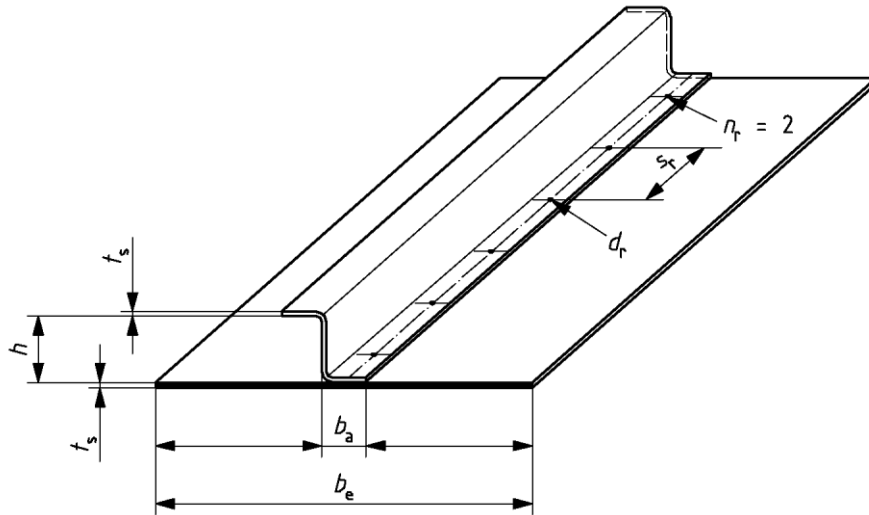
Después de haber calculado el flujo de cizalladura para una unión pegada, como se ha explicado más arriba, f_r , expresado en N, se calcula mediante la ecuación (B.6):

$$f_r = \frac{q \times s_r}{n_r} \tag{B.6}$$

donde

s_r es la separación entre remaches, en mm;

n_r es el número de remaches por hilera.



Leyenda

- | | |
|-------|--|
| b_a | anchura de la línea de unión |
| b_c | anchura efectiva de la chapa unida |
| d_r | diámetro del remache |
| h | altura del centro del panel o del punto medio del refuerzo por encima de la flotación en plena carga |
| n_r | número de remaches por hilera |
| s_r | separación entre remaches |
| t_r | espesor del ala de los refuerzos |

Figura B.2 – Croquis de un refuerzo remachado

B.6.2 Criterios de diseño

La fuerza por remache, f_r , no debe ser superior a la fuerza de diseño que el remache puede transmitir, que es el menor de los resultados de las ecuaciones (B.7), (B.8) y (B.9) que figuran a continuación.

La resistencia a la cizalladura por remache, f_{rs} , expresada en N, es

$$f_{\text{rs}} = \frac{\tau_{\text{d}} \times \pi \times d_{\text{r}}^2}{4} \quad (\text{B.7})$$

La fuerza por remache en el apoyo del remache sobre el ala del fondo del refuerzo, $f_{rbremac}$, expresada en N, es

$$f_{\text{rbremac}} = 1,8 \times \sigma_{\text{d}} \times d_{\text{r}} \times t_{\text{s}} \quad (\text{B.8})$$

La fuerza por remache en el apoyo del remache sobre la pancha, $f_{rbchapa}$, expresada en N, es

$$f_{\text{rbchapa}} = 1,8 \times \sigma_d \times d_r \times t_p \quad (\text{B.9})$$

donde

d_r es el diámetro del remache, en mm;

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

τ_d es la fuerza cortante de diseño sobre el remache de acuerdo con la Norma ISO 12215-5 para los refuerzos, en N/mm^2 ;

σ_d es el esfuerzo de tensión de diseño sobre el refuerzo de acuerdo con la Norma ISO 12215-5 para refuerzos, en N/mm^2 ;

t_s es el espesor del ala del refuerzo, en mm;

t_p es el espesor de la chapa, en mm.

B.6.3 Ejemplo de trabajo

El ejemplo de trabajo que se muestra en las tablas B.3 y B.4 analiza el caso de un refuerzo de aluminio de 3 mm de espesor remachado sobre una lámina de aluminio de 4 mm y un refuerzo, ambos fabricados con EN AW 5083 H 111, y los remaches fabricados con EN AW 5383 H 34 (véase la tabla F.1 de la Norma ISO 12215-5:2008).

Tabla B.3 – Cálculo de una conexión remachada

Datos principales			Análisis de los remaches			Análisis del ala del refuerzo		
Flujo de cizalladura q	100,0	N/mm	Esfuerzo cortante en el remache τ	70,7	N/mm^2	-	-	-
Diámetro del remache	6	mm	Factor de cumplimiento por cizalladura τ_d/τ	1,07	-	-	-	-
Separación entre remaches	40	mm	Espesor de los apoyos	3,0	mm	Espesor de los apoyos	3,0	mm
Nº de hileras	2	-	Esfuerzo de apoyo en el remache	111	N/mm^2	Esfuerzo de apoyo en el ala	111	N/mm^2
Fuerza/remache requerida	2 000	N	Factor de cumplimiento en el apoyo σ_{db}/σ	2,12	-	Factor de cumplimiento en el apoyo σ_{db}/σ	1,83	*

Tabla B.4 – Propiedades mecánicas del remache y la plancha de acuerdo con la tabla F.1 de la Norma ISO 12215-5:2008

