

ANEXO 6

RESOLUCIÓN MSC.370(93) (adoptada el 22 de mayo de 2014)

ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANDEL (CÓDIGO CIG)

EL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA,

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

TOMANDO NOTA de la resolución MSC.5(48), mediante la cual adoptó el Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel (en adelante denominado "el Código CIG"), que ha adquirido carácter obligatorio en virtud del capítulo VII del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (Convenio SOLAS), 1974 (en adelante denominado "el Convenio"),

TOMANDO NOTA TAMBIÉN del artículo VIII b) y de la regla VII/11.1 del Convenio relativos al procedimiento para enmendar el Código CIG,

HABIENDO EXAMINADO, en su 93º periodo de sesiones, las enmiendas al Código CIG propuestas y distribuidas de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII b) i) del Convenio,

1 ADOPTA, de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII b) iv) del Convenio, las enmiendas al Código CIG cuyo texto figura en el anexo de la presente resolución;

2 DISPONE, de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII b) vi) 2) bb) del Convenio, que dichas enmiendas se considerarán aceptadas el 1 de julio de 2015, a menos que, antes de esa fecha, más de un tercio de los Gobiernos Contratantes del Convenio o un número de Gobiernos Contratantes cuyas flotas mercantes combinadas representen como mínimo el 50 % del tonelaje bruto de la flota mercante mundial, hayan notificado que recusan las enmiendas;

3 INVITA a los Gobiernos Contratantes a que tomen nota de que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII b) vii) 2) del Convenio, las enmiendas entrarán en vigor el 1 de enero de 2016, una vez aceptadas con arreglo a lo dispuesto en el párrafo 2 anterior;

4 PIDE al Secretario General que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo VIII b) v) del Convenio, remita copias certificadas de la presente resolución y del texto de las enmiendas que figura en el anexo a todos los Gobiernos Contratantes del Convenio;

5 PIDE TAMBIÉN al Secretario General que remita copias de la presente resolución y de su anexo a los Miembros de la Organización que no son Gobiernos Contratantes del Convenio.

ANEXO

ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL (CÓDIGO CIG)

Se sustituye el texto íntegro del Código CIG por el texto siguiente:

"Índice

	Página
Preámbulo	4
Capítulo 1 Generalidades	6
Capítulo 2 Aptitud del buque para conservar la flotabilidad y ubicación de los tanques de carga	19
Capítulo 3 Disposición del buque	34
Capítulo 4 Contención de la carga	45
Capítulo 5 Recipientes de elaboración a presión y sistemas de tuberías para líquidos y vapor, y de presión	88
Capítulo 6 Materiales de construcción y control de calidad	103
Capítulo 7 Control de la presión y de la temperatura de la carga	120
Capítulo 8 Sistemas de respiración para la contención de la carga	124
Capítulo 9 Control de la atmósfera del sistema de contención de la carga	132
Capítulo 10 Instalaciones eléctricas	134
Capítulo 11 Prevención y extinción de incendios	137
Capítulo 12 Ventilación artificial en la zona de la carga	142
Capítulo 13 Instrumentos y sistemas de automatización	144
Capítulo 14 Protección del personal	152
Capítulo 15 Límites de llenado de los tanques de carga	154
Capítulo 16 Utilización de la carga como combustible	156
Capítulo 17 Prescripciones especiales	164
Capítulo 18 Prescripciones de orden operacional	178
Capítulo 19 Resumen de prescripciones mínimas	186

		Página
Apéndice 1	Formulario de notificación de características de los productos regidos por el Código CIG	189
Apéndice 2	Modelo de formulario del Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel	192
Apéndice 3	Ejemplo de adición al Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel	201
Apéndice 4	Materiales no metálicos	202
Apéndice 5	Norma para la utilización de las metodologías del estado límite en el proyecto de los sistemas de contención de la carga de configuración nueva	210

Preámbulo

1 La finalidad del presente Código es sentar una norma internacional para la seguridad del transporte marítimo a granel de gases licuados y de determinadas otras sustancias que se enumeran en el capítulo 19. Teniendo en cuenta los productos transportados, se prescribe que los buques destinados a dicho transporte utilicen normas de proyecto y de construcción y un equipo que permitan reducir al mínimo los riesgos a los que se expone el buque, su tripulación y el medio ambiente.

2 El criterio fundamental del Código consiste en establecer diversos tipos de buques en función de la peligrosidad de los productos que se contemplen en él. Cada uno de los productos puede poseer una o varias propiedades peligrosas, tales como inflamabilidad, toxicidad, corrosividad y reactividad. Asimismo, el transporte de productos en condiciones criogénicas o de presión puede presentar otro posible riesgo.

3 Los abordajes o varadas graves podrían ocasionar averías en los tanques de carga y provocar la liberación incontrolada del producto. A su vez, esa circunstancia podría traer aparejadas la evaporación y la dispersión del producto de que se trate y, en algunos casos, podría causar una fractura por fragilidad del casco del buque. Las prescripciones establecidas en el Código tienen como finalidad reducir al mínimo este riesgo, en la medida de lo posible, teniendo en cuenta los conocimientos y la tecnología actuales.

4 En todo momento durante la elaboración del Código, se tuvo presente que éste debe basarse en principios firmes de arquitectura y de ingeniería navales y en el conocimiento más completo y reciente de los riesgos propios de los diferentes productos abarcados. Asimismo, cabe señalar que la tecnología empleada en el proyecto de gaseros no sólo es compleja, sino que evoluciona rápidamente, por lo que el Código no puede permanecer inmutable. Así pues, la Organización lo revisará periódicamente, teniendo en cuenta la experiencia adquirida y los futuros progresos técnicos.

5 Las prescripciones relativas a nuevos productos y a las condiciones de su transporte se distribuirán en forma de recomendaciones y con carácter provisional, una vez adoptadas por el Comité de seguridad marítima de la Organización, antes de la entrada en vigor de las enmiendas correspondientes, conforme a lo dispuesto en el artículo VIII del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974.

6 El Código se ocupa primordialmente del proyecto y el equipo de los buques. Sin embargo, para garantizar el transporte sin riesgos de los productos, la totalidad del sistema debe someterse a evaluación. La Organización está estudiando o estudiará más adelante otros aspectos importantes de la seguridad del transporte de los productos, tales como la formación, la explotación, el control del tráfico y la manipulación en los puertos.

7 La elaboración del Código se ha visto facilitada sobremanera por varias organizaciones que gozan de carácter consultivo, como la Asociación Internacional de Operadores de Buques y Terminales Gaseros (SIGTTO) y otros organismos, como, por ejemplo, los miembros de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS).

8 En el capítulo 18 del Código, que trata de la explotación de los buques que transportan gas licuado, se ponen de relieve reglas de carácter operacional recogidas en otros capítulos y se señalan las demás características importantes en materia de seguridad que son propias de la explotación de buques gaseros.

9 La presentación del Código se ha armonizado con la del Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel (Código CIQ), adoptado por el Comité de seguridad marítima en su 48º periodo de sesiones. Los buques gaseros también pueden transportar a granel los productos químicos líquidos regidos por el Código CIQ, en las condiciones prescritas en el Código CIG.

10 Las instalaciones flotantes de producción, almacenamiento y descarga (IFPAD), que han sido proyectadas para manipular gases licuados a granel, no quedan comprendidas en el Código CIG. Sin embargo, los proyectistas de tales unidades podrán considerar la posibilidad de aplicar el Código CIG en la medida en que en él se prevean las medidas de mitigación de riesgos más adecuadas para las actividades que dichas unidades deban desarrollar. En caso de que se adopten medidas de mitigación de riesgos más adecuadas que sean contrarias a las previstas en este Código, aquellas prevalecerán sobre las establecidas en el Código.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

Objetivo

Sentar una norma internacional para la seguridad del transporte marítimo a granel de gases licuados, estableciendo las normas de proyecto y construcción de los buques destinados a dicho transporte y el equipo que deben llevar con miras a reducir al mínimo los riesgos para el buque, su tripulación y el medio ambiente, habida cuenta de la naturaleza de los productos, incluyendo su inflamabilidad, su toxicidad, el riesgo de asfixia que entrañan, su corrosividad, su reactividad, su baja temperatura y su presión de vapor.

1.1 Aplicación e implantación

1.1.1 El Código se aplica a los buques con independencia de su tamaño, incluidos los de arqueo bruto inferior a 500, que se dediquen al transporte a granel de gases licuados con una presión de vapor absoluta superior a 0,28 MPa a una temperatura de 37,8 °C y de otros productos, cuya lista figura en el capítulo 19.

1.1.2.1 Salvo disposición expresa en otro sentido, el Código se aplicará a todo buque cuya quilla haya sido colocada, o cuya construcción se halle en una fase equivalente en que:

- .1 comienza la construcción que puede identificarse como propia del buque; y
- .2 ha comenzado, respecto del buque de que se trate, el montaje que suponga la utilización de no menos de 50 toneladas del total estimado de materia estructural o un 1 % de dicho total, si este segundo valor es menor,

el 1 de julio de 2016 o posteriormente.

1.1.2.2 A los efectos del presente Código, con la expresión "buque construido" se quiere decir todo buque cuya quilla haya sido colocada, o cuya construcción se halle en una fase equivalente.

1.1.2.3 Salvo disposición expresa en otro sentido, en el caso de los buques construidos el 1 de julio de 1986 o posteriormente y antes del 1 de julio de 2016, la Administración se asegurará de que se cumplen las prescripciones que sean aplicables en virtud del presente Código, adoptado mediante la resolución MSC.5(48), enmendada mediante las resoluciones MSC.17(58), MSC.30(61), MSC.32(63), MSC.59(67), MSC.103(73), MSC.177(79) y MSC.220(82).

1.1.3 Todo buque, independientemente de la fecha construcción, que sea transformado en buque gasero el 1 de julio de 2016 o posteriormente, se considerará como buque gasero construido en la fecha en que comience tal transformación.

1.1.4.1 Cuando los tanques de carga contengan productos para los que el Código prescribe el transporte a bordo de un buque de tipo 1G, no se transportarán en los tanques ubicados en las zonas de protección descritas en 2.4.1.1 líquidos inflamables cuyo punto de inflamación sea igual o inferior a 60 °C (prueba en vaso cerrado), ni los productos inflamables que figuran en el capítulo 19.

1.1.4.2 Del mismo modo, cuando los tanques de carga contengan productos para los que el Código prescribe la utilización de un buque de tipo 2G/2PG, no se transportarán en los tanques ubicados en las zonas de protección descritas en 2.4.1.2 los líquidos inflamables mencionados en 1.1.4.1.

1.1.4.3 En cada caso, respecto de los tanques de carga que contienen productos para los cuales el Código prescribe la utilización de un buque de tipo 1G o 2G/2PG, la restricción se aplica a las zonas de protección dentro de la extensión longitudinal de los espacios de bodega destinados a tales tanques.

1.1.4.4 Se podrán transportar en dichas zonas de protección los líquidos y productos inflamables descritos en 1.1.4.1 en caso de que la cantidad de los productos retenida en los tanques de carga para los que el Código prescribe un buque de tipo 1G o 2G/2PG se utilice únicamente con fines de refrigeración, circulación o aprovisionamiento de combustible.

1.1.5 Salvo lo dispuesto en 1.1.7.1, cuando se prevea transportar productos regidos por este Código, así como productos regidos por el Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel (Código CIQ), adoptado mediante la resolución MSC.4(48), según sea enmendado por la Organización, el buque cumplirá las prescripciones de ambos códigos aplicables a los productos transportados.

1.1.6.1 Cuando se proponga transportar productos que puedan considerarse que pertenecen al ámbito de aplicación de este Código y que actualmente no figuran en el capítulo 19, la Administración y las Administraciones portuarias que estén vinculadas con ese transporte concertarán un acuerdo tripartito basándose en una evaluación provisional y establecerán condiciones preliminares apropiadas para su transporte de conformidad con los principios consagrados en el Código.

1.1.6.2 A los efectos de evaluar tales productos, su fabricante presentará a la Administración un formulario de evaluación cumplimentado (véase el apéndice 1), en el que figure el tipo de buque propuesto y las prescripciones relativas al transporte.

1.1.6.3 Cuando se haya realizado la evaluación provisional de un producto puro o técnicamente puro, respecto de la cual las demás partes estén de acuerdo, la Administración presentará, ante el Subcomité correspondiente de la Organización, el formulario de evaluación acompañado de una propuesta para incluir una nueva entrada completa en el Código CIG (véase el apéndice 1).

1.1.6.4 Tras la realización de una evaluación provisional mediante la concertación de un acuerdo tripartito, y luego de haberse alcanzado un acuerdo expreso o tácito, se podrá añadir una adición al certificado pertinente del buque (véase el apéndice 3).

1.1.7.1 Las prescripciones de este Código prevalecerán cuando un buque se proyecte y se construya para el transporte de los siguientes productos:

- .1 aquéllos que figuran exclusivamente en el capítulo 19 del Código; y
- .2 uno o varios de los productos que figuran tanto en el Código como en el Código internacional de quimiqueros. Estos productos están marcados con un asterisco en la columna "a" del cuadro que figura en el capítulo 19.

1.1.7.2 Si está previsto que un buque transporte, en forma exclusiva, uno o varios de los productos que se indican en 1.1.7.1.2, se aplicarán, con sus enmiendas, las prescripciones del Código internacional de quimiqueros.

1.1.8 El cumplimiento por parte del buque de las prescripciones del Código internacional de gaseros se comprobará por medio de su Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel, como se señala en 1.4. El cumplimiento de las enmiendas al Código, en su caso, también se indicará en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel.

1.1.9 Cuando en el marco del Código se haga referencia a un párrafo, también resultará aplicable todo lo dispuesto en los apartados del párrafo de que se trate.

1.1.10 Si se prevé que un buque opere en determinados periodos en un emplazamiento fijo desarrollando actividades de regasificación y de descarga de gas o de recepción, procesamiento, licuefacción y almacenamiento de dicho producto, la Administración y las Administraciones portuarias que estén vinculadas con la ejecución de tales actividades adoptarán las medidas adecuadas para garantizar la implantación de las disposiciones del Código que resulten aplicables a los acuerdos propuestos. Por otra parte, se establecerán prescripciones adicionales sobre la base de los principios recogidos en el Código, así como de las normas reconocidas que aborden riesgos concretos que no se prevean en él. Entre tales riesgos cabe señalar los siguientes, sin que esta enumeración sea exhaustiva:

- .1 incendio y explosión;
- .2 evacuación;
- .3 ampliación de zonas potencialmente peligrosas;
- .4 descarga de gas a presión en instalaciones receptoras en tierra;
- .5 medios de respiración de gas a alta presión;
- .6 circunstancias excepcionales que puedan ocurrir durante los procesos de que se trate;
- .7 almacenamiento y manipulación de refrigerantes inflamables;
- .8 presencia continua de cargas que contienen líquidos o vapores fuera del sistema de contención de la carga;
- .9 sobrepresión y baja presión en los tanques de carga;
- .10 trasbordo de la carga líquida entre buques; y
- .11 riesgo de abordaje durante las maniobras de atraque.

1.1.11 Cuando en el marco del Código se utiliza una evaluación de riesgos o un estudio de similares características, los resultados también incluirán, aunque no exclusivamente, como prueba de su eficacia, los siguientes elementos:

- .1 descripción de la metodología y las normas aplicadas;
- .2 posibles variaciones de la interpretación del marco hipotético o de las fuentes de error del estudio;
- .3 validación del proceso de evaluación de los riesgos por parte de un tercero independiente e idóneo;
- .4 sistema de calidad en cuyo marco se realizó la evaluación de los riesgos;
- .5 fuente, idoneidad y validez de los datos utilizados en la evaluación;
- .6 conocimientos de las personas que participaron en la evaluación;

- .7 sistema de distribución de los resultados entre las partes interesadas; y
- .8 validación de los resultados por parte de un tercero independiente e idóneo.

1.1.12 Si bien se considera, desde un punto de vista jurídico, que el Código es un instrumento de carácter vinculante en virtud del Convenio SOLAS, las disposiciones que figuran en la sección 4.28 y los apéndices 1, 3 y 4 del Código tienen carácter de recomendación o se facilitan a título informativo.

1.2 Definiciones

Salvo disposición expresa en sentido contrario, son aplicables las definiciones que figuran a continuación. Cabe señalar que en otros capítulos de este Código también se establecen definiciones adicionales.

1.2.1 *Espacios de alojamiento*: espacios públicos, pasillos, aseos, camarotes, oficinas, enfermerías, cines, salas de juegos y pasatiempos, barberías, oficios no equipados para cocinar y otros espacios semejantes.

1.2.2 *Divisiones de clase "A"*: aquellas divisiones que se definen en la regla II-2/3.2 del Convenio SOLAS.

1.2.3 *Administración*: el Gobierno del Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar el buque. Respecto de la Administración (del puerto), véase Administración portuaria.

1.2.4 *Fecha de vencimiento anual*: el día y el mes que correspondan, cada año, a la fecha de expiración del Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel.

1.2.5 *Punto de ebullición*: la temperatura a la que un producto muestra tener una presión de vapor igual a la presión atmosférica.

1.2.6 *Manga (B)*: la anchura máxima del buque medida en la sección media de éste, hasta la línea de trazado de la cuaderna en los buques de forro metálico, o hasta la superficie exterior del casco en los buques con forro de otros materiales. La *manga (B)* se medirá en metros.

1.2.7 *Zona de la carga*: la parte del buque en que se encuentran el sistema de contención de la carga y las cámaras de bomba y de compresores para la carga, que comprende las zonas de cubierta situadas a lo largo de toda la eslora y de toda la manga de la parte del buque que quede por encima de los espacios citados. Si los hubiere, los coferdanes, los espacios de lastre y los espacios perdidos situados en el extremo popel del espacio de bodega que esté más a popa o en el extremo proel del espacio de bodega que esté más a proa quedarán excluidos de la zona de la carga.

1.2.8 *Sistema de contención de la carga*: la disposición para la contención de la carga, que incluye, si están instaladas, las barreras primaria y secundaria, el aislamiento correspondiente, todo espacio intermedio y la estructura adyacente, de ser necesario, para sustentar estos elementos. Si la barrera secundaria forma parte de la estructura del casco, ésta puede constituirse en un mamparo del espacio de bodega.

1.2.9 *Cámara de control de carga*: todo espacio que se utilice para controlar las operaciones de manipulación de la carga.

1.2.10 *Espacios de máquinas de carga*: los espacios en los que se ubican los compresores o bombas de carga y las unidades de procesamiento de cargas, incluidos los espacios desde donde se suministra combustible gaseoso a la cámara de máquinas.

1.2.11 *Bombas de carga*: las utilizadas para el trasvase de carga líquida, incluidas las bombas principales, bombas reforzadoras, bombas pulverizadoras, etc.

1.2.12 *Carga*: los productos que figuran en el capítulo 19 que se transporten a granel en buques regidos por el presente Código.

1.2.13 *Espacios de servicio de la carga*: los espacios situados dentro de la zona de la carga y destinados a servir como talleres, armarios y pañoles, cuya superficie sea superior a 2 m².

1.2.14 *Tanque de carga*: el recipiente hermético proyectado de modo que sea el elemento principal de contención de la carga, que incluye todos los sistemas de contención, independientemente de que estén relacionados o no con el aislamiento o con las barreras secundarias.

1.2.15 *Muestreo en bucle cerrado*: el sistema de muestreo de la carga que reduce al mínimo el escape de vapor de la carga a la atmósfera mediante la devolución del producto al tanque de carga durante el muestreo.

1.2.16 *Coferdán*: el espacio que aísla dos cubiertas o mamparos de acero adyacentes. Este espacio puede ser un espacio de lastre o un espacio perdido.

1.2.17 *Puestos de control*: los espacios en que se hallan el equipo de radiocomunicaciones o los principales aparatos de navegación o la fuente de energía de emergencia del buque, o en que está centralizado el equipo de detección o de control de incendios. No figura aquí el equipo especial contra incendios cuya ubicación en la zona de la carga sea la mejor a efectos prácticos.

1.2.18 *Productos inflamables*: aquéllos identificados con una 'F' en la columna 'f' del cuadro del capítulo 19.

1.2.19 *Límites de inflamabilidad*: las condiciones que determinan el estado de una mezcla de combustible y de comburente en el que, aplicando una fuente de ignición externa suficientemente intensa, cabe producir inflamación en un aparato de prueba determinado.

1.2.20 *Código SSCI*: el Código de sistemas de seguridad contra incendios, es decir, el Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios, adoptado por el Comité de seguridad marítima de la Organización mediante la resolución MSC.98(73), en su forma enmendada.

1.2.21 *Buque gasero*: todo buque de carga construido o adaptado y utilizado para el transporte a granel de cualquier gas licuado u otro producto que figure en el cuadro del capítulo 19.

1.2.22 *Unidad de combustión de gas*: el medio de eliminar el exceso de vapor de la carga por oxidación térmica.

1.2.23 *Dispositivo de gas*: toda unidad dentro del propio buque que utilice el vapor de la carga como combustible.

1.2.24 *Zona potencialmente peligrosa*: toda zona en la cual existe o se puede prever que exista una atmósfera de gases explosivos en cantidades tales que requieren precauciones especiales para la construcción, instalación y el uso de aparatos eléctricos. Cuando exista una atmósfera de gas, también existe la posibilidad de que se presenten los siguientes peligros: toxicidad, asfixia, corrosividad, reactividad y baja temperatura. Es preciso también tener en cuenta estos peligros y deberá analizarse la posibilidad de adoptar medidas de precaución adicionales a fin de facilitar la ventilación de los espacios y la protección de la tripulación. Como ejemplos de zonas potencialmente peligrosas cabe mencionar, sin que esta enumeración sea exhaustiva, las siguientes zonas:¹

- .1 el interior de los sistemas de contención de la carga y todas las tuberías de alivio de presión u otros sistemas de respiración de los tanques de carga, de las tuberías y del equipo que contengan la carga;
- .2 espacios interbarreras;
- .3 espacios de la bodega de carga en caso de que el sistema de contención de la carga necesite contar con una barrera secundaria;
- .4 espacios de la bodega de carga en caso de que el sistema de contención de la carga no necesite contar con una barrera secundaria;
- .5 todo espacio separado de uno de los espacios de bodega por medio de un solo mamparo de acero, hermético al gas, en caso de que el sistema de contención de la carga necesite contar con una barrera secundaria;
- .6 espacios de máquinas de carga;
- .7 zonas en la cubierta expuesta, o espacios semicerrados en dicha cubierta, situados a una distancia igual o inferior a 3 m de las posibles fuentes de escape de gas, como, por ejemplo, válvulas de la carga, bridas de tubería de la carga, orificios de ventilación de los espacios de máquinas de carga, etc.;
- .8 zonas en la cubierta expuesta, o espacios semicerrados en dicha cubierta, situados a una distancia igual o inferior a 1,5 m de las entradas a los espacios de máquinas de carga o de sus conductos de ventilación;
- .9 zonas en la cubierta expuesta que queden encima de la zona de la carga y a proa y a popa de ésta, a una distancia de 3 m, hasta una altura de 2,4 m por encima de la cubierta de intemperie;
- .10 toda zona situada a una distancia igual o inferior a 2,4 m de la superficie exterior de un sistema de contención de la carga si dicha superficie está a la intemperie;
- .11 todo espacio cerrado o semicerrado en el que haya tuberías que contienen productos, con excepción de aquellos espacios en los que se sitúen tuberías que contienen productos para los sistemas de combustión que aprovechan como combustible el gas de evaporación;

¹ Consúltese el capítulo 10 para obtener una lista separada de ejemplos, así como la clasificación de zonas potencialmente peligrosas en relación con la selección y el proyecto de instalaciones eléctricas.

- .12 un espacio cerrado o semicerrado que tenga una abertura directa a cualquier zona potencialmente peligrosa;
- .13 los espacios perdidos, coferdanes, troncos de acceso, pasillos y espacios cerrados o semicerrados, adyacentes o que estén situados inmediatamente por encima o por debajo del sistema de contención de la carga;
- .14 las zonas en la cubierta expuesta o espacios semicerrados en dicha cubierta que queden encima de todo orificio de salida de la tubería vertical de respiración o próximos a éste, situados en el interior de un cilindro vertical sin límite de altura y de 6 m de radio, con centro en un orificio de salida, y dentro de una semiesfera de 6 m de radio situada por debajo del orificio de salida; y
- .15 las zonas en la cubierta expuesta situadas dentro del sistema de contención de derrames que rodeen a válvulas colectoras de la carga y 3 m más allá de éstas, hasta una altura equivalente a 2,4 m por encima de la cubierta.

1.2.25 *Zona que no es potencialmente peligrosa*: zona distinta de la zona potencialmente peligrosa.

1.2.26 *Espacio de bodega*: el espacio que queda encerrado en la estructura del buque, en que se encuentra un sistema de contención de la carga.

1.2.27 *Código CIQ*: Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel, adoptado por el Comité de seguridad marítima de la Organización mediante la resolución MSC.4(48), en su forma enmendada.

1.2.28 *Independiente*: sistema de tuberías o de respiración no conectado en modo alguno a otro sistema sin que además se disponga de medios para una posible conexión a otros sistemas.

1.2.29 *Espacio de aislamiento*: espacio que puede ser o no un espacio interbarreras, revestido total o parcialmente por material de aislamiento.

1.2.30 *Espacio interbarrera*: espacio entre una barrera primaria y una barrera secundaria, independientemente de si se encuentra revestido, total o parcialmente, de material de aislamiento o de cualquier otro material.

1.2.31 *Eslora (L)*: la eslora tal como se define en el Convenio internacional sobre líneas de carga vigente.

1.2.32 *Espacios de categoría A para máquinas*: aquellos espacios y troncos de acceso correspondientes, que contienen:

- .1 motores de combustión interna utilizados para la propulsión principal; o
- .2 motores de combustión interna utilizados para fines que no sean los de propulsión principal, si tienen una potencia conjunta no inferior a 375 kW; o bien
- .3 cualquier caldera o instalación de combustible líquido, o cualquier equipo alimentado por combustible líquido que no sea una caldera, tales como generadores de gas inerte, incineradores, etc.

1.2.33 *Espacios de máquinas*: los espacios de categoría A para máquinas y otros espacios que contienen maquinaria propulsora, calderas, instalaciones de combustible líquido, motores de vapor y de combustión interna, generadores y maquinaria eléctrica principal, estaciones de toma de combustible, maquinaria de refrigeración, estabilización, ventilación y climatización, y otros espacios semejantes, así como los troncos de acceso a todos ellos.

1.2.34 *MARVS*: el tarado máximo admisible de la válvula aliviadora de presión de un tanque de carga (presión manométrica).

1.2.35 *Inspector nombrado*: un inspector nombrado o designado por una Administración para velar por el cumplimiento de las disposiciones del Convenio SOLAS en relación con las inspecciones, los reconocimientos y la concesión de exenciones al respecto.

1.2.36 *Instalación de combustible líquido*: el equipo utilizado para preparar el combustible que alimenta las calderas o para calentar el combustible que alimenta los motores de combustión interna, y que comprende cualquier bomba de presión, filtro o calentador que funcione con el combustible a una presión superior a 0,18 MPa (presión manométrica).

1.2.37 *Organización*: la Organización Marítima Internacional (OMI).

1.2.38 *Permeabilidad de un espacio*: relación existente entre el volumen que, dentro de ese espacio, se supone ocupado por agua y su volumen total.

1.2.39 *Administración portuaria*: la autoridad competente del país en uno de cuyos puertos el buque efectúa operaciones de carga o descarga.

1.2.40 *Barrera primaria*: el elemento interno concebido para contener la carga si el sistema de contención de la carga incluye dos mamparos.

1.2.41 *Productos*: término colectivo que comprende la lista de gases que figura en el capítulo 19 del presente Código.

1.2.42 *Espacios públicos*: las partes de los espacios de alojamiento utilizadas como vestíbulos, comedores, salones y espacios semejantes permanentemente cerrados.

1.2.43 *Organización reconocida*: toda organización autorizada por una Administración, de conformidad con lo dispuesto en la regla XI-1/1 del Convenio SOLAS.

1.2.44 *Normas reconocidas*: las normas nacionales o internacionales aplicables aceptadas por la Administración, o normas estipuladas y ejecutadas por la organización reconocida.

1.2.45 *Densidad relativa*: la relación existente entre la masa del volumen de un producto y la masa de un volumen igual de agua dulce.

1.2.46 *Barrera secundaria*: el elemento exterior de un sistema de contención de la carga, resistente a líquidos, concebido para proporcionar una contención temporal de toda pérdida de carga líquida que se prevea a través de la barrera primaria y para evitar el descenso de la temperatura de la estructura del buque a un nivel que comprometa la seguridad. En el capítulo 4 se definen de manera más completa los tipos de barrera secundaria.

1.2.47 *Sistemas separados*: los sistemas de trasiego de la carga por tuberías y de respiración de la carga que no se encuentran conectados de forma permanente entre ellos.

1.2.48 *Espacios de servicio*: aquéllos utilizados para cocinas, oficios equipados para cocinar, armarios, carterías y cámaras de valores, pañoles, talleres que no forman parte de los espacios de máquinas y otros espacios análogos, así como los troncos de acceso a los mismos.

1.2.49 *Convenio SOLAS*: el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, enmendado.

1.2.50 *Tapa de tanque*: la estructura de protección concebida para proteger el sistema de contención de la carga contra daños, que sobresale a través de la cubierta de intemperie o para garantizar la continuidad e integridad de la estructura de cubierta.

1.2.51 *Bóveda del tanque*: la ampliación ascendente de una parte de un tanque de carga. Cuando se trate de sistemas de contención de la carga situados por debajo de la cubierta, la bóveda del tanque sobresale a través de la cubierta de intemperie o de la tapa de tanque.

1.2.52 *Método de oxidación térmica*: todo sistema en el que se utilizan gases de evaporación como combustible para el uso de a bordo o como un sistema de calor residual, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 16, o bien un sistema en que no se utiliza el gas como combustible de conformidad con lo establecido en el presente Código.

1.2.53 *Productos tóxicos*: los que se definen mediante una 'T' en la columna 'f' del cuadro que figura en el capítulo 19.

1.2.54 *Compartimientos de torreta*: aquellos espacios y conductos que contienen equipos y maquinarias para la recuperación y la liberación del sistema de amarre de torreta desconectable, los sistemas operativos hidráulicos de alta presión, los medios de prevención de incendios y las válvulas de trasvase de carga.

1.2.55 *Presión de vapor*: toda presión de equilibrio del vapor saturado por encima del líquido, expresada en Pascales (Pa) absolutos a una temperatura dada.

1.2.56 *Espacio perdido*: todo espacio cerrado, situado en la zona de la carga fuera de un sistema de contención de la carga, que no es espacio de bodega, espacio para lastre, tanque para combustible líquido, cámara de bombas de carga o de compresores ni ninguno de los espacios utilizados normalmente por el personal.

1.3 Equivalencias

1.3.1 Cuando en el Código se establece la instalación o el emplazamiento en un buque de algún accesorio, material, dispositivo, aparato o elemento de equipo, o de cierto tipo de éstos, o bien la adopción de alguna disposición particular o de un procedimiento o medida cualesquiera, la Administración podrá permitir la instalación o el emplazamiento de cualquier otro accesorio, material, dispositivo, aparato o elemento de equipo, o de otro tipo de éstos, o la adopción de una disposición o de un procedimiento o medida distintos en dicho buque si, después de haber realizado pruebas o utilizado otro método conveniente, estima que los mencionados accesorio, material, dispositivo, aparato o elemento de equipo, o tipos de éstos, o la disposición, el procedimiento o la medida de que se trate, resultarán al menos tan eficaces como los estipulados en el Código. No obstante, la Administración no podrá permitir métodos o procedimientos de orden operacional en sustitución de determinados accesorios, materiales, dispositivos, aparatos o elementos de equipo, o de ciertos tipos de éstos, prescritos en el Código, a menos que éste permita específicamente tal sustitución.

1.3.2 Cuando la Administración permita la sustitución de algún accesorio, material, dispositivo, aparato o elemento de equipo, o de cierto tipo de éstos, o de una disposición, un procedimiento o una medida, o de un proyecto o aplicación de carácter innovador, comunicará a la Organización los pormenores correspondientes, junto con un informe sobre las pruebas presentadas, a fin de que la Organización pueda transmitir estos datos a los demás Gobiernos Contratantes del Convenio SOLAS para conocimiento de sus funcionarios.

1.4 Reconocimientos y certificación

1.4.1 Procedimiento para los reconocimientos

1.4.1.1 El reconocimiento de buques, por lo que respecta a la aplicación de lo dispuesto en el Código y a la concesión de exenciones al respecto, será realizado por funcionarios de la Administración. No obstante, la Administración podrá confiar los reconocimientos a inspectores nombrados al efecto o a organizaciones reconocidas por ella.

1.4.1.2 La organización reconocida, que se menciona en 1.2.43, cumplirá las disposiciones del Convenio SOLAS y las del Código para las organizaciones reconocidas (Código OR).

1.4.1.3 La Administración que nombre inspectores o reconozca organizaciones para realizar los reconocimientos facultará a todo inspector nombrado u organización reconocida para que, como mínimo, puedan:

- .1 exigir la realización de reparaciones en el buque; y
- .2 realizar reconocimientos cuando lo soliciten las autoridades competentes del Estado rector del puerto.

La Administración notificará a la Organización cuáles son las atribuciones concretas que haya asignado a los inspectores nombrados o a las organizaciones reconocidas, y las condiciones en que les haya sido delegada autoridad, a fines de información a los Gobiernos Contratantes.

1.4.1.4 Cuando el inspector nombrado o la organización reconocida dictamine que el estado del buque o de su equipo no corresponde en lo esencial a los pormenores del Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel, o que es tal que el buque no puede hacerse a la mar sin que ello suponga un peligro para el buque o las personas a bordo, o un riesgo inaceptable para el medio marino, el inspector o la organización harán que se tomen medidas correctivas inmediatamente y, a su debido tiempo, informarán al respecto a la Administración. Si no se toman dichas medidas correctivas, se retirará el certificado y se notificará inmediatamente a la Administración. Cuando el buque se encuentre en un puerto de otro Gobierno Contratante, también se dará notificación inmediata a las autoridades competentes del Estado rector del puerto. Cuando un funcionario de la Administración, un inspector nombrado o una organización reconocida hayan informado oportunamente a las autoridades competentes del Estado rector del puerto, el Gobierno de dicho Estado prestará al funcionario, inspector u organización mencionados toda la asistencia necesaria para el cumplimiento de las obligaciones impuestas en virtud del presente párrafo. Cuando proceda, el Gobierno del Estado rector del puerto de que se trate tomará las medidas necesarias para garantizar que el buque no zarpe hasta poder hacerse a la mar o salir del puerto con objeto de dirigirse al astillero de reparaciones apropiado más próximo que esté disponible, sin que ello suponga un peligro para el buque o las personas a bordo, ni un riesgo inaceptable para el medio marino.

1.4.1.5 En todos los casos, la Administración garantizará la integridad y eficacia del reconocimiento y velará por que se adopten las disposiciones necesarias para dar cumplimiento a esta obligación.

1.4.2 *Prescripciones para los reconocimientos*

La estructura, el equipo, los accesorios, los medios y los materiales (que no sean los elementos con respecto a los cuales se expiden el Certificado de seguridad de construcción para buque de carga, el Certificado de seguridad del equipo para buque de carga y el Certificado de seguridad radiotelegráfica para buque de carga, o el Certificado de seguridad para buque de carga, en virtud del Convenio SOLAS) de un buque gasero serán objeto de los reconocimientos que se especifican a continuación:

- .1 Un reconocimiento inicial, antes de que el buque entre en servicio o de que el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel haya sido expedido por primera vez, que comprenderá un examen completo de la estructura, el equipo, los accesorios, los medios y los materiales del buque, en la medida en que el buque esté regido por el presente Código. Este reconocimiento será tal que garantice que la estructura, el equipo, los accesorios, los medios y los materiales cumplen plenamente las disposiciones aplicables del Código.
- .2 Un reconocimiento de renovación, a intervalos especificados por la Administración, pero que no excederán de cinco años, salvo en los casos en que sean aplicables las reglas 1.4.6.2.1, 1.4.6.5, 1.4.6.6 o 1.4.6.7. El reconocimiento de renovación permitirá garantizar que la estructura, el equipo, los accesorios, los medios y los materiales cumplen plenamente las disposiciones aplicables del Código.
- .3 Un reconocimiento intermedio dentro de los tres meses anteriores o posteriores a la segunda o a la tercera fecha de vencimiento anual del certificado, el cual sustituirá a uno de los reconocimientos anuales especificados en 1.4.2.4. El reconocimiento intermedio permitirá garantizar que el equipo de seguridad y otros equipos, así como los sistemas de bombas y tuberías correspondientes, cumplen plenamente las disposiciones aplicables del Código y están en buen estado de funcionamiento. Estos reconocimientos intermedios se consignarán en el certificado expedido en virtud de lo dispuesto en 1.4.4 o 1.4.5.
- .4 Un reconocimiento anual dentro de los tres meses anteriores o posteriores a la fecha de vencimiento anual del certificado, que comprenderá una inspección general de la estructura, el equipo, los accesorios, los medios y los materiales a que se hace referencia en 1.4.2.1, a fin de garantizar que se han mantenido de conformidad con lo dispuesto en 1.4.3 y que continúan siendo satisfactorios para el servicio a que el buque esté destinado. Estos reconocimientos anuales se consignarán en el certificado expedido en virtud de lo dispuesto en 1.4.4 o 1.4.5.
- .5 También se efectuará un reconocimiento adicional, ya sea general o parcial, según dicten las circunstancias, cuando se requiera a raíz de la investigación prescrita en 1.4.3.3, o siempre que se efectúen a bordo reparaciones o renovaciones importantes. Tal reconocimiento garantizará que se realizan de modo efectivo las reparaciones o renovaciones necesarias, que los materiales utilizados en tales reparaciones o renovaciones y la calidad de éstas son satisfactorios, y que el buque puede hacerse a la mar sin que ello suponga un peligro para el buque ni para las personas a bordo, ni un riesgo inaceptable para el medio marino.