Propiedad	Remache de material EN AW 5383 H 34			Refuerzo de material EN AW 5083 H 111		
Tracción	remache σ_d	131	N/mm^2	remache σ_d	113	N/mm^2
Cizalla	remache τ_d	76	N/mm^2	remache τ_d	65	N/mm^2
Apoyo	remache $\sigma_{db} = 1,8$ remache σ_d	236	N/mm^2	remache $\sigma_{db} = 1,8$ remache σ_d	203	N/mm^2

En este ejemplo, la importancia del flujo de cizalladura requiere dos hileras de remaches con un diámetro de 6 mm. La condición límite es el esfuerzo cortante del remache, con un factor de cumplimiento a la cizalladura de justo por encima de 1. La condición del apoyo no es crítica.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

ANEXO C (Informativo)

**PROCEDIMIENTOS DE BUENA PRÁCTICA DE
SOLDADURA**

C.1 Generalidades

Los materiales de acero y aluminio deben satisfacer los requisitos de la Norma ISO 12215-3 o del anexo F de la Norma ISO 12215-5:2008.

Las uniones soldadas se deben diseñar para ser accesibles, para asegurar una soldadura resistente y fácil de inspeccionar. Los detalles relevantes se deben indicar en el programa de soldeo, que se debe completar y debe estar disponible antes de que comience la construcción.

La secuencia de soldeo de las láminas a tope y de los chaflanes de los elementos estructurales a las láminas, debe ser tal que se minimicen las tensiones residuales y las deformaciones de la estructura. La secuencia de soldadura se debe haber completado y debe estar disponible antes de que comience la construcción.

El ensamblaje de las chapas y de los elementos estructurales debe corresponder fielmente al programa de soldadura. Los detalles de diseño para asegurar los espacios entre las láminas y los miembros que se van a unir tienen que ser los previstos para producir soldaduras resistentes.

Las juntas soldadas se deben diseñar para proporcionar un flujo gradual de fuerzas, en la medida de lo posible, sin cambios bruscos de sección o espesor, y sin entalladuras estructurales.

Los cambios de profundidad del alma o de ancho de las caras de las llantas o las alas de los miembros, no deben exceder de 1 sobre 3.

Cuando la diferencia de espesor de los forros es superior a 3 mm, la lámina más gruesa debe rebajarse hasta un chaflan que no exceda de 1 sobre 3.

Por regla general se deben evitar los parches de refuerzo (doublers), pero, cuando se tengan que utilizar, no deben de ser más gruesos de 1,5 veces el espesor de la lámina a la que se vayan a unir. Estos doublers deben unirse mediante cordones continuos de soldadura alrededor de los bordes del mismo, y, cuando sea necesario, alrededor de los bordes de las ranuras de soldadura.

Se debe evitar la acumulación local de soldaduras. Las soldaduras a tope deben estar separadas como mínimo $(50 \text{ mm} + 4 t)$ y deben distar como mínimo $(30 \text{ mm} + 3 t)$ de los cordones de soldadura, en donde t es el espesor de la soldadura.

Las aberturas que se hagan en las almas de los miembros estructurales para una posterior soldadura a tope o por cordones, deben tener unos radios no inferiores a 25 mm o $2t$, el que sea el mayor. Los cordones de soldadura se deben revestir alrededor de los bordes de estas aberturas.

**C.2 Procesos de
soldadura**

**C.2.1 Soldadura de
acero**

Las láminas de acero y los miembros estructurales se deben soldar mediante soldeo manual de arco (MMA) o arco sumergido (SAW). Se pueden considerar también otros procesos, como el soldeo de metales con gas inerte (MIG) o tungsteno (TIG), y el soldeo con láser o por arco de plasma.

**C.2.2 Soldadura de
aluminio**

Las láminas de aluminio y los miembros estructurales se deben soldar con los métodos de gas inerte (MIG) o tungsteno (TIG). Se pueden considerar también otros métodos, como la soldadura por fricción y por láser.

C.3 Limpieza de las superficies

C.3.1 Elementos de acero

Se deben liberar todas las superficies a soldar de todo tipo de humedad, grasa, virutas sueltas, herrumbres, pintura u otros contaminantes, mediante un cepillo de alambre o un esmerilado.

Pueden subsistir las capas de imprimación, siempre que se demuestre que no tienen un efecto adverso sobre la calidad de la soldadura.

Se deben retirar de los bordes a soldar las escorias y las cascarillas, después de cada pasada y antes de ejecutar la siguiente.

C.3.2 Elementos de aluminio

Se deben utilizar disolventes adecuados o medios mecánicos para retirar el aceite, la grasa las marcas indelebles y cualquier otro contaminante de las cercanías o de la zona a soldar.

Las películas de óxido se deben retirar de las superficies a unir inmediatamente antes de la soldadura, por cualquier medio adecuado mecánico o químico.

C.4 Soldaduras a tope

C.4.1 Generalidades

Todas las soldaduras de láminas a tope se deben realizar con penetración total, soldadas por ambos lados, si bien las láminas con un espesor ≤ 2 mm se pueden soldar por un lado solamente. Inicialmente, la soldadura a tope se debe realizar por un lado, a continuación se descascarilla la soldadura para poder soldar correctamente por el otro lado, se limpia y se completa la soldadura.