1.4.3 *Mantenimiento del estado del buque después del reconocimiento*

1.4.3.1 El estado del buque y de su equipo se mantendrá de un modo que se ajuste a lo dispuesto en el Código, a fin de garantizar que el buque puede hacerse a la mar sin que ello suponga un peligro para el buque ni para las personas a bordo, ni un riesgo inaceptable para el medio marino.

1.4.3.2 Una vez realizado cualquiera de los reconocimientos del buque descritos en 1.4.2, no se efectuará ningún cambio de la estructura, el equipo, los accesorios, los medios o los materiales que fueron objeto del reconocimiento, sin previa autorización de la Administración, salvo que se trate de un simple recambio.

1.4.3.3 Siempre que un buque sufra un accidente o que se descubra algún desperfecto a bordo que afecte a la seguridad del buque o a la eficacia o integridad de su equipo de salvamento u otro equipo regido por el Código, el capitán o el propietario del buque informarán lo antes posible a la Administración, al inspector nombrado o a la organización reconocida, encargados de expedir el certificado pertinente, quienes harán que se inicien las investigaciones encaminadas a determinar si es necesario realizar el reconocimiento prescrito en 1.4.2.5. Cuando el buque se encuentre en un puerto regido por otro Gobierno Contratante, el capitán o el propietario informarán también inmediatamente a las autoridades competentes del Estado rector del puerto, y el inspector nombrado o la organización reconocida comprobarán que se ha rendido ese informe.

1.4.4 *Expedición y refrendo de un Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel*

1.4.4.1 A todo buque gasero que realice viajes internacionales y que cumpla las disposiciones pertinentes del Código se le expedirá, tras un reconocimiento inicial o de renovación, un Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel.

1.4.4.2 Dicho certificado se redactará en la forma correspondiente al modelo que figura en el apéndice 2. Si el idioma utilizado no es inglés, francés ni español, el texto incluirá la traducción a uno de esos idiomas.

1.4.4.3 El certificado expedido en virtud de las disposiciones de esta sección podrá examinarse a bordo en todo momento.

1.4.4.4 No obstante cualquier otra disposición de las enmiendas al Código adoptadas por el Comité de seguridad marítima mediante la resolución MSC.17(58), todo Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel que esté vigente cuando estas enmiendas entren en vigor seguirá teniendo validez hasta que expire de conformidad con las disposiciones del presente Código, antes de que las enmiendas entren en vigor.

1.4.5 *Expedición o refrendo de un Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel por otro Gobierno*

1.4.5.1 Un Gobierno Contratante del Convenio SOLAS puede, a requerimiento de otro Gobierno Contratante, hacer que sea objeto de reconocimiento un buque que tenga derecho a enarbolar el pabellón de otro Estado y, si estima que cumple lo dispuesto en el Código, expedirá o autorizará a que se expida a ese buque un Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel y, cuando corresponda, refrendará o autorizará el refrendo de dicho certificado para el buque, de conformidad con el Código. Todo certificado así expedido incluirá una declaración que indique que se ha expedido a petición del Gobierno del Estado cuyo pabellón tiene derecho a enarbolar el buque.

1.4.6 *Duración y validez de un Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel*

1.4.6.1 El Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel se expedirá para un periodo especificado por la Administración, que no excederá de cinco años.

1.4.6.2.1 No obstante lo prescrito en 1.4.6.1, cuando el reconocimiento de renovación se efectúe dentro de los tres meses anteriores a la fecha de expiración del certificado existente, el nuevo certificado será válido a partir de la fecha en que finalice el reconocimiento de renovación, por un periodo que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha de expiración del certificado existente.

1.4.6.2.2 Cuando el reconocimiento de renovación se efectúe después de la fecha de expiración del certificado existente, el nuevo certificado será válido a partir de la fecha en que finalice el reconocimiento de renovación, por un periodo que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha de expiración del certificado existente.

1.4.6.2.3 Cuando el reconocimiento de renovación se efectúe con más de tres meses de antelación a la fecha de expiración del certificado existente, el nuevo certificado será válido a partir de la fecha en que finalice el reconocimiento de renovación, por un periodo que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha de finalización del reconocimiento de renovación.

1.4.6.3 Si un certificado se expide para un periodo de menos de cinco años, la Administración podrá prorrogar su validez más allá de la fecha de expiración hasta el límite del periodo máximo especificado en 1.4.6.1, siempre que los reconocimientos citados en las reglas 1.4.2.3 y 1.4.2.4, aplicables cuando se expide un certificado para un periodo de cinco años, se hayan efectuado como proceda.

1.4.6.4 Si se ha efectuado un reconocimiento de renovación y no ha sido posible expedir o facilitar al buque un nuevo certificado antes de la fecha de expiración del certificado existente, la persona o la organización autorizada por la Administración podrá refrendar el certificado existente. Dicho certificado será aceptado como válido por un periodo adicional que no excederá de cinco meses contados a partir de la fecha de expiración.

1.4.6.5 Si, en la fecha de expiración de un certificado, un buque no se encuentra en el puerto en que haya de ser objeto de reconocimiento, la Administración podrá prorrogar la validez del certificado. Sin embargo, esta prórroga sólo se concederá con el fin de que el buque pueda proseguir su viaje hasta el puerto en que haya de ser objeto de reconocimiento y, aun así, únicamente en los casos en que se estime oportuno y razonable hacerlo.

1.4.6.6 Todo certificado expedido a un buque dedicado a viajes cortos, que no haya sido prorrogado en virtud de las precedentes disposiciones de esta sección, podrá ser prorrogado por la Administración por un periodo de gracia que no sea superior a un mes a partir de la fecha de expiración indicada en el mismo. Cuando se haya finalizado el reconocimiento de renovación, el nuevo certificado será válido por un periodo que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha de expiración del certificado existente antes de que se concediera la prórroga.

1.4.6.7 En circunstancias especiales, que determinará la Administración, no será necesario, contrariamente a lo prescrito en 1.4.6.2.2, 1.4.6.5 o 1.4.6.6, que la validez de un nuevo certificado comience a partir de la fecha de expiración del certificado existente. En estas circunstancias especiales, el nuevo certificado será válido por un periodo que no excederá de cinco años contados a partir de la fecha en que finalice el reconocimiento de renovación.

1.4.6.8 Cuando se efectúe un reconocimiento anual o intermedio antes del periodo estipulado en 1.4.2:

- .1 la fecha de vencimiento anual que figure en el certificado se modificará sustituyéndola por una fecha que no sea más de tres meses posterior a la fecha en que terminó el reconocimiento;
- .2 el reconocimiento anual o intermedio subsiguiente prescrito en 1.4.2 se efectuará a los intervalos que en dicha disposición se establezcan, teniendo en cuenta la nueva fecha de vencimiento anual; y
- .3 la fecha de expiración podrá permanecer inalterada a condición de que se efectúen uno o más reconocimientos anuales o intermedios, según proceda, de manera que no se excedan entre los distintos reconocimientos los intervalos máximos estipulados en 1.4.2.

1.4.6.9 Todo certificado expedido en virtud de 1.4.4 o 1.4.5 perderá su validez en cualquiera de los casos siguientes:

- .1 si los reconocimientos pertinentes no se han efectuado en los intervalos estipulados en 1.4.2;
- .2 si el certificado no es refrendado de conformidad con lo dispuesto en 1.4.2.3 o 1.4.2.4; y
- .3 cuando el buque cambie su pabellón por el de otro Estado. Sólo se expedirá un nuevo certificado cuando el Gobierno que lo expida se haya cerciorado plenamente de que el buque cumple lo dispuesto en 1.4.3.1 y 1.4.3.2. Si se produce un cambio de pabellón entre Gobiernos Contratantes del Convenio SOLAS, el Gobierno del Estado cuyo pabellón el buque tenía previamente derecho a enarbolar transmitirá lo antes posible a la Administración, previa petición de ésta cursada dentro del plazo de tres meses después de efectuado el cambio, copias del certificado que llevaba el buque antes del cambio y, si están disponibles, copias de los informes de los reconocimientos pertinentes.

CAPÍTULO 2

APTITUD DEL BUQUE PARA CONSERVAR LA FLOTABILIDAD Y UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE CARGA

Objetivo

Garantizar que los tanques de carga estén situados en una zona protegida si se produce una pequeña avería en el casco, y que el buque pueda conservar la flotabilidad en las condiciones de inundación supuestas.

2.1 Generalidades

2.1.1 Los buques regidos por el Código resistirán los efectos hidrostáticos de las inundaciones que se produzcan a raíz de las averías del casco, que sean causadas por fuerzas exteriores. Además, para salvaguardar el buque y el medio ambiente, los tanques de carga estarán protegidos contra el riesgo de perforación si el buque sufre una pequeña avería a causa de, por ejemplo, la colisión con un pantalán o un remolcador, y también estarán protegidos, en cierta medida, contra posibles averías en caso de abordaje o varada, situándolos, con respecto a las planchas del forro exterior del buque, a las distancias mínimas especificadas. Tanto la avería supuesta como la distancia de los tanques de carga al forro del buque dependerán del grado de peligro inherente de los productos transportados. Asimismo, la distancia de los tanques de carga al forro del buque también dependerá del volumen del tanque de carga.

2.1.2 Los buques regidos por el Código se proyectarán con arreglo a una de las normas siguientes:

- .1 Buque de tipo 1G: buque gasero destinado a transportar productos indicados en el capítulo 19, que exijan la adopción de medidas preventivas de un rigor máximo para impedir escapes.
- .2 Buque de tipo 2G: buque gasero destinado a transportar productos indicados en el capítulo 19, que exijan la adopción de importantes medidas preventivas para impedir escapes.
- .3 Buque de tipo 2PG: buque gasero de eslora igual o inferior a 150 m destinado a transportar productos indicados en el capítulo 19, que exijan la adopción de importantes medidas preventivas para impedir escapes, y en los que los productos se transporten en tanques independientes de tipo C proyectados para soportar (véase 4.23) un MARVS de por lo menos 0,7 MPa (presión manométrica) y una temperatura de proyecto del sistema de contención de la carga igual o superior a -55 °C. Un buque de estas características que tenga una eslora superior a 150 m se considera como buque de tipo 2G.
- .4 Buque de tipo 3G: buque gasero destinado a transportar productos indicados en el capítulo 19, que exijan la adopción de medidas preventivas moderadas para impedir escapes.

Así, pues, los buques de tipo 1G son buques gaseros destinados al transporte de productos respecto de los que se considera que entrañan el mayor riesgo global, y los de tipo 2G/2PG y de tipo 3G se destinan al transporte de productos que entrañan riesgos gradualmente decrecientes. Por consiguiente, todo buque de tipo 1G deberá resistir averías de un grado máximo de gravedad y sus tanques de carga estarán situados de modo que la distancia que los separe de la chapa del forro sea la mayor de las prescritas.

2.1.3 Los tipos de buques prescritos para los distintos productos aparecen indicados en la columna 'c' del cuadro del capítulo 19.

2.1.4 Si está previsto que un buque transporte varios de los productos enumerados en el capítulo 19, la norma aplicable relativa a la avería será la correspondiente al producto cuyo transporte se rija por las prescripciones más rigurosas en cuanto al tipo de buque. Sin embargo, las prescripciones relativas a la ubicación de los distintos tanques de carga serán las aplicables a los tipos de buques correspondientes a los respectivos productos que se prevea transportar.

2.1.5 A los efectos del presente código, la posición de la línea de trazado de los diversos sistemas de contención se ilustra en las figuras 2.5 a) a e).

2.2 Francobordo y estabilidad

2.2.1 Podrá asignarse a los buques regidos por el Código el francobordo mínimo permitido por el Convenio internacional sobre líneas de carga en vigor. Sin embargo, el calado correspondiente a tal asignación no será superior al máximo permitido por el presente Código.

2.2.2 La estabilidad del buque, en todas las condiciones de navegación y durante las operaciones de carga y descarga, se ajustará a las prescripciones establecidas en el Código internacional de estabilidad sin avería,² incluidas las operaciones de llenado parcial y de carga y descarga en el mar, cuando proceda. La estabilidad durante las operaciones de agua de lastre satisfarán los criterios de estabilidad.

² Véase el Código internacional de estabilidad sin avería, 2008, adoptado por el Comité de seguridad marítima de la Organización mediante la resolución MSC.267(85).

2.2.3 Al calcular el efecto de las superficies libres de los líquidos consumibles con respecto a las condiciones de carga se supondrá que, para cada tipo de líquido, por lo menos un par de tanques transversales o un solo tanque central tienen superficie libre, y se tendrá en cuenta el tanque o la combinación de tanques en que el efecto de las superficies libres sea máximo. El efecto de las superficies libres en los compartimientos no averiados se calculará siguiendo un método que se ajuste a lo establecido en el Código internacional de estabilidad sin avería.

2.2.4 En general, no se utilizará lastre sólido en los espacios del doble fondo de la zona de carga. No obstante, cuando por consideraciones relacionadas con la estabilidad sea inevitable poner en tales espacios lastre sólido, la disposición de éste estará regida por la necesidad de permitir el acceso para la inspección y de garantizar que los esfuerzos de choque resultantes de la avería en el fondo no se transmitan directamente a la estructura de los tanques de carga.

2.2.5 Se facilitará al capitán un cuadernillo de información sobre carga y estabilidad en el que figuren pormenores de las condiciones típicas de servicio y de las operaciones de carga, descarga y lastrado, así como datos para evaluar otras condiciones de carga y un resumen de las características que permiten al buque conservar la flotabilidad. El cuadernillo también contendrá la información necesaria para que el capitán pueda cargar y explotar el buque sin riesgos y conforme a las buenas prácticas marineras.

2.2.6 Todos los buques regidos por el Código llevarán un instrumento de estabilidad capaz de verificar el cumplimiento de las prescripciones de estabilidad sin avería y estabilidad con avería, aprobado por la Administración, habida cuenta de las normas de funcionamiento recomendadas por la Organización.³

- .1 Los buques construidos antes del 1 de julio de 2016 cumplirán lo dispuesto en el presente párrafo en el primer reconocimiento de renovación programado del buque posterior al 1 de julio de 2016 y en ningún caso después del 1 de julio de 2021;
- .2 no obstante lo prescrito en el párrafo 2.2.6.1, no se sustituirán los instrumentos de estabilidad instalados en buques construidos antes del 1 de julio de 2016 siempre que permitan verificar el cumplimiento de la estabilidad sin avería y la estabilidad con avería de manera satisfactoria a juicio de la Administración; y
- .3 a efectos de supervisión en virtud de la regla XI-1/4 del Convenio SOLAS, la Administración expedirá un documento de aprobación para el instrumento de estabilidad.

2.2.7 La Administración podrá dispensar del cumplimiento del párrafo 2.2.6 a los buques siguientes, siempre que los procedimientos empleados para la verificación de la estabilidad sin avería y la estabilidad con avería mantengan el mismo grado de seguridad que cuando la carga se realiza de conformidad con las condiciones aprobadas.⁴ Cualquier dispensa de este tipo se hará constar debidamente en el Certificado internacional de aptitud que se cita en el párrafo 1.4.4:

³ Véanse el capítulo 4 de la parte B del Código internacional de estabilidad sin avería, 2008 (Código IS 2008), enmendado; la sección 4 del anexo de las Directrices para la aprobación de instrumentos de estabilidad (MSC.1/Circ.1229), enmendadas; y las normas técnicas que se definen en la parte 1 de las Directrices para la verificación de las prescripciones sobre estabilidad con avería de los buques tanque (MSC.1/Circ.1461).

⁴ Véanse las orientaciones operacionales que figuran en la parte 2 de las Directrices para la verificación de las prescripciones sobre estabilidad con avería de los buques tanque (MSC.1/Circ.1461).

- .1 los buques dedicados a un servicio determinado, con un número limitado de permutaciones de carga, de modo que se hayan aprobado todas las condiciones previstas en la información de estabilidad facilitada al capitán de conformidad con lo prescrito en el párrafo 2.2.5;
- .2 los buques en los que la verificación de la estabilidad se realice a distancia con medios aprobados por la Administración;
- .3 los buques que se carguen de conformidad con una gama aprobada de condiciones de carga; o
- .4 los buques construidos antes del 1 de julio de 2016 con curvas límite KG/GM aprobadas, que abarquen todas las prescripciones de estabilidad sin avería y estabilidad con avería aplicables.

2.2.8 Condiciones de carga

Se investigará la aptitud para conservar la flotabilidad después de haberse producido una avería, a partir de la información sobre carga presentada a la Administración respecto de todas las condiciones de carga y las variaciones de calado y asiento previstas, que comprenderán la escora del lastrado y, cuando proceda, la de la carga.

2.3 Hipótesis de avería

2.3.1 Las dimensiones máximas de la hipótesis de avería serán las siguientes:

.1	<i>Avería en el costado:</i>		
.1.1	Extensión longitudinal:	$1/3 L^{2/3}$ o 14,5 m, si este valor es menor	
.1.2	Extensión transversal: medida hacia el interior del buque desde la línea de trazado de la chapa del forro exterior perpendicularmente al eje longitudinal, al nivel de la línea de flotación de verano	$B/5$ o 11,5 m, si este valor es menor	
.1.3	Extensión vertical: desde la línea de trazado de la chapa del forro exterior	Hacia arriba, sin límites	
.2	<i>Avería en el fondo:</i>	A 0,3 L de la perpendicular de proa del buque	En cualquier otra parte del buque
.2.1	Extensión longitudinal:	$1/3 L^{2/3}$ o 14,5 m, si este valor es menor	$1/3 L^{2/3}$ o 14,5 m, si este valor es menor
.2.2	Extensión transversal:	$B/6$ o 10 m, si este valor es menor	$B/6$ o 5 m, si este valor es menor
.2.3	Extensión vertical:	$B/15$ o 2 m, si este valor es menor (medido desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo en el eje longitudinal) (véase 2.4.3)	$B/15$ o 2 m, si este valor es menor (medido desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo en el eje longitudinal) (véase 2.4.3)

2.3.2 Otras averías

2.3.2.1 Si una avería de dimensiones inferiores a las especificadas como máximas en 2.3.1 originase una condición de mayor gravedad, habrá que tener en cuenta también dicha avería.

2.3.2.2 Se tendrá en cuenta toda avería localizada en cualquier parte de la zona de la carga que se extienda hacia el interior del buque a una distancia 'd', definida en 2.4.1, y medida perpendicularmente a la línea de trazado de la cubierta exterior. Los mamparos constituirán averías previstas si resultan aplicables los subpárrafos pertinentes del párrafo 2.6.1. Si una avería de dimensiones inferiores a 'd' originase una condición de mayor gravedad, habrá que prevenirla.

2.4 Ubicación de los tanques de carga

2.4.1 Los tanques de carga estarán situados a las siguientes distancias, medidas hacia el interior del buque:

- .1 Buques de tipo 1G: desde la línea de trazado de la chapa del forro exterior, una distancia no menor que la extensión transversal de la avería especificada en 2.3.1.1.2, y desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo, en el eje longitudinal, no menor que la extensión vertical de la avería especificada en 2.3.1.2.3, y en ningún punto será de menos de "d", donde "d" significa:
 - .1 respecto de V_c inferior o igual a 1 000 m³, $d = 0,8$ m;
 - .2 respecto de $1\ 000\ \text{m}^3 < V_c < 5\ 000\ \text{m}^3$, $d = 0,75 + V_c \times 0,2/4\ 000$ m;
 - .3 respecto de $5\ 000\ \text{m}^3 \leq V_c < 30\ 000\ \text{m}^3$, $d = 0,8 + V_c/25\ 000$ m; y
 - .4 respecto de $V_c \geq 30\ 000\ \text{m}^3$, $d = 2$ m,

donde:

- V_c corresponde al 100 % del volumen bruto de proyecto del tanque de carga a 20 °C, incluidas las bóvedas y apéndices (véanse las figuras 2.1 y 2.2). A los efectos de las distancias que proporcionan protección a los tanques de carga, el volumen del tanque de carga es el volumen total de todas las partes del tanque que tienen uno o varios mamparos comunes; y
- "d" se mide en cualquier sección transversal, perpendicularmente a la línea de trazado del forro exterior.

Las limitaciones de la capacidad de los tanques de carga podrán aplicarse a las cargas de los buques de tipo 1G de conformidad con el capítulo 17.

- .2 Tipos 2G/2PG: desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo, en el eje longitudinal, no menor que la extensión vertical de la avería especificada en 2.3.1.2.3, y en ningún punto será de menos de "d" como se indica en 2.4.1.1 (véanse las figuras 2.1 y 2.3).
- .3 Buques de tipo 3G: desde la línea de trazado de la chapa del forro del fondo, en el eje longitudinal, no menor que la extensión vertical de la avería especificada en 2.3.1.2.3, y en ningún punto será de menos de "d", donde "d" es igual a 0,8 m desde la línea de trazado de la chapa del forro exterior (véanse las figuras 2.1 y 2.4).

2.4.2 A los efectos de la ubicación del tanque, la extensión vertical de la avería en el fondo se medirá hasta el techo del doble fondo si se utilizan tanques de membrana y de semimembrana, o, si no es así, hasta el fondo de los tanques de carga. La extensión transversal de la avería en el costado se medirá hasta el mamparo longitudinal si se utilizan tanques de membrana y de semimembrana, si no es así, hasta el costado de los tanques de carga. Las distancias indicadas en 2.3 y 2.4 se aplicarán del modo señalado en las figuras 2.5 a) a e), y se medirán de plancha a plancha, de línea de trazado a línea de trazado, excluido el aislamiento.