Las soldaduras de láminas a tope se pueden realizar solamente por un lado, siempre que se hayan colocado pletinas del mismo material que los elementos a soldar por el otro lado, y se indiquen los detalles a realizar en el programa de soldadura.

A continuación se dan unas recomendaciones generales para la preparación de los bordes de las soldaduras a tope.

C.4.2 Preparación de bordes - láminas de acero

Lo siguiente se aplica generalmente en los procesos de soldeo con los métodos MMA, MIG y TIG:

- Láminas de bordes cuadrados: el espesor máximo debe ser de 6,5 mm para soldeo manual, y chapa de 19 mm para soldeo automático;
- V simple (60° incluido el ángulo): el espesor máximo debe ser de 19 mm para soldeo manual y de 25 mm para soldeo automático;
- V doble (60° incluido el ángulo): sin límite de espesor.

C.4.3 Preparación de los bordes - Láminas y chapas de aluminio

Lo siguiente se aplica generalmente en los procesos de soldeo con los métodos MIG y TIG:

- Láminas de bordes cuadrados: el espesor máximo debe ser de 6 mm;
- V simple (80° incluido el ángulo): el espesor máximo debe ser de 25 mm;
- V doble (80° incluido el ángulo): sin límite de espesor.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

C.4.4 Separaciones de raíz y caras de raíz

Las separaciones de raíz entre las chapas y las caras de raíz deben ser las adecuadas para facilitar el acceso del electrodo o varilla de soldadura y asegurar una soldadura correcta.

C.4.5 Cordones de soldadura

C.4.5.1 Generalidades

Los miembros estructurales se deben unir a las laminas del forro, cubierta o mamparos, y los mamparos se deben unir al forro y a la cubierta mediante cordones de soldadura.

Los cordones de soldadura sometidos a altos esfuerzos locales, por ejemplo en las zonas de transmisión de cargas, tales como en las conexiones de extremos, conexiones de cartabones y otro tipo de soportes que faciliten conexiones, deben ser continuos por ambos lados de los miembros a soldar, por ejemplo cordones dobles continuos de soldadura con un tamaño de garganta de $\frac{s_w}{l_w} = 1,0$, obtenido utilizando la ecuación (C.1).

También se recomiendan los cordones dobles continuos de soldadura en las zonas susceptibles de corrosión, como son las sentinas, tanques de agua, fondos de los tanques de combustible o en los espacios o lugares en los que se puedan acumular condensaciones, rociadas o pérdidas de agua.

En todas las zonas en las que se hayan recomendado cordones dobles continuos de soldadura, los cordones de soldadura deben ser continuos alrededor de los extremos de los refuerzos o cortes efectuados, para sellar todos sus bordes.

En las zonas menos cargadas que no sean vulnerables a los efectos de la corrosión, se pueden utilizar cordones de soldadura alternados de forma intermitente.

Cuando se utilicen cordones alternados de forma intermitente, la longitud mínima de cada cordón no debe ser inferior a 10 t, pero tampoco debe ser superior a 75 mm, y la distancia máxima que quede sin soldar a cada lado de la chapa no debe ser superior a 25 t.

Cuando la separación entre los miembros de una conexión en T sea superior a 1 mm, se debe incrementar el tamaño del flanco del cordón de soldadura en una longitud igual a la separación menos 1 mm.

C.4.5.2 Conexiones de los extremos de los cordones de soldadura

Cuando los miembros estructurales se unan a cartabones, la longitud del brazo de la conexión soldada al cartabón no debe generalmente ser inferior a 1,5 veces la profundidad del miembro. La conexión se debe hacer mediante cordones doble de soldadura continuos de un tamaño de garganta no inferior al que se da en la ecuación (C.1).

El solape del cartabón sobre el miembro perpendicular a la longitud del brazo no debe ser generalmente inferior a 25 mm, o de la profundidad requerida para proporcionar un adecuado acceso para soldarlo completamente alrededor del solape.

Cuando las conexiones de los extremos se hagan sin cartabones y el miembro se encuentre a tope con el otro miembro soporte, todos los elementos que se hayan tomado como efectivos para el cálculo del módulo de sección requerido, por ejemplo el alma y el ala, se deben unir al miembro soporte mediante cordones dobles de soldadura continuos de un tamaño de garganta no inferior al que se da en la ecuación (C.1).

Cuando un miembro estructural se solape sobre otro miembro estructural sin cartabones, los miembros se deben unir totalmente alrededor del solape mediante cordones dobles de soldadura continuos de un tamaño de garganta no inferior al que se da en la ecuación (C.1). En estos casos, el área total de la soldadura no debe ser generalmente inferior al área de la sección del miembro menor.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

C.4.5.3 Tamaños de los cordones de soldadura

Los cordones de soldadura deben ser triangulares en su sección transversal con el flanco del cordón, w , siendo la longitud de la unión la del cordón de soldadura de cada uno de los miembros que se van a conectar (véase la figura C.1).

La resistencia del cordón de soldadura se basa en la dimensión de la garganta, a , del cordón.

El tamaño de la garganta del cordón de soldadura depende del espesor del miembro que se vaya a unir y de la zona en la que se haga la soldadura, por ejemplo una zona altamente cargada o una zona poco cargada.

El tamaño básico de la garganta del cordón de soldadura; a , expresado en mm, no debe ser inferior al calculado en las ecuaciones (C.1) y (C.2) (véase la figura C.1):

$$a \geq 0,70 \times t \times C \times \frac{s_w}{l_w} + 1$$

(C.1)

$$a \geq 0,70 \times w$$

(C.2)

donde

t es el espesor del miembro a unir, en mm;

C es el factor de soldadura que se da en la tabla C.2;

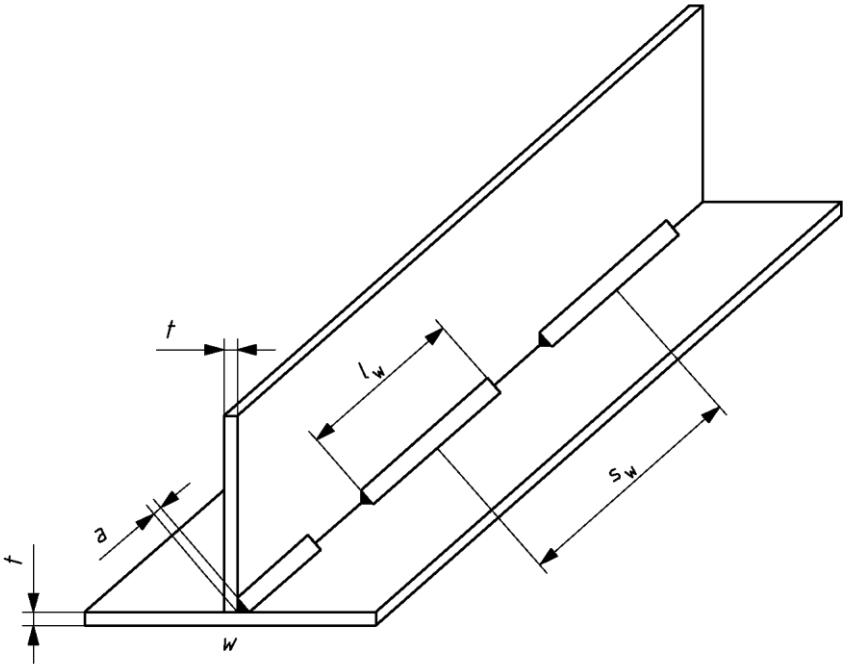
l_w es la longitud de los cordones de soldadura intermitentes, sin contar los cráteres, en mm;

s_w es la distancia entre los centros de los cordones de soldadura intermitentes, en mm;

w es el tamaño del flanco del cordón de soldadura, en mm.

El tamaño de la garganta no debe ser inferior al requerido por la ecuación C.1, o al que se da en la tabla C.1, cualquiera que sea el mayor.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.



Leyenda

- a dimensión de la garganta del cordón de soldadura
- l_w longitud del cordón de soldadura intermitente, sin contar los cráteres
- s_w distancia entre los centros de los cordones de soldadura intermitentes
- t espesor del miembro a unir
- w tamaño de flanco de cordón de soldadura

Figura C.1 – Dimensiones de un cordón de soldadura intermitente

Tabla C.1 – Tamaño mínimo de la garganta de un cordón de soldadura

Espesor de la chapa a soldar	Tamaño mínimo de la garganta del cordón de soldadura
t mm	a mm
$t \leq 3$	2,0
$3 < t \leq 4$	2,0
$4 < t \leq 5$	2,5
$5 < t \leq 10$	3,0
$10 < t \leq 15$	3,5
$15 < t$	4,0 o $(0,20 \times t)$, cualquiera que sea el mayor

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

C.4.5.4 Longitud total de los cordones intermitentes

Constituye una buena práctica el que la longitud de los cordones de soldadura intermitente no sea inferior al:

- 50% de la longitud total para las conexiones en el fondo y costado del casco, incluyendo los tanques estructurales;
- 40% de la longitud total para las conexiones en cualquier otro lugar.

El tamaño del cordón de soldadura debe satisfacer los requisitos de la tabla C.1 o los de la tabla C.2, cualquiera que sea el mayor. En los extremos de todos los refuerzos, las soldaduras deben ser continuas dobles a lo largo de los últimos 75 mm desde el final.

C.4.6 Ensayos de calificación de soldadores

Se deben efectuar ensayos de calificación de soldadores para las soldaduras a tope, utilizando la preparación de los bordes de las chapas, la separación entre chapas, las dimensiones de las caras de raíz y las posiciones de soldadura con las que se va a realizar luego el proceso de soldadura, y de la forma que se indica en el programa de soldadura. Los ensayos de calificación para los cordones de soldadura se deben realizar utilizando los detalles y las posiciones que se van a usar en la producción, y con las posiciones que se van a usar en la producción, y tal y como se indica en el programa de soldadura.

Se debe verificar la calidad de las soldaduras resultantes utilizando ensayos no destructivos o destructivos.

Se pueden admitir desviaciones a la preparación de bordes indicada en los apartados C.4.2 y C.4.3 basándose en un ensayo satisfactorio de calificación de soldadores.