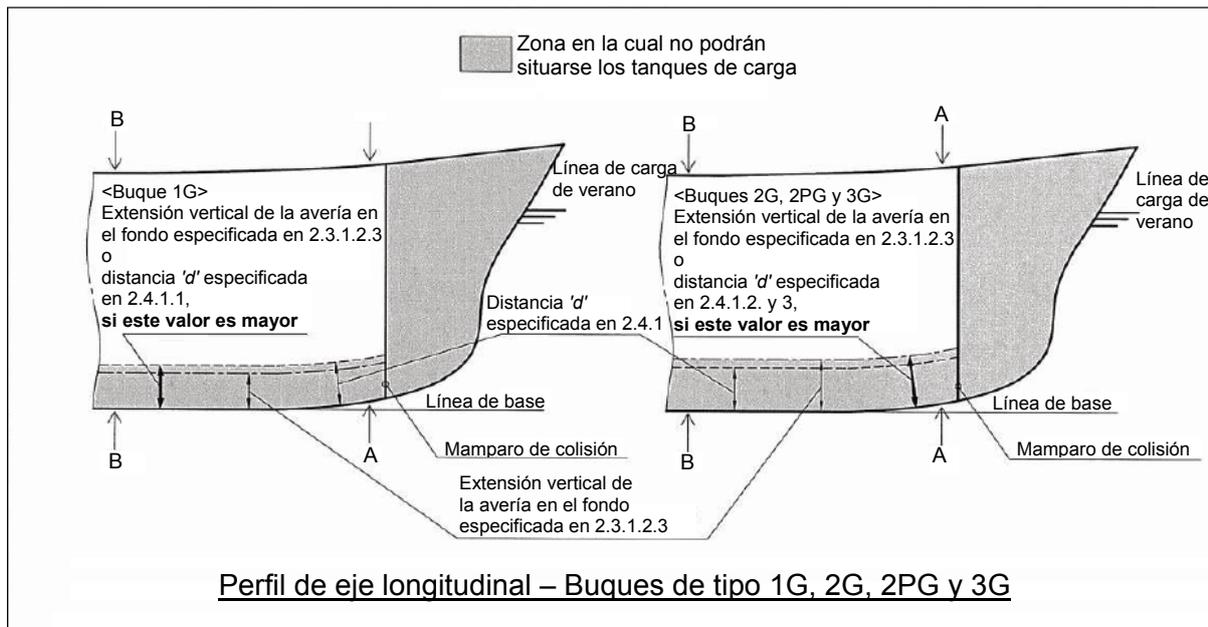


Figura 2.1: Prescripciones relativas a la ubicación de los tanques de carga

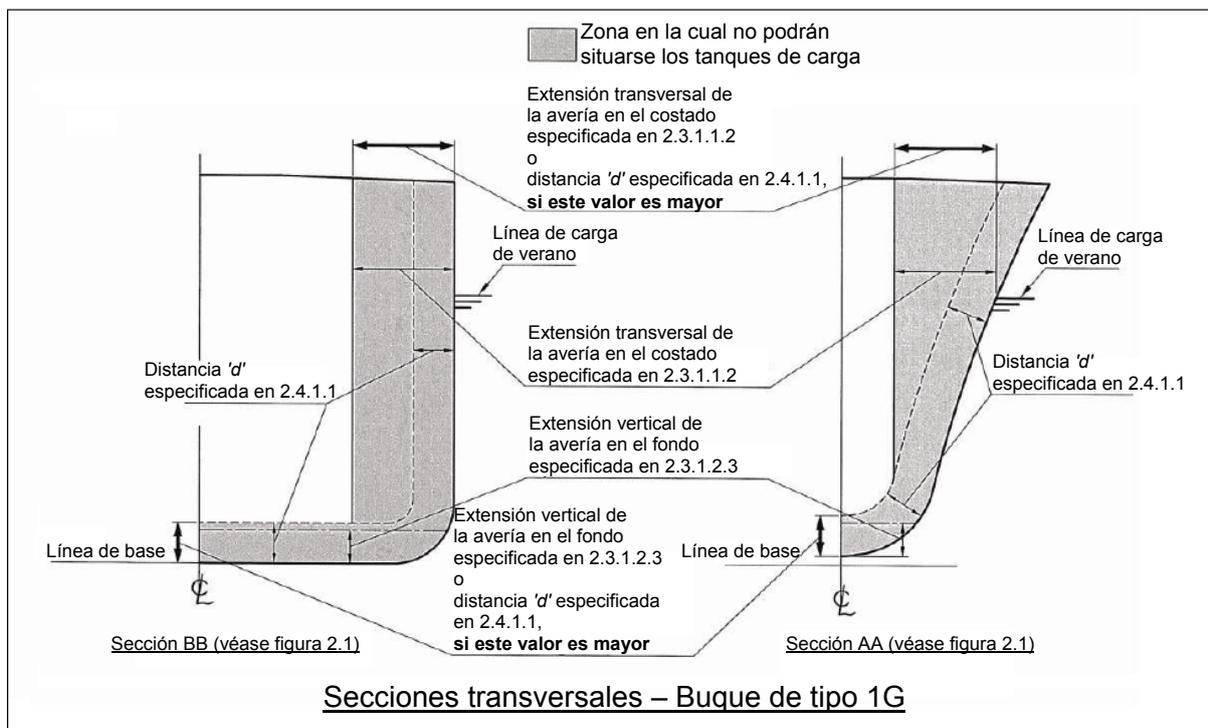


Figura 2.2: Prescripciones relativas a la ubicación de los tanques de carga

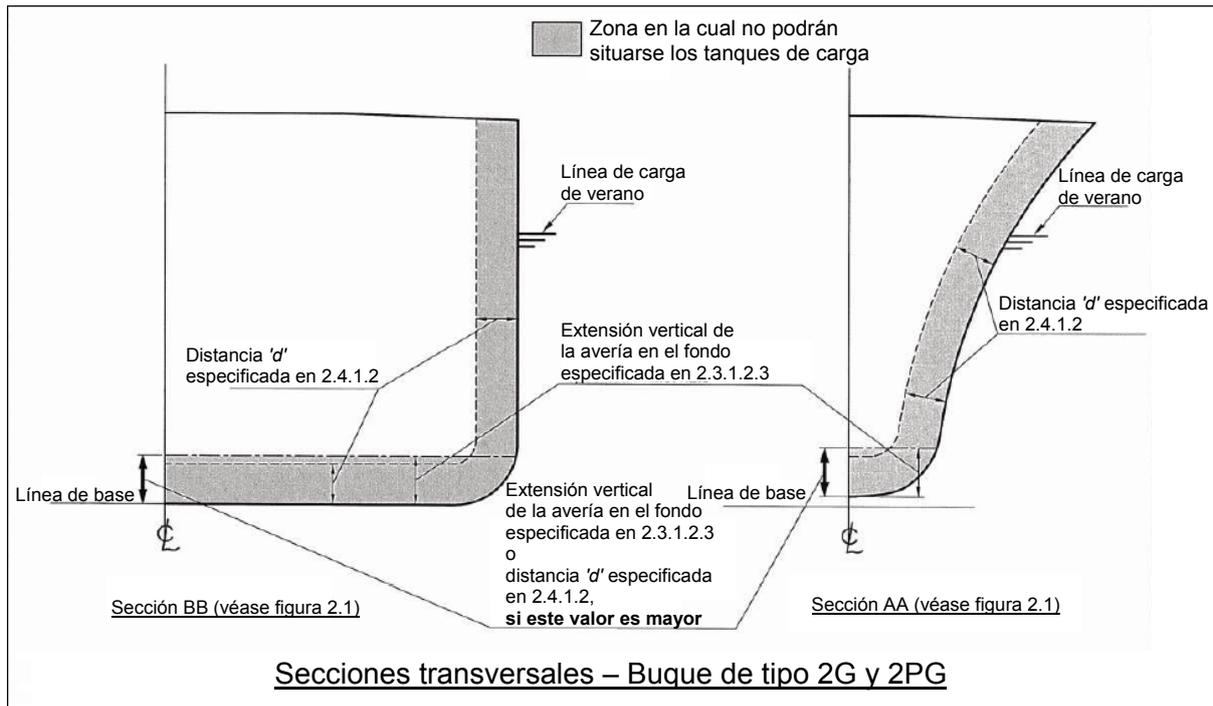


Figura 2.3: Prescripciones relativas a la ubicación de los tanques de carga

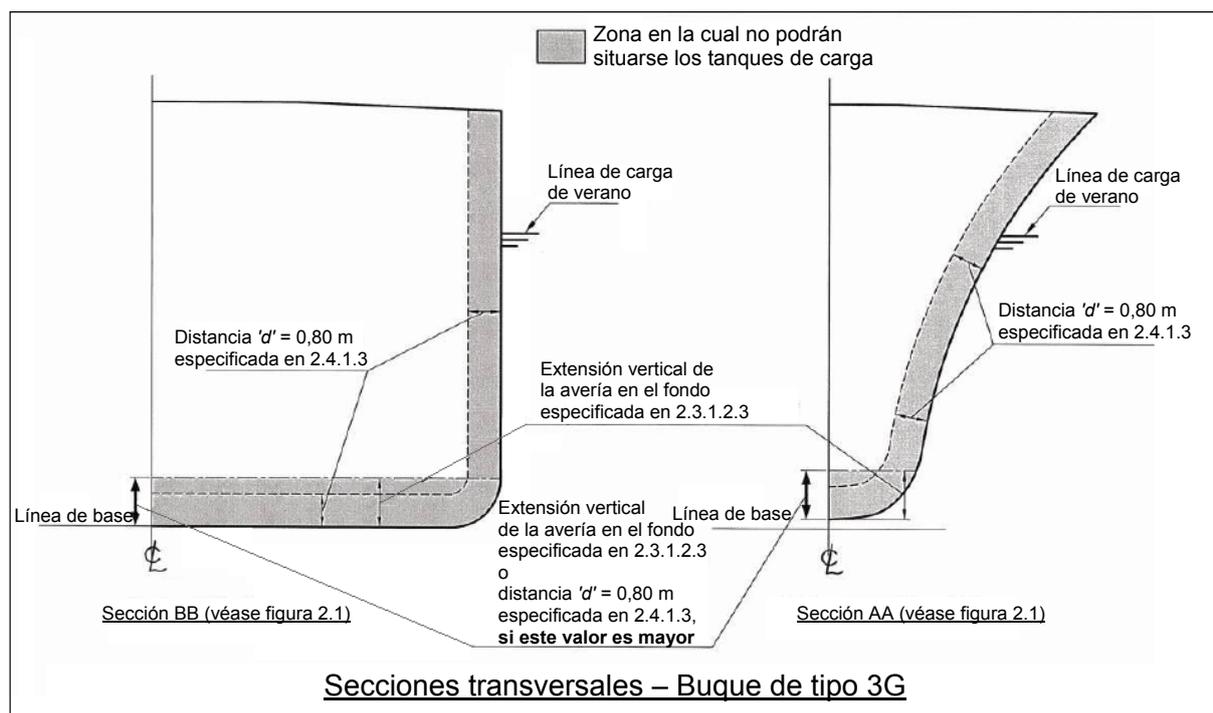


Figura 2.4: Prescripciones relativas a la ubicación de los tanques de carga

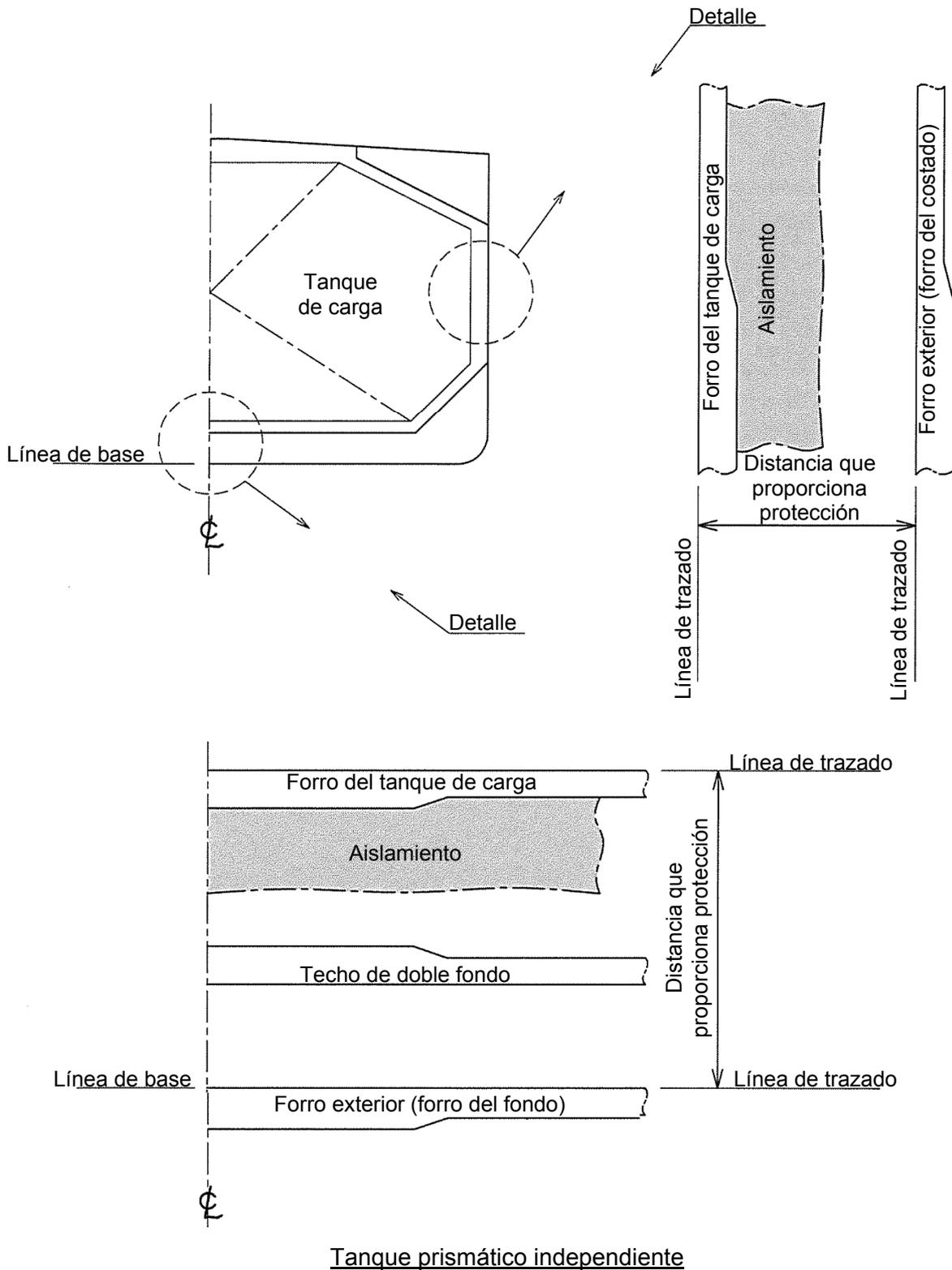


Figura 2.5 a): Distancia que proporciona protección

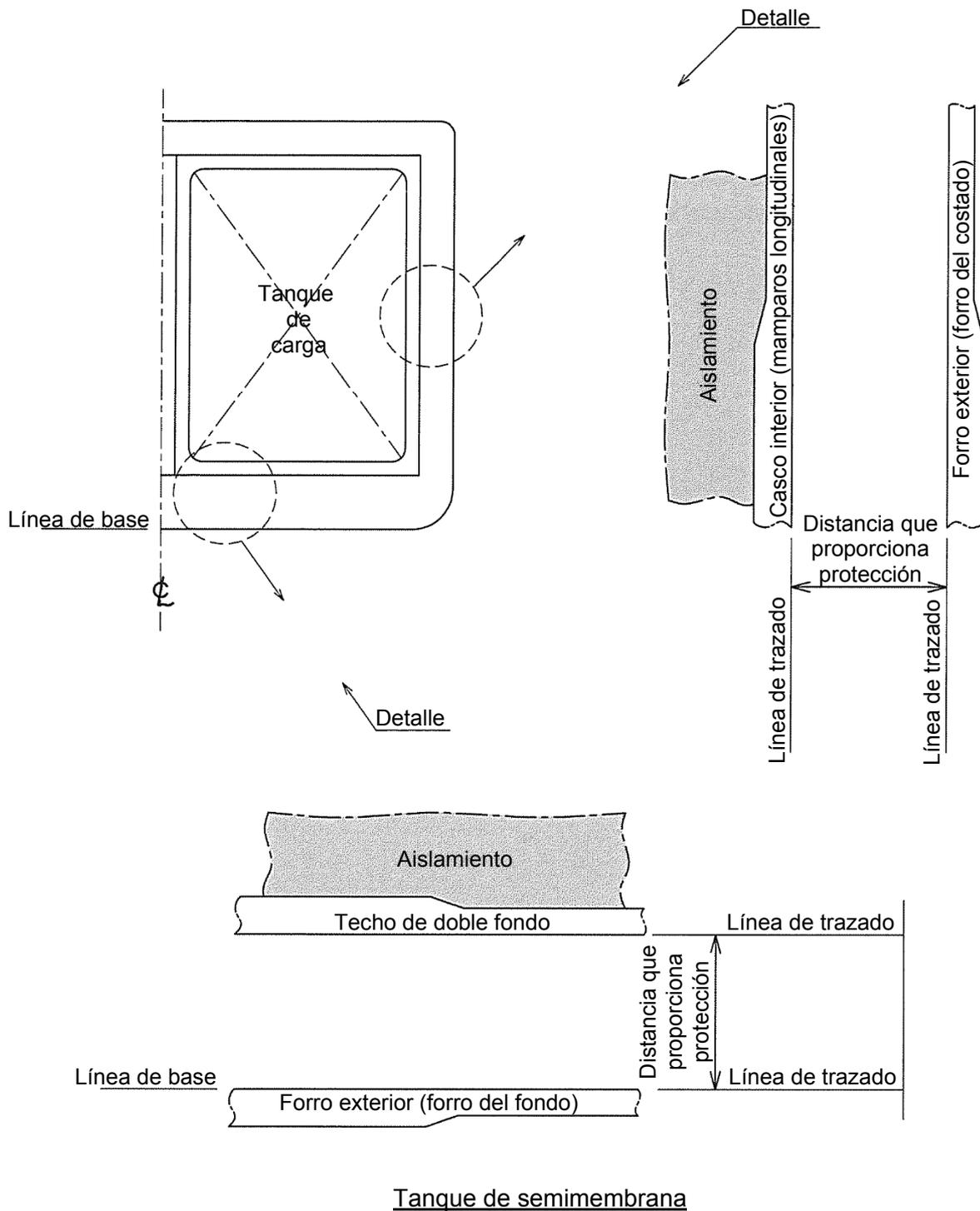


Figura 2.5 b): Distancia que proporciona protección

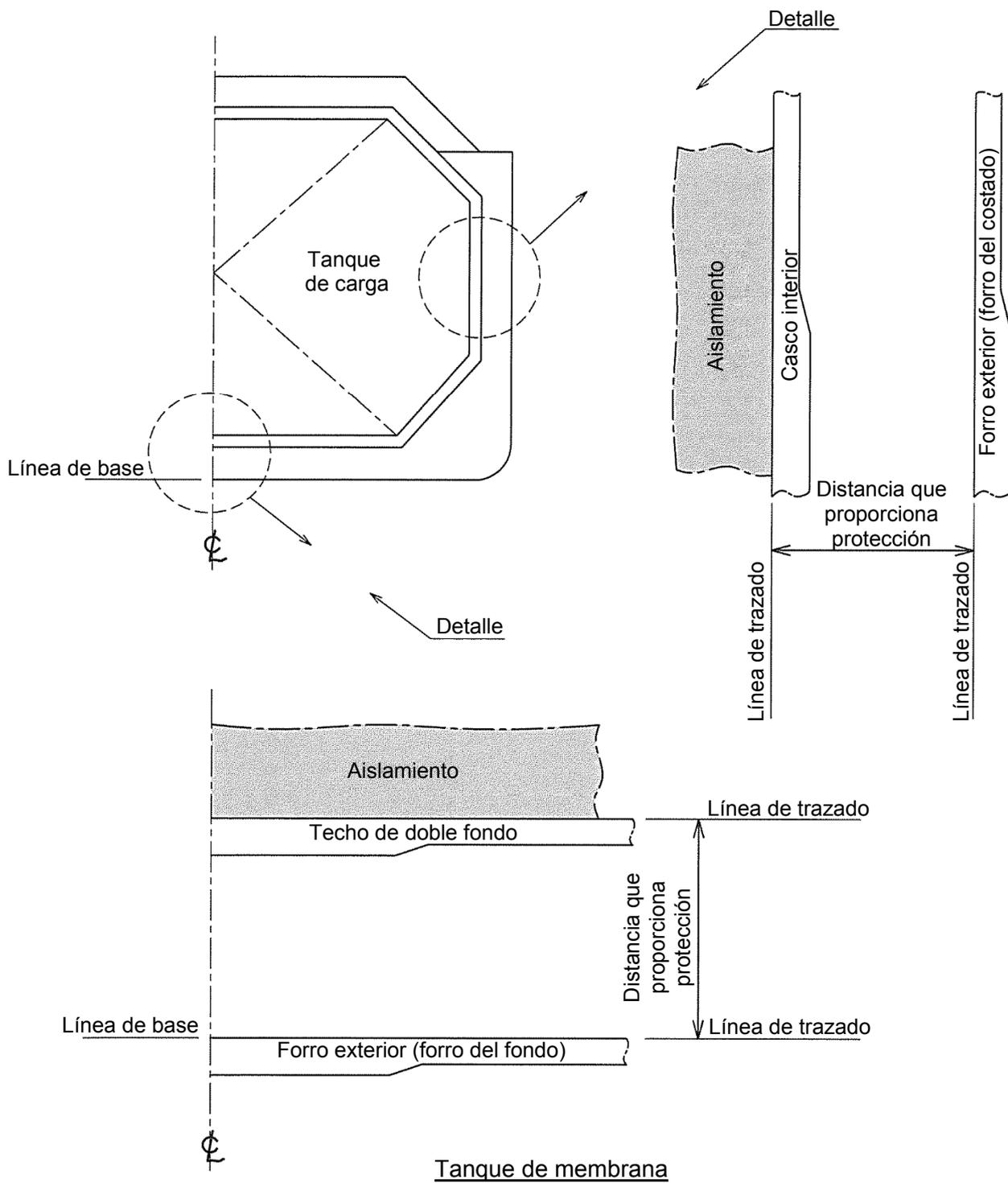


Figura 2.5 c): Distancia que proporciona protección

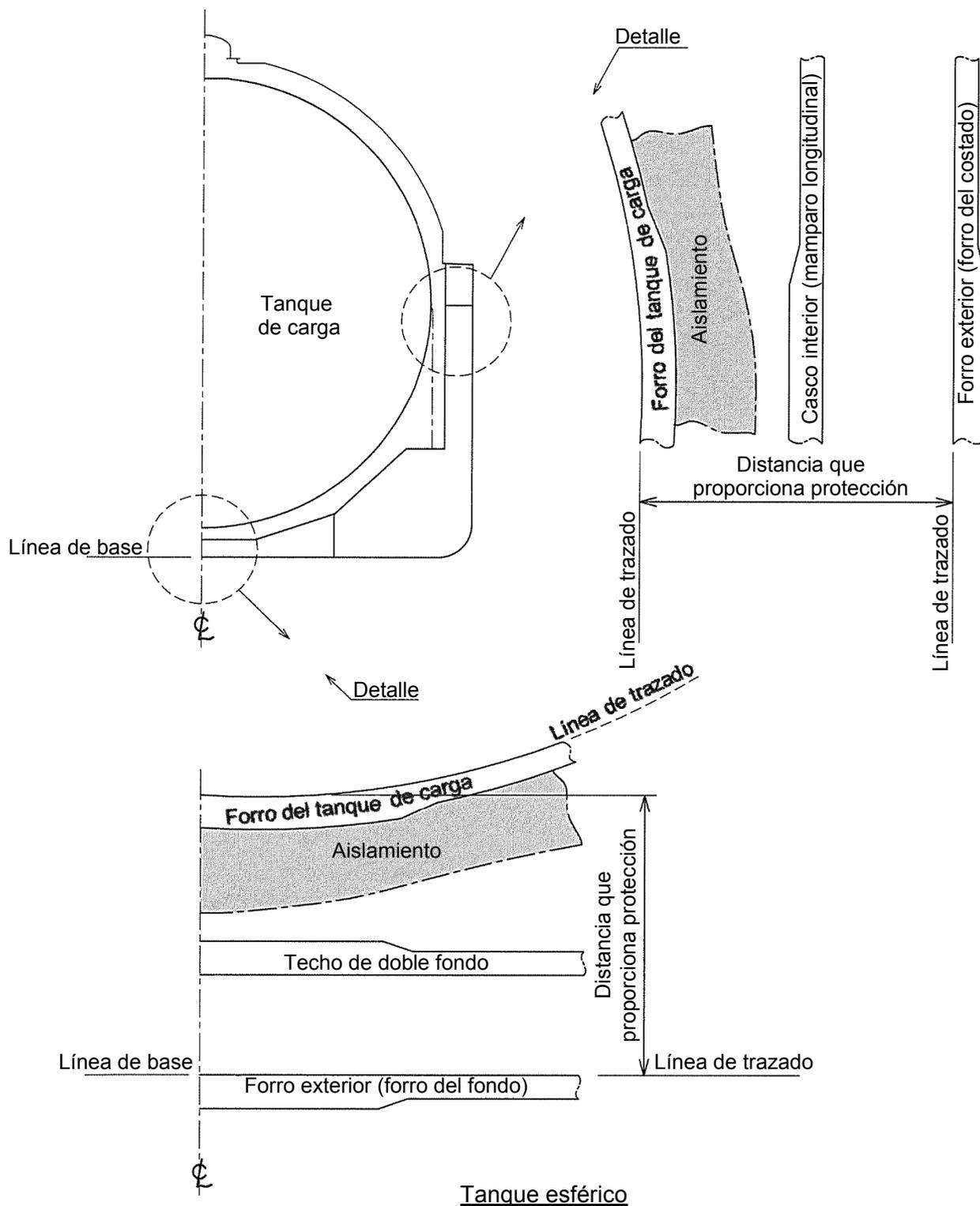


Figura 2.5 d): Distancia que proporciona protección

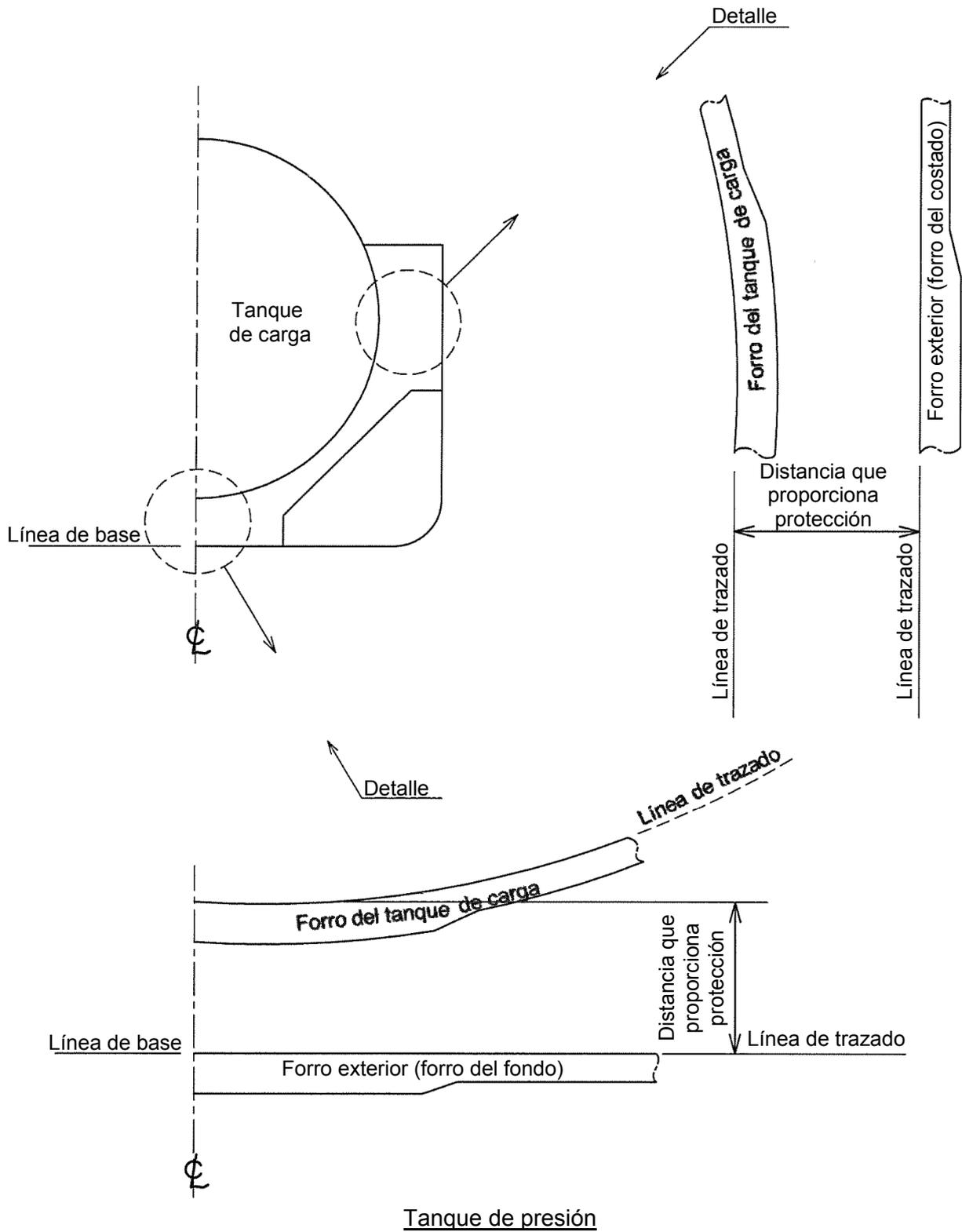


Figura 2.5 e): Distancia que proporciona protección

2.4.3 Salvo en el caso de los buques de tipo 1G, los pozos de aspiración instalados en los tanques de carga podrán adentrarse en la extensión vertical de la avería de fondo especificada en 2.3.1.2.3, a condición de que tales pozos sean de las menores dimensiones posibles y que la medida en que se adentren por debajo de la chapa del forro interior no exceda del 25 % de la profundidad del doble fondo o bien de 350 mm, si esta magnitud es inferior. Cuando no haya doble fondo, la medida en que los pozos de aspiración se adentren por debajo del límite superior de la avería de fondo no excederá de 350 mm. Al determinar los compartimientos afectados por la avería, cabrá excluir los pozos de aspiración instalados de conformidad con el presente párrafo.

2.4.4 Los tanques de carga no se ubicarán a proa del mamparo de colisión.

2.5 Hipótesis de inundación

2.5.1 El cumplimiento de lo prescrito en 2.7 habrá de confirmarse por medio de cálculos en los que se tengan en cuenta las características de proyecto del buque, las disposiciones, la configuración y el contenido de los compartimientos averiados, la distribución, la densidad relativa y el efecto de las superficies libres de los líquidos, así como el calado y el asiento para todas las condiciones de carga.

2.5.2 Las permeabilidades de los espacios que se supone averiados serán las siguientes:

Espacios	Permeabilidad
Asignados a pertrechos	0,6
Ocupados como alojamiento	0,95
Ocupados por maquinaria	0,85
Espacios perdidos	0,95
Espacios de bodega	0,95 ¹
Destinados a líquidos consumibles	0 a 0,95 ²
Destinados a otros líquidos	0 a 0,95 ²

Nota 1 Se pueden tener en cuenta otros valores de permeabilidad sobre la base de cálculos pormenorizados. Consúltense las interpretaciones de las reglas del capítulo II-1 de la parte B-1 del Convenio SOLAS (MSC/Circ.651).

Nota 2 La permeabilidad de los compartimientos parcialmente llenos se adecuará a la cantidad de líquido transportado en ellos.

2.5.3 Cuando la avería suponga perforación de un tanque que contenga líquido, se considerará que el contenido de tal compartimiento se ha perdido por completo y que ha sido reemplazado por agua salada hasta el nivel del plano final de equilibrio.

2.5.4 En el caso de una avería entre mamparos transversales estancos, tal como se especifica en 2.6.1.4, 2.6.1.5 y 2.6.1.6, los mamparos transversales se situarán por lo menos a una distancia igual a la extensión longitudinal de la avería especificada en 2.3.1.1.1 para que puedan ser considerados eficaces. Si los mamparos transversales están espaciados a una distancia menor, se supondrá que uno o varios de dichos mamparos, que se encuentren dentro de la extensión de la avería, no existen a los efectos de determinar los compartimientos inundados. Por otra parte, toda porción de un mamparo transversal que limite compartimientos laterales o compartimientos del doble fondo se supondrá averiada si los límites de los mamparos estancos están comprendidos en la extensión de la perforación vertical u horizontal que se establece en 2.3. Asimismo, se supondrá que todo mamparo transversal se encuentra averiado si tiene una bayoneta o un nicho de más de 3 m de longitud dentro de la extensión transversal de la avería supuesta. A los efectos del presente párrafo, no se considerará que forme bayoneta la constituida por el mamparo del pique de popa y la tapa de tanque del pique de popa.

2.5.5 El buque estará proyectado de modo que la inundación asimétrica quede reducida al mínimo compatible con la adopción de medidas eficaces.

2.5.6 No se tomarán en consideración los medios de equilibrado que necesiten mecanismos auxiliares tales como válvulas o tuberías de adrizamiento transversal, si se dispone de ellos, para reducir el ángulo de escora o alcanzar el margen mínimo de estabilidad residual señalado en 2.7.1, y se mantendrá estabilidad suficiente en todas las fases del equilibrado cuando se esté tratando de conseguir éste. Cabrá considerar que los espacios unidos por conductos de gran área de sección transversal son comunes.

2.5.7 Si en la extensión de la supuesta perforación debida a avería, según lo definido en 2.3, se encuentran tuberías, conductos, troncos o túneles, las medidas adoptadas impedirán que por medio de estos elementos pueda llegar la inundación progresiva a compartimientos distintos de los que se supone que, en relación con cada caso de avería, se inundarán.

2.5.8 Se prescindirá de la flotabilidad de toda superestructura que ocupe una posición inmediatamente superior a la avería de costado. Sin embargo, podrán tenerse en cuenta las partes no inundadas de las superestructuras que se hallen fuera de la extensión de la avería, a condición de que:

- .1 estén separadas del espacio averiado por divisiones estancas y se cumpla lo prescrito en 2.7.1.1 respecto de estos espacios sin avería; y
- .2 las aberturas practicadas en tales divisiones puedan cerrarse mediante puertas de corredera estancas accionadas a distancia y las aberturas no protegidas no queden sumergidas cuando se esté dentro del margen mínimo de estabilidad residual prescrito en 2.7.2.1; sin embargo, cabrá permitir la inmersión de toda otra abertura que pueda cerrarse de manera estanca a la intemperie.

2.6 Normas relativas a averías

2.6.1 Los buques podrán resistir las averías indicadas en 2.3, dadas las hipótesis de inundación establecidas en 2.5 y en la medida determinada por el tipo del buque, con arreglo a las siguientes normas:

- .1 buques de tipo 1G: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora;
- .2 buques de tipo 2G de más de 150 m de eslora: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora;
- .3 buques de tipo 2G de eslora igual o inferior a 150 m: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora, salvo las que afecten a uno u otro de los mamparos que limiten un espacio de máquinas situado a popa;
- .4 buques de tipo 2PG: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora, salvo las que afectan a mamparos transversales espaciados con distancia intermedia superior a la extensión longitudinal de la avería especificada en 2.3.1.1.1;
- .5 buques de tipo 3G de eslora igual o superior a 80 m: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora, salvo las que afectan a mamparos transversales espaciados con distancia intermedia superior a la extensión longitudinal de la avería especificada en 2.3.1.1.1; y

- .6 buques de tipo 3G de eslora inferior a 80 m: se supondrá que resisten averías en cualquier punto de su eslora, salvo las que afectan a mamparos transversales espaciados con distancia intermedia superior a la extensión longitudinal de la avería especificada en 2.3.1.1.1 y las que afectan al espacio de máquinas situado a popa.

2.6.2 En el caso de buques pequeños de los tipos 2G/2PG y 3G que no se ajusten en todos los aspectos a lo dispuesto en 2.6.1.3, 2.6.1.4 y 2.6.1.6, solamente la Administración podrá considerar la concesión de dispensas especiales, a condición de que quepa tomar otras medidas que mantengan el mismo grado de seguridad. Será necesario aprobar e indicar con toda claridad la índole de tales medidas y hacer que éstas puedan ser puestas en conocimiento de la Administración portuaria. En el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel que se cita en 1.4.4 deberá quedar constancia de cualquier dispensa de este tipo.

2.7 Prescripciones relativas a la conservación de la flotabilidad

Los buques regidos por el Código podrán resistir las averías supuestas que se especifican en 2.3, con arreglo a las normas estipuladas en 2.6 y en la condición de equilibrio estable, y se ajustarán a los criterios siguientes:

2.7.1 En cualquier fase de la inundación:

- .1 considerados el incremento de carena, la escora y el asiento, la flotación quedará por debajo del borde inferior de toda abertura por la que pueda producirse inundación progresiva o descendente. Entre esas aberturas se cuentan las de los conductos de aire y las aberturas que se cierran con puertas estancas a la intemperie o tapas de escotilla del mismo tipo; pueden no figurar entre ellas las aberturas que se cierran con tapas de registro estancas y portillos sin brazola estancos, pequeñas tapas de escotilla estancas de tanques de carga que mantienen la elevada integridad de la cubierta, puertas de corredera estancas accionadas a distancia y portillos fijos;
- .2 el ángulo de escora máximo debido a la inundación asimétrica no excederá de 30°; y
- .3 la estabilidad residual en las fases intermedias de inundación en ningún caso será inferior a la prescrita en 2.7.2.1.

2.7.2 En la condición de equilibrio final, después de la inundación:

- .1 la curva de brazos adrizantes habrá de ser, más allá de la posición de equilibrio, un arco que como mínimo mida 20° en combinación con un brazo adrizante residual máximo de por lo menos 0,1 m dentro de ese arco de 20°; el área abarcada por la curva, dentro de dicho arco, no será inferior a 0,0175 m. rad. El arco de 20° podrá medirse desde cualquier ángulo que comience entre la posición de equilibrio y el ángulo de 25° (o de 30° de no producirse la inmersión de la cubierta). Las aberturas no protegidas no quedarán sumergidas cuando se esté dentro de este margen, a menos que se suponga inundado el espacio de que se trate. Dentro del citado margen podrá permitirse la inmersión de cualquiera de las aberturas enumeradas en 2.7.1.1 y de las demás que puedan cerrarse de manera estanca a la intemperie; y
- .2 la fuente de energía eléctrica de emergencia habrá de poder funcionar.

CAPÍTULO 3

DISPOSICIÓN DEL BUQUE

Objetivo

Garantizar que los sistemas de contención y de manipulación de la carga estén emplazados de modo tal que permitan reducir al mínimo las consecuencias de cualquier escape de la carga, y facilitar un acceso seguro a los efectos de la explotación y la inspección.

3.1 Segregación de la zona de la carga

3.1.1 Los espacios de bodega estarán segregados de los espacios de máquinas y de calderas, espacios de alojamiento, espacios de servicio, puestos de control, cajas de cadenas, tanques de agua para uso doméstico y de los paños. Los espacios de bodega estarán situados a proa de los espacios de máquinas de categoría A. Se podrán aceptar disposiciones alternativas, entre ellas, la ubicación de los espacios de máquinas de categoría A a proa, con arreglo a lo dispuesto en la regla II-2/17 del Convenio SOLAS, tras un nuevo examen de los riesgos que tales disposiciones conlleven, incluido el riesgo de escape de la carga y los medios de mitigación de esta circunstancia.

3.1.2 Cuando se transporte carga en un sistema de contención que no necesite una barrera secundaria completa ni parcial, los espacios de bodega podrán segregarse de los espacios mencionados en 3.1.1 o de los espacios situados ya sea por debajo de dichos espacios de bodega o fuera de éstos y hacia el costado, mediante coferdanes, tanques de combustible líquido o un solo mamparo hermético totalmente soldado que forme una división de clase "A-60". Si en los espacios adyacentes no hay fuentes de ignición ni riesgo de incendio, bastará con una división de clase "A-0" hermética.

3.1.3 Cuando se transporte carga en un sistema de contención que necesite una barrera secundaria completa o parcial, los espacios de bodega podrán segregarse de los espacios mencionados en 3.1.1 o de los espacios situados ya sea por debajo de dichos espacios de bodega o fuera de éstos y hacia el costado, que contienen fuentes de ignición o riesgo de incendio, mediante coferdanes o tanques de combustible líquido. Si en los espacios adyacentes no hay fuentes de ignición ni riesgo de incendio, bastará con una división de clase "A-0" hermética.

3.1.4 Los compartimientos de torreta podrán segregarse de los espacios mencionados en 3.1.1, o de los situados ya sea por debajo de dichos compartimientos de torreta o fuera de éstos y hacia el costado, que contienen fuentes de ignición o riesgo de incendio, mediante coferdanes o una división de clase A-60. Si en los espacios adyacentes no hay fuentes de ignición ni riesgo de incendio, bastará con una división de clase "A-0" hermética.

3.1.5 Además, el riesgo de propagación del incendio desde los compartimientos de torreta a los espacios adyacentes será evaluado mediante un análisis de riesgos (véase 1.1.11) y, de ser necesario, se adoptarán otras medidas de prevención, tales como la disposición de un coferdán alrededor del compartimiento de la torreta.

3.1.6 Cuando se transporte carga en un sistema de contención que necesite una barrera secundaria completa o parcial:

- .1 a temperaturas inferiores a -10 °C, los espacios de bodega se segregarán del mar mediante un doble fondo; y

- .2 a temperaturas inferiores a -55 °C, el buque también contará con un mamparo longitudinal que forme tanques en el costado.

3.1.7 Se instalarán medios para precintar las cubiertas de intemperie al nivel de las aberturas de los sistemas de contención de la carga.

3.2 Espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas y puestos de control

3.2.1 En la zona de la carga no se ubicará ningún espacio de alojamiento o de servicio ni ningún puesto de control. El mamparo de los espacios de alojamiento, de servicio o de los puestos de control que den a la zona de la carga se emplazará de modo tal que impida la entrada de gas a tales espacios desde el espacio de bodega como consecuencia de un solo fallo en cubierta o en un mamparo de todo buque que cuente con un sistema de contención que necesite una barrera secundaria.

3.2.2 Como protección contra el riesgo de vapores potencialmente peligrosos, se estudiará especialmente la ubicación de las tomas/salidas de aire y las aberturas que den a espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas, y a puestos de control, en relación con los sistemas de trasiego de la carga por tuberías, los sistemas de respiración de la carga y los gases de escape del espacio de máquinas generados por los dispositivos de combustión de gas.

3.2.3 En general, no debería permitirse el acceso a través de puertas, sean herméticas o no, desde un espacio que no sea potencialmente peligroso a otro que sí lo sea, salvo si se trata del acceso a los espacios de servicio situados a proa de la zona de la carga a través de esclusas neumáticas, de conformidad con 3.6.1, cuando los espacios de alojamiento se sitúen a popa.

3.2.4.1 Las entradas, admisiones de aire y aberturas de los espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas, y los puestos de control no darán a la zona de la carga. Se situarán en el mamparo popel, que no esté frente a la zona de la carga, o en el lateral de la superestructura o de la caseta más próximo al costado del buque, o en ambos, a una distancia al menos igual al 4 % de la eslora del buque, pero no inferior a 3 m del extremo de la superestructura o de la caseta que dé a la zona de la carga. No será necesario, sin embargo, que esta distancia exceda de 5 m.

3.2.4.2 Las ventanas y los portillos situados frente a la zona de la carga y en los laterales de la superestructura y a las casetas que queden dentro de la distancia mencionada *supra* serán de tipo fijo (no practicable). Las ventanas de la caseta de gobierno podrán no ser fijadas y las puertas de la caseta de gobierno podrán quedar dentro de los límites que se acaban de indicar, a menos que estén proyectadas de modo que se pueda hacer rápida y eficazmente hermética a gases y vapores.

3.2.4.3 Respecto de los buques dedicados al transporte de cargas que no encierran riesgos de inflamabilidad ni toxicidad, la Administración podrá aprobar atenuaciones en las prescripciones citadas.

3.2.4.4 Se podrá permitir el acceso a los espacios de los castillos de proa que contienen fuentes de ignición a través de una sola puerta que dé a la zona de la carga, siempre y cuando estas puertas estén ubicadas fuera de las zonas potencialmente peligrosas definidas en el capítulo 10.

3.2.5 Las ventanas y los portillos situados frente a la zona de la carga y en los laterales de la superestructura y las casetas que queden dentro de los límites indicados en 3.2.4, salvo las ventanas de la caseta de gobierno, se construirán conforme a la clase "A-60". Las ventanas de la caseta de gobierno se construirán conforme a una norma que no sea inferior a la clase "A-0" (respecto de una carga que contenga fuego externo). Los portillos del forro

debajo de la cubierta corrida más alta y en el primer estrato de la superestructura o de la caseta de cubierta serán de tipo fijo (no practicable).

3.2.6 Toda toma o salida de aire y otras aberturas que den a espacios de alojamiento, espacios de servicio, y puestos de control estarán provistos de dispositivos de cierre que, cuando se transporten productos tóxicos, puedan accionarse desde el interior del espacio de que se trate. La prescripción de que las tomas y aberturas de aire estén provistas de dispositivos de cierre accionables desde el interior del espacio que contenga productos tóxicos no tiene que aplicarse a los espacios que normalmente no tienen dotación, tales como los pañoles de cubierta, castillos de proa y talleres. Además, la prescripción no es aplicable a las cámaras de control de la carga ubicadas en la zona de la carga.

3.2.7 Las cámaras de control y los espacios de máquinas de los sistemas de los compartimientos de torreta podrán ubicarse en la zona de la carga a proa y a popa de los tanques de carga en buques que cuenten con tales instalaciones. Se podrá permitir el acceso a aquellos espacios que contienen fuentes de ignición por puertas que den a la zona de la carga, siempre y cuando estas puertas estén ubicadas fuera de las zonas potencialmente peligrosas o el acceso se realice a través de esclusas neumáticas.

3.3 Espacios de máquinas de carga y compartimientos de torreta

3.3.1 Los espacios de máquinas de carga estarán situados por encima de la cubierta de intemperie y en la zona de la carga. Los espacios de máquinas de carga y compartimientos de torreta serán reputados cámaras de bombas de carga a los efectos de la protección contra incendios de conformidad con lo dispuesto en la regla II-2/9.2.4 del Convenio SOLAS, y a fin de prevenir posibles explosiones de acuerdo con lo establecido en la regla II-2/4.5.10 del Convenio SOLAS.

3.3.2 Si los espacios de máquinas de carga están situados en el extremo popel del espacio de bodega que esté más a popa o en el extremo proel del espacio de bodega que esté más a proa, los límites de la zona de la carga, establecidos en 1.2.7, se extenderán para así abarcar los espacios de máquinas de carga que se sitúen a lo largo de toda la manga y el puntal del buque así como las zonas de cubierta que estén por encima de tales espacios.

3.3.3 Si los límites de la zona de la carga se amplían según lo prescrito en 3.3.2, el mamparo que separa los espacios de máquinas de carga de los espacios de alojamiento y de servicio, puestos de control y espacios de categoría A para máquinas se emplazará de modo tal que impida la entrada de gas a tales espacios como consecuencia de un solo fallo en cubierta o en un mamparo.

3.3.4 Los compresores para la carga y las bombas de carga podrán ser accionados por motores eléctricos, situados en un espacio adyacente que no sea potencialmente peligroso, y tales compresores o bombas estarán separados por un mamparo o cubierta, si el cierre hermético al gas que rodea la penetración del mamparo garantiza la segregación estanca de ambos espacios. Otra solución sería que dicho equipo sea impulsado por motores eléctricos certificados como seguros, adyacentes a tales espacios, si la instalación eléctrica cumple los requisitos establecidos en el capítulo 10.

3.3.5 La disposición de los espacios de máquinas de carga y los compartimientos de torreta garantizará el acceso seguro y sin restricciones para los miembros del personal que lleven indumentaria protectora y aparato respiratorio y, en caso de lesión, permitir la extracción de personas inconscientes. En los espacios de máquinas de carga se proporcionarán como mínimo dos vías y puertas de evacuación ampliamente separadas, si

bien podrá aceptarse una sola vía de evacuación si la distancia máxima que haya que recorrer hasta la puerta sea igual o inferior a 5 m.

3.3.6 Todas las válvulas necesarias para la manipulación de la carga serán fácilmente accesibles para todo miembro del personal que lleve indumentaria protectora. Se adoptarán medidas adecuadas para drenar el agua de las cámaras de bombas y de compresores.

3.3.7 Los compartimientos de torreta deberán proyectarse para que mantengan su integridad estructural en caso de explosión o de escape incontrolado de gas de alta presión (sobrepresión o fractura por fragilidad), y sus características se establecerán sobre la base de un análisis de riesgos, en el que se tendrá debidamente en cuenta las capacidades de los dispositivos reductores de presión.

3.4 Cámaras de control de la carga

3.4.1 Toda cámara de control de la carga se situará por encima de la cubierta de intemperie y podrá ubicarse en la zona de la carga. También podrá estar situada en los espacios de alojamiento o de servicio o de los puestos de control, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- .1 la cámara de control de carga no es una zona potencialmente peligrosa;
- .2 si la entrada cumple lo dispuesto en 3.2.4.1, a través de la cámara de control de carga se podrá ingresar a los espacios descritos *supra*; y
- .3 si la entrada no cumple lo dispuesto en 3.2.4.1, a través de la cámara de control de carga no se podrá ingresar a los espacios descritos *supra* y los mamparos de dichos espacios estarán aislados con arreglo a lo prescrito para las divisiones de clase "A-60".

3.4.2 Si la cámara de control de carga ha sido proyectada para que constituya una zona que no sea potencialmente peligrosa, su instrumentación se realizará, en la medida de lo posible, por sistemas de lectura indirecta y, en todo caso, deberá ser concebida para evitar cualquier fuga de gas a la atmósfera de dicho espacio. La ubicación del sistema de detección de gas dentro de la cámara de control de la carga no conllevará la clasificación de dicha cámara como zona potencialmente peligrosa, si su instalación se ciñe a lo prescrito en 13.6.11.

3.4.3 Si la cámara de control de carga de los buques que transporten cargas inflamables se clasifica como una zona potencialmente peligrosa, se deberá excluir toda fuente de ignición y todo equipo eléctrico deberá ser instalado de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 10.

3.5 Acceso a los espacios situados en la zona de la carga

3.5.1 La inspección visual de al menos un lado de la estructura del casco interior podrá realizarse sin que sea necesario retirar ninguna estructura ni accesorio fijos. Si esa inspección visual, independientemente de que se la realice o no conjuntamente con las inspecciones prescritas en 3.5.2, 4.6.2.4 o 4.20.3.7, sólo puede realizarse en la superficie exterior del casco interior, dicho casco interior no deberá ser el muro de recinto del tanque de fueloil.

3.5.2 Se podrá realizar la inspección de un lado de todo aislamiento de los espacios de bodega. Si se puede verificar la integridad del sistema de aislamiento por medio de la

inspección de la parte exterior del contorno del espacio de bodega cuando los tanques están a temperatura de servicio, no será necesario realizar la inspección de un lado del aislamiento del espacio de bodega.