Tabla C.2 – Factor de soldadura

Miembro estructural		Factor de soldadura	
		C	
		Acero	Aluminio
Varengas, transversales y vagras de fondo	Al forro del fondo	0,16	0,18
	Al forro del fondo pasando por la hélice, arbotantes y maquinaria	0,25 DC ^a	0,25 DC ^a
	Al fondo interior o a una pletina de refuerzo	0,12	0,14
Varengas y transversales de fondo	A las vagras de fondo	0,30 DC	0,30 DC
Vagras de fondo	A los mamparos, transversales o varengas	0,30 DC	0,30 DC
Cuadernas	Al casco	0,14	0,16
	Al casco pasando por la hélice, arbotantes y maquinaria	0,25 DC	0,25 DC
	Al fondo interior o a una pletina de refuerzo	0,12	0,14
Vagras, transversales y palmejares	Al costado del casco	0,14	0,16
	A la cubierta y mamparos pasando por los tanques	0,16	0,18
	A la cubierta y mamparos sin pasar por los tanques	0,14	0,16
	A una pletina de refuerzo		

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

PROYECTO DE NORMA TÉCNICA COLOMBIANA		NTC		DE 271/18	
Miembro estructural		Factor de soldadura		C	
		Acero	Aluminio		
Baos, longitudinales y refuerzos	A la cubierta	0,12	0,14		
	A los bordes de tanques y frentes de casetas	0,12	0,14		
	A los mamparos estancos y costados y extremos de casetas	0,12	0,14		
Bases de motores	Al casco y a las pletinas de refuerzo	0,40 DC	0,40 DC		
Mamparos y bordes de tanques	A los interiores no estancos	0,14	0,16		
	Estancos o expuestos a la intemperie	0,38 DC	0,38 DC		
	Bordes de tanques	0,40 DC	0,40 DC		
Cubiertas	Bordes internos no estancos	0,25	0,25		
	Bordes estancos	0,38 DC ^b	0,38 DC ^b		
	Bordes de la cubierta resistente	0,38 DC ^b	0,38 DC ^b		
Todos los extremos de las conexiones	Miembros a cartabones	0,40 DC	0,40 DC		
	Cartabones al casco, cubiertas o mamparos	0,40 DC	0,40 DC		
	Miembros directamente a otros miembros, sin cartabones	0,50 DC	0,50 DC		
	Planchas de cadenas al casco, u otros miembros	0,50 DC	0,50 DC		
Timones	Interiores a las chapas de costado	0,30	0,30		
	Interiores horizontales a la mecha del timón o a la madre vertical	0,50 DC	0,50 DC		
Cartabones del eje	Al núcleo y a las insertos en el casco	Penetración total	Penetración total		
^a DC: “soldeo doble continuo”.					
^b En donde el espesor de cubierta sea inferior a 12,5 mm, la soldadura interior puede ser intermitente.					

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

ANEXO D (Informativo)

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL

D.1 Generalidades

Está generalmente aceptado que el escantillonado de los diversos tipos de pequeñas embarcaciones cubiertas por la serie de Normas ISO 12215 está regido por las cargas locales.

Ocasionalmente, se debe llevar a cabo cálculos de la flexión de las vagras del casco (resistencia longitudinal), tal y como se ha indicado en el apartado 6.2.

El siguiente procedimiento no pretende servir como un cálculo completo de la resistencia longitudinal. Su finalidad es la de identificar las embarcaciones en las que las cargas locales pueden no regir el escantillonado en todas las zonas. Cualquier embarcación que no cumpla con los criterios que se establecen en este anexo se considera que necesita una evaluación más completa de la resistencia global.

Esta evaluación está fuera del objeto y campo de aplicación de esta parte de la Norma ISO 12215, y requiere que se hagan cálculos de ingeniería más completos. El procedimiento que se describe a continuación se limita a la evaluación de la resistencia de las estructuras de la cubierta bajo los momentos de arrufo. Se considera que estos momentos son los más críticos.

D.2 Máximo momento de flexión

El momento máximo de flexión vertical sobre el casco, M_{VCASCO} , expresado en $N \cdot m$, es

$$M_{VCASCO} = k_{GLOB} \times m_{LDC} \times L_H \tag{D.1}$$

donde el factor k_{GLOB} tiene los siguientes valores:

- para las embarcaciones a motor, $k_{GLOB} = 0,5 + 0,6 n_{CG}$;
- para las embarcaciones a vela, $k_{GLOB} = 2,7$;

y donde n_{CG} es el factor de carga dinámica.

Las otras dimensiones ya se han definido.

La estructura resistente a este momento flector se debe evaluar por compresión para la cubierta (generalmente el factor límite en el análisis de la resistencia longitudinal), o por esfuerzo de tracción para el fondo o la quilla.

D.3 Esfuerzo de compresión de la cubierta

El esfuerzo de compresión de diseño para la flexión global, σ_{DK} , expresado en N/mm^2 , se calcula por

$$\sigma_{DK} = M_{VCASCO} \times z_{DK} \times \frac{E_{DK}}{EI_{NA}} \tag{D.2}$$

donde

z_{DK} es la distancia vertical desde la cubierta al eje neutro de la vagra del casco en la línea de crujiá, en mm.

E_{DK} es el módulo elástico (promedio) de la cubierta, en $N \cdot mm^2$;

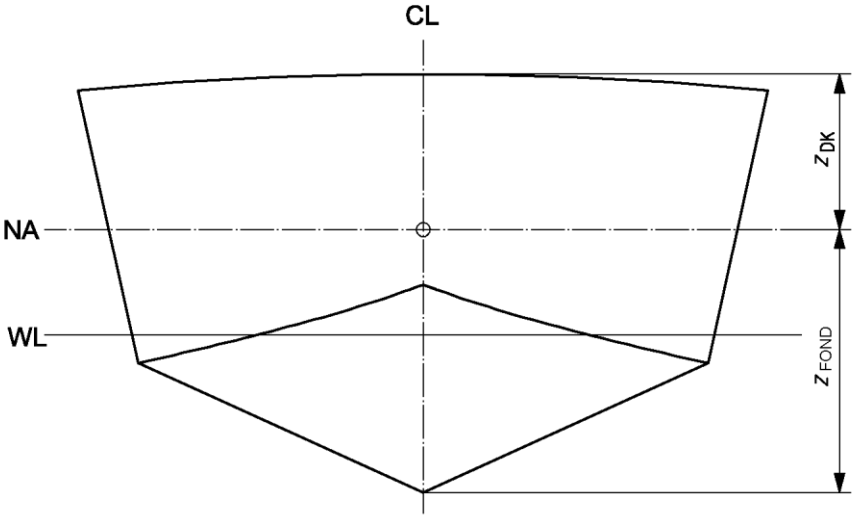
ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

EI_{NA} es la rigidez a la flexión de la vagra del casco en la línea de crujía, en $N \cdot mm^2$, sin tener en cuenta cualquier estructura de caseta que pudiera haber (en la línea de crujía) con una eslora inferior a $\frac{L_H}{2}$.

σ_{DK} , expresado en N/mm^2 , no debe ser superior a los siguientes valores:

- $\sigma_{DK} \leq 0,7 \sigma_{YW}$, donde σ_{YW} es la resistencia del producto soldado para los metales, tal y como se define en la Norma ISO 12215-5;
- $\sigma_{DK} \leq 0,5 \sigma_{UC}$, donde σ_{UC} es la fuerza de rotura por compresión otros materiales, tal y como se define en la Norma ISO 12215-5;
- $\sigma_{DK} \leq 0,8 \sigma_{crx}$, donde σ_{crx} es el esfuerzo crítico de pandeo del panel, tal y como se define en el capítulo D.4.

La figura D.1 explica la relación entre z_{DK} y z_{FOND} , que es la distancia vertical desde el eje neutro de la vagra del casco en la línea de crujía hasta el fondo del casco.



Leyenda

CL	línea de crujía
WL	línea de flotación
NA	eje neutro
z_{DK}	distancia vertical desde la cubierta al eje neutro de la vagra del casco en la línea de crujía
z_{FOND}	distancia vertical desde el eje neutro de la vagra del casco en la línea de crujía hasta el fondo del casco

Figura D.1 – Sección del casco y cubierta

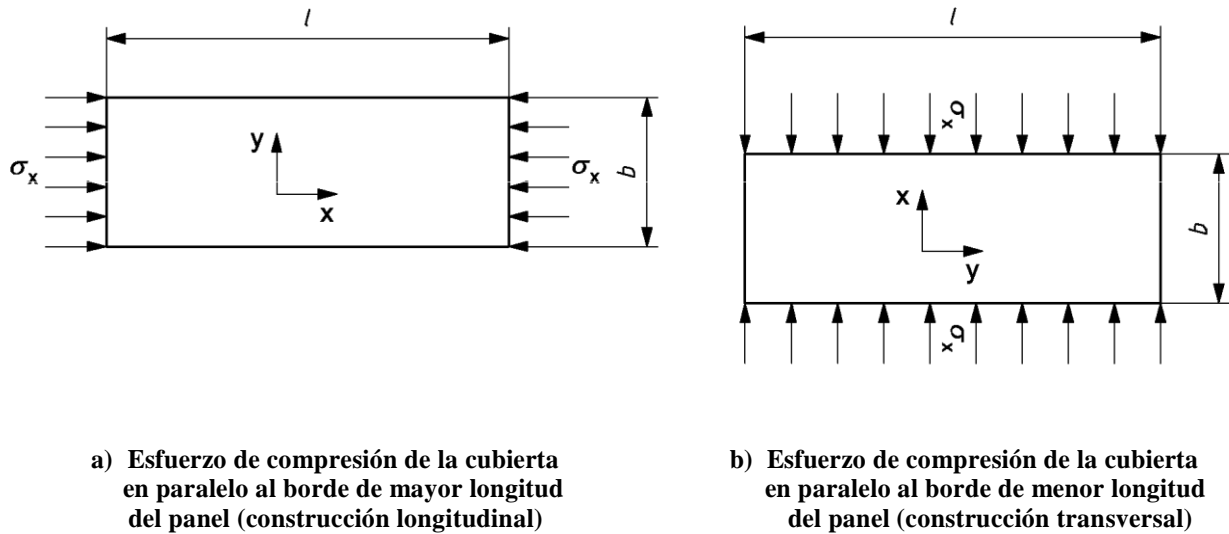
D.4 Esfuerzo de pandeo de la cubierta

D.4.1 Generalidades

No es sencilla la determinación del esfuerzo de pandeo de un panel, ya que se debe comprobar el menor esfuerzo para todas las formas de pandeo (número de ondas medias). Esto se hace incluso más complicado para los materiales compuestos que son ortotrópicos y para los que pueden no ser aplicables las ecuaciones isotrópicas que se usan para los metales.

Se puede utilizar el método siguiente, pero también se puede hacer un análisis por elementos finitos (valor Eigen), que emplea el casco o elementos sólidos con condiciones de contorno que correspondan con un simple soporte.

Cuando se analiza el pandeo de un panel de cubierta, las dimensiones son las que se indican en la figura D.2.