3.5.3 La disposición de los espacios de bodega, espacios perdidos, tanques de carga y otros espacios clasificados como zonas potencialmente peligrosas deberá ser de tal forma que permita la entrada y la inspección de cualesquiera de dichos espacios por parte de los miembros del personal que lleven indumentaria protectora y aparato respiratorio, y también permitirá la extracción de personas inconscientes o lesionadas. La disposición de tales espacios se ajustará a las siguientes prescripciones:

- .1 Se proporcionará acceso de la siguiente manera:
 - .1 acceso a todos los tanques de carga. El acceso será de forma directa desde la cubierta de intemperie;
 - .2 acceso a través de aberturas horizontales, escotillas o registros. Las dimensiones serán adecuadas para que una persona provista de un aparato respiratorio pueda subir o bajar por cualquier escala sin impedimento alguno, así como un hueco libre que permita izar fácilmente a una persona lesionada desde el fondo del espacio de que se trate. El hueco libre será como mínimo de 600 mm x 600 mm;
 - .3 acceso a través de aberturas verticales o registros que permitan atravesar el espacio a lo largo y a lo ancho de éste. El hueco libre será como mínimo de 600 mm x 800 mm, y estará a una altura de la chapa del forro del fondo que no exceda de 600 mm, a menos que se hayan provisto rejillas o apoyapiés de otro tipo; y
 - .4 las aberturas circulares de acceso a los tanques de tipo C tendrán un diámetro que no será inferior a 600 mm.
- .2 Se podrán reducir las dimensiones mencionadas en 3.5.3.1.2 y 3.5.3.1.3 si se pueden cumplir las prescripciones establecidas en 3.5.3 de forma satisfactoria, a juicio de la Administración.
- .3 Cuando se transporte carga en un sistema de contención que necesite una barrera secundaria, las prescripciones establecidas en 3.5.3.1.2 y 3.5.3.1.3 no se aplican a espacios separados de un espacio de la bodega por un solo mamparo de acero estanco. Dichos espacios se habilitarán únicamente si cuentan con acceso directo o indirecto desde la cubierta de intemperie, sin incluir zonas de la carga cerradas que no sean potencialmente peligrosas.
- .4 El acceso exigido para poder realizar inspecciones será un acceso designado a través de estructuras que se ubiquen tanto por debajo como por encima de los tanques de carga, que deberán tener, como mínimo, las secciones transversales dispuestas en 3.5.3.1.3.
- .5 A los efectos de cumplir lo establecido en 3.5.1 o 3.5.2, se aplicarán las siguientes prescripciones:
 - .1 cuando sea necesario pasar entre la superficie, objeto de la inspección, ya sea ésta plana o curva, y estructuras tales como baos de la cubierta, refuerzos, marcos, varengas, etc., la distancia

- entre dicha superficie y el canto libre de los elementos estructurales será de al menos 380 mm. La distancia entre la superficie que deba inspeccionarse y la superficie en la que están instalados los elementos estructurales mencionados precedentemente, como, por ejemplo, la cubierta, el mamparo o el forro, será de al menos 450 mm cuando se trate de la superficie curvada de tanque (por ejemplo, la de superficie de un tanque de tipo C), o de 600 mm respecto de una superficie plana de tanque (por ejemplo, la de un tanque de tipo A) (véase la figura 3.1);
- .2 cuando no sea necesario pasar entre la superficie, objeto de la inspección, y cualquier parte de la estructura, por razones de visibilidad la distancia entre el canto libre de ese elemento estructural y la superficie que deba inspeccionarse será de al menos 50 mm o la mitad del ancho de la llana de la estructura, si este último valor es mayor (véase la figura 3.2);
 - .3 para realizar la inspección de una superficie curva, en cuyo caso sea necesario pasar en medio de ésta y otra superficie, plana o curva, en la cual no haya instalados elementos estructurales, la distancia entre las dos superficies será de al menos 380 mm (véase la figura 3.3). Cuando no sea necesario pasar entre esa superficie curva y otra superficie, se podrá aceptar una distancia menor que 380 mm, teniendo en cuenta la forma de la superficie curva;
 - .4 para realizar la inspección de una superficie aproximadamente plana, en cuyo caso sea necesario pasar en medio de dos superficies aproximadamente planas y aproximadamente paralelas, en las cuales no haya instalados elementos estructurales, la distancia entre estas superficies será de al menos 600 mm. Si están equipadas con escaleras de acceso fijas, se deberá dejar un espacio libre de al menos 450 mm para facilitar el acceso (véase la figura 3.4);
 - .5 las distancias mínimas entre el sumidero del tanque de carga y la estructura adyacente del doble fondo a nivel del pozo de succión no serán inferiores a las indicadas en la figura 3.5 (en donde se muestra que la distancia entre las superficies planas del sumidero y el pozo es una distancia mínima de 150 mm y que la separación entre el canto que se forma entre las planchas del forro interior y el lado vertical del pozo y el codillo, entre la superficie esférica o circular, y el sumidero del tanque es de al menos 380 mm). Si no hay pozo de succión, la distancia entre el sumidero del tanque de carga y el forro interior no será inferior a 50 mm;
 - .6 la distancia entre una bóveda del tanque de carga y las estructuras de cubierta no será inferior a 150 mm (véase la figura 3.6);
 - .7 se instalarán puntos de parada fijos o móviles cuando sea necesario para poder realizar la inspección de los tanques de carga, sus soportes y sujeciones (como, por ejemplo, los calzos para evitar el cabeceo, el balanceo y la flotación), y su aislamiento, etc. Estos puntos de parada no obstruirán las separaciones especificadas en 3.5.3.5.1 a 3.5.3.5.4, y

- .8 si cuenta con un conducto de ventilación fijo o móvil, éste se instalará con arreglo a lo establecido en 12.1.2, de modo que dicho conducto no afecte a las distancias prescritas en 3.5.3.5.1 a 3.5.3.5.4.

3.5.4 El acceso desde la cubierta de intemperie a las zonas que no sean potencialmente peligrosas estará situado fuera de las zonas potencialmente peligrosas definidas en el capítulo 10, a menos que el medio de acceso se proporcione a través de una esclusa neumática de acuerdo con lo prescrito en 3.6.

3.5.5 Los compartimientos de torreta contarán con dos medios independientes de acceso o salida.

3.5.6 No se permite el acceso desde una zona potencialmente peligrosa que se sitúe por debajo de la cubierta de intemperie a una zona que no sea potencialmente peligrosa.

3.6 Esclusas neumáticas

3.6.1 El acceso entre zonas potencialmente peligrosas de la cubierta de intemperie y espacios que no sean potencialmente peligrosos se realizará por medio de una esclusa neumática. Esta se compondrá de dos puertas de acero, equipadas con cierre automático, que sean efectivamente herméticas, y sin ningún dispositivo de retención, que puedan mantener una sobrepresión, con una distancia de separación de al menos 1,5 m pero que no exceda de 2,5 m. El espacio de la esclusa neumática se ventilará de manera artificial desde una zona que no sea potencialmente peligrosa y se mantendrá a una sobrepresión respecto de la zona potencialmente peligrosa de la cubierta de intemperie.

3.6.2 Si los espacios se encuentran protegidos por la presurización, el sistema de ventilación se proyectará e instalará de conformidad con las normas reconocidas.⁵

3.6.3 Se instalará un sistema de alarma sonora y visual que emita advertencias a ambos lados de la esclusa neumática. La alarma visual indicará si una puerta está abierta. La alarma sonora se activará si las puertas en ambos lados de la esclusa neumática ya no se encuentran en la posición de cierre.

3.6.4 En los buques que transporten productos inflamables el equipo eléctrico que se sitúe en espacios protegidos por esclusas neumáticas y que no sean de un tipo certificado como seguro no deberá poseer corriente en caso de pérdida de sobrepresión en dichos espacios.

3.6.5 El equipo eléctrico de maniobra, fondeo y amarre, así como las bombas contraincendios de emergencia que se encuentran en espacios protegidos por esclusas neumáticas deberán ser de un tipo certificado como seguro.

3.6.6 El espacio de la esclusa neumática se controlará para detectar la presencia de vapores de la carga (véase 13.6.2).

3.6.7 A reserva de lo prescrito en el Convenio internacional sobre líneas de carga en vigor, el umbral de la puerta no será inferior a 300 mm de altura.

⁵ Como la publicación recomendada por la Comisión Electrotécnica Internacional, en especial la publicación IEC 60092-502:1999.

3.7 Medios de bombeo de sentina y de lastre y los del combustible líquido

3.7.1 Cuando se transporte carga en un sistema de contención de la carga que no necesite una barrera secundaria, se proveerán los medios necesarios para el drenaje de los espacios de la bodega que no estén conectados con el espacio de máquinas, así como aquellos para detectar todo escape de la carga.

3.7.2 Si se dispone de una barrera secundaria, se proporcionarán medios adecuados de drenaje para hacer frente a cualquier fuga que pase a los espacios de bodega o a los de aislamiento a través de la estructura adyacente del buque. La succión irá a las bombas situadas en el interior del espacio de máquinas. Se proporcionarán los medios para la detección de tales fugas.

3.7.3 La bodega o los espacios interbarreras de los buques con tanques independientes de tipo A dispondrán de un sistema de drenaje adecuado para recoger la carga líquida si los tanques que la contienen presentan fugas o sufren rotura. Tales medios harán posible el retorno de cualquier carga líquida derramada a las tuberías de carga líquida.

3.7.4 Los medios mencionados en 3.7.3 dispondrán de un carrete desmontable.

3.7.5 Los espacios de lastre, incluidas las quillas de cajón llenas utilizadas como tuberías de lastre, los tanques de combustible líquido y los espacios que no sean potencialmente peligrosos, podrán estar conectados a bombas situadas en los espacios de máquinas. Las quillas de cajón secas atravesadas por tuberías de lastre podrán estar conectadas a bombas de los espacios de máquinas a condición de que las conexiones vayan directamente a las bombas y la descarga de éstas salga directamente al exterior sin válvulas ni colectores en ningún conducto que pudiera conectar la tubería procedente de la quilla de cajón a tuberías que den servicio a espacios que no sean potencialmente peligrosos. Los orificios de respiración de las bombas no darán a los espacios de máquinas.

3.8 Medios de carga y descarga por la proa o por la popa

3.8.1 Con arreglo a las prescripciones de esta sección y del capítulo 5, las tuberías de la carga podrán disponerse de forma tal que permitan la carga y descarga por la proa o por la popa.

3.8.2 Los conductos de carga y descarga por la proa o por la popa que atraviesen espacios de alojamiento, espacios de servicio o puestos de control no se utilizarán para el trasvase de productos cuyo transporte haya de realizarse en buques de tipo 1G. Los conductos de carga y descarga por la proa o por la popa no se utilizarán para el trasvase de productos tóxicos que se hayan de ajustar a lo dispuesto en 1.2.53, si la presión de proyecto supera los 2,5 MPa.

3.8.3 No se permitirán los medios portátiles.

3.8.4.1 Las entradas, admisiones de aire y aberturas de los espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas y de los puestos de control no estarán frente al emplazamiento de la conexión a tierra de los medios de carga y descarga por la proa o por la popa. Se situarán en el lateral de la superestructura o de la caseta más próximo al costado del buque, a una distancia al menos igual al 4 % de la eslora del buque, pero no inferior a 3 m del extremo de la superestructura o la caseta que dé al emplazamiento de la conexión a tierra de los medios de carga y descarga por la proa o por la popa. No será necesario, sin embargo, que esta distancia exceda de 5 m.

3.8.4.2 Las ventanas y portillos que estén frente al emplazamiento de la conexión a tierra y en el lateral de la superestructura o la caseta que queden dentro de la distancia mencionada serán de tipo fijo (no practicable).

3.8.4.3 Además, mientras se estén utilizando los medios de carga y descarga por la proa o por la popa, todas las puertas, portas y demás aberturas del lateral correspondiente de la superestructura o de la caseta se mantendrán cerradas.

3.8.4.4 Cuando, en el caso de buques pequeños, no sea posible cumplir lo dispuesto en 3.2.4.1 a 3.2.4.4 y en 3.8.4.1 a 3.8.4.3, la Administración podrá aprobar atenuaciones con respecto a las prescripciones citadas.

3.8.5 Las aberturas de cubierta y las entradas y salidas de aire a espacios que queden dentro de las distancias de 10 m desde el emplazamiento de la conexión a tierra se mantendrán cerradas durante la utilización de los medios de carga y descarga por la proa o por la popa.

3.8.6 Los dispositivos contraincendios asignados a las zonas utilizadas para carga y descarga por la proa o por la popa se ajustarán a lo dispuesto en 11.3.1.4 y 11.4.6.

3.8.7 Se establecerán medios de comunicación entre el puesto de control de la carga y el emplazamiento de la conexión a tierra para la carga y, si es necesario, dichos medios habrán de estar certificados para su utilización en zonas potencialmente peligrosas.

Figura 3.1

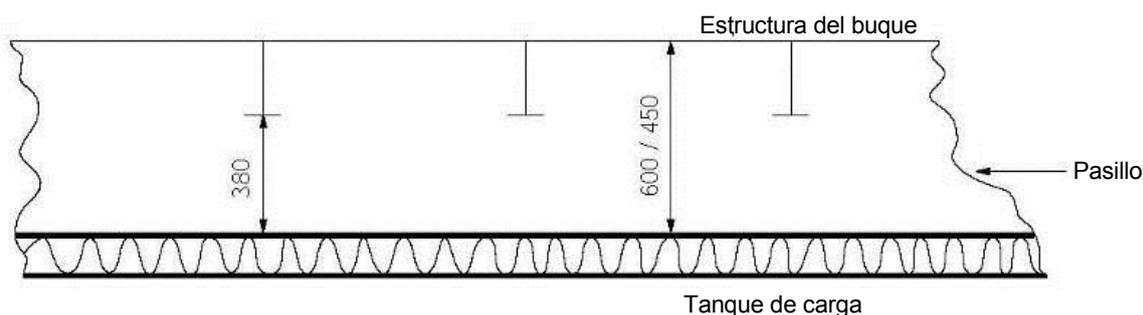


Figura 3.2

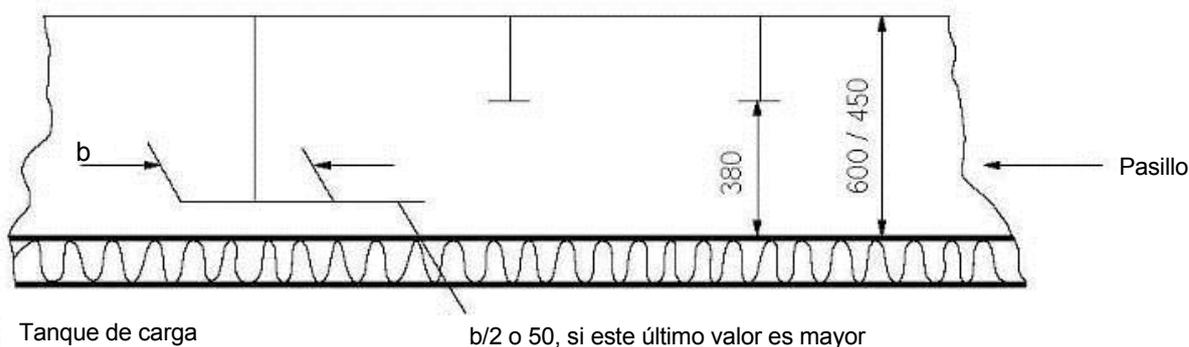


Figura 3.3

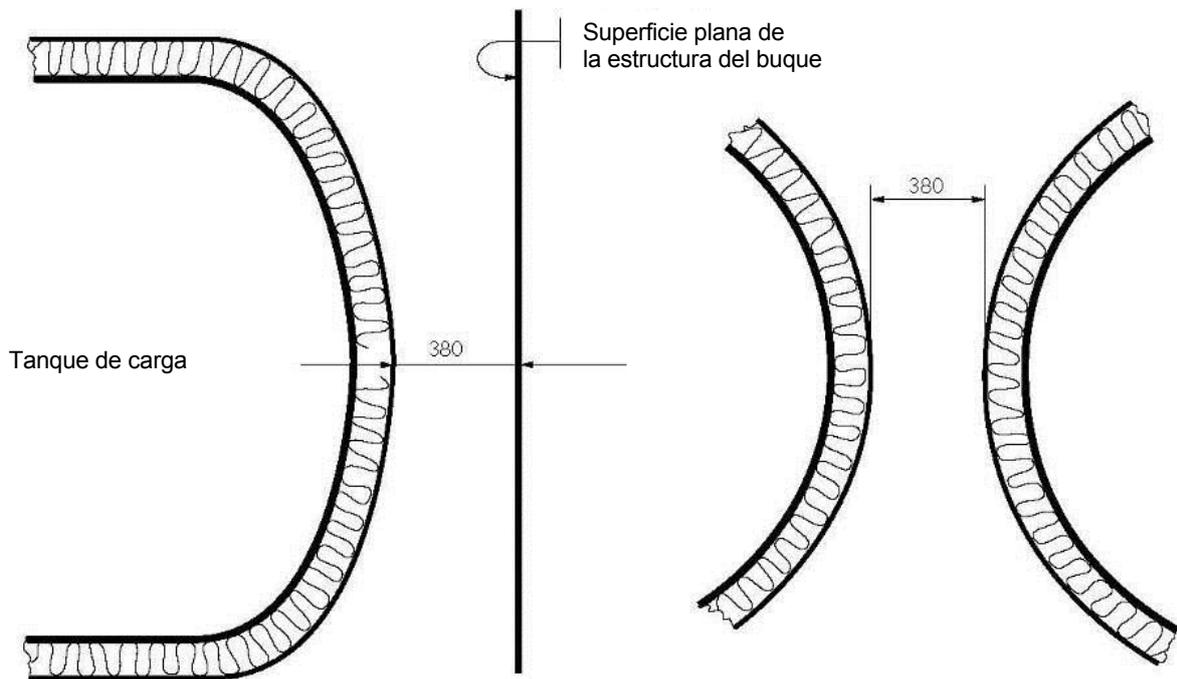


Figura 3.4

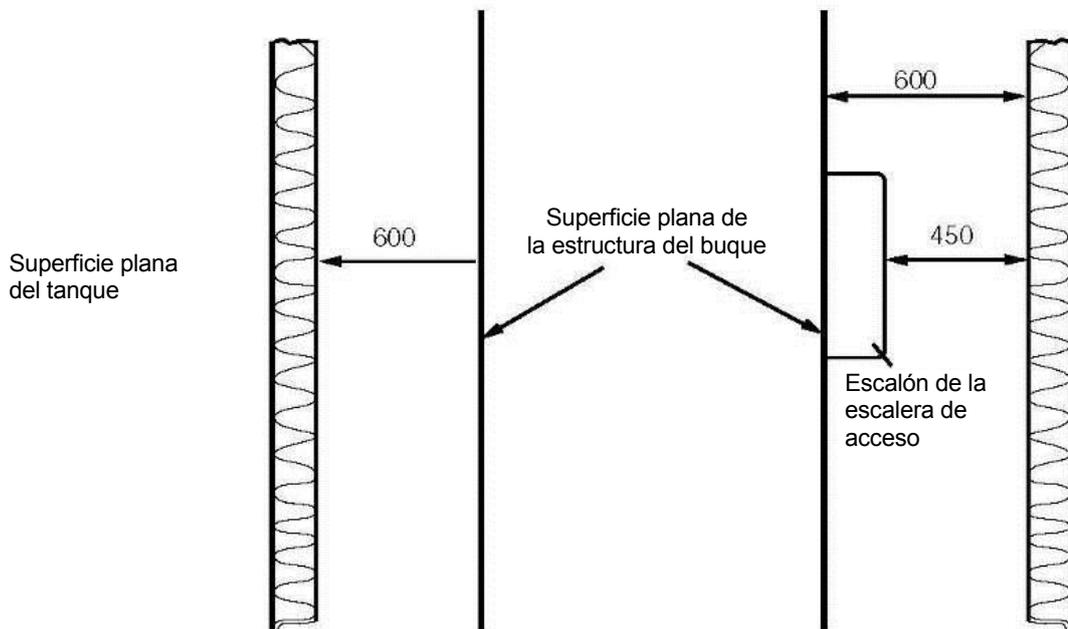


Figura 3.5

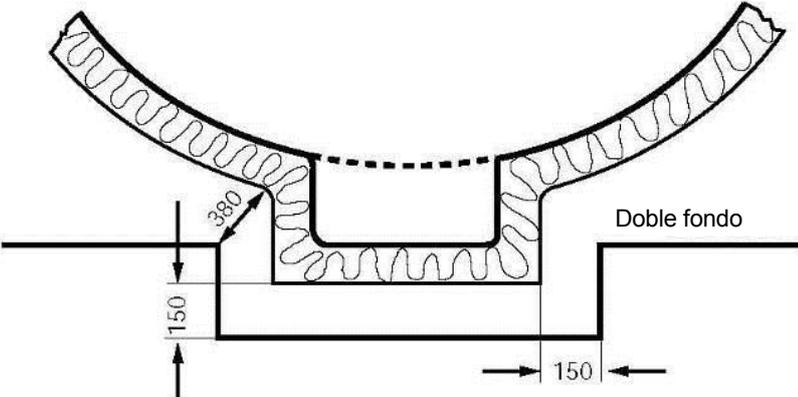
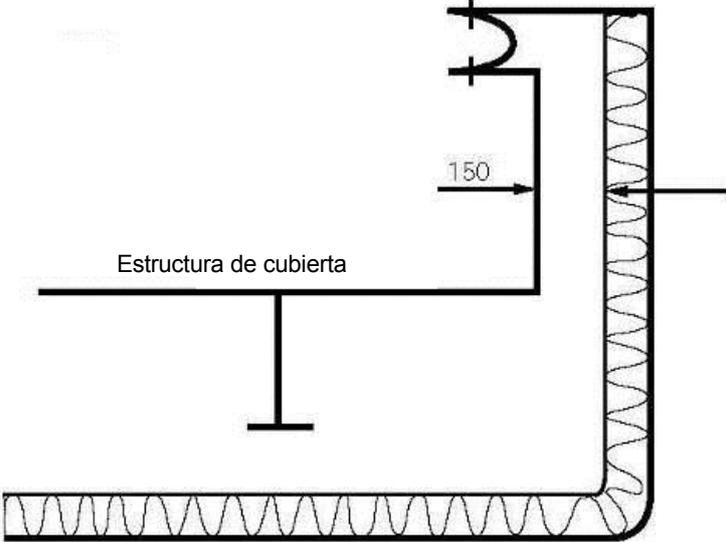


Figura 3.6



CAPÍTULO 4

CONTENCIÓN DE LA CARGA

Objetivo

Garantizar la seguridad de la contención de la carga en todas las condiciones de proyecto y de funcionamiento, teniendo en cuenta la naturaleza de la carga transportada. Esto supone adoptar medidas para:

- .1 proporcionar resistencia que permita soportar las cargas definidas;*
- .2 mantener la carga en estado líquido;*
- .3 proyectar la estructura del casco para su exposición a bajas temperaturas o protegerla de las mismas; y*
- .4 evitar la entrada de agua o de aire en el sistema de contención de la carga.*

4.1 Definiciones

4.1.1 Por *punto frío* se entiende la parte de la superficie del casco o del aislamiento térmico en la que se produce una disminución de la temperatura localizada con respecto a la temperatura mínima admisible del casco o de la estructura del casco adyacente, o en relación con las capacidades de proyecto de los sistemas de control de la presión o de la temperatura de la carga de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 7.

4.1.2 Por *presión de vapor de proyecto 'P₀'* se entiende la presión manométrica máxima, en la parte superior del tanque, que se utiliza al proyectar este último.

4.1.3 Por *temperatura de proyecto* para la selección de materiales se entiende la temperatura mínima a la que puede cargarse o transportarse la carga en los tanques de carga.

4.1.4 Por *tanques independientes* se entiende aquellos tanques que son autoportantes. No forman parte del casco del buque ni resultan esenciales para la resistencia del casco. Existen tres categorías de tanques independientes, que se señalan en 4.21, 4.22 y 4.23.

4.1.5 Por *tanques de membrana* se entiende aquellos tanques que no son autoportantes y que están provistos de una capa fina estanca a los líquidos y al gas (membrana), sujeta mediante el aislamiento de la estructura del casco adyacente. Los tanques de membrana están contemplados en 4.24.

4.1.6 Por *tanques integrales* se entiende aquellos tanques que forman una parte estructural del casco y se ven condicionados de la misma manera por el esfuerzo que imponen las cargas en la estructura del casco adyacente. Los *tanques integrales* están contemplados en 4.25.

4.1.7 Por *tanques de semimembrana* se entiende aquellos tanques que no son autoportantes en condición de carga y que constan de una capa, algunas de cuyas partes se sustentan a través del aislamiento de la estructura del casco adyacente. Los tanques de semimembrana están contemplados en 4.26.

4.1.8 Además de las definiciones que figuran en 1.2, las definiciones establecidas en el presente capítulo son aplicables a todo el Código.

4.2 Aplicación

Salvo que se especifique lo contrario en la parte E, las prescripciones de las partes A a D se aplicarán a todos los tipos de tanques, incluidos los contemplados en la parte F.

Parte A Contención de la carga

4.3 Prescripciones funcionales

4.3.1 La vida útil de proyecto del sistema de contención de la carga no será inferior a la vida útil de proyecto del buque.

4.3.2 Los sistemas de contención de la carga deberán proyectarse para adecuarse a las condiciones ambientales imperantes en el Atlántico Norte y a los diagramas de dispersión a largo plazo del estado del mar para la navegación sin restricciones. La Administración podrá aceptar condiciones ambientales menos severas, en consonancia con el uso esperado, en relación con los sistemas de contención de la carga que se utilicen exclusivamente para la navegación restringida. Por otra parte, se podrá exigir la previsión de condiciones ambientales más extremas respecto de los sistemas de contención de la carga que se utilicen en condiciones más severas que las del medioambiente del Atlántico Norte.

4.3.3 Al proyectar los sistemas de contención de la carga se preverán márgenes de seguridad adecuados:

- .1 para resistir, sin sufrir averías, las condiciones ambientales previstas durante la vida útil de proyecto del sistema de contención de la carga y las condiciones de carga adecuadas para ellos, que incluirán condiciones de carga completas homogéneas y parciales, llenados parciales con límites preestablecidos y cargas en viaje en lastre; y
- .2 adecuarse a todas las circunstancias que impliquen cierto grado de incertidumbre, como las operaciones de carga, los modelos estructurales, la fatiga, la corrosión, los efectos térmicos, la variabilidad de los materiales, el envejecimiento y las tolerancias de construcción.

4.3.4 La resistencia estructural del sistema de contención de la carga se evaluará con arreglo a las modalidades de fallo, que incluirán, aunque no exclusivamente, la deformación plástica, el pandeo y la fatiga. Las condiciones específicas de proyecto que deberán tenerse en cuenta para proyectar cada sistema de contención de la carga están contempladas en 4.21 a 4.26. Así, existen tres categorías principales de condiciones de proyecto, a saber:

- .1 Condiciones de proyecto de resistencia a la rotura - La estructura del sistema de contención de la carga y sus componentes estructurales resistirán las cargas a las que puedan verse expuestos durante su construcción, pruebas y uso previsto durante el servicio del buque, sin que la integridad estructural se vea comprometida. En la fase de proyecto se tendrán en cuenta combinaciones adecuadas de las siguientes cargas:
 - .1 presión interior;
 - .2 presión exterior;
 - .3 cargas dinámicas como consecuencia del movimiento del buque;

- .4 cargas térmicas;
 - .5 cargas debidas al chapoteo del líquido;
 - .6 cargas correspondientes a la flexión del buque;
 - .7 peso del tanque y de la carga con la correspondiente reacción al nivel de los soportes;
 - .8 peso del aislamiento;
 - .9 cargas al nivel de las torres y otros amarres; y
 - .10 cargas de prueba.
- .2 Condiciones de proyecto de fatiga - La estructura del sistema de contención de la carga y sus componentes estructurales no fallarán como consecuencia de la acumulación de cargas cíclicas.
- .3 El sistema de contención de la carga deberá satisfacer los siguientes criterios:
- .1 *Abordaje* – El sistema de contención de la carga estará ubicado en una zona que le provea protección de conformidad con lo dispuesto en 2.4.1 y resistirá las cargas de abordaje especificadas en 4.15.1 sin que se produzca deformación de los soportes ni de la estructura del tanque a nivel de los soportes, que puedan poner en peligro la estructura del tanque.
 - .2 *Incendio* – Los sistemas de contención de la carga resistirán, sin que se produzca rotura, el aumento de la presión interior especificada en 8.4.1 en los supuestos de incendios previstos en el mismo.
 - .3 Compartimiento inundado que ocasione flotabilidad del tanque – Los dispositivos para evitar la flotación resistirán el empuje ascendente que se especifica en 4.15.2, y no se correrá peligro de deformación plástica del casco.

4.3.5 Se adoptarán medidas a fin de garantizar que los escantillones cumplan las disposiciones relativas a la resistencia estructural y se mantengan durante toda la vida útil de proyecto. Tales medidas pueden incluir, aunque no exclusivamente, la selección de materiales, recubrimientos, compensación por corrosión, protección catódica e inertización. No será necesaria la tolerancia de corrosión como complemento del espesor resultante del análisis estructural. Sin embargo, cuando no se ejerza control ambiental, tal como la inertización alrededor del tanque de carga, o cuando la carga sea de naturaleza corrosiva, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá exigir una tolerancia de corrosión adecuada.

4.3.6 La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre preparará y aprobará un plan de inspección o reconocimiento en relación con el sistema de contención de la carga. Mediante dicho plan se determinarán las zonas que deben ser inspeccionadas en los reconocimientos que se lleven a cabo durante la vida útil del sistema de contención de la carga y, en particular, todos los reconocimientos y actividades de mantenimiento necesarios que deban realizarse durante el servicio, y que se hayan previsto a la hora de seleccionar los parámetros de proyecto del sistema de contención de la carga. Los sistemas de contención de la carga deberán proyectarse, construirse y equiparse de modo tal que proporcionen medios adecuados de acceso a las zonas que deban inspeccionarse en función de lo que se especifique en el plan de inspección o reconocimiento. Por otra parte, los sistemas de contención de la carga, incluido el correspondiente equipo interno, se proyectarán y construirán de forma tal que permitan garantizar la seguridad durante las operaciones y las actividades de inspección y mantenimiento (véase 3.5).

4.4 Principios de seguridad relativos a la contención de la carga

4.4.1 Los sistemas de contención estarán provistos de una barrera secundaria total, estanca al líquido, que permita contener de manera segura todas las posibles fugas que se produzcan a través de una barrera primaria, conjuntamente con el sistema de aislamiento térmico, así como evitar la disminución de la temperatura de la estructura del buque a un nivel peligroso.

4.4.2 Sin embargo, se podrá reducir el tamaño y la configuración o disposición de la barrera secundaria si se demuestra que existe un nivel de seguridad equivalente de conformidad con las prescripciones de 4.4.3 a 4.4.5, según corresponda.

4.4.3 Los sistemas de contención de la carga respecto de los cuales se haya determinado que las probabilidades de que existan fallos estructurales, y que se agraven hasta alcanzar un estado crítico, son extremadamente escasas, pero que, al mismo tiempo, no se pueda excluir la posibilidad de que se registren fugas a través de la barrera primaria, deberán contar con una barrera secundaria parcial y un sistema de protección contra fugas pequeñas que permita resolver y eliminar, de manera segura, dichas fugas. Las medidas que se adopten deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- .1 el proceso de agravación de fallos que pueda detectarse, de forma fiable, antes de que alcance un estado crítico (por ejemplo, mediante la detección de una fuga de gas o la inspección que se lleve a cabo a tal efecto) tendrá un período de evolución lo suficientemente extenso que permita adoptar las acciones correctivas correspondientes; y
- .2 el proceso de agravación de fallos que no pueda detectarse, de forma segura, antes de que alcance un estado crítico tendrá un período de evolución previsto que será mucho más extenso que el período de vida útil que se prevé que tendrá el tanque.

4.4.4 No será necesaria la instalación de ninguna barrera secundaria para los sistemas de contención de la carga, como, por ejemplo, los tanques independientes de tipo C, si la probabilidad de que se produzcan fallos estructurales y fugas a través de la barrera primaria es extremadamente baja e insignificante.

4.4.5 No será necesario instalar barrera secundaria alguna, si la temperatura de la carga a presión atmosférica es igual o superior a -10 °C.

4.5 Barreras secundarias en relación con los tipos de tanque

Las barreras secundarias en relación con los tipos de tanques definidos en 4.21 a 4.26 se proveerán de conformidad con lo establecido en el siguiente cuadro:

Temperatura de la carga a presión atmosférica	Igual o superior a -10 °C	Inferior a -10 °C hasta -55 °C	Inferior a -55 °C
Tipo de tanque básico	No se necesita barrera secundaria	El casco puede desempeñar la función de una barrera secundaria	Barrera secundaria separada si hace falta
Integral Membrana Semimembrana Independiente: – tipo A – tipo B – tipo C		Tipo de tanque que generalmente no se permite ¹ Barrera secundaria total Barrera secundaria total ² Barrera secundaria total Barrera secundaria parcial No se necesita una barrera secundaria	
Nota 1	Generalmente, se necesitará una barrera secundaria completa, si se permiten las cargas con una temperatura a presión atmosférica por debajo de -10 °C de conformidad con lo prescrito en 4.25.1.		
Nota 2	Cuando se trate de tanques semimembrana que cumplen cabalmente las prescripciones aplicables a los tanques independientes de tipo B, a excepción de lo que respecta a la forma de sujeción, la Administración podrá, tras un examen especial, aceptar una barrera secundaria parcial.		

4.6 Proyecto de barreras secundarias

4.6.1 Cuando la temperatura de la carga a presión atmosférica no sea inferior a -55 °C, la estructura del casco puede desempeñar la función de una barrera secundaria sobre la base de los siguientes elementos:

- .1 el material del casco será adecuado para la temperatura de la carga a presión atmosférica prescrita en 4.19.1.4; y
- .2 el proyecto será tal que esta temperatura no conllevará esfuerzos del casco inaceptables.

4.6.2 El proyecto de la barrera secundaria será tal que:

- .1 permita contener cualquier fuga de la carga líquida prevista durante un periodo de 15 días, a menos que se apliquen diferentes criterios para viajes concretos, teniendo en cuenta el conjunto de carga a que se hace referencia en 4.18.2.6;
- .2 las circunstancias físicas, mecánicas u operacionales que se susciten dentro del tanque de carga y que pudiesen causar averías en la barrera principal no perjudicará el correcto funcionamiento de la barrera secundaria, o viceversa;
- .3 la avería de un soporte o de un amarre a la estructura del casco no provocará la pérdida de estanquidad a los líquidos de las barreras primarias ni secundarias;

- .4 permita su revisión periódica para verificar su eficacia utilizándose los medios admitidos por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Esta verificación puede consistir en una inspección visual, una prueba de presión/resistencia al vacío o en cualquier otro método apropiado aplicado con arreglo a un procedimiento documentado aprobado por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre;
- .5 los métodos prescritos en el apartado .4 *supra* serán aprobados por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre e incluirán, cuando sean aplicables a los procedimientos de prueba:
 - .1 detalles sobre el tamaño del defecto aceptable y su ubicación dentro de la barrera secundaria, antes de que su estanquidad a los líquidos se vea comprometida;
 - .2 precisión y el rango de valores del método propuesto para la detección de defectos en .1 *supra*;
 - .3 los factores de escala que se utilizarán en la determinación de los criterios de aceptación si no se llevan a cabo pruebas con modelos a plena escala; y
 - .4 los efectos de la carga cíclica, térmica y mecánica, sobre la eficacia de la prueba propuesta; y
- .6 la barrera secundaria deberá cumplir sus prescripciones funcionales en un ángulo estático de escora de 30°.

4.7 Sistema de protección contra fugas pequeñas mediante la utilización de barreras secundarias y primarias parciales

4.7.1 Las barreras secundarias parciales permitidas según lo prescrito en 4.4.3 se utilizarán conjuntamente con un sistema de protección contra fugas pequeñas y cumplirán todas las prescripciones establecidas en 4.6.2. El sistema de protección contra fugas pequeñas incluirá medios para detectar una fuga en la barrera primaria, como, por ejemplo, una pantalla antirrociadura para desviar cualquier carga líquida hacia abajo en la barrera secundaria parcial, y medios para eliminar el líquido, que puede ser por evaporación natural.

4.7.2 La capacidad de la barrera secundaria parcial se determinará sobre la base de las fugas de la carga correspondientes a la dimensión de la avería que se origine en el conjunto de carga mencionado en 4.18.2.6, tras la detección inicial de una fuga primaria. Por otra parte, se podrán tomar debidamente en cuenta la evaporación de líquidos, el volumen de fuga, la capacidad de bombeo y otros factores pertinentes.

4.7.3 La detección de fugas de líquidos podrá realizarse por medio de sensores de líquidos, o mediante un uso eficaz de los sistemas de detección de presión, temperatura o de gas, o cualquier combinación de los mismos.

4.8 Medios de apoyo

4.8.1 Los tanques de carga reposarán en el casco de modo tal que ello impida el movimiento del tanque como consecuencia de las cargas estáticas y dinámicas definidas en 4.12 a 4.15, cuando proceda, y que permita la contracción y expansión del tanque, cuando se registren variaciones de temperatura y deformaciones del casco sin que ello ocasione una presión excesiva sobre el tanque y el casco.

4.8.2 Se proporcionarán dispositivos que eviten la flotación de los tanques independientes y que permitan resistir a las cargas definidas en 4.15.2 sin deformación plástica que podría poner en peligro la estructura del casco.

4.8.3 Los soportes y los dispositivos de apoyo deberán resistir las cargas definidas en 4.13.9 y 4.15, pero no es necesario que estas cargas se combinen entre sí o con las cargas producidas por las olas.

4.9 Estructura y equipo conexos

4.9.1 Los sistemas de contención de la carga se proyectarán para soportar las cargas impuestas por la estructura y equipo conexos. Ello incluye torres de bombeo, bóvedas de cargas, bombas y tuberías de carga, bombas y tuberías de agotamiento, tuberías de nitrógeno, escotillas de acceso, escaleras, tuberías y pasos, medidores de nivel de líquido, indicadores independientes de alarmas de nivel, lanzas aspersoras y sistemas de instrumentación (tales como indicadores de presión, temperatura y tensión).

4.10 Aislamiento térmico

4.10.1 Se proporcionará el aislamiento térmico prescrito para proteger el casco de temperaturas inferiores a aquellas admisibles (véase 4.19.1) y limitar el flujo de calor hacia los tanques a niveles que puedan mantenerse a través del sistema de control de presión y de temperatura establecidos en el capítulo 7.