Leyenda

- b dimensión menor del panel
- l dimensión mayor del panel
- σ_x esfuerzo crítico de pandeo a lo largo del eje x

Figura D.2 – Croquis para el análisis del pandeo de la cubierta

D.4.2 Pandeo de los paneles de metal y de los de GRP isotrópicos

D.4.2.1 Para los paneles isotrópicos, se calcula el esfuerzo crítico de pandeo a lo largo del eje x (véase la figura D.2) como se muestra en las ecuaciones (D.3), (D.4) y (D.5).

D.4.2.2 En primer lugar, se calcula el esfuerzo elástico de pandeo, σ_{ex} , expresado en N/mm^2 , como se muestra en la ecuación (D.3):

$$\sigma_{ex} = k_e \times E \times \left(\frac{t}{b} \right)^2 \quad (D.3)$$

donde el factor k_e tiene uno de los siguientes valores:

- cuando el esfuerzo de compresión sea paralelo al borde de mayor longitud [normalmente estructura/palmejares longitudinales; véase la figura D.2 a)], $k_e = 3,60$;
- cuando el esfuerzo de compresión sea paralelo al borde de menor longitud del panel [normalmente cuadernas transversales, por ejemplo baos sin palmejares; véase la figura D.2 b)], para $\frac{b}{l} \leq 1$,

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

$$k_e = 0,9 \times \left(1 + \frac{b^2}{l^2} \right)^{-1} \sigma_e \quad (D.4)$$

NOTA Se considera que todos los bordes tienen simple soporte, lo que en algunos casos es ligeramente conservador.

D.4.2.3 Para los paneles isotrópicos de FRP, el esfuerzo crítico, σ_{crx} , expresado en N/mm^2 , es $\sigma_{crx} = \sigma_e$.

D.4.2.4 Para los paneles de metal, el esfuerzo crítico, σ_{crx} , expresado en N/mm^2 , se calcula por una de las siguientes fórmulas:

- cuando $\sigma_e \leq 0,5 \sigma_{YW}$, $\sigma_{crx} = \sigma_e$;
- cuando $\sigma_e > 0,5 \sigma_{YW}$,

$$\sigma_{crx} = \sigma_{YW} \times \left[1 - 0,25 \frac{\sigma_{YW}}{\sigma_e} \right]$$

donde σ_{YW} es la resistencia de la chapa ya soldada, en N/mm^2 .

EJEMPLO 1 Una cubierta hecha de aleación de aluminio 5 083 H11 tiene los valores $E = 70\,000\, N/mm^2$ y $\sigma_{yw} = 125\, N/mm^2$ (tomados de la tabla F.1 de la Norma ISO 12215-5:2008). Tiene un espesor de 4 mm y $b = 350\, mm$, $l = 1\,000\, mm$ (separación entre palmejares 350 mm y entre baos 1 000 mm), $\sigma_e = 3,60 \times 70\,000 \times (4/350)^2 = 32,9\, N/mm^2$ y como este valor es $<< 0,5 \sigma_{yw} = 62,5\, N/mm^2$, $\sigma_{crx} = \sigma_e = 32,9\, N/mm^2$, por lo que no se requiere ninguna corrección.

El esfuerzo de la cubierta, σ_{DK} , calculado con la ecuación (D.2) no debe ser mayor de

- $0,7 \sigma_{yw} = 87,5\, N/mm^2$, o
- $0,8 \sigma_{crx} = 26,3\, N/mm^2$.

EJEMPLO 2 Las mismas chapas de cubierta del ejemplo 1 descansan sobre baos separados 350 mm sin palmejares intermedios, $b = 350\, mm$, $l = 1\,000\, mm$. De la ecuación (D.4), $k_e = 0,9 \times [1 + (350/3\,000)^2]^{-1} = 0,92$ y $\sigma_e = 0,92 \times 70\,000 \times (4/350)^2 = 8,5\, N/mm^2$ y como este valor es $<< 0,5 \sigma_{yw} = 62,5\, N/mm^2$, $\sigma_{crx} = \sigma_e = 8,5\, N/mm^2$.

El esfuerzo de la cubierta, σ_{DK} , calculado con la ecuación (D.2) no debe ser mayor de

- $0,7 \sigma_{yw} = 87,5\, N/mm^2$, o
- $0,8 \sigma_{crx} = 6,8\, N/mm^2$.

En este ejemplo, está claro que las chapas de la cubierta descansan solamente sobre baos que no pueden soportar grandes cargas antes de pandear, y que los palmejares longitudinales de cubierta incrementan significativamente la estructura de la cubierta contra el pandeo inducido por el momento de flexión del casco.

El bajo módulo elástico de los costados laterales de una sola capa de vidrio E hace que particularmente este componente tenga el riesgo de pandear, por lo que se recomienda vivamente hacer una simple comprobación utilizando el método que se describe en este anexo.

D.4.3 Pandeo de un panel ortotrópico de FRP

Para una capa simple de material compuesto ortotrópico, las fórmulas son mucho más complejas que para el metal.

Por ejemplo, la fórmula para una capa simple simétrica, de laminados especiales ortotrópicos con $[B] = 0$, $D_{16} = D_{26} = 0^*$ (es decir, el conjunto del laminado debe disponerse simétricamente aproximadamente sobre el plano medio, y debe estar compuesto por 0/90 capas con relación a los costados del panel).