4.10.2 Para determinar la eficacia del aislamiento, se tendrá debidamente en cuenta la cantidad de evaporación aceptable en relación con la planta de relicuefacción a bordo, la maquinaria de propulsión principal u otro sistema de control de temperatura.

Parte B Cargas de proyecto

4.11 Generalidades

En esta sección se definen las cargas de proyecto que deberán examinarse a la luz de las prescripciones establecidas en 4.16, 4.17 y 4.18: Entre ellas cabe mencionar:

- .1 categorías de carga (permanente, funcional, ambiental y accidental) y la descripción de las cargas;
- .2 la medida en que se examinarán estas cargas en función del tipo de tanque, y que se detalla más minuciosamente en los párrafos siguientes; y
- .3 los tanques, junto con su estructura de soporte y demás accesorios, que se proyectarán teniendo en cuenta las combinaciones pertinentes de las cargas que se describen *infra*.

4.12 Cargas permanentes

4.12.1 Cargas de gravedad

Se examinarán el peso del tanque, el aislamiento térmico, así como las cargas causadas por las torres y otros amarres.

4.12.2 Cargas externas permanentes

Se examinarán las cargas de gravedad de las estructuras y equipos que actúan externamente sobre el tanque.

4.13 Cargas funcionales

4.13.1 Las cargas derivadas del uso operacional del sistema de tanques se clasificarán como cargas funcionales. Se examinarán todas las cargas funcionales que sean esenciales para garantizar la integridad del sistema de tanques, durante todas las condiciones de proyecto. Al establecer las cargas funcionales se tendrán en cuenta, como mínimo, los efectos de los siguientes factores:

- .1 la presión interior;
- .2 la presión exterior;
- .3 las cargas inducidas térmicamente;
- .4 las vibraciones;
- .5 las cargas de interacción;
- .6 las cargas relacionadas con la construcción y la instalación;
- .7 las cargas de prueba;
- .8 las cargas de escora estática; y
- .9 el peso de la carga.

4.13.2 Presión interior

- .1 En todos los casos, incluidos los previstos en el apartado 4.13.2.2, P_o no será inferior al MARVS.
- .2 Respecto de los tanques de carga, que no disponen de control de temperatura y en los que la presión de la carga se indica sólo por la temperatura ambiente, P_o no será inferior a la presión de vapor manométrica de la carga a una temperatura de 45 °C, salvo que:
 - .1 la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre acepte valores inferiores a los de la temperatura ambiente respecto de buques que naveguen en zonas restringidas. Por el contrario, se podrán prescribir valores más elevados de temperatura ambiente; y
 - .2 respecto de buques que operen en zonas restringidas, el cálculo de P_o podrá realizarse en función del aumento de la presión real durante el viaje, y se podrá tener en cuenta todo aislamiento térmico del tanque.
- .3 A reserva de las condiciones especiales que pueda establecer la Administración y las limitaciones prescritas en 4.21 a 4.26 respecto de los diversos tipos de tanques, se podrá aceptar una presión de vapor P_h superior a P_o en relación con las condiciones específicas del lugar (como, por ejemplo, el puerto u otros sitios), en donde se reducen las cargas dinámicas. Se hará constar en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel todo ajuste de la válvula aliviadora de presión a que dé lugar la aplicación de este párrafo.

- .4 Los resultados de la presión interior P_{eq} de la presión de vapor P_o o P_h , además de la máxima presión dinámica del líquido correspondiente P_{gd} , pero sin incluir los efectos de cargas debidas al chapoteo del líquido. Las fórmulas de orientación para la correspondiente presión dinámica del líquido P_{gd} figuran en 4.28.1.

4.13.3 *Presión exterior*

Las cargas de presión exterior de proyecto se basarán en la diferencia entre la presión interior mínima y la presión exterior máxima a la cual puede someterse de forma simultánea cualquier parte del tanque.

4.13.4 *Cargas inducidas térmicamente*

4.13.4.1 Se tendrán en cuenta las cargas inducidas térmicamente de carácter transitorio durante los períodos de enfriamiento respecto de los tanques concebidos para soportar temperaturas de carga inferiores a -55 °C.

4.13.4.2 Se tendrán en cuenta las cargas inducidas térmicamente de carácter estacionario respecto de los sistemas de contención de la carga en que los dispositivos o accesorios de sujeción y la temperatura de funcionamiento de proyecto puedan dar lugar a importantes esfuerzos térmicos (véase 7.2).

4.13.5 *Vibración*

Se tendrán en cuenta los efectos potencialmente dañinos de las vibraciones en el sistema de contención de la carga.

4.13.6 *Cargas de interacción*

Se tendrán en cuenta el componente estático de las cargas derivado de la interacción entre el sistema de contención de la carga y la estructura del casco, así como las cargas de la estructura y equipo correspondientes.

4.13.7 *Cargas relacionadas con la construcción y la instalación*

Se tendrán en cuenta las cargas o condiciones relacionadas con la construcción y la instalación, como, por ejemplo, las operaciones de izada.

4.13.8 *Cargas de prueba*

Se tendrán en cuenta las cargas correspondientes a la prueba del sistema de contención de la carga a que se hace referencia en 4.21 a 4.26.

4.13.9 *Cargas de escora estática*

Se tendrán en cuenta las cargas correspondientes al ángulo de escora estática más desfavorable dentro de la gradación de 0 ° a 30 °.

4.13.10 *Otras cargas*

Se tendrá en cuenta toda otra carga a la que no se haya hecho referencia de manera específica y que podría afectar al sistema de contención de la carga.

4.14 Cargas ambientales

Las cargas ambientales se definen como aquellas cargas en el sistema de contención de la carga que son originadas por el medio ambiente circundante, y que no se hayan clasificado de otra forma como cargas permanentes, funcionales o accidentales.

4.14.1 Cargas debidas al movimiento del buque

4.14.1.1 Al determinar las cargas dinámicas se tendrá en cuenta la distribución a largo plazo del movimiento del buque en mares irregulares que el buque experimentará durante su vida útil operativa. También podrá tenerse en cuenta la reducción de las cargas dinámicas como resultado de la necesaria reducción de velocidad y la variación del rumbo.

4.14.1.2 El movimiento del buque comprenderá el oleaje, balanceo, oscilación vertical, balance, cabeceo y guiñada. Las aceleraciones que repercutan sobre los tanques se estimarán en su centro de gravedad e incluirán los siguientes componentes:

- .1 aceleración vertical: aceleraciones de movimiento de oscilación vertical, cabeceo y, posiblemente, balance (normal para la base del buque);
- .2 aceleración transversal: aceleraciones de movimiento de balanceo, guiñada y balance, así como el componente de la gravedad del balanceo; y
- .3 aceleración longitudinal: aceleraciones de movimiento del oleaje y el cabeceo y el componente de la gravedad de éste último.

4.14.1.3 La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre propondrá y aprobará los métodos para prever las aceleraciones resultantes del movimiento del buque.

4.14.1.4 Las fórmulas de orientación para los componentes de la aceleración se indican en 4.28.2.

4.14.1.5 Se podrá conceder una consideración especial para los buques en servicio restringido.

4.14.2 Cargas dinámicas de interacción

Se tendrá en cuenta el componente dinámico de las cargas resultantes de la interacción entre los sistemas de contención de la carga y la estructura del casco, incluidos las cargas de estructuras y equipos relacionados.

4.14.3 Cargas debidas al chapoteo del líquido

4.14.3.1 Las cargas debidas al chapoteo del líquido en un sistema de contención de la carga y los componentes internos se evaluarán sobre la base de los niveles admisibles de llenado.

4.14.3.2 Cuando se prevea la existencia de importantes cargas inducidas por el chapoteo del buque, se deberán realizar pruebas y cálculos especiales que comprendan toda la gama de los niveles de llenado previstos.

4.14.4 Cargas de nieve y hielo

Se tendrán en cuenta la nieve y el hielo, si es procedente.

4.14.5 *Cargas debidas a la navegación entre hielos*

Las cargas debidas a la navegación entre hielo se tendrán en cuenta respecto de los buques destinados para cumplir dicho servicio.

4.15 Cargas accidentales

Las cargas accidentales se definen como las cargas que se imponen a un sistema de contención de la carga y a sus mecanismos de sujeción en condiciones anormales y no planificadas.

4.15.1 *Cargas de abordaje*

La carga de abordaje se determinará sobre la base del sistema de contención de la carga en condiciones de carga completa aplicando una fuerza inercial de 0,5 g en dirección de proa y 0,25 g en dirección de popa, donde "g" es la aceleración de la gravedad.

4.15.2 *Cargas debidas a la inundación del buque*

Respecto de los tanques independientes, las cargas causadas por la flotabilidad de un tanque vacío en un espacio de bodega inundado hasta el calado en carga de verano se tendrán en cuenta a la hora de proyectar los calzos para evitar la flotación y la estructura de sujeción en el casco.

Parte C Integridad estructural

4.16 Generalidades

4.16.1 El proyecto estructural garantizará que los tanques dispongan de una capacidad adecuada para contener todas las cargas pertinentes, con un margen adecuado de seguridad. Así, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzca deformación plástica, pandeo, fatiga y pérdida de estanquidad a los líquidos y al gas.

4.16.2 La integridad estructural de los sistemas de contención de la carga se demostrará mediante el cumplimiento de lo prescrito en 4.21 a 4.26, según sea apropiado para el tipo de sistema de contención de la carga de que se trate.

4.16.3 La integridad estructural de los tipos de sistema de contención de la carga que se basan en un proyecto innovador y difieren significativamente de los previstos en 4.21 a 4.26 se demostrará mediante el cumplimiento de las disposiciones establecidas en 4.27 a fin de garantizar que se mantenga el nivel general de seguridad previsto en el presente capítulo.

4.17 Análisis estructurales

4.17.1 *Análisis*

4.17.1.1 Los análisis de proyecto se basarán en los principios aceptados de la estática, la dinámica y la resistencia de los materiales.

4.17.1.2 Se podrán utilizar métodos o análisis simplificados para calcular los efectos de la carga, siempre que sean moderados. Asimismo, se podrán emplear pruebas con modelos en combinación con cálculos teóricos, o en lugar de éstos. En aquellos casos en que los métodos teóricos sean inadecuados, se deberán utilizar pruebas con modelos o pruebas a escala completa.

4.17.1.3 Al determinar las respuestas a las cargas dinámicas se tendrá en cuenta el efecto dinámico cuando pueda afectar a la integridad estructural.

4.17.2 *Supuestos relacionados con la carga*

4.17.2.1 Respecto de cada emplazamiento o de cada parte del sistema de contención de la carga que deba ser objeto de examen o de cada posible modo de avería que deba analizarse, se tendrán en cuenta todas las combinaciones de cargas pertinentes que puedan actuar en forma simultánea.

4.17.2.2 Se tendrán en cuenta los supuestos más desfavorables respecto de todas las fases pertinentes de construcción, mantenimiento, pruebas y servicio, así como las condiciones.

4.17.3 Cuando los esfuerzos estáticos y dinámicos se calculan por separado, y salvo que se justifique la utilización de otros métodos de cálculo, los esfuerzos totales se calcularán en función de:

$$\sigma_x = \sigma_{x.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{x.dyn})^2}$$

$$\sigma_y = \sigma_{y.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{y.dyn})^2}$$

$$\sigma_z = \sigma_{z.st} \pm \sqrt{\sum (\sigma_{z.dyn})^2}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xy.dyn})^2}$$

$$\tau_{xz} = \tau_{xz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{xz.dyn})^2}$$

$$\tau_{yz} = \tau_{yz.st} \pm \sqrt{\sum (\tau_{yz.dyn})^2}$$

donde:

$\sigma_{x.st}$, $\sigma_{y.st}$, $\sigma_{z.st}$, $\tau_{xy.st}$, $\tau_{xz.st}$ y $\tau_{yz.st}$ son esfuerzos estáticos, y
 $\sigma_{x.dyn}$, $\sigma_{y.dyn}$, $\sigma_{z.dyn}$, $\tau_{xy.dyn}$, $\tau_{xz.dyn}$ y $\tau_{yz.dyn}$ son esfuerzos dinámicos,

cada uno se determinará por separado de los componentes de aceleración y de los componentes de tensión del casco debido a la deformación y la torsión.

4.18 **Condiciones de proyecto**

Se tendrán en cuenta todas las modalidades de fallo correspondientes a la hora de proyectar todos los supuestos de carga pertinentes y las condiciones de proyecto. Estas últimas se presentan en la primera parte de este capítulo, y los supuestos de carga están contemplados en 4.17.2.

4.18.1 *Condiciones del proyecto de resistencia a la rotura*

La capacidad estructural se podrá determinar por medio de pruebas, o mediante análisis, teniendo en cuenta las propiedades elásticas y plásticas de los materiales, o por medio de un análisis elástico lineal simplificado o de las disposiciones del Código.

4.18.1.1 Se tendrán en cuenta la deformación plástica y el pandeo.

4.18.1.2 El análisis se basará en los valores característicos de la carga de la siguiente manera:

Cargas permanentes:	Valores previstos
Cargas funcionales:	Valores especificados
Cargas ambientales:	Respecto de las cargas debidas a las olas: Muy probablemente se trata de la carga más grande que se haya registrado durante 10^8 olas incidentes.

4.18.1.3 A los fines de la evaluación de la resistencia a la rotura, se aplicarán los siguientes parámetros:

.1.1 R_e = límite mínimo de elasticidad especificado a temperatura ambiente (N/mm^2). Si la curva de esfuerzos-deformaciones no muestra un límite de elasticidad definido, se aplicará el límite de elasticidad de un 0,2 %.

.1.2 R_m = resistencia mínima especificada a la tracción, a la temperatura ambiente (N/mm^2).

Respecto de las conexiones soldadas en las que las soldaduras que no concuerdan son inevitables, es decir, aquellas soldaduras en las que el metal de soldadura tiene una resistencia a la tracción inferior a la del material de base, tal como ocurre en algunas aleaciones de aluminio, se utilizarán las respectivas R_e y R_m de las soldaduras, tras la aplicación de cualquier termotratamiento. En tales casos, la resistencia a la tracción de la soldadura transversal no será inferior al límite de elasticidad real del material de base. Si ello no es posible, no se incorporarán en los sistemas de contención de la carga las estructuras soldadas fabricadas con esos materiales.

.2 Las propiedades señaladas anteriormente se corresponderán con las propiedades mecánicas mínimas del material que se han especificado, incluido el metal de soldadura en la condición de fabricado. A reserva de las condiciones especiales que pueda establecer la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, se tendrán en cuenta el mayor límite de elasticidad y la mayor resistencia a la tracción a baja temperatura. La temperatura en la que se basan las propiedades de los materiales deberá constar en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4.

4.18.1.4 El esfuerzo equivalente σ_c (von Mises, Huber) se determinará de la siguiente manera:

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_x\sigma_z - \sigma_y\sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2)}$$

donde:

σ_x =	esfuerzo normal pleno en dirección -x ;
σ_y =	esfuerzo normal pleno en dirección - y;
σ_z =	esfuerzo normal pleno en dirección - z;
τ_{xy} =	esfuerzo cortante pleno en el plano x-y;
τ_{xz} =	esfuerzo cortante pleno en el plano x-z; y
τ_{yz} =	esfuerzo cortante pleno en el plano y-z.

Los valores indicados anteriormente se calcularán según la modalidad descrita en 4.17.3.

4.18.1.5 Los esfuerzos admisibles para los materiales distintos de los contemplados en el capítulo 6 quedarán sujetos a la aprobación de la Administración o de la organización reconocida que actúe en su nombre en cada caso.

4.18.1.6 Los esfuerzos también podrán limitarse en función de los análisis de fatiga, los análisis sobre la propagación de fisuras y los criterios de pandeo.

4.18.2 Condición de proyecto de fatiga

4.18.2.1 La condición de proyecto de fatiga es la condición de proyecto respecto de las cargas cíclicas acumuladas.

4.18.2.2 Si resulta necesario realizar un análisis de fatiga, el efecto acumulativo de la carga de fatiga cumplirá el siguiente cálculo:

$$\sum \frac{n_i}{N_i} + \frac{n_{Loading}}{N_{Loading}} \leq C_w$$

donde:

n_i	=	número de ciclos de esfuerzo en cada nivel de esfuerzo durante la vida útil del tanque;
N_i	=	número de ciclos de fractura correspondiente al respectivo nivel de esfuerzo de conformidad con la curva de Wohler (S-N);
$n_{Loading}$	=	número de ciclos de carga y descarga durante la vida útil del tanque, que no será inferior a 1 000. ⁶ Los ciclos de carga y descarga incluyen el ciclo de presión completo y el ciclo térmico;
$N_{Loading}$	=	número de ciclos de fractura correspondiente a las cargas de fatiga debidas a las cargas y descargas; y
C_w	=	máximo radio admisible acumulativo de avería por fatiga.

La avería por fatiga se basará sobre la vida útil de proyecto del tanque que no será inferior a 10^8 olas incidentes.

4.18.2.3 Cuando sea necesario, el sistema de contención de la carga deberá ser objeto de análisis de fatiga, teniendo en cuenta todas las cargas de fatiga y sus combinaciones adecuadas en relación con la vida útil prevista del sistema de contención de la carga. Por otra parte, se tendrán en cuenta las diversas condiciones de llenado.

4.18.2.4.1 Las curvas S-N de proyecto utilizadas en el análisis se aplicarán a los materiales y soldaduras, detalles de construcción, procesos de fabricación y el estado de aplicación del esfuerzo previsto.

4.18.2.4.2 Las curvas S-N se basarán en una probabilidad de 97,6 % de conservación de la flotabilidad correspondiente a las curvas de desviación media menos dos desviaciones estándares de los datos experimentales pertinentes hasta la avería definitiva. El uso de las curvas S-N que hayan sido derivadas de una manera diferente presupone el ajuste a los valores aceptables C_w especificados en 4.18.2.7 a 4.18.2.9.

⁶ 1 000 ciclos se corresponden normalmente con 20 años de funcionamiento.

4.18.2.5 El análisis se basará en los valores de la carga característicos, de la siguiente manera:

Cargas permanentes:	Valores previstos
Cargas funcionales:	Valores especificados o historial especificado
Cargas ambientales:	Historial previsto de la carga, pero que no sea inferior a 10^8 ciclos

Si se utilizan conjuntos de carga dinámica simplificados para estimar la resistencia a la fatiga, dichos conjuntos serán objeto de un examen especial por parte de la Administración o de la organización reconocida que actúe en su nombre.

4.18.2.6.1 Cuando se reduzca el tamaño de la barrera secundaria, tal como se dispone en 4.4.3, se realizarán análisis de la mecánica de la fractura de la propagación de la fisura por fatiga a fin de determinar:

- .1 las vías de propagación de fisuras en la estructura;
- .2 el ritmo de propagación de la fisura;
- .3 el tiempo necesario para que la propagación de una fisura cause una fuga del tanque;
- .4 el tamaño y la forma de las fisuras a todo lo largo del espesor; y
- .5 el tiempo necesario para que las fisuras detectables alcancen un estado grave.

La mecánica de la fractura se basa, generalmente, en la información sobre la propagación de fisuras consideradas como un valor medio más dos desviaciones típicas de los datos de prueba.

4.18.2.6.2 Al analizar la propagación de fisuras, se partirá de la base de la fisura inicial más grande que no sea detectable por el método de inspección aplicado, teniendo en cuenta las pruebas no destructivas y los criterios de inspección visual, según sea aplicable.

4.18.2.6.3 Análisis de propagación de fisuras de conformidad con la condición especificada en 4.18.2.7: se podrá utilizar la distribución y secuencia de la carga simplificada durante un período de 15 días. Tales distribuciones se pueden lograr del modo que se indica en la figura 4.4. La distribución y la secuencia de la carga por períodos más largos, como se indica en 4.18.2.8 y 4.18.2.9, serán aprobadas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.

4.18.2.6.4 Las medidas que se adopten se ajustarán a lo dispuesto en 4.18.2.7 a 4.18.2.9, según corresponda.

4.18.2.7 Respecto de los fallos que se pueden detectar de forma fiable por medio de la detección de fugas:

C_w será inferior o igual a 0,5.

El tiempo restante de propagación del fallo que se prevea, desde el momento de detección de la fuga hasta que ésta alcance un estado crítico, no será inferior a 15 días, a menos que resulten aplicables prescripciones diferentes relativas a buques destinados a realizar viajes específicos.

4.18.2.8 Respecto de los fallos que no pueden ser detectados por las fugas, pero que pueden detectarse de manera fiable en el momento de realizar los reconocimientos durante el servicio:

C_w será inferior o igual a 0,5.

El tiempo restante de propagación del fallo que se prevea, a partir de la mayor fisura que no sea detectable por métodos de inspección durante el servicio, hasta que alcance un estado crítico, no podrá ser inferior a tres veces el intervalo de inspección.

4.18.2.9 En determinados sitios del tanque, en los que no se puede garantizar la detección eficaz del defecto o de la propagación de la fisura, se aplicarán, como mínimo, los siguientes criterios de reconocimiento de fatiga, que son más estrictos, a saber:

C_w será inferior o igual a 0,1.

El tiempo de propagación del fallo que se prevea, desde el supuesto fallo inicial hasta que alcance un estado crítico, no será inferior a tres veces la vida útil del tanque.

4.18.3 *Condición de proyecto en caso de accidentes*

4.18.3.1 La condición de proyecto en caso de accidentes es una condición de proyecto relativa a las cargas accidentales con una probabilidad extremadamente baja de que ocurra.

4.18.3.2 El análisis se basará en los valores característicos, de la siguiente manera:

Cargas permanentes:	Valores previstos
Cargas funcionales:	Valores especificados
Cargas ambientales:	Valores especificados
Cargas accidentales:	Valores especificados o valores previstos

4.18.3.3 Las cargas mencionadas en 4.13.9 y 4.15 no deben combinarse entre sí ni con las cargas producidas por las olas.

Parte D **Materiales y construcción**

4.19 Materiales

Objetivo

Garantizar que el sistema de contención de la carga, las barreras primarias y secundarias, el aislamiento térmico, la estructura adyacente del buque y otros materiales del sistema de contención de la carga se construyan a partir de materiales que posean las propiedades adecuadas para las condiciones a las que se verán expuestos, tanto en servicio normal como en el caso de una posible avería de la barrera primaria, si procede.

4.19.1 *Materiales que forman la estructura del buque*

4.19.1.1 A los efectos de determinar el grado de la placa y de las secciones que se utilicen en la estructura del casco, se realizará un cálculo de la temperatura en relación con todos los tipos de tanques cuando la temperatura de la carga sea inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al realizar dicho cálculo se partirá de los siguientes supuestos:

- .1 se supondrá que la barrera primaria de todos los tanques está a la temperatura de la carga;
- .2 además del supuesto descrito en el apartado .1, si se necesita una barrera secundaria total o parcial, se supondrá que está a la temperatura de la carga a presión atmosférica para cualquier tanque únicamente;
- .3 en lo referido al servicio a escala mundial, la temperatura ambiente que se establecerá será de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el aire y de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el agua de mar. Se podrán admitir valores más elevados para los buques que naveguen en zonas restringidas y, por el contrario, la Administración podrá establecer valores más bajos para los buques que presten servicios en zonas donde se prevén temperaturas más bajas durante los meses de invierno;
- .4 se supondrá que existen condiciones de aire y de agua de mar en reposo, es decir, no se realizarán ajustes por convección forzada;
- .5 se supondrá la degradación de las propiedades de aislamiento térmico durante la vida útil del buque como consecuencia de factores tales como el envejecimiento térmico y mecánico, la compactación, los movimientos del buque y las vibraciones del tanque, tal como se define en 4.19.3.6 y 4.19.3.7;
- .6 se tendrá en cuenta, en su caso, el efecto de enfriamiento del aumento de gases de evaporación de la carga filtrada;
- .7 podrá tenerse en cuenta la calefacción del casco de conformidad con lo dispuesto en 4.19.1.5, siempre que los dispositivos para la calefacción estén en consonancia con lo establecido en 4.19.1.6;
- .8 no se concederá reducción por ningún medio de calefacción, salvo lo establecido en 4.19.1.5; y
- .9 respecto de los elementos estructurales que interconectan las partes interior y exterior del casco se podrá tomar la temperatura media para determinar la calidad del acero.

Las temperaturas ambiente utilizadas en el proyecto, según se describe en este párrafo, se consignarán en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4.4.

4.19.1.2 Las planchas del forro y de cubierta del buque y todos los refuerzos fijados a éstas se instalarán de conformidad con las normas reconocidas. Si la temperatura del material calculada en el marco de la condición de proyecto es inferior a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ como consecuencia de la influencia de la temperatura de la carga, el material se ajustará a lo establecido en el cuadro 6.5.

4.19.1.3 Los materiales de todas las demás estructuras del casco para las cuales la temperatura calculada en la condición de proyecto es inferior a 0 °C, debido a la influencia de la temperatura de la carga y que no forman la barrera secundaria, también deberá ceñirse a lo establecido en el cuadro 6.5. Aquí se incluye la estructura del casco que sirve de apoyo para los tanques de carga, planchas del techo del doble fondo, las planchas del mamparo longitudinal, las planchas del mamparo transversal, suelos, almas, palmejares y todos los elementos de refuerzo adjuntos.

4.19.1.4 El material del casco que forma la barrera secundaria se ceñirá a lo establecido en el cuadro 6.2. Si la barrera secundaria está formada por la cubierta o por el forro lateral, la clase de material previsto en el cuadro 6.2 será llevado a la cubierta adyacente o al forro lateral, en su caso, en un grado adecuado.

4.19.1.5 Podrán utilizarse medios de calefacción de los materiales estructurales para que la temperatura del material no descienda por debajo del mínimo permitido para el grado del material especificado en el cuadro 6.5. En los cálculos señalados en 4.19.1.1, puede tenerse en cuenta dicha calefacción en los casos siguientes:

- .1 para cualquier estructura transversal del casco;
- .2 para la estructura longitudinal del casco mencionada en 4.19.1.2 y 4.19.1.3, en la que se especifiquen temperaturas ambiente inferiores, a condición de que los materiales sean apropiados para las condiciones de temperatura ambiente de +5 °C para el aire y 0 °C para el agua de mar sin que se tengan en cuenta en los cálculos de calefacción; y
- .3 como alternativa a lo dispuesto en el apartado .2, para el mamparo longitudinal entre los tanques de carga, podrá tenerse en cuenta la calefacción, siempre y cuando el material siga siendo apropiado para una temperatura de proyecto mínima de -30 °C, o una temperatura de 30 °C inferior a la determinada en 4.19.1.1, si este valor es menor, teniendo en cuenta la calefacción. En este caso, la resistencia longitudinal del buque deberá cumplir lo dispuesto en la regla II-1/3-1 del Convenio SOLAS, tanto cuando dichos mamparos se consideren efectivos como cuando no se consideren efectivos.

4.19.1.6 Los medios de calefacción mencionados en 4.19.1.5 deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- .1 el sistema de calefacción se dispondrá de modo tal que, en caso de fallo en cualquier parte del sistema, se pueda mantener una calefacción de reserva igual, como mínimo, al 100 % de la necesidad térmica teórica;
- .2 el sistema de calefacción se considerará un auxiliar esencial. Todos los componentes eléctricos de al menos uno de los sistemas proporcionados de conformidad con 4.19.1.5.1 se alimentarán de la fuente eléctrica de emergencia; y
- .3 la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre incluirá el proyecto y la construcción del sistema de calefacción en la aprobación del sistema de contención.

4.19.2 *Materiales de las barreras primarias y de las barreras secundarias*

4.19.2.1 Los materiales metálicos utilizados en la construcción de las barreras primarias y secundarias que no forman el casco deberán ser adecuados para las cargas de proyecto a las que se puedan someter, y se ceñirán a lo establecido en el cuadro 6.1, 6.2 o 6.3.

4.19.2.2 Los materiales, ya sean metálicos o no, pero que no figuren en los cuadros 6.1, 6.2 y 6.3 y que se utilicen en la construcción de barreras primarias y secundarias podrán ser aprobados por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, teniendo en cuenta las cargas de proyecto a las que se podrán ver sometidos, sus propiedades y su uso previsto.

4.19.2.3 Si se utilizan materiales no metálicos para la construcción de barreras primarias o secundarias, o si se incorporan a éstas, incluidos los materiales compuestos, se someterán a pruebas para verificar la existencia de las siguientes propiedades, según corresponda, a fin de garantizar que son adecuados para el servicio previsto:

- .1 compatibilidad con las cargas;
- .2 envejecimiento;
- .3 propiedades mecánicas;
- .4 expansión y contracción térmicas;
- .5 abrasión;
- .6 cohesión;
- .7 resistencia a las vibraciones;
- .8 resistencia a la propagación de incendios y de las llamas; y
- .9 resistencia a fallos por fatiga y a la propagación de fisuras.

4.19.2.4 Las propiedades indicadas anteriormente, cuando proceda, se someterán a pruebas para verificar la oscilación entre la temperatura máxima prevista en servicio y +5 °C por debajo de la temperatura mínima de proyecto, pero que no será inferior a -196 °C.

4.19.2.5.1 Cuando se utilicen materiales no metálicos, incluidos los materiales compuestos, para las barreras primarias y secundarias, los procesos de ensamblado también se someterán a pruebas tal como se describe anteriormente.

4.19.2.5.2 En el apéndice 4 figuran orientaciones sobre la utilización de materiales no metálicos para la construcción de barreras primarias y secundarias.

4.19.2.6 Se podrá tener en cuenta la utilización de materiales en las barreras primarias y secundarias, que no sean resistentes a la propagación de incendios ni de las llamas, siempre que estén protegidas por un sistema adecuado, como, por ejemplo, un entorno de gas inerte permanente, o que estén provistas de una barrera piroretardante.

4.19.3 *Aislamiento térmico y demás materiales utilizados en los sistemas de contención de la carga*

4.19.3.1 El aislamiento térmico que soporta la carga y otros materiales usados en los sistemas de contención de la carga se adecuarán a las cargas de proyecto.

4.19.3.2 El aislamiento térmico y otros materiales usados en los sistemas de contención de la carga deberán poseer las características siguientes, según corresponda, a los efectos de garantizar que son adecuados para el servicio previsto:

- .1 compatibilidad con las cargas;
- .2 solubilidad en la carga;
- .3 absorción de la carga;
- .4 contracción;
- .5 envejecimiento;
- .6 contenido de tipo célula cerrada;
- .7 densidad;
- .8 propiedades mecánicas, en la medida en que se las someta a los efectos de la carga y de las demás operaciones de carga, expansión y contracción térmicas;
- .9 abrasión;
- .10 cohesión;
- .11 conductividad térmica;
- .12 resistencia a las vibraciones;
- .13 resistencia a la propagación de incendios y de las llamas; y
- .14 resistencia a fallos por fatiga y a la propagación de fisuras.

4.19.3.3 Las propiedades señaladas anteriormente, cuando proceda, se someterán a pruebas para verificar la oscilación entre la temperatura máxima en servicio prevista y 5 °C por debajo de la temperatura mínima de proyecto, pero que no será inferior a -196 °C.

4.19.3.4 Debido a la ubicación o las condiciones ambientales, los materiales de aislamiento térmico tendrán las características adecuadas de resistencia a la propagación de incendios y de las llamas, y estarán adecuadamente protegidos contra la penetración de vapor de agua y los fallos mecánicos. Si el aislamiento térmico se encuentra en la cubierta expuesta o por encima de ésta, y al nivel de las penetraciones de la cubierta del tanque, contará con propiedades adecuadas de resistencia a incendios de conformidad con las normas reconocidas o estará cubierto con un material que tenga propiedades de baja propagación de la llama y forme un precinto a los vapores, eficaz y refrendado.

4.19.3.5 El aislamiento térmico que no cumple las normas reconocidas sobre resistencia a incendios se podrá utilizar en los espacios de bodega que no se mantienen permanentemente inertizados, a condición de que sus superficies estén recubiertas con material con características de baja propagación de llamas y que forma un precinto a los vapores, eficaz y refrendado.

4.19.3.6 Se llevarán a cabo pruebas de conductividad térmica del aislamiento térmico en muestras convenientemente envejecidas.

4.19.3.7 Si se utiliza aislamiento térmico a base de polvo o granulado, se deberán adoptar medidas para reducir la compactación en servicio, mantener la conductividad térmica prescrita así como también evitar un aumento excesivo de la presión en el sistema de contención de la carga.

4.20 Procesos de construcción

Objetivo

Definir los procesos de construcción y los procedimientos de pruebas adecuados a fin de garantizar, en la medida de lo razonablemente posible, que el sistema de contención de la carga funcione satisfactoriamente en servicio de acuerdo con las hipótesis formuladas en la etapa de proyecto.

4.20.1 Proyecto de juntas de soldadura

4.20.1.1 Todas las juntas soldadas de los fondos de los tanques independientes serán del tipo de soldaduras a tope en el plano con penetración total. Para las conexiones de la bóveda al forro solamente, se podrá utilizar juntas soldadas en T del tipo de penetración total, en función de los resultados de las pruebas realizadas en el momento del refrendo del procedimiento de soldadura. Salvo las penetraciones pequeñas en bóvedas, las soldaduras de boquilla también se proyectarán con penetración completa.

4.20.1.2 A continuación se enumeran los detalles de las juntas soldadas de los tanques independientes del tipo C, así como de las barreras primarias estancas a los líquidos de los tanques independientes del tipo B construidas principalmente con superficies curvas, a saber:

- .1 todas las juntas longitudinales y circunferenciales serán de soldadura a tope, penetración total, de tipo V doble o único. Las soldaduras a tope de penetración total se obtendrán mediante doble soldadura o por medio de la utilización de anillos cubrejuntas internos. Si se utilizan, los anillos cubrejuntas internos se eliminarán, salvo que se trate de recipientes de elaboración a presión muy pequeños. Se permitirán otras preparaciones de los cantos en función de los resultados de las pruebas realizadas en el momento del refrendo del procedimiento de soldadura; y
- .2 la preparación del bisel de las juntas entre el cuerpo del tanque y las bóvedas y entre las bóvedas y los accesorios correspondientes se proyectarán de conformidad con normas que resulten aceptables para la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Todas las soldaduras de conexión de boquillas, cúpulas y otras penetraciones de los recipientes, así como todas las soldaduras que conecten las bridas al recipiente o a las boquillas, serán soldaduras de penetración total.

4.20.1.3 En su caso, todos los procesos de construcción y prueba, salvo el especificado en 4.20.3, se realizarán de conformidad con las disposiciones aplicables del capítulo 6.

4.20.2 Proyecto de encolado y otros procedimientos de ensamblado

En el proyecto de encolado de juntas (o de ensamble por medio de algún otro procedimiento, excepto de soldadura) se tendrán en cuenta las características de resistencia del proceso de ensamble.

4.20.3 *Pruebas*

4.20.3.1 Todos los tanques de carga y los recipientes de elaboración a presión deberán someterse a pruebas de presión hidrostática o hidroneumática de acuerdo con lo prescrito en 4.21 a 4.26, según corresponda para el tipo de tanque.

4.20.3.2 Todos los tanques se someterán a una prueba de estanquidad en combinación con la prueba de presión mencionada en 4.20.3.1.

4.20.3.3 Las prescripciones relativas a la inspección de las barreras secundarias serán establecidas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, en cada caso, teniendo en cuenta la accesibilidad de la barrera (véase 4.6.2).

4.20.3.4 La Administración podrá establecer que, respecto de los buques equipados con tanques independientes e innovadores de tipo B, o con tanques proyectados de conformidad con lo prescrito en 4.27, por lo menos un tanque de prototipo y sus estructuras de soporte se equiparán con instrumentos medidores de tensión u otro equipo adecuado que permita confirmar los niveles de esfuerzo. Se podrá prescribir instrumentos similares respecto de los tanques independientes de tipo C en función de su configuración y de la disposición de sus soportes y accesorios.

4.20.3.5 Se verificará que el desempeño global del sistema de contención de la carga cumpla los parámetros de proyecto durante la primera carga y la primera descarga completas de la carga, de conformidad con el procedimiento de reconocimiento y las prescripciones establecidas en 1.4 y con las prescripciones establecidas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Se conservarán las actas del rendimiento de los componentes y del equipo esenciales para verificar los parámetros de proyecto, y quedarán a disposición de la Administración.

4.20.3.6 Los dispositivos de calefacción, si estuvieran instalados de conformidad con lo establecido en 4.19.1.5 y 4.19.1.6, se someterán a pruebas para verificar la salida y la distribución del calor prescritas.

4.20.3.7 El sistema de contención de la carga deberá ser objeto de inspección en lo que respecta a los puntos fríos durante el primer viaje en carga o inmediatamente después de éste. La inspección de la integridad de las superficies de aislamiento térmico que no puedan ser objeto de comprobación visual se llevará a cabo de conformidad con las normas reconocidas.

Parte E **Tipos de tanques**

4.21 Tanques independientes de tipo A

4.21.1 Base de proyecto

4.21.1.1 Los tanques independientes de tipo A son los tanques que se proyectaron principalmente mediante la utilización de métodos clásicos de análisis estructural del buque, de conformidad con las normas reconocidas. Cuando dichos tanques se construyan principalmente por superficies planas, la presión de vapor P_o de proyecto será inferior a 0,07 MPa.

4.21.1.2 Si la temperatura de la carga a presión atmosférica es inferior a -10 °C, se proveerá una barrera secundaria completa como se prescribe en 4.5. Ésta se proyectará de conformidad con lo dispuesto en 4.6.

4.21.2 *Análisis estructural*

4.21.2.1 Se realizará un análisis estructural teniendo en cuenta la presión interior, como se indica en 4.13.2, las cargas de interacción con el sistema de soporte y de manipulación, así como una parte razonable del casco del buque.

4.21.2.2 Respecto de aquellas partes, tales como las estructuras de apoyo, que de otro modo no se rigiesen por las disposiciones del Código, los esfuerzos se determinarán mediante cálculos directos, teniendo en cuenta las cargas mencionadas en 4.12 a 4.15, en lo que proceda, y la flexión del buque al nivel de las estructuras de soporte.

4.21.2.3 Los tanques con soportes se proyectarán para resistir las cargas accidentales especificadas en 4.15. Estas cargas no deben combinarse entre sí ni con las cargas ambientales.

4.21.3 *Condición del proyecto de resistencia a la rotura*

4.21.3.1 Respecto de los tanques construidos principalmente con superficies planas, los esfuerzos nominales de la membrana de los elementos primarios y secundarios (refuerzos, bulárcamas, palmejares, vagras), cuando se calculan utilizando procedimientos de análisis clásicos, no serán superiores a la menor $R_m/2,66$ o $R_e/1,33$ en relación con los aceros de níquel, aceros al carbonomanganeso, aceros austeníticos y aleaciones de aluminio, en cuyo caso R_m y R_e se definen en 4.18.1.3. Sin embargo, si se realizan cálculos detallados respecto de los elementos principales, el esfuerzo equivalente σ_c , según lo definido en 4.18.1.4, podrá exceder lo indicado anteriormente hasta alcanzar un esfuerzo que sea aceptable para la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Al realizarse los cálculos se tendrán en cuenta los efectos de la flexión, la fuerza cortante, la deformación axial y de torsión, así como las fuerzas de interacción entre el tanque de carga y el casco debido a la flexión del doble fondo y del fondo del tanque de carga.

4.21.3.2 Los escantillones del contorno del tanque deberán cumplir, como mínimo, las prescripciones establecidas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre respecto de los tanques profundos, teniendo en cuenta la presión interior, como se indica en 4.13.2 así como toda tolerancia de corrosión prescrita en 4.3.5.

4.21.3.3 La estructura de los tanques de carga se revisará respecto de un posible pandeo.

4.21.4 *Condición de proyecto en caso de accidentes*

4.21.4.1 Los tanques y sus soportes se proyectarán para resistir las cargas accidentales, y teniendo en cuenta las condiciones de proyecto especificadas en 4.3.4.3 y 4.15, según corresponda.

4.21.4.2 Cuando se vea sometido a las cargas accidentales especificadas en 4.15, el esfuerzo cumplirá los criterios de aceptación enunciados en 4.21.3, modificados según sea necesario, teniendo en cuenta las bajas probabilidades de que ello ocurra.

4.21.5 *Prueba*

Todos los tanques independientes de tipo A deberán someterse a una prueba hidrostática o hidroneumática. Dicha prueba se realizará de tal manera que los esfuerzos se aproximen, en la medida de lo posible, a los esfuerzos de proyecto, y que la presión en la parte superior del tanque se corresponda, al menos, con el MARVS. Cuando se realice una prueba hidroneumática, las condiciones simularán, en la medida de lo posible, la carga de proyecto del tanque así como su estructura de apoyo, incluidos los componentes dinámicos, al tiempo que evitarán los niveles de esfuerzo que podría causar una deformación permanente.

4.22 Tanques independientes de tipo B

4.22.1 *Base de proyecto*

4.22.1.1 Los tanques independientes de tipo B son tanques proyectados mediante la utilización de pruebas con modelos, instrumentos de análisis precisos y métodos de análisis que permitan determinar los niveles de esfuerzo, la vida útil determinada por la resistencia a la fatiga y las características de propagación de las fisuras. Si dichos tanques se construyen principalmente con superficies planas (tanques prismáticos), la presión de vapor P_o de proyecto deberá ser inferior a 0,07 MPa.

4.22.1.2 Si la temperatura de la carga a presión atmosférica es inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se proveerá una barrera secundaria parcial con un sistema de protección contra fugas pequeñas de conformidad con lo prescrito en 4.5. El sistema de protección contra fugas pequeñas se proyectará según lo dispuesto en 4.7.

4.22.2 *Análisis estructural*

4.22.2.1 Los efectos de todas las cargas dinámicas y estáticas se utilizarán para determinar la idoneidad de la estructura respecto de:

- .1 la deformación plástica;
- .2 el pandeo;
- .3 la avería por fatiga; y
- .4 la propagación de fisuras.

Se realizarán análisis de los elementos finitos o métodos similares así como análisis de la mecánica de la fractura, o un método equivalente.

4.22.2.2 Se realizará un análisis tridimensional para evaluar los niveles de esfuerzo, incluida la interacción con el casco del buque. El modelo para este análisis comprenderá el tanque de carga con su sistema de soportes y de manipulación, así como una parte razonable del casco.

4.22.2.3 Se realizará un análisis completo de las aceleraciones y los movimientos específicos del buque en olas irregulares, así como su respuesta y la de sus tanques de carga ante estas fuerzas y movimientos, a menos que se disponga de datos de buques similares.

4.22.3 Condición del proyecto de resistencia a la rotura

4.22.3.1 Deformación plástica

4.22.3.1.1 Respecto de los tanques independientes de tipo B, que estén contruidos principalmente con cuerpos de revoluciones, los esfuerzos admisibles no excederán:

$$\begin{aligned} \sigma_m &\leq f \\ \sigma_L &\leq 1,5f \\ \sigma_b &\leq 1,5F \\ \sigma_L + \sigma_b &\leq 1,5F \\ \sigma_m + \sigma_b &\leq 1,5F \\ \sigma_m + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3F \\ \sigma_L + \sigma_b + \sigma_g &\leq 3F \end{aligned}$$

donde:

σ_m = esfuerzo primario equivalente de la membrana general;
 σ_L = esfuerzo primario equivalente de la membrana local;
 σ_b = esfuerzo flector primario equivalente;
 σ_g = esfuerzo secundario equivalente;
 f = el menor de (R_m/A) o (R_e/B) ;
 F = el menor de (R_m/C) o (R_e/D) ,

siendo R_m y R_e los definidos en 4.18.1.3. Con respecto a los esfuerzos σ_m , σ_L , σ_b y σ_g , consúltese la definición de categorías de esfuerzos que figuran en 4.28.3. Los valores de A y B constarán en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel y tendrán, por lo menos, los siguientes valores mínimos:

	Aceros de níquel y aceros al carbonomanganeso	Aceros austeníticos	Aleaciones de aluminio
A	3	3,5	4
B	2	1,6	1,5
C	3	3	3
D	1,5	1,5	1,5

Las cifras anteriores podrán modificarse teniendo en cuenta la condición de proyecto examinada con aceptación de la Administración.

4.22.3.1.2 Respecto de los tanques independientes del tipo B, contruidos principalmente con superficies planas, los esfuerzos equivalentes admisibles en relación con la membrana que se apliquen para el análisis de elementos finitos no excederán de:

- .1 para los aceros de níquel y los aceros al carbonomanganeso, el menor de $R_m/2$ o $R_e/1,2$;
- .2 para los aceros austeníticos, el menor de $R_m/2,5$ o $R_e/1,2$; y
- .3 para las aleaciones de aluminio, el menor de $R_m/2,5$ o $R_e/1,2$.

Las cifras anteriores podrán modificarse teniendo en cuenta la ubicación del esfuerzo, los métodos de análisis del esfuerzo y la condición de proyecto examinada con aceptación de la Administración.

4.22.3.1.3 El espesor de la placa del forro y el tamaño del refuerzo no serán menores que los prescritos para los tanques independientes de tipo A.

4.22.3.2 *Pandeo*

Los análisis de resistencia al pandeo de los tanques de carga sujetos a la presión exterior y otras cargas que causen esfuerzos de compresión se realizarán de conformidad con las normas reconocidas. El método tendrá adecuadamente en cuenta la diferencia en la diferencia entre el esfuerzo de pandeo teórico y el práctico como resultado de la desalineación de los bordes de las planchas, la falta de rectilineidad o del hecho de que las planchas no son planas, la ovalidad y la desviación con respecto a la auténtica forma circular en relación con la longitud especificada de un arco o una cuerda, según corresponda.

4.22.4 *Condición de proyecto de fatiga*

4.22.4.1 La evaluación de la propagación de las fisuras y la fatiga se realizará de acuerdo con 4.18.2. Los criterios de aceptación se ceñirán a lo prescrito en 4.18.2.7, 4.18.2.8 o 4.18.2.9, en función de la detectabilidad del defecto.

4.22.4.2 En el análisis de fatiga se tendrá en cuenta las tolerancias de construcción.

4.22.4.3 Cuando la Administración lo estime necesario, se podrá prescribir la realización de pruebas con modelos que permitan determinar los factores de concentración de esfuerzos y la vida determinada por la resistencia a la fatiga de los elementos estructurales.

4.22.5 *Condición de proyecto en caso de accidentes*

4.22.5.1 Los tanques y sus soportes se proyectarán en relación con las cargas accidentales y las condiciones de proyecto especificadas en 4.3.4.3 y 4.15, según sea aplicable.

4.22.5.2 Cuando sea sometido a las cargas accidentales especificadas en 4.15, el esfuerzo deberá cumplir los criterios de aceptación especificados en 4.22.3, modificados según sea necesario, teniendo en cuenta la baja probabilidad de que esto ocurra.

4.22.6 *Prueba*

Los tanques independientes de tipo B se someterán a la siguiente prueba hidráulica o hidroneumática:

- .1 la prueba se realizará de conformidad con lo dispuesto en 4.21.5 en relación con los tanques independientes de tipo A; y
- .2 además, el esfuerzo máximo de la membrana primaria o el esfuerzo máximo de flexión en los elementos primarios en condiciones de prueba no excederá del 90 % del límite de elasticidad del material (como fabricado) a la temperatura de prueba. Como garantía del cumplimiento de esta condición, cuando los cálculos indiquen que este esfuerzo excede del 75 % del límite de elasticidad, la prueba del prototipo será supervisada mediante la utilización de medidores de tensión u otro equipo adecuado.

4.22.7 *Marcado*

Toda marca del recipiente a presión se obtendrá mediante un método que no cause intensificaciones de esfuerzo locales que sean inaceptables.

4.23 Tanques independientes de tipo C

4.23.1 Base de proyecto

4.23.1.1 El proyecto de base para tanques independientes de tipo C se basa en los criterios relativos a recipientes a presión modificados de modo tal que permitan incluir la mecánica de la fractura y los criterios de propagación de fisuras. La presión mínima de proyecto definida en 4.23.1.2 tiene como finalidad garantizar que el esfuerzo dinámico es suficientemente bajo, de manera tal que un fallo inicial en la superficie no se propagará más de la mitad del espesor del recipiente durante la vida útil del tanque.

4.23.1.2 La presión de vapor de proyecto no será inferior a:

$$P_o = 0,2+AC(\rho_r)^{1.5} \text{ (MPa),}$$

donde:

$$A = A = 0,00165 \left(\frac{\sigma_m}{\Delta\sigma_A} \right)^2$$

con:

σ_m = esfuerzo de la membrana primaria de proyecto;

$\Delta\sigma_A$ = esfuerzo admisible de la membrana dinámica (amplitud doble al nivel de probabilidad $Q = 10^{-8}$) y equivalente a:

- 55 N/mm² para acero ferrítico-perlítico, martensítico y austenítico;
- 25 N/mm² para aleaciones de aluminio (5083-O);

C = la dimensión característica de un tanque que se considere como la mayor de los siguientes:

$$h, 0,75b \text{ o } 0,45l,$$

con:

h = altura del tanque (dimensión en la dirección vertical del buque) (m);

b = anchura del tanque (dimensión en la dirección transversal del buque) (m);

l = longitud del tanque (dimensión en la dirección longitudinal del buque) (m);

ρ_r = densidad relativa de la carga ($\rho_r = 1$ para el agua dulce) a la temperatura de proyecto.

Cuando la vida útil de proyecto del tanque especificada es superior a 10^8 olas incidentes, $\Delta\sigma_A$ será modificado para permitir una propagación de fisuras equivalente a la que corresponde a la vida útil de proyecto.

4.23.1.3 La Administración podrá asignar un tanque que cumpla los criterios de la presión de proyecto mínima de los tanques de tipo C como se prevé en 4.23.1.2, a una categoría de tipo A o de tipo B, en función de la configuración del tanque y la disposición de sus soportes y accesorios.

4.23.2 *Espesor del depósito*

4.23.2.1 El espesor del depósito será el siguiente:

- .1 Respecto de los recipientes a presión, el espesor calculado de acuerdo con lo establecido en 4.23.2.4 se considerará un espesor mínimo después de su conformación, sin ninguna tolerancia negativa.
- .2 Respecto de los recipientes a presión, el espesor mínimo del depósito y los cabezales, incluida la tolerancia de corrosión, después de su conformación, no será inferior a 5 mm para los aceros al carbonomanganeso y los aceros de níquel, 3 mm para los aceros austeníticos o 7 mm para las aleaciones de aluminio.
- .3 El factor de eficiencia de las juntas soldadas que se utiliza en el cálculo establecido en 4.23.2.4 será de 0,95 cuando se lleven a cabo la inspección y la prueba no destructiva mencionada en 6.5.6.5. Se podrá aumentar esta cifra hasta 1 si se tienen en cuenta otras consideraciones, tales como el material utilizado, el tipo de juntas, el procedimiento de soldadura y el tipo de carga. Para los recipientes de elaboración a presión, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá aceptar pruebas parciales no destructivas, pero no serán inferiores a las indicadas en 6.5.6.5, en función de factores tales como el material utilizado, la temperatura de proyecto, la temperatura de transición a ductilidad nula del material procesado, el tipo de junta y el proceso de soldadura, pero en este caso se adoptará un coeficiente de eficacia que no será superior a 0,85. Para los materiales especiales, se reducirán los coeficientes mencionados anteriormente, en función de las propiedades mecánicas especificadas de la junta soldada.

4.23.2.2 La presión del líquido de proyecto definida en 4.13.2 se tendrá en cuenta en los cálculos de la presión interior.

4.23.2.3 La presión exterior de proyecto P_e , utilizada para comprobar el pandeo de los recipientes a presión, no será inferior a la que resulte de:

$$P_e = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (\text{MPa}),$$

donde:

- P_1 = valor de tarado de las válvulas de alivio de vacío. Respecto de los buques que no estén equipados con este tipo de válvulas, P_1 será objeto de especial examen, pero, en general, no se considerará inferior a 0,025 MPa;
- P_2 = la presión de tarado de las válvulas aliviadoras de presión (PRV) para espacios completamente cerrados que contienen recipientes a presión o partes de éstos; en otras partes $P_2 = 0$;

- P_3 = efecto de compresión en el depósito o sobre éste debido al peso y la contracción de aislamiento térmico, el peso del depósito, incluida la tolerancia de corrosión y demás cargas de presión exterior de diversa índole a las que puede verse sometido el recipiente a presión. Aquí se incluyen, sin que esta enumeración sea exhaustiva, el peso de las bóvedas, el peso de las torres y tuberías, el efecto de producto si se encuentra parcialmente lleno, las aceleraciones y la deformación del casco. Además, se tendrán en cuenta el efecto local de la presión exterior o interior o ambas; y
- P_4 = presión exterior resultante del paso del agua por los recipientes a presión o por de parte de éstos ubicados en las cubiertas expuestas; en otras partes $P_4 = 0$.

4.23.2.4 Los escantillones basados en la presión interna se calcularán de la siguiente manera: se determinará el espesor y la forma de las partes de los recipientes a presión que contienen presión, sometidas a la presión interior, como se define en 4.13.2, incluidas las bridas. Estos cálculos se basarán, en todos los casos, en la teoría de proyecto aceptada para los recipientes a presión. Las aberturas de partes que contienen presión de los recipientes a presión se reforzarán de conformidad con las normas reconocidas.

4.23.2.5 El análisis de esfuerzos respecto de las cargas estáticas y dinámicas se realizarán de la siguiente manera:

- .1 Los escantillones de los recipientes a presión se determinarán de conformidad con lo prescrito en 4.23.2.1 a 4.23.2.4 y 4.23.3.
- .2 Se realizarán cálculos de las cargas y de los esfuerzos al nivel de los soportes y de la fijación de depósito del soporte. Se utilizarán las cargas mencionadas en 4.12 a 4.15, según corresponda. Los esfuerzos al nivel de las estructuras de soporte se ceñirán a lo establecido en una norma reconocida que sea aceptable para la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. En casos particulares, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá disponer que se realice un análisis de fatiga.
- .3 Si así lo dispone la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, se tendrán debidamente en cuenta los esfuerzos secundarios así como los esfuerzos térmicos.

4.23.3 Condición del proyecto de resistencia a la rotura

4.23.3.1 Deformación plástica

Respecto de los tanques independientes de tipo C, los esfuerzos admisibles no excederán:

$$\begin{array}{ll}
 \sigma_m & \leq f \\
 \sigma_L & \leq 1,5f \\
 \sigma_b & \leq 1,5f \\
 \sigma_L + \sigma_b & \leq 1,5f \\
 \sigma_m + \sigma_b & \leq 1,5f \\
 \sigma_m + \sigma_b + \sigma_g & \leq 3,0f \\
 \sigma_L + \sigma_b + \sigma_g & \leq 3,0f,
 \end{array}$$

donde:

σ_m = esfuerzo primario equivalente de la membrana general;
 σ_L = esfuerzo primario equivalente de la membrana local;
 σ_b = esfuerzo flector primario equivalente;
 σ_g = esfuerzo secundario equivalente; y
 f = el menor de (R_m / A) o (R_e / B) ,

siendo R_m y R_e los definidos en 4.18.1.3. Con respecto a los esfuerzos σ_m , σ_L , σ_b y σ_g , consúltese la definición de categorías de esfuerzos que figuran en 4.28.3. Los valores de A y B constarán en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel y tendrán, por lo menos, los siguientes valores mínimos:

	Aceros de níquel y aceros al carbonomanganeso	Aceros austeníticos	Aleaciones de aluminio
A	3	3,5	4
B	1,5	1,5	1,5

4.23.3.2 Los criterios de pandeo se establecerán de la siguiente manera: el espesor y la forma de los recipientes a presión sometidos a la presión exterior y otras cargas que causan esfuerzos de compresión se basarán en cálculos que utilicen la teoría de pandeo aceptada para los recipientes a presión y tendrán debidamente en cuenta la diferencia en la tensión de pandeo teórico y real como resultado de la desalineación del borde de las planchas, ovalidad y desviación de la forma circular en un verdadero arco especificado o longitud de la cuerda.

4.23.4 *Condición de proyecto de fatiga*

Respecto de los grandes tanques independientes del tipo C, cuando la carga a presión atmosférica sea inferior a -55 °C, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá disponer que se realice una verificación adicional para comprobar su conformidad con lo prescrito en 4.23.1.1 en relación con el esfuerzo estático y dinámico.

4.23.5 *Condición de proyecto en caso de accidentes*

4.23.5.1 Los tanques y las estructuras de soporte del tanque se proyectarán para resistir a las cargas accidentales y a las condiciones de proyecto especificadas en 4.3.4.3 y 4.15, según sea aplicable.

4.23.5.2 Cuando se vea sometido a las cargas accidentales especificadas en 4,15, el esfuerzo cumplirá los criterios de aceptación especificados en 4.23.3.1, modificados según sea necesario, teniendo en cuenta la baja probabilidad de que se registren dichas cargas accidentales.

4.23.6 *Prueba*

4.23.6.1 Cada recipiente a presión será sometido a una prueba hidrostática a una presión medida en la parte superior de los tanques, que no será inferior a 1,5 P_o . En ningún caso durante la prueba de presión el esfuerzo de la membrana primaria calculado en cualquier punto será superior al 90 % del límite de elasticidad del material. A fin de garantizar que se cumpla esta condición cuando los cálculos indiquen que este límite será superior a 0,75 veces el límite de elasticidad, la prueba con prototipos se controlará mediante el uso de medidores de presión u otro equipo adecuado para recipientes a presión distintos de los recipientes a presión simples, cilíndricos y esféricos.

4.23.6.2 La temperatura del agua utilizada para realizar la prueba será de al menos 30 °C por encima de la temperatura de transición a ductilidad nula del material procesado.

4.23.6.3 La presión se mantendrá durante 2 h por 25 mm de espesor, pero en ningún caso menos de 2 h.

4.23.6.4 Cuando sea necesario para los recipientes a presión de la carga, se podrá realizar una prueba hidroneumática en las condiciones prescritas en 4.23.6.1 a 4.23.6.3.

4.23.6.5 Podrá prestarse atención especial a las pruebas de tanques en las que se utilicen mayores esfuerzos admisibles, según la temperatura de servicio. Sin embargo, deberán cumplirse cabalmente las prescripciones previstas en 4.23.6.1.

4.23.6.6 Después de su terminación y montaje, cada recipiente a presión y sus accesorios correspondientes se someterán a una prueba de estanquidad adecuada, la cual podrá llevarse a cabo conjuntamente con la prueba de presión a la que se hace referencia en 4.23.6.1.

4.23.6.7 Las pruebas neumáticas de los recipientes a presión distintos de los tanques de carga sólo se examinarán caso por caso. Sólo se permitirá realizar tales pruebas para los recipientes que han sido proyectados o que se apoyan de manera tal que no es posible llenarlos de agua en forma segura, o para aquellos recipientes que no pueden secarse y deben utilizarse para un servicio en el que no pueden tolerarse los rastros del medio de prueba.

4.23.7 *Marcado*

La marca prescrita del recipiente a presión se realizará mediante un método que no cause intensificaciones de esfuerzo locales que sean inaceptables.

4.24 Tanques de membrana

4.24.1 *Base de proyecto*

4.24.1.1 La base de proyecto para los sistemas de contención de membrana consiste en compensar la dilatación o contracción térmicas y de otra índole sin que ello entrañe riesgos indebidos de perder la estanquidad de la membrana.

4.24.1.2 Se utilizará un enfoque sistemático, basado en el análisis y la prueba, para demostrar que el sistema cumplirá la función que se le había asignado, teniendo en cuenta los hechos que se produzcan durante el servicio, tal como se especifica en 4.24.2.1.

4.24.1.3 Si la temperatura de la carga a presión atmosférica es inferior a -10 °C, se proveerá una barrera secundaria total de conformidad con lo dispuesto en 4.5. La barrera secundaria se proyectará según lo prescrito en 4.6.

4.24.1.4 La presión de vapor de proyecto P_o , generalmente, no será superior a 0,025 MPa. Si los escantillones del casco se aumentan en consecuencia, y se examina, en su caso, la resistencia del aislamiento térmico de apoyo, entonces P_o podrá aumentarse hasta que alcance un valor superior, aunque se mantendrá por debajo de 0,07 MPa.

4.24.1.5 En la definición de tanques de membrana no se excluyen proyectos en cuyo marco se utilizan membranas no metálicas o en los que las membranas están incluidas o incorporadas al aislamiento térmico.

4.24.1.6 El espesor de las membranas no excederá generalmente de 10 mm.

4.24.1.7 La circulación de gas inerte a través del espacio de aislamiento primario y del espacio de aislamiento secundario, de conformidad con lo prescrito en 9.2.1, bastará para proveer medios eficaces de detección de gas.

4.24.2 *Elementos que han de considerarse en el proyecto*

4.24.2.1 Se evaluarán posibles incidentes que podrían conllevar la pérdida de estanquidad a fluidos durante la vida útil de las membranas. Se incluyen aquí, sin que esta enumeración sea exhaustiva:

- .1 Hechos relacionados con el proyecto de resistencia a la rotura:
 - .1 fallo relacionado con la tracción de la membrana;
 - .2 fallo general de compresión del aislamiento térmico;
 - .3 envejecimiento térmico;
 - .4 pérdida de un amarre entre el aislamiento térmico y la estructura del casco;
 - .5 pérdida de un amarre de las membranas al sistema de aislamiento térmico;
 - .6 integridad estructural de las estructuras interiores y sus estructuras de apoyo; y
 - .7 avería de la estructura de apoyo en el casco.
- .2 Hechos relacionados con el proyecto de fatiga:
 - .1 fatiga de las membranas, incluidas las juntas y amarres a la estructura del casco;
 - .2 fisuración por fatiga del aislamiento térmico;
 - .3 fatiga de las estructuras internas y de sus estructuras de apoyo; y
 - .4 fisuración por fatiga del casco interno que permita el ingreso de agua de lastre.
- .3 Hechos relacionados con el proyecto de los accidentes:
 - .1 avería mecánica accidental (como, por ejemplo, la caída de objetos dentro del tanque que está en servicio);
 - .2 presurización excesiva accidental del aislamiento térmico;
 - .3 vacío accidental en el tanque; y
 - .4 ingreso de agua a través de la estructura interna del casco.

Los proyectos en cuyo marco un sólo hecho interno podría ocasionar el fallo simultáneo o en cascada de ambas membranas son inaceptables.

4.24.2.2 Las propiedades físicas necesarias (de índole mecánica, térmica, química, etc.) de los materiales utilizados en la construcción del sistema de contención de la carga se establecerán durante la elaboración del proyecto de conformidad con lo establecido en 4.24.1.2.

4.24.3 *Cargas y combinaciones de cargas*

Se prestará especial atención a la posible pérdida de integridad del tanque, ya sea como consecuencia de una sobrepresión en el espacio interbarreras, un posible vacío en el tanque de carga, los efectos del chapoteo, los efectos de la vibración del casco o de la combinación de estas circunstancias.

4.24.4 *Análisis estructurales*

4.24.4.1 Se realizarán análisis o pruebas estructurales a fin de determinar la resistencia a la rotura, así como evaluaciones de la fatiga de la contención de la carga y de las correspondientes estructuras, como, por ejemplo, las estructuras definidas en 4.9. Mediante el análisis estructural se proporcionará la información necesaria para evaluar cada modo de fallo que se haya calificado como de extrema gravedad para el sistema de contención de la carga.

4.24.4.2 Cuando se realicen análisis estructurales del casco se tendrá en cuenta la presión interior, tal como se indica en 4.13.2. Por otra parte, se prestará especial atención a las deformaciones del casco y su compatibilidad con la membrana y el aislamiento térmico correspondiente.

4.24.4.3 Los análisis mencionados en 4.24.4.1 y 4.24.4.2 se basarán en los movimientos, aceleraciones y respuesta específicos de los buques y de los sistemas de contención de la carga.

4.24.5 *Condición del proyecto de resistencia a la rotura*

4.24.5.1 La resistencia estructural de todos los componentes, subsistemas o montajes esenciales se establecerá, de conformidad con lo establecido en 4.24.1.2, respecto de las condiciones durante el servicio.

4.24.5.2 La elección de los criterios de aceptación de resistencia relativos a los modos de fallo del sistema de contención de la carga, sus amarres a la estructura del casco y a las estructuras internas del tanque reflejarán las consecuencias relacionadas con el modo de fallo objeto de examen.

4.24.5.3 Los escantillones del casco interior cumplirán las prescripciones establecidas para los tanques profundos, y se tendrá en cuenta la presión interna, tal como se indica en 4.13.2, así como las prescripciones adecuadas especificadas para las cargas debidas al chapoteo de líquidos, definidas en 4.14.3.

4.24.6 *Condición de proyecto de fatiga*

4.24.6.1 Se realizará un análisis de fatiga respecto de las estructuras internas del tanque, como, por ejemplo, las torres de bombeo, así como de algunas partes de las membranas y los amarres de las torres de bombeo, si la propagación del fallo no puede detectarse de forma fiable por medio de un sistema de vigilancia continua.

4.24.6.2 Los cálculos de fatiga se realizarán de conformidad con lo dispuesto en 4.18.2, teniendo en cuenta las prescripciones correspondientes sobre:

- .1 la importancia de los componentes estructurales respecto de la integridad estructural; y
- .2 la disponibilidad para su inspección.

4.24.6.3 Respecto de los elementos estructurales con relación a los cuales se puede demostrar por medio de pruebas o análisis que una fisura no se agravará para así originar un fallo simultáneo o en cascada de ambas membranas, C_w será inferior o igual a 0,5.

4.24.6.4 Los elementos estructurales sometidos a inspecciones periódicas, y cuando una fisuración por fatiga desatendida puede agravarse para así ocasionar un fallo simultáneo o en cascada de ambas membranas, cumplirán las prescripciones sobre la fatiga y sobre la mecánica de las fracturas indicadas en 4.18.2.8.

4.24.6.5 Los elementos estructurales que no sean accesibles para su inspección durante el servicio, y cuando una fisuración por fatiga puede agravarse sin aviso para así ocasionar un fallo simultáneo o en cascada de ambas membranas, cumplirán las prescripciones sobre la fatiga y la mecánica de las fracturas establecidas en 4.18.2.9.

4.24.7 *Condición de proyecto en caso de accidentes*

4.24.7.1 El sistema de contención y la estructura de apoyo en el casco se proyectarán para contener las cargas accidentales especificadas en 4.15. Estas cargas no deberán combinarse entre sí ni con las cargas ambientales.

4.24.7.2 Se establecerán supuestos adicionales de accidentes pertinentes sobre la base de un análisis de riesgos. Asimismo, se prestará particular atención a los dispositivos de sujeción en el interior de los tanques.

4.24.8 *Pruebas relativas a la fase de elaboración del proyecto*

4.24.8.1 Las pruebas relativas a la fase de elaboración del proyecto establecidas en 4.24.1.2 comprenderán un conjunto de modelos analíticos y físicos de tanto las barreras primarias como las secundarias, incluidas las esquinas y juntas, que hayan sido sometidas a prueba para comprobar que resistirán las tensiones combinadas previstas, como consecuencia de las cargas estáticas, dinámicas y térmicas. Ello concluirá con la construcción de un modelo prototipo a escala del sistema completo de contención de la carga. Las condiciones de prueba que se examinarán en el marco de los modelos analíticos y físicos serán representativas de las condiciones más extremas que se registrarán durante el servicio y a las que probablemente el sistema de contención de la carga deberá hacer frente durante su vida útil. Los criterios de aceptación propuestos respecto de las pruebas periódicas a las que se verán sometidas las barreras secundarias, según lo prescrito en 4.6.2, podrán basarse en los resultados de las pruebas que se realicen con el modelo de prototipo a escala.

4.24.8.2 El rendimiento desde el punto de vista de la fatiga de los materiales de membrana y de las juntas soldadas o adheridas a las membranas se establecerá mediante la realización de pruebas. La resistencia a la rotura y el rendimiento desde el punto de vista de la fatiga de dispositivos que permiten fijar el sistema de aislamiento térmico a la estructura del casco se determinará mediante análisis o pruebas.

4.24.9 *Pruebas*

4.24.9.1 Los buques equipados con sistemas de contención de la carga de membrana, todos los tanques y demás espacios que normalmente pueden contener líquidos y son adyacentes a la estructura del casco que da soporte a la membrana se someterán a pruebas hidrostáticas.

4.24.9.2 Todas las estructuras de las bodegas que sirven de soporte de la membrana se someterán a pruebas para comprobar su estanquidad antes de instalar el sistema de contención de la carga.

4.24.9.3 No es necesario que los túneles de tuberías y demás compartimientos que generalmente no contienen líquidos se sometan a pruebas hidrostáticas.

4.25 Tanques integrales

4.25.1 Base de proyecto

Los tanques integrales que forman una parte estructural del casco y que se ven afectados por las cargas que imponen esfuerzos en la estructura del casco adyacente cumplirán con las siguientes prescripciones:

- .1 la presión de vapor de proyecto P_o , definida en 4.1.2, generalmente no será superior a 0,025 MPa. Si los escantillones del casco se incrementan en consecuencia, se podrá aumentar P_o hasta alcanzar un valor superior, pero que será inferior a 0,07 MPa;
- .2 se podrán utilizar tanques integrales para productos, siempre que el punto de ebullición de la carga no sea inferior a -10 °C. La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá aceptar una temperatura más baja, tras un examen especial, pero en tales casos se proveerá una barrera secundaria completa; y
- .3 los productos que, de conformidad con lo prescrito en el capítulo 19, deben transportarse en buques de tipo 1G no se transportarán en tanques integrales.

4.25.2 Análisis estructural

El análisis estructural de los tanques integrales se realizará de conformidad con las normas reconocidas.

4.25.3 Condiciones del proyecto de resistencia a la rotura

4.25.3.1 Los escantillones del contorno del tanque cumplirán las prescripciones para los tanques profundos, teniendo en cuenta la presión interior, como se indica en 4.13.2.

4.25.3.2 Respecto de los tanques integrales, los esfuerzos admisibles generalmente serán los correspondientes a la estructura del casco, establecidos en las prescripciones de la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.

4.25.4 Condición de proyecto en caso de accidentes

4.25.4.1 Los tanques y los soportes del tanque se proyectarán para resistir las cargas accidentales especificadas en 4.3.4.3 y 4.15, según corresponda.

4.25.4.2 Cuando se someta a las cargas accidentales especificadas en 4.15, el esfuerzo cumplirá los criterios de aceptación especificados en 4.25.3, modificados según corresponda, teniendo en cuenta la baja probabilidad de que se registren tales cargas.

4.25.5 Pruebas

Todos los tanques integrales se someterán a pruebas hidrostáticas o hidroneumáticas. La prueba se realizará de modo que los esfuerzos se aproximen, en la medida de lo posible, a los esfuerzos de proyecto y que la presión en la parte superior del tanque corresponda, al menos, al MARVS.

4.26 Tanques de semimembrana

4.26.1 Base de proyecto

4.26.1.1 Los tanques de semimembrana no son autoportantes en condición de carga y constan de una capa, algunas de cuyas partes se sustentan a través del aislamiento térmico por la estructura del casco adyacente, mientras que las partes redondeadas de esta capa que conecta las partes mencionadas anteriormente se proyectaron para ser compatibles con la dilatación y la contracción térmicas y de otra índole.

4.26.1.2 La presión de vapor de proyecto P_o generalmente no será superior a 0,025 MPa. Si los escantillones del casco se aumentan en consecuencia, y se tiene en cuenta, en su caso, el esfuerzo del aislamiento térmico de soporte, P_o podrá aumentarse hasta alcanzar un valor superior, pero que no será inferior a 0,07 MPa.

4.26.1.3 Respecto de los tanques de semimembrana se aplicarán, según corresponda, las prescripciones pertinentes, que figuran en esta sección, relativas a los tanques independientes o a los tanques de membrana.

4.26.1.4 En el caso de los tanques de semimembrana que cumplen en todos los aspectos con las prescripciones aplicables a los tanques independientes de tipo B, salvo por lo que respecta a la modalidad de sujeción, la Administración podrá, tras realizar un examen especial, aceptar una barrera secundaria parcial.

Parte F Sistemas de contención de la carga de configuración nueva

4.27 Proyecto del estado límite para conceptos nuevos

4.27.1 Los sistemas de contención de la carga de configuración nueva que no puedan proyectarse aplicando las disposiciones de las secciones 4.21 a 4.26 se proyectarán basándose en esta sección y en las partes A y B de este capítulo, así como en las partes C y D, según corresponda. Los proyectos de los sistemas de contención de la carga realizados con arreglo a lo dispuesto en esta sección se basarán en los principios del proyecto del estado límite, que constituye un método de proyecto estructural que puede aplicarse a soluciones de proyecto establecidas así como a proyectos innovadores. Este método más genérico permite mantener un nivel de seguridad semejante al logrado para los sistemas de contención conocidos que han sido proyectados con arreglo a lo dispuesto en 4.21 a 4.26.

4.27.2.1 El proyecto del estado límite es un método sistemático según el cual cada elemento estructural se evalúa con respecto a posibles modalidades de fallo en las condiciones de proyecto señaladas en 4.3.4. El estado límite puede definirse como un estado más allá del cual la estructura, o parte de una estructura, deja de cumplir las prescripciones.

4.27.2.2 Es posible que para cada modalidad de fallo se apliquen uno o varios estados límite. Al considerar todos los estados límite pertinentes, la carga límite del elemento estructural equivale a la carga límite mínima resultante de todos los estados límite pertinentes. Los estados límite se dividen en las tres categorías siguientes:

- .1 Estados límite de rotura, que corresponden a la capacidad máxima de transporte de carga o, en algunos casos, a la deformación máxima aplicable en condición sin avería (sin daños).
- .2 Estados límite de fatiga, que corresponden a la degradación debida al efecto de la carga que varía con el tiempo (cíclica).
- .3 Estados límite accidentales, que guardan relación con la capacidad de resistencia de la estructura en caso de accidentes.

4.27.3 El procedimiento y los parámetros de proyecto pertinentes del proyecto del estado límite cumplirán lo establecido en la "Norma para la utilización de las metodologías del estado límite en el proyecto de los sistemas de contención de la carga de configuración nueva" (Norma LSD), la cual figura en el apéndice 5.