Para los laminados especiales ortotrópicos, el esfuerzo crítico, σ_{crx} , expresado en N/mm^2 se calcula por;

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

$$\sigma_{xCR} = \frac{\pi^2 E_y}{12 (1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx})} \frac{t^3}{b^3} + 2 \frac{E_x \cdot \nu_{xy} + 2G_{xy} (1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx})}{m^2 b^3} \frac{1}{f} \times E_X \quad (D.6)$$

donde

b es la dimensión del panel del borde cargado (no necesariamente la menor dimensión), en mm;

l es la dimensión del panel del borde sin cargar, en mm;

E_x es el módulo de flexión a lo largo del eje x, en N/mm²;

E_y es el módulo de flexión a lo largo del eje y, en N/mm²;

ν_{xy} es el coeficiente de Poisson debido al esfuerzo a lo largo del eje x;

ν_{yx} es el coeficiente de Poisson debido al esfuerzo a lo largo del eje y;

NOTA 1 $\nu_{yx} = \nu_{xy} (E_y/E_x)$.

m es el número de medias ondas en una longitud a y toma el valor entero que minimiza la fórmula en la ecuación (D.6).

NOTA 2 Los valores enteros son los que están a cualquier lado del número real $(a/b) (E_y/E_x)^{1/4}$.

Se considera por lo tanto que todas las ecuaciones necesarias para evaluar el esfuerzo crítico de pandeo para una capa simple de FRP están fuera del campo de aplicación de este anexo. Para poder evaluarlas, se deben utilizar los métodos desarrollados en documentos tales como los de la Referencia [24], o similares.

D.4.4 Pandeo de un panel ortotrópico, tipo sandwich, de FRP

Se puede obtener un valor aproximado de los esfuerzos de pandeo de los paneles tipo sandwich utilizando una adaptación de la ecuación (D.6) en donde se usan los términos de la rigidez a la flexión el lugar de $E_x t^3/12$, etc. Esto es aceptable para almas de alta resistencia a la cizalla (balsa), pero no se puede utilizar para espumas y otras almas similares.

Se considera por lo tanto que todas las ecuaciones necesarias para evaluar el esfuerzo crítico de pandeo para los paneles de FRP tipo sandwich están fuera del campo de este anexo.

Los esfuerzos de los paneles Euler se pueden obtener por procedimientos numéricos, siempre que se tomen las condiciones de los límites como un simple soporte.

ATENCIÓN: Este documento en estudio (DE) no es una Norma Técnica Colombiana (NTC). Se ha distribuido para revisión y comentarios y esta sujeta a cambios sin notificación. En consecuencia, no debe ser referenciada, en ningún caso, como una Norma Técnica Colombiana. DERECHOS DE AUTOR: Este documento en estudio (DE) es un borrador elaborado por el comité técnico de normalización. Todos los Derechos de Autor pertenecen a ICONTEC y por ende, están protegidos por la Ley. La reproducción, almacenamiento o transmisión de este documento, en forma total o parcial, bajo cualquier modalidad o forma, y para cualquier propósito distinto al de Consulta Pública, está expresamente prohibido.

BIBLIOGRAFÍA

Normas ISO sobre pequeñas embarcaciones

- [1] ISO 12217 (all parts), *Small craft. Stability and buoyancy assessment and categorisation.*
- [2] ISO 2553:1992, *Welded, brazed and soldered joints. Symbolic representation on drawings.*
- [3] ISO 12215-3, *Small craft. Hull construction and scantlings. Part 3: Materials: Steel, aluminium alloys, wood, other materials.*

Normas sobre soldadura

- [4] ISO 4063:1998, *Welding and allied processes. Nomenclature of processes and reference numbers.*
- [5] ISO 5817:2003, *Welding. Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded). Quality levels for imperfections.*
- [6] ISO 6520-1:1998, *Welding and allied processes. Classification of geometric imperfections in metallic materials. Part 1: Fusion welding.*
- [7] ISO 6520-2:2001, *Welding and allied processes. Classification of geometric imperfections in metallic materials. Part 2: Welding with pressure.*
- [8] ISO 9692-1:2003, *Welding and allied processes. Recommendations for joint preparation. Part 1: Manual metal-arc welding, gas-shielded metal-arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels.*
- [9] ISO 9692-2:1998, *Welding and allied processes. Joint preparation. Part 2: Submerged arc welding of steels.*
- [10] ISO 9692-3:2000, *Welding and allied processes. Recommendations for joint preparation. Part 3: Metal inert gas welding and tungsten inert gas welding of aluminium and its alloys.*
- [11] ISO 9692-4:2003, *Welding and allied processes. Recommendations for joint preparation. Part 4: Clad steels.*
- [12] ISO 10042:1992, *Arc-welded joints in aluminium and its weldable alloys. Guidance on quality levels for imperfections.*
- [13] ISO 13920:1996, *Welding. General tolerances for welded constructions. Dimensions for lengths and angles. Shape and position.*
- [14] ISO 15607:2003, *Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. General rules.*
- [15] EN 287-1:2004, *Qualification test of welders. Fusion welding. Part 1: Steels.*

Otros documentos

- [16] GREEN and Associates, *Marine Composites*, 2nd edition, 1999, ISBN 0-9673692-0-7.

PREPARADO POR: _____
GERSSON TORRES