Parte G Orientaciones

4.28 Notas de orientación para el capítulo 4

4.28.1 *Orientaciones para el cálculo detallado de la presión interior a los efectos de proyectos estáticos*

4.28.1.1 En esta sección se proporcionan orientaciones para el cálculo de la presión dinámica en los líquidos a los efectos de realizar cálculos de proyectos estáticos. Esta presión podrá utilizarse para determinar la presión interior mencionada en 4.13.2.4, donde:

- .1 $(P_{gd})_{max}$ es la presión en los líquidos que se determina utilizando las aceleraciones máximas de proyecto.
- .2 $(P_{gd} \text{ site})_{max}$ es la presión en los líquidos que se determina mediante la utilización de las aceleraciones específicas del emplazamiento.
- .3 P_{eq} debería ser superior a P_{eq1} y P_{eq2} calculadas de la siguiente manera:

$$P_{eq1} = P_o + (P_{gd})_{max} \quad (\text{MPa}),$$

$$P_{eq2} = P_h + (P_{gd} \text{ site})_{max} \quad (\text{MPa}).$$

4.28.1.2 Las presiones del líquido internas son las presiones originadas por la aceleración resultante del centro de gravedad de la carga como consecuencia de los movimientos del buque mencionados en 4.14.1. El valor de la presión del líquido interna P_{gd} resultante de los efectos combinados de la gravedad y las aceleraciones dinámicas se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P_{gd} = \alpha_{\beta} Z_{\beta} \frac{\rho}{1,02 \times 10^5} \quad (\text{MPa}),$$

en la cual:

α_{β} = aceleración adimensional (es decir, relativa a la aceleración de la gravedad) resultante de las cargas dinámicas y gravitatorias, en una dirección arbitraria β (véase la figura 4.1).

Para los tanques de grandes dimensiones se deberá utilizar una elipsoide de aceleración, teniendo en cuenta las aceleraciones verticales y longitudinales transversales.

Z_β = la mayor altura del líquido (m) por encima del punto en el que se ha de determinar la presión, medida desde la pared del tanque en la dirección β (véase la figura 4.2).

Las bóvedas de los tanques que se consideran parte del volumen total aceptado del tanque se tendrán en cuenta a la hora de determinar Z_β , a menos que el volumen total de las bóvedas de los tanques V_d no supere el valor siguiente:

$$V_d = V_t \left(\frac{100 - FL}{FL} \right)$$

donde:

V_t = volumen del tanque sin contar las bóvedas; y

FL = límite de llenado de conformidad con el capítulo 15.

ρ = densidad máxima de la carga (kg/m³) a la temperatura de proyecto.

Se debería examinar la dirección que le da el valor máximo $(P_{gd})_{max}$ o $(P_{gd\text{site}})_{max}$. La fórmula precedente se aplica sólo a los tanques llenos.

4.28.1.3 Se podrán utilizar procedimientos de cálculo equivalentes.

4.28.2 Fórmulas orientativas relativas a los componentes de la aceleración

4.28.2.1 Las siguientes fórmulas se ofrecen como una orientación para las componentes de la aceleración debida a los movimientos del buque correspondientes a un nivel de probabilidad de 10^{-8} en el Atlántico Norte y se aplican a los buques con una eslora superior a 50 m y que navegan a la velocidad de servicio o próxima a ésta:

– aceleración vertical, definida en 4.14.1:

$$a_z = \pm a_0 \sqrt{1 + \left(5,3 - \frac{45}{L_0}\right)^2 \left(\frac{x}{L_0} + 0,05\right)^2 \left(\frac{0,6}{C_B}\right)^{1,5} + \left(\frac{0,6yK^{1,5}}{B}\right)^2}$$

– aceleración transversal, definida en 4.14.1:

$$a_y = \pm a_0 \sqrt{0,6 + 2,5 \left(\frac{x}{L_0} + 0,05\right)^2 + K \left(1 + 0,6K \frac{z}{B}\right)^2}$$

- aceleración longitudinal, definida en 4.14.1:

$$a_x = \pm a_0 \sqrt{0,06 + A^2 - 0,25A}$$

donde:

$$a_0 = 0,2 \frac{V}{\sqrt{L_0}} + \frac{34 - \left(\frac{600}{L_0}\right)}{L_0}$$

L_0 = eslora del buque, para la determinación de los escantillones definidos en normas reconocidas (m);

C_B = coeficiente de bloque;

B = manga máxima de trazado del buque (m);

x = distancia longitudinal (m) desde el centro del buque al centro de gravedad del tanque con contenido; x es positivo a proa del centro del buque, y negativo a popa del centro del buque;

y = distancia transversal (m) de la línea central al centro de gravedad del tanque con el contenido;

z = distancia vertical (m) de la línea de flotación real del buque hacia el centro de gravedad del tanque con contenido; z es positivo por encima de la línea de flotación y negativo por debajo de ésta;

K = 1 en general. Para las condiciones de carga particulares y las formas del casco podría ser necesario determinar K según la fórmula siguiente:

$$K = 13GM/B, \text{ donde } K \geq 1 \text{ y } GM = \text{altura metacéntrica (m);}$$

$$A = \left(0,7 - \frac{L_0}{1200} + 5 \frac{z}{L_0} \right) \left(\frac{0,6}{C_B} \right) ; y$$

V = velocidad de servicio (nudos);

a_x, a_y, a_z = aceleraciones máximas adimensionales (es decir, con respecto a la aceleración de la gravedad) en las direcciones respectivas. Se considera que actúan de forma separada a efectos del cálculo, y a_z no incluye el componente debido al peso estático, a_y comprende el componente debido al peso estático en la dirección transversal por el balance y a_x incluye el componente debido al peso estático en la dirección longitudinal como consecuencia del cabeceo. Las aceleraciones derivadas de las fórmulas indicadas anteriormente sólo son aplicables a los buques cuando navegan a su velocidad de servicio o a velocidades aproximadas, pero no así cuando estén fondeados ni cuando se encuentren de otro modo en condiciones casi estacionarias en lugares expuestos.

4.28.3 Categorías de esfuerzos

4.28.3.1 A los efectos de la evaluación del esfuerzo, en la presente sección se definen las categorías de esfuerzo, según se indica a continuación.

4.28.3.2 El *esfuerzo normal* es el componente del esfuerzo normal con respecto al plano de referencia.

4.28.3.3 El *esfuerzo de la membrana* es el componente del esfuerzo normal que se distribuye de forma uniforme y equivale al valor medio del esfuerzo en la sección transversal del grosor de la sección que se está examinando.

4.28.3.4 El *esfuerzo flector* es el esfuerzo variable en el espesor de la sección objeto de examen, tras la eliminación del esfuerzo de la membrana.

4.28.3.5 El *esfuerzo cortante* es el componente del esfuerzo que actúa en el plano de referencia.

4.28.3.6 El *esfuerzo primario* es un esfuerzo producido por la carga aplicada, que es necesario para equilibrar las fuerzas y momentos externos. La característica básica de un esfuerzo primario es que no es autolimitante. Los esfuerzos primarios que exceden considerablemente de la resistencia a la elasticidad traerán aparejados un fallo o al menos deformaciones importantes.

4.28.3.7 El *esfuerzo primario de la membrana general* es un esfuerzo de la membrana general que se distribuye de forma tal en la estructura que no conlleva la redistribución de las cargas como consecuencia de la deformación permanente.

4.28.3.8 El *esfuerzo primario de la membrana local* surge cuando un esfuerzo de la membrana producido por la carga debida a la presión o a otra carga mecánica y que se relaciona con un efecto principal o de discontinuidad produce una distorsión excesiva en el trasvase de las cargas respecto de otras partes de la estructura. Un esfuerzo de ese tipo se clasifica como un esfuerzo primario de membrana local, si bien tiene algunas características propias de un esfuerzo secundario. Una región de esfuerzo podrá considerarse local si:

$$S_1 \leq 0,5\sqrt{Rt} \text{ y}$$
$$S_2 \geq 2,5\sqrt{Rt} \text{ ,}$$

donde:

S_1 = distancia en la dirección meridional sobre la cual el esfuerzo equivalente excede de $1,1f$;

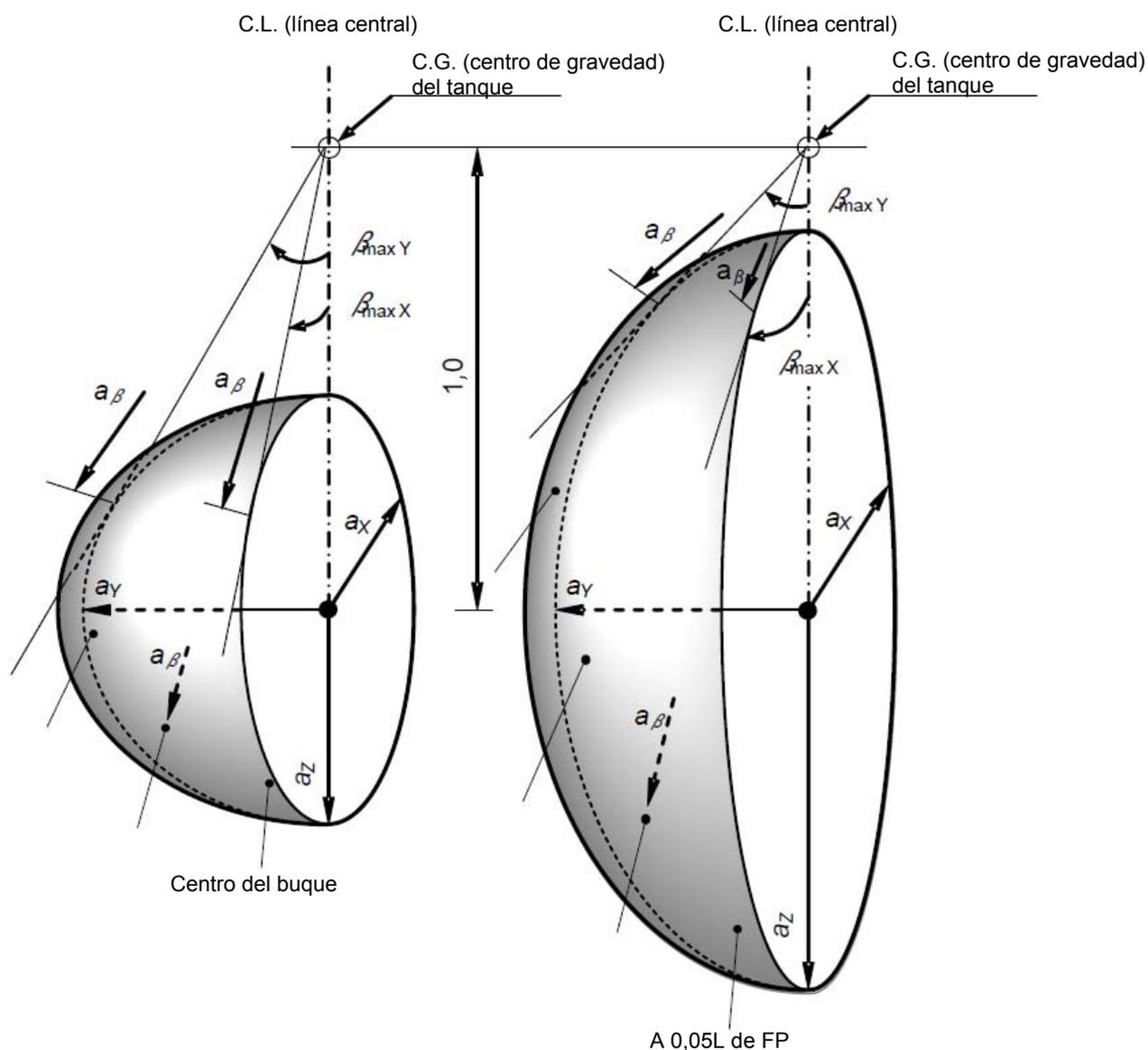
S_2 = distancia en la dirección meridional hacia otra región en la que se superan los límites del esfuerzo primario de la membrana general;

R = radio medio del buque;

t = espesor de la pared del recipiente en el lugar en que se supera el límite del esfuerzo primario de la membrana general; y

f = esfuerzo primario de la membrana general admisible.

4.28.3.9 El *esfuerzo secundario* es un esfuerzo normal o esfuerzo cortante desarrollado por las limitaciones de las partes adyacentes o por la autorestricción de una estructura. La característica básica de un esfuerzo secundario es que es autolimitante. Tanto las deformaciones permanentes locales como las pequeñas distorsiones pueden cumplir las condiciones que originan el esfuerzo.



- a_β = aceleración (estática y dinámica) derivada en dirección arbitraria β
- a_x = componente longitudinal de la aceleración
- a_y = componente transversal de la aceleración
- a_z = componente vertical de la aceleración

Figura 4.1: Elipsoide de la aceleración

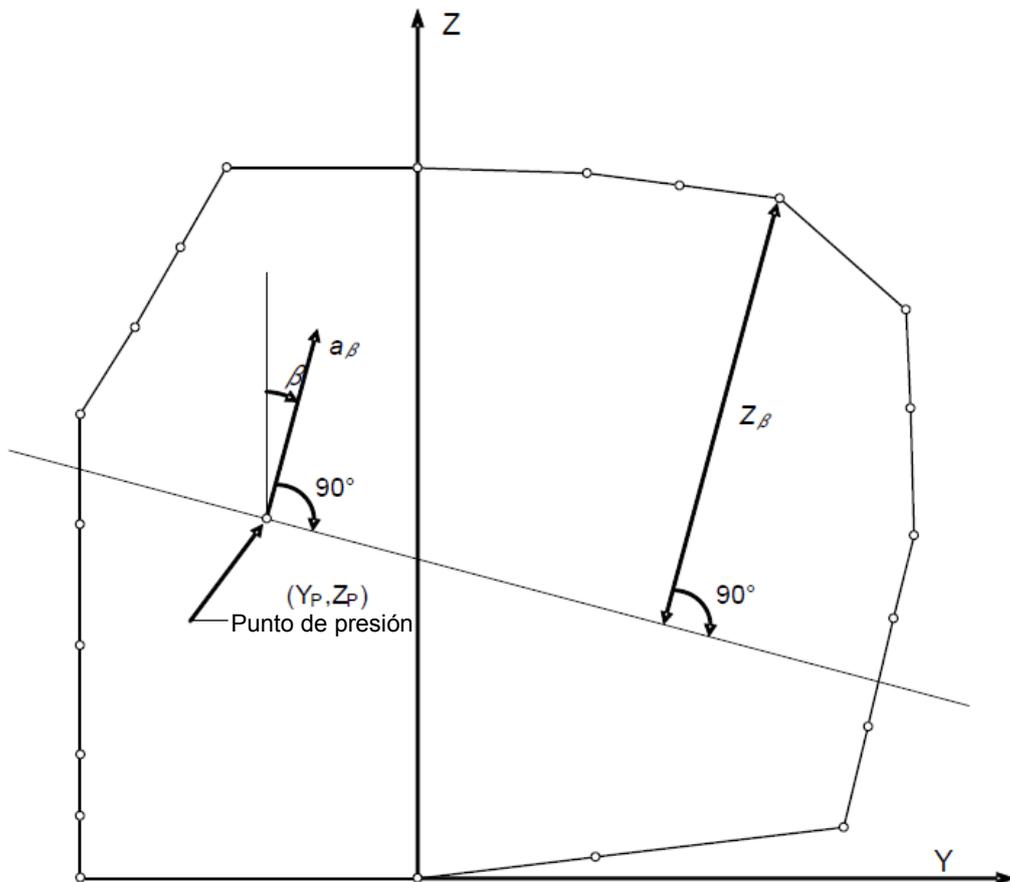


Figura 4.2: Determinación de la presión hidroestática interna

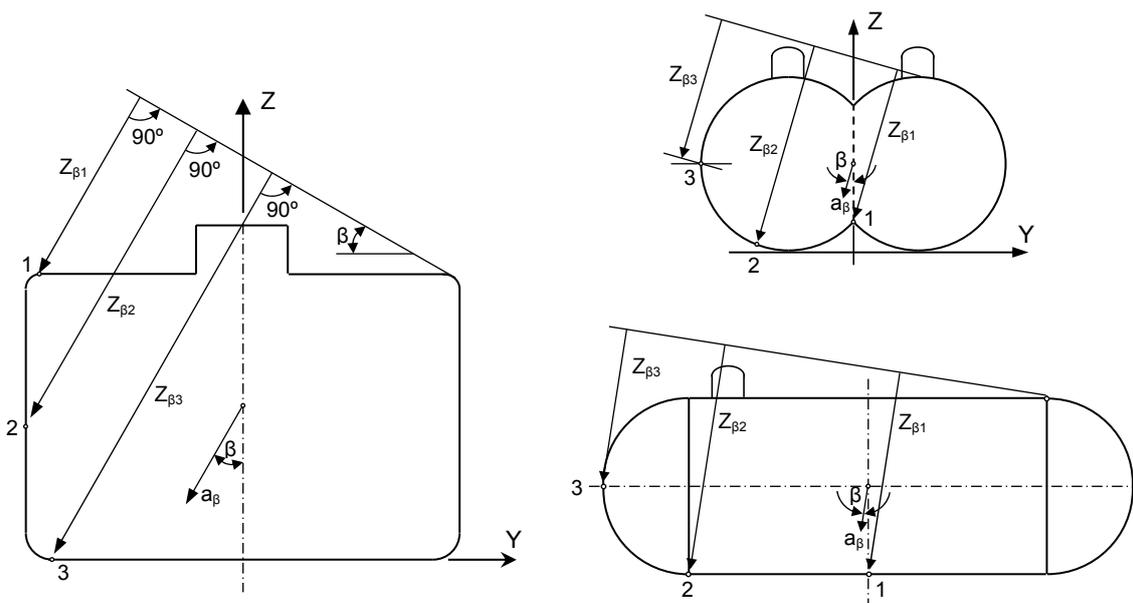
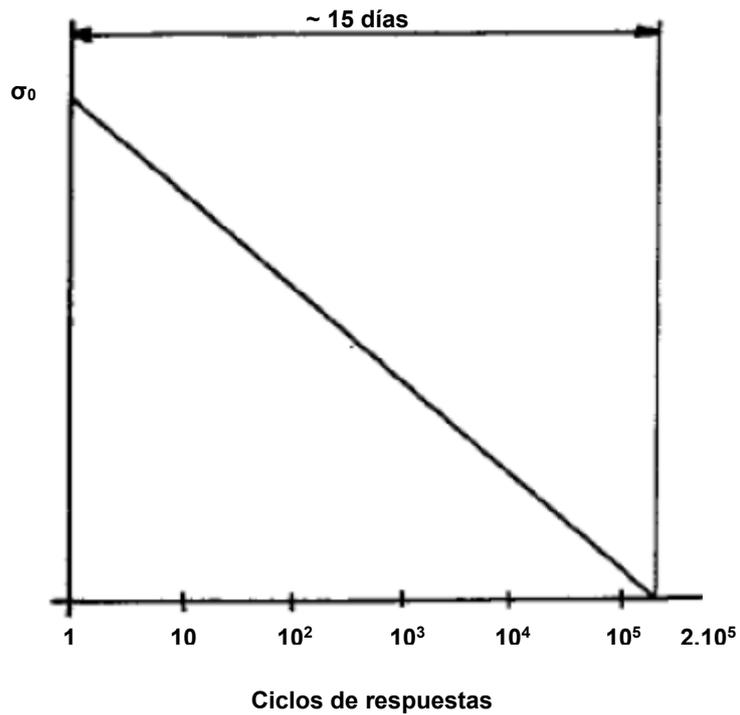


Figura 4.3: Determinación de la altura del líquido Z_β respecto de los puntos 1, 2 y 3



σ_0 = esfuerzo máximo que muy probablemente se registre durante la vida útil del buque

La amplitud del ciclo de respuestas es logarítmico; el valor de 2,10⁵ se presenta como ejemplo de una estimación.

Figure 4.4: Distribución de la carga simplificada

CAPÍTULO 5

RECIPIENTES DE ELABORACIÓN A PRESIÓN Y SISTEMAS DE TUBERÍAS PARA LÍQUIDOS Y VAPOR, Y DE PRESIÓN

Objetivo

Garantizar la seguridad de la manipulación de todos los líquidos y gases de carga y de elaboración, en todas las condiciones de funcionamiento, a fin de reducir al mínimo los riesgos que entrañan para el buque, la tripulación y el medio ambiente, teniendo en cuenta la naturaleza de los productos transportados. Con ello se conseguirá:

- .1 garantizar la integridad de los recipientes de elaboración a presión, los sistemas de tuberías y los conductos flexibles para la carga;*
- .2 evitar el trasvase incontrolado de la carga;*
- .3 garantizar medios fiables para el llenado y vaciado de los sistemas de contención, y*
- .4 evitar los desplazamientos de presión o de vacío de los sistemas de contención de la carga, más allá de los parámetros de proyecto, durante las operaciones de trasvase de la carga.*

5.1 Generalidades

5.1.1 Las prescripciones del presente capítulo se aplicarán a las tuberías de productos y a las tuberías para procesos de elaboración, incluidas las tuberías de vapor, tuberías de combustible gaseo y conductos de ventilación de las válvulas de seguridad o tuberías similares. Los sistemas de tuberías auxiliares que no contengan carga quedan exentos de la observancia de las prescripciones generales del presente capítulo.

5.1.2 Las prescripciones para los tanques independientes de tipo C previstas en el capítulo 4 también podrán aplicarse a los recipientes de elaboración a presión. Si fuera necesario, el término "recipientes a presión", que se utiliza en el capítulo 4, comprende tanto los tanques independientes de tipo C como los recipientes de elaboración a presión.

5.1.3 Los recipientes de elaboración a presión abarcan los tanques de equilibrio, los intercambiadores y acumuladores de calor que almacenan o tratan las cargas que contienen líquidos o vapores.

5.2 Prescripciones del sistema

5.2.1 Los sistemas de manipulación y de control de la carga se proyectarán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- .1 prevención del surgimiento de condiciones anormales que se agraven hasta ocasionar una liberación de la carga que contenga líquidos o vapores;
- .2 recogida y eliminación seguras de los fluidos de la carga liberados;
- .3 prevención de formación de mezclas inflamables;
- .4 prevención de la ignición de líquidos o gases y vapores inflamables que hayan sido liberados; y
- .5 medidas tendientes a reducir la exposición del personal a incendios y otros peligros.

5.2.2 Disposiciones: generalidades

5.2.2.1 Todo sistema de tuberías que contenga líquidos o vapores derivados de las cargas:

- .1 estará separado de los otros sistemas de tuberías, salvo cuando se necesiten interconexiones para operaciones relacionadas con la carga transportada, tales como las de purga, desgasificación o inertización. Las prescripciones establecidas en 9.4.4 se tendrán en cuenta en lo referido a la prevención del reflujo de la carga. En tales casos, se adoptará medidas de precaución para garantizar que la carga o el vapor de la carga no pueda penetrar en otros sistemas de tubería a través de las interconexiones;
- .2 salvo lo dispuesto en el capítulo 16, no atravesará ningún espacio de alojamiento, espacio de servicio o estación de control ni ningún espacio de máquinas distinto de un espacio de máquinas de carga;
- .3 estará conectado al sistema de contención de la carga directamente desde las cubiertas de intemperie, salvo cuando las tuberías instaladas en el paso de un tronco de acceso vertical o equivalente se utilicen para atravesar espacios vacíos por encima de un sistema de contención de la carga, y excepto donde se sitúan tuberías de drenaje, ventilación o coferdanes transversales de purga;
- .4 estará emplazado en la zona de la carga por encima de la cubierta de intemperie, salvo los dispositivos de carga y descarga por la proa o por la popa de conformidad con lo prescrito en 3.8, los sistemas de tuberías de echazón al mar de la carga en caso de emergencia con arreglo a lo dispuesto en 5.3.1, los sistemas de compartimientos de torreta de acuerdo con lo dispuesto en 5.3.3, y salvo si se ajusta a lo dispuesto en el capítulo 16; y
- .5 estará emplazado con arreglo a las prescripciones relativas a la ubicación de los tanques transversales establecidas en 2.4.1, salvo las tuberías de conexión a tierra de los medios de carga colocadas de babor a estribor que no estén sometidas a la presión interna en el mar o los sistemas de tuberías de echazón al mar de la carga en caso de emergencia.

5.2.2.2 Se proporcionarán los medios adecuados para aliviar la presión y eliminar las cargas líquidas de los colectores de cruce de carga y descarga; lo mismo ocurrirá respecto de toda tubería entre las válvulas colectoras ultraperiféricas y los brazos de carga o los conductos para la carga de los tanques de carga, u otro lugar adecuado, antes de la desconexión.

5.2.2.3 Los sistemas de tuberías que transporten fluidos para el calentamiento o enfriamiento directos de la carga no saldrán de la zona de la carga a menos que se proporcione un medio adecuado para prevenir o detectar la migración del vapor de la carga fuera de la zona de la carga (véase 13.6.2.6).

5.2.2.4 Las válvulas de alivio que permiten la descarga de la carga de líquidos desde el sistema de tuberías deberán verter su contenido en los tanques de carga. En su defecto, podrán descargar su contenido al mástil de ventilación de la carga, si disponen de medios para detectar y eliminar toda carga líquida que pudiera ingresar en el sistema de ventilación. Cuando sea necesario para evitar la sobrepresión en la corriente de la tubería, las válvulas de alivio situadas en las bombas de carga se descargarán en la succión de la bomba.

5.3 Disposiciones relativas a las tuberías de la carga que salgan de la zona de la carga

5.3.1 Echazón al mar de la carga en caso de emergencia

Cuando esté instalado, todo sistema de tuberías de echazón al mar de la carga en caso de emergencia cumplirá lo dispuesto en 5.2.2, según corresponda, y podrá ser emplazado a popa, por fuera de los espacios de alojamiento, espacios de servicio y puestos de control o espacios de máquinas, pero no pasará a través de ellos. En caso de que se instale un sistema de tuberías de echazón al mar de la carga en caso de emergencia, se proveerá un medio adecuado para aislar el sistema de tuberías de las tuberías de la carga dentro de la zona de la carga.

5.3.2 Disposiciones relativas a la carga por la proa y por la popa

5.3.2.1 A reserva de las prescripciones establecidas en 3.8, en esta sección y en el párrafo 5.10.1, se podrán disponer las tuberías de la carga de forma tal que permitan las operaciones de carga y descarga por la proa o la popa.

5.3.2.2 Se adoptarán las medidas necesarias para permitir el purgado y la desgasificación de dichas tuberías tras su utilización. Cuando no se encuentren en uso, se retirarán los carretes pasamamparos y se obturarán con bridas ciegas los extremos de las tuberías. Las tuberías de respiración conectadas con la purga se emplazarán en la zona de la carga.

5.3.3 Sistemas de trasvase por medio de compartimientos de torreta

Para el trasvase de cargas líquidas o de vapor a través de un medio de torreta interna situado fuera de la zona de la carga, la tubería que desempeñe esta función deberá cumplir lo establecido en 5.2.2, según proceda, en 5.10.2 y en las siguientes prescripciones:

- .1 las tuberías estarán situadas por encima de la cubierta de intemperie, salvo las de conexión a la torreta;
- .2 no se permitirán dispositivos portátiles; y
- .3 se adoptarán las medidas necesarias para permitir el purgado y la desgasificación de dichas tuberías, tras su utilización. Cuando no se haga uso de ellas, se retirarán los carretes pasamamparos para el aislamiento de las tuberías de la carga y se obturarán con bridas ciegas los extremos de las tuberías. Las tuberías de respiración conectadas con la purga se emplazarán en la zona de la carga.

5.3.4 Sistemas de tuberías de combustible gaseoso

La tubería de combustible gaseoso en los espacios de máquinas cumplirá todo lo dispuesto en las secciones del presente capítulo que resulten aplicables, además de las prescripciones del capítulo 16.

5.4 Presión de proyecto

5.4.1 La presión de proyecto P_o , que se utiliza para determinar los escantillones mínimos de las tuberías y de los componentes del sistema de tuberías, no será inferior a la presión manométrica máxima a la que el sistema podrá ser sometido durante el servicio. La presión de proyecto mínima utilizada no será inferior a 1 MPa (presión manométrica), a excepción

de las tuberías de extremos abiertos o las tuberías de descarga de las válvulas aliviadoras de presión, en las que no será inferior al nivel más bajo de 0,5 MPa (presión manométrica) o a 10 veces la presión de tarado de las válvulas aliviadoras de presión.

5.4.2 En el proyecto de tuberías, los sistemas de tuberías y sus componentes se utilizará la más estricta de las siguientes condiciones, sobre la base de las cargas que se transporten:

- .1 para sistemas de tuberías de vapor o los componentes de los mismos que puedan quedar separados de sus válvulas de descarga de presión y que puedan contener cierta cantidad de líquido, la presión de vapor saturado a la temperatura de proyecto de 45 °C. Se podrán utilizar temperaturas superiores o inferiores (véase 4.13.2.2); o
- .2 para sistemas o componentes de los mismos que puedan quedar separados de sus válvulas de descarga de presión y que solamente contengan vapor en todo momento, la presión del vapor sobrecalentado a 45 °C. Se podrán utilizar temperaturas superiores o inferiores (véase 4.13.2.2), suponiendo una condición inicial en la que haya vapor saturado en el sistema a la presión y a la temperatura de funcionamiento del sistema; o
- .3 el MARVS de los tanques de carga y de los sistemas de procesado de la carga; o
- .4 el tarado de la válvula de descarga de presión de la bomba o del compresor correspondiente; o
- .5 la presión total máxima del sistema de tuberías de la carga, al descargar o al cargar, teniendo en cuenta todos los posibles medios de bombeo o el tarado de la válvula aliviadora de presión del sistema de tuberías.

5.4.3 Las partes de los sistemas de tuberías de líquidos que puedan verse sometidas a presiones del golpe de ariete se proyectarán para resistir esas presiones.

5.4.4 La presión de proyecto de la tubería o conducto exterior de los sistemas de combustible gaseoso no será inferior a la presión máxima de servicio de la tubería interior de gas. Otra posibilidad sería, para los sistemas de tuberías de combustible gaseoso con una presión de servicio superior a 1 MPa, que la presión de proyecto del conducto exterior no sea inferior a la presión acumulada máxima que se registre en el espacio anular, teniendo en cuenta la presión máxima instantánea localizada a nivel de cualquier ruptura y de los medios de ventilación.

5.5 Prescripciones relativas a las válvulas del sistema de carga

5.5.1.1 Todos los tanques de carga y los sistemas de tuberías se equiparán con válvulas de accionamiento manual con fines de aislamiento según lo especificado en esta sección.

5.5.1.2 Además, también se instalarán válvulas teleaccionadas, según proceda, como parte del sistema de desactivación en caso de emergencia (ESD), cuya finalidad es detener el flujo de carga o las pérdidas en caso de emergencia cuando se está trasvasando una carga líquida o de vapores. La función del sistema ESD es restablecer la situación estática segura del sistema de carga para que puedan tomarse medidas correctivas. Al proyectar el sistema ESD se tendrá debidamente en cuenta que se debe evitar la generación de sobrepresiones dentro de las tuberías de trasvase de carga. El equipo que se desactiva con el sistema ESD incluye las válvulas del colector durante la carga o descarga, toda bomba o compresor, etc.,

que esté trasvasando carga interna o externamente (por ejemplo, a tierra o a otro buque/barcaza) y las válvulas de los tanques de carga si el tarado máximo admisible de las válvulas aliviadoras de presión (MARVS) excede de 0,07 MPa.

5.5.2 Conexiones de los tanques de carga

5.5.2.1 Todas las conexiones de vapor y de líquidos, salvo las válvulas aliviadoras de presión y los dispositivos de medición de nivel de líquido, dispondrán de válvulas de parada situadas tan cerca del tanque como sea posible. Estas válvulas permitirán la desactivación total y podrán ser accionadas *in situ* de manera manual. También podrán ser accionadas a distancia.

5.5.2.2 Para los tanques de carga con un MARVS que excede de 0,07 MPa (presión manométrica), las conexiones mencionadas anteriormente también contarán con válvulas EDS accionadas a distancia. Estas válvulas se situarán tan cerca del tanque como sea posible. Una única válvula podrá sustituirse por las dos válvulas separadas, siempre que la válvula cumpla las prescripciones establecidas en 18.10.2 y permita el cierre completo del conducto.

5.5.3 Conexiones del colector de carga

5.5.3.1 Se proveerá una válvula ESD teleaccionada en cada conexión de trasvase de carga en uso a fin de poder detener el trasvase de líquidos y de vapor hacia el buque o desde éste. Las conexiones de trasvase que no se utilicen estarán aisladas mediante bridas ciegas adecuadas.

5.5.3.2 Si el MARVS de los tanques de carga excede de 0,07 MPa, se proveerá una válvula adicional accionada manualmente para cada conexión de trasvase en uso, y podrá ser interior o exterior respecto de la válvula ESD para adaptarse al proyecto del buque.

5.5.4 En lugar de las válvulas ESD se podrá utilizar válvulas limitadoras del flujo si el diámetro de la tubería protegida no excede de 50 mm. Las válvulas limitadoras de flujo se cerrarán automáticamente al alcanzarse el flujo de cierre nominal del vapor o del líquido especificado por el fabricante. La tubería comprende accesorios, válvulas e instalaciones anexas protegidos por una válvula limitadora de flujo, y dispondrá de una capacidad mayor que el flujo de cierre nominal de la válvula limitadora de flujo. Éstas, a su vez, podrán proyectarse con una derivación que no exceda del área de una abertura circular de un 1 mm de diámetro para permitir la igualación de la presión tras la activación del cierre.

5.5.5 Las conexiones del tanque de carga de los dispositivos de medición deberán estar equipadas con válvulas limitadoras de flujo o válvulas ESD, a condición de que los dispositivos se construyan de manera que el flujo de salida del contenido del tanque no pueda exceder del flujo que pasa por un orificio circular de 1,5 mm de diámetro.

5.5.6 Todas las tuberías o componentes de éstas que puedan estar aislados cuando estén llenos de líquido estarán protegidos con válvulas aliviadoras de dilatación y evaporación térmicas.

5.5.7 Todas las tuberías o sus componentes que puedan aislarse de forma automática debido a un incendio con un volumen de líquido atrapado superior a 0,05 m³ dispondrán de una válvula de seguridad de un tamaño adecuado para hacer frente a un incendio.

5.6 Medios para el trasvase de la carga

5.6.1 Cuando el trasvase de la carga se realiza por medio de bombas que no son accesibles para su reparación cuando los tanques están en servicio, se proveerá al menos dos medios separados para transvasar la carga desde cada tanque de carga, y en el proyecto se preverá que el fallo de una bomba de carga o de uno de los medios de trasvase no impida el trasvase de la carga por medio de otra bomba u otras bombas, u otros medios de trasvase de la carga.

5.6.2 El procedimiento de trasvase de la carga mediante presurización del gas importará la prohibición del levantamiento de las válvulas aliviadoras durante dicho trasvase. Podrá aceptarse la presurización de gas como medio de trasvase de la carga para los tanques respecto de los cuales no se reduce el factor de proyecto de seguridad en las condiciones imperantes durante las operaciones de trasvase de la carga. Si las válvulas aliviadoras de los tanques de carga o la presión de tarado se ajustan para llevar a cabo dichas operaciones de trasvase, tal como se permite en las disposiciones previstas en 8.2.7 y 8.2.8, la nueva presión de tarado no excederá de P_h tal como se define en 4.13.2.

5.6.3 *Conexiones para el retorno del vapor*

Se proveerán conexiones que permitan el retorno del vapor a las instalaciones en tierra.

5.6.4 *Sistemas de tuberías de respiración del tanque de la carga*

El sistema de alivio de la presión estará conectado a un sistema de tuberías de respiración proyectado para reducir al mínimo la posibilidad de que se acumule el vapor de la carga en las cubiertas o de que ingrese en los espacios de alojamiento, espacios de servicio, puestos de control y espacios de máquinas, u otros espacios donde puedan crearse situaciones de peligro.

5.6.5 *Conexiones de muestreo de la carga*

5.6.5.1 Las conexiones a los sistemas de tuberías de la carga para la toma de muestras líquidas de la carga estarán claramente marcadas y se proyectarán de manera tal que permitan reducir al mínimo la liberación de vapores de la carga. Para los buques autorizados a transportar productos tóxicos, el sistema de muestreo se proyectará en bucle cerrado para así garantizar que ni el líquido ni el vapor de la carga sean expulsados a la atmósfera.

5.6.5.2 Los sistemas de muestreo de líquidos estarán provistos de dos válvulas en la misma entrada de las muestras. Una de estas válvulas contará con un mecanismo multigiro que permita evitar su apertura accidental, y estará espaciada de modo tal que la distancia entre ellas permita garantizar que pueden aislar el conducto, de ocurrir un bloqueo, como por ejemplo, a causa del hielo o de hidratos.

5.6.5.3 En los sistemas en bucle cerrado, las válvulas de la tubería de retorno también cumplirán las prescripciones establecidas en 5.6.5.2.

5.6.5.4 La conexión con el recipiente de muestras cumplirá las normas reconocidas, y la forma de sujeción le permitirá resistir el peso del recipiente de muestras. Las conexiones roscadas se cerrarán por medio de una soldadura por puntos, o por cualquier otro medio, para evitar que se desenrosquen durante la conexión y desconexión normales de los recipientes de muestras. La conexión de muestra dispondrá de un tapón o brida de cierre para evitar toda fuga cuando la conexión no esté en uso.

5.6.5.5 Las conexiones de muestras utilizadas únicamente para las muestras de vapor podrán estar equipadas con una válvula única de acuerdo con lo establecido en 5.5, 5.8 y 5.13, y también estarán provistas de un tapón o brida de cierre.

5.6.5.6 Las operaciones de muestreo se llevarán a cabo de conformidad con lo prescrito en 18.9.

5.6.6 *Filtros de la carga*

Los sistemas de líquidos y vapores de carga deberán ser susceptibles de ser equipados con filtros para protegerlos contra el daño que pudieran ocasionar objetos extraños. Estos filtros podrán ser permanentes o temporales, y los parámetros de filtración deberán ser adecuados para neutralizar los riesgos de que desechos, u otros elementos, ingresen en el sistema de la carga. También se proveerán medios que permitan indicar que los filtros se están bloqueando, así como los medios necesarios para aislar, despresurizar y limpiar los filtros de manera segura.

5.7 **Prescripciones relativas a la instalación**

5.7.1 *Proyecto relativo a la dilatación y contracción*

Se tomarán medidas para proteger las tuberías, el sistema de tuberías y sus componentes, así como los tanques de carga contra presiones excesivas como consecuencia de los movimientos térmicos y contra los movimientos del tanque y de la estructura del casco. El método preferido en el exterior de los tanques de carga es mediante desplazamientos, curvas o codos, pero podrán utilizarse fuelles formados por varias capas cuando no sea posible utilizar desplazamientos, curvas o codos.

5.7.2 *Precauciones contra la baja temperatura*

La tubería de baja temperatura estará térmicamente aislada de la estructura del casco adyacente, cuando sea necesario, para evitar que la temperatura del casco descienda por debajo de la temperatura de proyecto del material del casco. Cuando las tuberías para líquidos se desmonten de forma periódica, o cuando pueda preverse que habrá fugas de líquido, como, por ejemplo, en las conexiones a tierra y en las juntas de la bomba, se protegerá el casco.

5.7.3 *Cortina de agua*

Para las temperaturas de la carga por debajo de -110°C , se instalará un sistema de distribución de agua al nivel del casco por debajo de las conexiones a tierra para proporcionar una cortina de agua a baja presión a fin de brindar protección adicional al acero del casco y a la estructura lateral del buque. Este sistema complementa las prescripciones establecidas en 11.3.1.4, y se pondrá en funcionamiento cuando se realice el trasvase de la carga.

5.7.4 *Puesta a masa*

Cuando los tanques o las tuberías de la carga y los equipos de tuberías estén separados de la estructura del buque por aislamiento térmico, se deberán conectar a masa las tuberías y los tanques. Todas las conexiones con juntas de las tuberías y las conexiones de las mangueras deberán estar conectadas a masa. Salvo cuando se utilicen tiras de conexión a masa, se demostrará que la resistencia eléctrica de cada junta o conexión es inferior a $1\text{M}\Omega$.

5.8 Formación de conjuntos de tuberías y detalles de las uniones de éstas

5.8.1 Generalidades

Las prescripciones de la presente sección serán aplicables a las tuberías situadas dentro y fuera de los tanques de carga. No obstante, podrá aceptarse una aplicación menos rigurosa de estas prescripciones, que se ajuste a las normas reconocidas, por lo que respecta a tuberías de extremos abiertos y a las situadas dentro de tanques de carga.

5.8.2 Conexiones directas

Para la conexión directa de tramos de tuberías sin bridas cabrá considerar las siguientes conexiones:

- .1 en todas las aplicaciones se podrán utilizar juntas soldadas a tope con penetración total en la raíz. Para temperaturas de proyecto inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, las soldaduras a tope serán dobles o equivalentes a una junta a tope con doble soldadura. Esto podrá realizarse mediante la utilización de un anillo cubrejuntas, una inserción de aportación o gas inerte en la primera pasada. Para presiones de proyecto superiores a 1 MPa y temperaturas de proyecto iguales o inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ habrá que retirar los anillos cubrejuntas internos;
- .2 las juntas deslizantes soldadas (con manguitos y la correspondiente soldadura, cuyas dimensiones se ciñan a las normas reconocidas) solamente se utilizarán en tuberías de instrumentos y de extremos abiertos de diámetro exterior igual o inferior a 50 mm y para temperaturas de proyecto que no sean inferiores a $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$; y
- .3 los acoplamientos roscados que se ciñan a las normas reconocidas solamente se utilizarán para las tuberías auxiliares y las de instrumentos cuyo diámetro exterior sea igual o inferior a 25 mm.

5.8.3 Conexiones embridadas

5.8.3.1 Las bridas de las conexiones embridadas serán de tipo de collar soldado, deslizantes o de acoplamiento soldado.

5.8.3.2 Las bridas se ajustarán a las normas reconocidas en cuanto a tipo, fabricación y prueba. Para todas las tuberías, salvo las de extremos abiertos, se aplicarán las siguientes restricciones:

- .1 para temperaturas de proyecto inferiores a $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, solamente se utilizarán las bridas de cuello soldado; y
- .2 para las temperaturas de proyecto inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, no se utilizarán bridas deslizantes en los tamaños nominales superiores a 100 mm y las bridas de zócalo soldado no se utilizarán en los tamaños nominales superiores a 50 mm.

5.8.4 *Juntas de dilatación*

Cuando se provean fuelles y juntas de expansión de conformidad con lo dispuesto en 5.7.1, se aplicarán las siguientes prescripciones:

- .1 de ser necesario, se protegerán los fuelles contra la formación de hielo; y
- .2 no se utilizarán juntas deslizantes, salvo dentro de los tanques de carga.

5.8.5 *Otras conexiones*

Las conexiones de tuberías se unirán de conformidad con lo prescrito en 5.8.2 a 5.8.4, pero, respecto de otros casos excepcionales, la Administración podrá analizar la utilización de medios alternativos.

5.9 Soldaduras, termotratamiento postsoldadura, y pruebas no destructivas

5.9.1 *Generalidades*

La soldadura se realizará de conformidad con lo dispuesto en 6.5.

5.9.2 *Termotratamiento postsoldadura*

Se realizará un termotratamiento postsoldadura en todas las soldaduras a tope de tuberías realizadas con aceros al carbono, al carbonomanganeso y de baja aleación. La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre podrá no aplicar las prescripciones relativas al alivio del esfuerzo térmico del sistema de tuberías que cuente con un espesor de pared inferior a 10 mm en función de la temperatura y la presión de proyecto del sistema de tuberías de que se trate.

5.9.3 *Pruebas no destructivas*

Además de los controles normales previos y durante la soldadura, y de la inspección visual de las soldaduras acabadas, necesarios para comprobar que la soldadura ha sido realizada correctamente y de conformidad con las prescripciones de este párrafo, deberán exigirse las pruebas siguientes:

- .1 inspección radiográfica o ultrasónica del 100 % de las juntas soldadas a tope de los sistemas de tuberías con temperaturas de proyecto inferiores a -10 °C, o de diámetros interiores de más de 75 mm o espesores de pared de más de 10 mm;
- .2 cuando dichas juntas soldadas a tope de las secciones de tuberías se realicen mediante procedimientos de soldadura automáticos aprobados por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, entonces, previo acuerdo expreso, podrá reducirse progresivamente la amplitud de la inspección radiográfica o ultrasónica, pero en ningún caso a menos del 10 % de las juntas. Si aparecen defectos, debería aumentarse al 100 % la amplitud de las pruebas, y deberían incluirse inspecciones de soldaduras previamente aceptadas. Esta aprobación solamente se otorgará cuando se disponga de procedimientos y registros bien documentados sobre la garantía de la calidad que permitan evaluar la capacidad del fabricante para producir sistemáticamente soldaduras satisfactorias; y

- .3 para otras juntas soldadas a tope de tuberías que no queden comprendidas en las prescripciones establecidas en 5.9.3.1 y 5.9.3.2, se llevarán a cabo inspecciones radiográficas o ultrasónicas por zonas u otras pruebas no destructivas, según lo requiera el servicio, el emplazamiento y los materiales. En general se someterán a inspecciones radiográficas o ultrasónicas, como mínimo, el 10 % de las juntas soldadas a tope de tuberías.

5.10 Prescripciones relativas a la instalación de tuberías de carga fuera de la zona de la carga

5.10.1 Medios de carga por la proa o por la popa

Las siguientes prescripciones se aplicarán a las tuberías de la carga y al equipo de tuberías correspondiente situados fuera de la zona de la carga:

- .1 las tuberías de la carga y el equipo de tuberías correspondiente situados fuera de la zona de carga sólo tendrán conexiones soldadas. Las tuberías fuera de la zona de carga pasarán sobre las cubiertas de intemperie y se ubicarán, al menos, a 0,8 m hacia el interior del buque, salvo las tuberías de conexión a tierra colocadas de babor a estribor. Tales tuberías serán claramente identificables y estarán provistas de una válvula de seccionamiento en su conexión con el sistema de tuberías de la carga, dentro de la zona de la carga. En ese emplazamiento serán también susceptibles de quedar separadas, cuando no se haga uso de ellas, por medio de un carrete y de bridas ciegas; y
- .2 las tuberías se soldarán a tope con penetración total y la soldadura será sometida a pruebas radiográficas o ultrasónicas totales, independientemente del diámetro del tubo y de la temperatura de proyecto. Sólo dentro de la zona de la carga y en la conexión a tierra se permitirá que en las tuberías haya conexiones de brida.

5.10.2 Sistemas de trasvase por los compartimientos de torreta

Las siguientes prescripciones se aplicarán a las tuberías de cargas líquidas y de vapor si quedan por fuera de la zona de la carga:

- .1 las tuberías de la carga y el equipo de tuberías correspondiente que queden fuera de la zona de carga sólo tendrán conexiones soldadas; y
- .2 la tubería estará soldada a tope con penetración total y será sometida a pruebas radiográficas o ultrasónicas totales, independientemente del diámetro y de la temperatura de proyecto de la tubería. Las conexiones de brida en la tubería sólo se permitirán en la zona de la carga y en las conexiones a los conductos para la carga y la conexión de torreta.

5.10.3 Tubería para gas combustible

La tubería para gas combustible, en la medida de lo posible, tendrá juntas soldadas. Las partes de la tubería para gas combustible que no queden encerradas en una tubería o conducto ventilado, de conformidad con lo dispuesto en 16.4.3, y se ubiquen en las cubiertas de intemperie fuera de la zona de la carga tendrán juntas soldadas a tope con penetración total y serán sometidas a pruebas radiográficas o ultrasónicas totales.

5.11 Prescripciones para los componentes de los sistemas de tuberías

5.11.1 Escantillones para tuberías. Los sistemas de tuberías se proyectarán con arreglo a las normas reconocidas.

5.11.2.1 Se utilizarán los siguientes criterios para determinar el espesor de pared de los tubos.

5.11.2.2 El espesor de pared (t) de los tubos no será inferior a:

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \quad (\text{mm})$$

donde:

t_0 = espesor teórico, determinado mediante la siguiente fórmula:

$$t_0 = \frac{P \cdot D}{2K \cdot e + P} \quad (\text{mm}),$$

siendo:

P = presión de proyecto (MPa) citada en 5.4;

D = diámetro exterior (mm);

K = esfuerzo admisible (N/mm²) citado en 5.11.3;

e = coeficiente de eficacia igual a 1 para los tubos sin costura y para los que vayan soldados longitudinalmente o en espiral, entregados por fabricantes aprobados de tubos soldados, que se consideren equivalentes a los tubos sin costura cuando se lleven a cabo pruebas no destructivas de las soldaduras de conformidad con las normas reconocidas. En otros casos, podrá exigirse un coeficiente de eficacia inferior a 1 de conformidad con las normas reconocidas, en función del sistema de fabricación;

b = tolerancia de curvatura (mm). El valor de b se elegirá de modo que el esfuerzo calculado en la curva, debido sólo a la presión interior, no exceda del esfuerzo admisible. Cuando no se dé esta justificación, el valor de b será:

$$b = \frac{D \cdot t_0}{2,5r} \quad (\text{mm}),$$

siendo

r = radio medio de la curva (mm);

c = tolerancia de corrosión (mm). Si se prevé corrosión o erosión, se incrementará el espesor de pared de los tubos de modo que rebase el determinado para otras exigencias de proyecto. Esta tolerancia se adecuará a la vida útil prevista de las tuberías; y

a = tolerancia negativa de fabricación para el espesor (%).

5.11.2.3 El espesor de pared mínimo se ajustará a lo establecido en normas reconocidas.

5.11.2.4 Cuando sea necesario que la resistencia mecánica evite averías, colapso, el arrufo o pandeo excesivos de los tubos como consecuencia de las cargas superpuestas, el espesor de pared se aumentará más de lo establecido en 5.11.2.2 o, si esto no es factible o pudiera causar excesivas presiones locales, estas cargas podrán reducirse, protegerse o eliminarse por otros métodos de proyecto. La superposición de tales cargas podrá deberse a: las estructuras de soporte, las flexiones del buque, presión del golpe de ariete de líquidos durante las operaciones de trasvase, el peso de las válvulas suspendidas, la reacción a las conexiones de los brazos de carga, o cualquier otro factor.

5.11.3 *Esfuerzo admisible*

5.11.3.1 Para los tubos, el esfuerzo admisible K indicado en la fórmula dada en 5.11.2 es el menor de los siguientes valores:

$$\frac{R_m}{A} \text{ o } \frac{R_e}{B}$$

donde

R_m = resistencia mínima especificada a la tracción, a la temperatura ambiente (N/mm²); y

R_e = límite de mínimo elasticidad especificado, a la temperatura ambiente (N/mm²). Si la curva de esfuerzos-deformaciones no muestra un límite de elasticidad definido, se aplicará el límite de elasticidad de un 0,2 %.

Los valores de A y B constarán en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4.4, y sus valores serán de al menos A = 2,7 y B = 1,8.

5.11.4 *Escantillones de tuberías o conductos exteriores para combustible gaseoso de alta presión*

En los sistemas de tuberías de combustible gaseoso de presión de proyecto superior a la presión crítica, el esfuerzo tangencial de la membrana de una sección recta de una tubería o un conducto no será superior a la resistencia a la tracción dividida por 1,5 ($R_m/1,5$) cuando sea sometido a la presión de proyecto especificada en 5.4. Los valores de presión de todos los demás componentes de tuberías reflejarán el mismo nivel de resistencia que el de los tubos rectos.

5.11.5 *Análisis del esfuerzo*

Cuando la temperatura de proyecto sea igual o inferior a -110 °C, se presentará a la Administración un análisis del esfuerzo completo, teniendo en cuenta todos los esfuerzos debidos al peso de las tuberías, incluidos las cargas de aceleración, si son considerables, la presión interior, la contracción térmica y las cargas inducidas por el quebranto y arrufo del buque de cada rama del sistema de tuberías. Para temperaturas superiores a -110 °C, la Administración podrá exigir la realización de un análisis del esfuerzo en relación con cuestiones tales como el proyecto o la rigidez del sistema de tuberías y la elección de los materiales. En cualquier caso, se tendrán en cuenta los esfuerzos térmicos, incluso si no se presentan los cálculos. El análisis podrá llevarse a cabo de conformidad con un código de prácticas que la Administración considere aceptable.

5.11.6 *Bridas, válvulas y accesorios*

5.11.6.1 Las bridas, las válvulas y demás accesorios deberán ajustarse a las normas reconocidas, teniendo en cuenta el material seleccionado y la presión de proyecto definida en 5.4. Para las juntas de dilatación de los fuelles utilizadas en relación con el vapor, se podrá aceptar una presión de proyecto mínima.

5.11.6.2 Para las bridas que no se ajusten a una norma reconocida, las dimensiones de éstas y de los pernos correspondientes serán satisfactorias a juicio de la Administración o de la organización reconocida que actúe en su nombre.

5.11.6.3 Todas las válvulas de cierre de emergencia serán del tipo "válvula de cierre automático a prueba de fallos" (véanse 5.13.1.1 y 18.10.2).

5.11.6.4 El proyecto y la instalación de fuelles de dilatación se realizarán con arreglo a las normas reconocidas y dispondrán de medios que permitan evitar averías como consecuencia de una extensión o compresión excesivas.

5.11.7 *Conductos flexibles para la carga instalados en el buque*

5.11.7.1 Los conductos flexibles para líquidos y vapor utilizados en el trasvase de la carga serán compatibles con ésta y apropiados para su temperatura.

5.11.7.2 Los conductos flexibles sometidos a la presión de los tanques o a la presión de descarga de las bombas o de los compresores de vapor se proyectarán para una presión de rotura igual, al menos, a cinco veces la presión máxima a la que el conducto flexible estará sometido durante el trasvase de la carga.

5.11.7.3 Todo nuevo tipo de conducto flexible para la carga será sometido, con sus accesorios de extremo, a una prueba de prototipo a temperatura ambiente normal y a 200 ciclos de presión, desde cero hasta dos veces, como mínimo, su presión de trabajo máxima especificada. Una vez realizada esta prueba de ciclos de presión, la prueba de prototipo demostrará que la presión de rotura es igual a cinco veces, por lo menos, la presión de trabajo máxima especificada, a la temperatura extrema, más elevada y más baja, para el servicio. Los conductos flexibles utilizados en las pruebas de prototipo no se emplearán para la carga. A partir de entonces y antes de su asignación al servicio, cada nuevo tramo de conducto flexible para la carga que se fabrique será objeto, a la temperatura ambiente, de una prueba hidrostática a una presión no inferior a 1,5 veces su presión de trabajo máxima especificada, pero no superior a dos quintos de su presión de rotura. En el conducto se indicará, con estarcido o por otro medio, la fecha de la prueba, cuál es su presión de trabajo máxima especificada y, si ha de ser utilizado en servicios a temperaturas distintas de la temperatura ambiente, su temperatura máxima y mínima de servicio, según corresponda. La presión máxima de trabajo especificada no será inferior a 1 MPa (presión manométrica).

5.12 Materiales

5.12.1 La selección y prueba de los materiales utilizados en los sistemas de tuberías se ajustarán a las prescripciones del capítulo 6, teniendo en cuenta la temperatura mínima de proyecto. Sin embargo, podrá aceptarse una aplicación menos rigurosa de estas prescripciones en lo referido a la calidad del material de las tuberías de respiración de extremos abiertos, siempre que la temperatura de la carga al tarado de la válvula aliviadora de la presión no sea inferior a 55 °C y que no pueda producirse una descarga de líquido en las tuberías de respiración. También se podrá permitir una aplicación menos rigurosa en las mismas condiciones de temperatura respecto de las tuberías de extremos abiertos situadas en el interior de los tanques de carga, salvo las tuberías de descarga y todas las tuberías que se ubiquen dentro de los tanques de membrana y de semimembrana.

5.12.2 Los materiales que tienen un punto de fusión por debajo de 925 °C no deberán utilizarse para las tuberías que queden por fuera de los tanques de carga, salvo por tramos cortos de tubos unidos a los tanques de carga, en cuyo caso se instalará aislamiento pirorresistente.

5.12.3 *Sistema de aislamiento de las tuberías de la carga*

5.12.3.1 Los sistemas de tuberías de la carga estarán provistos de un sistema de aislamiento térmico como se requiere para reducir al mínimo las fugas de calor hacia la carga durante las operaciones de trasvase y para proteger al personal contra el contacto directo con superficies frías.

5.12.3.2 Cuando proceda, debido a la ubicación o las condiciones ambientales, los materiales de aislamiento deberán tener propiedades adecuadas de resistencia a la propagación del fuego y de las llamas y contarán con una protección adecuada contra la penetración del vapor de agua y contra daños mecánicos.

5.12.4 Cuando el sistema de tuberías de la carga está constituido de un material susceptible de sufrir fisuración por tensocorrosión al entrar en contacto con una atmósfera salina, se adoptarán las medidas adecuadas que permitan evitar que esto ocurra mediante el examen de la selección de materiales, la protección contra su exposición al agua salada o el estado de disponibilidad para realizar inspecciones del sistema.

5.13 **Prescripciones relativas a las pruebas**

5.13.1 *Pruebas de homologación de los componentes de las tuberías*

5.13.1.1 Válvulas⁷

Cada tipo de válvulas destinado a ser utilizado a una temperatura de trabajo por debajo de -55 °C se someterá a las siguientes pruebas de homologación:

- .1 cada tamaño y tipo de válvula será sometido a pruebas de estanquidad del asiento en relación con toda la gama de presiones de funcionamiento del flujo bidireccional y de temperaturas, a intervalos, hasta alcanzar la presión de proyecto nominal de la válvula. Los volúmenes de fuga admisibles se ajustarán a las prescripciones de la Administración o de la organización reconocida que actúe en su nombre. Durante las pruebas se verificará el funcionamiento satisfactorio de la válvula;
- .2 el flujo o la capacidad se certificará con arreglo a una norma reconocida en relación con cada tamaño y tipo de válvula;
- .3 respecto de los componentes presurizados se realizará una prueba de presión a, por lo menos, 1,5 veces la presión nominal; y
- .4 para las válvulas de parada de emergencia, que tienen materiales cuya temperatura de fusión es inferior a 925 °C, las pruebas de homologación incluirán una prueba de exposición al fuego que se ajuste a una norma que la Administración considere aceptable.

⁷ Véase la publicación de la SIGTTO titulada *The Selection and Testing of Valves for LNG Applications*.

5.13.1.2 *Fuelles de dilatación*

Las siguientes pruebas de homologación se llevarán a cabo respecto de cada tipo de fuelle de dilatación previsto para su utilización en tuberías de la carga que pasen por fuera de los tanques de carga, y, cuando así lo estime necesario la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre, respecto de aquellos que se instalan dentro de tales tanques:

- .1 se deberá someter a prueba elementos tipo de los fuelles, no precomprimidos, a una presión no inferior a cinco veces la presión de proyecto. Los fuelles no deberán estallar. La prueba deberá tener una duración mínima de 5 min;
- .2 se someterá a una prueba de presión la junta de dilatación junto con todos los accesorios (bridas, refuerzos y articulaciones) a la temperatura mínima de proyecto y al doble de la presión de proyecto, y en las condiciones extremas de desplazamiento recomendadas por el fabricante, sin que se permitan deformaciones permanentes;
- .3 se efectuará una prueba cíclica (fluctuaciones térmicas) en una junta de dilatación completa que habrá de resistir, al menos, tantos ciclos como correspondan al servicio real, en las condiciones de presión, temperatura y los movimientos axial, giratorio y transversal que se dan durante el servicio. Se permite realizar pruebas a temperatura ambiente cuando estas pruebas sean al menos tan graves como las pruebas que se realicen a la temperatura de servicio; y
- .4 se efectuará una prueba cíclica de fatiga (deformación del buque) en una junta de dilatación completa, sin presión interior, simulando los movimientos de fuelle correspondientes a un tramo de tubo compensado al menos durante 2 000 000 de ciclos, a una frecuencia de no más de 5 Hz. Esta prueba se exigirá únicamente cuando, a causa de la disposición de las tuberías, se sufran en la práctica cargas debidas a la deformación del buque.

5.13.2 *Prescripciones de pruebas de los sistemas*

5.13.2.1 Las prescripciones de esta sección se aplicarán a las tuberías que se ubiquen dentro y fuera de los tanques de carga.

5.13.2.2 Una vez montado, todas las tuberías de la carga y para procesos de elaboración serán sometidas a una prueba de resistencia con un fluido adecuado. La presión de prueba será de al menos 1,5 veces la presión de proyecto (1,25 veces la presión de proyecto en caso de que el fluido de prueba sea comprimible) de las tuberías para carga líquida y 1,5 veces la presión de trabajo máxima del sistema (1,25 veces la presión de trabajo máxima del sistema en caso de que el fluido de prueba sea comprimible) para los conductos de vapores. Cuando los sistemas de tuberías o partes de éstos sean del tipo totalmente prefabricado y estén provistos de todos los accesorios, la prueba podrá efectuarse antes de la instalación a bordo del buque. Las juntas soldadas a bordo se someterán a una prueba a una presión igual, por lo menos, a 1,5 veces la presión de proyecto.

5.13.2.3 Una vez montados a bordo, cada sistema de tuberías de la carga y para procesos de elaboración será sometido a una prueba de detección de fugas utilizando aire, o a otro medio adecuado, a una presión en función del método de detección de fugas que se aplique.

5.13.2.4 En los sistemas de tuberías de combustible gaseoso de forro doble, los tubos o conductos exteriores también serán sometidos a una prueba de presión para demostrar que pueden resistir la presión máxima prevista en la rotura del tubo de gas.

5.13.2.5 Todos los sistemas de tuberías, incluidos las válvulas, los accesorios y los equipos correspondientes para la manipulación de la carga o de vapores, serán sometidos a pruebas en condiciones normales de funcionamiento a más tardar en la primera operación de carga, con arreglo a las normas reconocidas.

5.13.3 Válvulas de parada de emergencia

Se someterán a prueba las válvulas de parada de emergencia utilizadas en los sistemas de tuberías de cargas líquidas para demostrar que sus características de cierre cumplen lo dispuesto en 18.10.2.1.3. Esta prueba podrá llevarse a cabo a bordo del buque después de la instalación.

CAPÍTULO 6

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Objetivo

Determinar las propiedades prescritas, las normas de prueba y la estabilidad de los materiales metálicos y no metálicos y los procesos de fabricación utilizados en la construcción de los sistemas de contención de la carga y de los sistemas de tuberías de la carga, a fin de garantizar que cumplan las funciones para las que han sido seleccionados, según lo dispuesto en los capítulos 4 y 5.

6.1 Definiciones

6.1.1 Cuando se haga referencia en este capítulo a los aceros estructurales del casco de grado A, B, D, E, AH, DH, EH y FH, se entenderá que estos grados de los aceros corresponden a aceros estructurales del casco que cumplen lo dispuesto en las normas reconocidas.

6.1.2 Por *pieza* se entiende el producto laminado a partir de una sola losa o tocho o de un solo lingote, si éste está enrollado directamente en placas, tiras, perfiles o barras.

6.1.3 Por *lote* se entiende el número de elementos o piezas que han de aceptarse o rechazarse en conjunto, a partir de las pruebas que se llevarán a cabo sobre una base de muestreo. El tamaño de un lote se indica en las normas reconocidas.

6.1.4 Por *laminación controlada (CR)* se entiende aquel proceso de laminación en cuyo marco la deformación definitiva se lleva a cabo en una escala de temperaturas de normalización, lo que trae aparejado un estado del material generalmente equivalente al que se obtiene mediante la normalización.

6.1.5 Por *procedimiento termomecánico controlado (TMCP)* se entiende el procedimiento que supone un control estricto tanto de la temperatura del acero como de la reducción del laminado. A diferencia de lo que ocurre en la CR, las propiedades conferidas por el TMCP no pueden ser reproducidas mediante un proceso posterior de normalización de la temperatura ni por otro termotratamiento ulterior. También se podrá aceptar la utilización de un proceso de enfriamiento acelerado tras la conclusión del TMCP, sujeto a la aprobación de la Administración. Las mismas prescripciones resultan aplicables a las operaciones de temple que se realicen tras la finalización del TMCP.

6.1.6 Por *enfriamiento acelerado (AcC)* se entiende el procedimiento que tiene como finalidad mejorar las propiedades mecánicas mediante un enfriamiento controlado con tasas superiores a la refrigeración por aire, inmediatamente después de concluida la operación final del TMCP. El temple directo queda excluido del proceso de enfriamiento acelerado. Las propiedades del material conferidas por el TMCP y el AcC no pueden ser reproducidas en un proceso posterior de normalización de la temperatura ni por otro termotratamiento ulterior.

6.2 Ámbito de aplicación y prescripciones generales

6.2.1 En este capítulo se establecen las prescripciones para los materiales metálicos y no metálicos utilizados en la construcción del sistema de carga. Entre tales prescripciones cabe citar las referidas a los procesos de ensamblado, los procesos de producción, la calificación de personal, las pruebas no destructivas, las inspecciones y demás pruebas, incluidas las que se realizan durante la fase de fabricación. Las prescripciones relativas a los materiales laminados, las piezas forjadas y fundidas se establecen 6.4 y en los cuadros 6.1 a 6.5. Las prescripciones para las soldaduras se recogen en 6.5, y las orientaciones para los materiales no metálicos figuran en el apéndice 4. Asimismo, se aplicará un programa de garantía y control de la calidad a fin de garantizar que se da cumplimiento a las prescripciones establecidas en 6.2.

6.2.2 Tanto la fabricación, las pruebas, las inspecciones y la documentación se ajustarán a las normas reconocidas y las prescripciones específicas que figuran en el Código.

6.2.3 Cuando se especifique o se prescriba un termotratamiento postsoldadura, las propiedades del material base se determinarán en el momento de realizarse el termotratamiento, de conformidad con lo dispuesto en el correspondiente cuadro del capítulo, y las propiedades de la soldadura se determinarán en el momento de llevarse a cabo el termotratamiento de conformidad con lo establecido en 6.5. En los casos en que se aplique un termotratamiento postsoldadura, las prescripciones relativas a la prueba podrán ser modificadas a juicio de la Administración.

6.3 Prescripciones y especificaciones generales para las pruebas

6.3.1 *Prueba de tracción*

6.3.1.1 La prueba de tracción se realizará de conformidad con las normas reconocidas.

6.3.1.2 La resistencia a la tracción, el límite de elasticidad y el alargamiento serán satisfactorios a juicio de la Administración. Para los aceros al carbonomanganeso y demás materiales con puntos de tracción definitivos, se tendrá en cuenta el límite de la elasticidad en relación con el coeficiente de tracción.

6.3.2 *Prueba de resistencia*

6.3.2.1 Las pruebas de aceptación para los materiales metálicos incluirán las pruebas de resistencia con entalla Charpy en V, a menos que la Administración especifique lo contrario. Las prescripciones especificadas para la entalla Charpy en V son valores de energía media mínima para tres probetas a tamaño completo (10 mm x 10 mm) y valores mínimos de energía para las probetas correspondientes. Las dimensiones y tolerancias de las probetas con entalla Charpy en V se ajustarán a las normas reconocidas. Las pruebas y prescripciones para las probetas cuyo tamaño sea inferior a 5 mm se ajustarán a las normas reconocidas. Los valores medios mínimos de las probetas de tamaño reducido serán:

Tamaño de las probetas (mm) con entalla Charpy en V	Energía media mínima de tres probetas
10 x 10	KV
10 x 7,5	5/6 KV
10 x 5	2/3 KV

donde

KV = los valores de energía (J) especificados en los cuadros 6.1 a 6.4.

Sólo un valor individual podrá ser inferior al valor medio especificado, a condición de que no sea inferior al 70 % de dicho valor.

6.3.2.2 Para el metal de base, el mayor tamaño posible de las probetas con entalla Charpy en V en relación con el espesor del material estará maquinado con las probetas situadas lo más cerca posible a un punto a medio camino entre la superficie y el centro del espesor y la longitud de la ranura perpendicular a la superficie como se muestra en la figura 6.1.

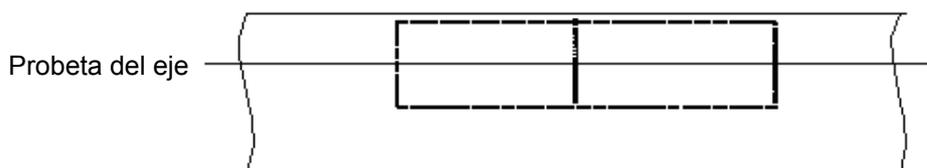
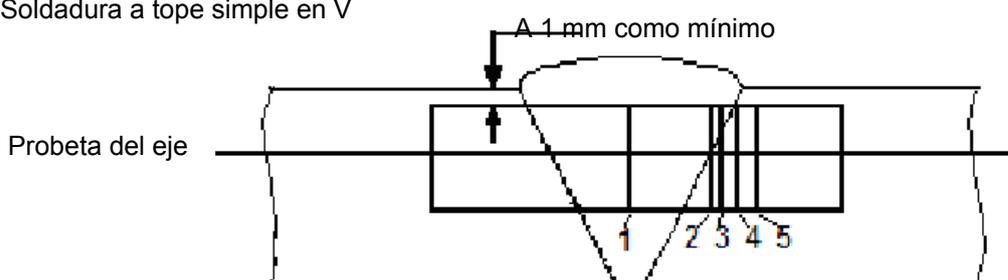


Figura 6.1: Orientación de la probeta de prueba del material de base

6.3.2.3 Para la probeta de prueba de la soldadura, el mayor tamaño posible de las probetas con entalla Charpy en V en relación con el espesor del material estará maquinado, situándose las probetas lo más cerca posible de un punto a medio camino entre la superficie y el centro del espesor. En todos los casos, la distancia de la superficie del material hasta el borde de la probeta será aproximadamente de 1 mm o más. Además, para soldaduras a tope dobles en V, las probetas estarán maquinadas más cerca de la superficie de la segunda sección soldada. En general, las probetas se tomarán en cada una de las ubicaciones siguientes, como se muestra en la figura 6.2, en el eje de las soldaduras, la línea de fusión y a 1 mm, 3 mm y 5 mm desde la línea de fusión.

Soldadura a tope simple en V



Soldadura a tope doble en V

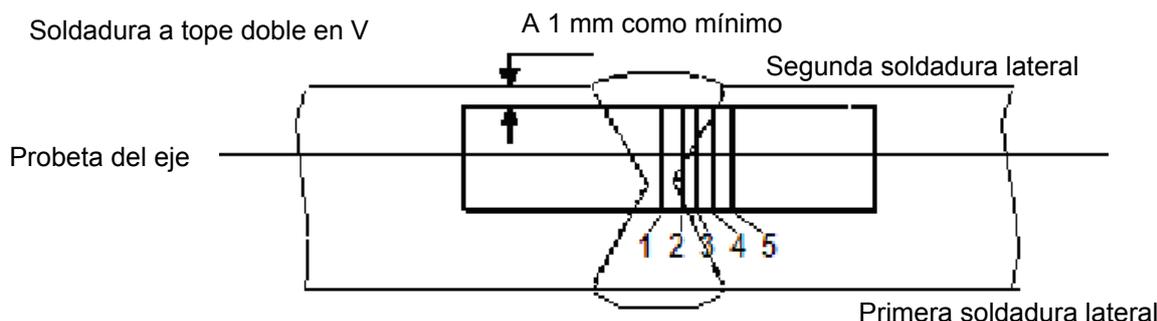


Figura 6.2: Orientación de la probeta de la prueba de soldadura

Ubicaciones de las ranuras en la figura 6.2:

- .1 Eje de la soldadura.
- .2 Línea de fusión.
- .3 En la zona afectada por el calor (HAZ), a 1 mm de la línea de fusión.
- .4 En HAZ, a 3 mm de la línea de fusión.
- .5 En HAZ, a 5 mm de la línea de fusión.

6.3.2.4 Si el valor medio de las tres primeras muestras con entalla Charpy en V no cumple las prescripciones indicadas, o el valor de más de una muestra es inferior al valor medio prescrito, o cuando el valor de una muestra es inferior al valor mínimo permitido para una sola probeta, podrán someterse a prueba tres probetas adicionales del mismo material y combinarse los resultados con los obtenidos previamente para así formar un nuevo promedio. Si este nuevo promedio cumple las prescripciones y si no más de dos resultados son inferiores al promedio prescrito y sólo un resultado es inferior al valor prescrito para una sola probeta, se podrá aceptar la pieza o el lote de que se trate.

6.3.3 *Prueba de plegado*

6.3.3.1 La prueba de plegado podrá omitirse como prueba de aceptación del material, pero será necesaria para las pruebas de soldadura. Cuando se realice una prueba de plegado, ésta se llevará a cabo con arreglo a las normas reconocidas.

6.3.3.2 Las pruebas de plegado serán pruebas de plegado transversales, que podrán suponer el plegado de cara, de raíz o de lado según criterio de la Administración. Sin embargo, se podrá exigir la realización de pruebas de plegado longitudinales en lugar de las pruebas de plegado transversales en aquellos casos en que el material de base y el metal de soldadura tienen diferentes niveles de resistencia.

6.3.4 *Observación de secciones y otras pruebas*

La Administración también podrá disponer que se realicen observaciones de la macrosección, la microsección y pruebas de dureza, las que se llevarán a cabo de conformidad con las normas reconocidas, en su caso.

6.4 **Prescripciones para materiales mecánicos**

6.4.1 *Prescripciones generales para los materiales metálicos*

6.4.1.1 En los cuadros que figuran a continuación se establecen las prescripciones para los materiales de construcción:

- .1 Cuadro 6.1: planchas, tubos (con y sin soldadura), secciones y piezas forjadas de tanques de carga y recipientes de elaboración a presión para temperaturas de proyecto no inferiores a 0 °C.
- .2 Cuadro 6.2: planchas, secciones y piezas forjadas de tanques de carga, barreras secundarias y recipientes de elaboración a presión para temperaturas de proyecto por debajo de 0 °C y hasta -55 °C.
- .3 Cuadro 6.3: planchas, secciones y piezas forjadas de tanques de carga, barreras secundarias y recipientes de elaboración a presión para temperaturas de proyecto por debajo de -55 °C y hasta -165 °C.

- .4 Cuadro 6.4: tubos (con y sin soldadura), piezas forjadas y fundidas para tuberías de la carga y procesos de elaboración para temperaturas de proyecto por debajo de 0 °C y hasta -165 °C.
- .5 Cuadro 6.5: planchas y secciones de las estructuras del casco prescritas en 4.19.1.2 y 4.19.1.3.

Cuadro 6.1

PLANCHAS, TUBOS (CON Y SIN SOLDADURA) véanse las notas 1 y 2, SECCIONES Y PIEZAS FORJADAS DE TANQUES DE CARGA Y RECIPIENTES DE ELABORACIÓN A PRESIÓN PARA TEMPERATURAS DE PROYECTO NO INFERIORES A 0 °C								
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TERMOTRATAMIENTO								
◆	Acero al carbonomanganeso							
◆	Acero de grano fino, totalmente calmado							
◆	Pequeñas adiciones de elementos de aleación con acuerdo de la Administración							
◆	Los límites de composición deben ser aprobados por la Administración							
◆	Normalizado, o templado y a temperatura ambiente véase la nota 4							
PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS (AL CHOQUE) DE TRACCIÓN Y RESISTENCIA								
Frecuencia de muestreo								
◆	Planchas	Se someterá a prueba a cada "pieza"						
◆	Secciones y piezas forjadas	Se someterá a prueba a cada "lote"						
Propiedades mecánicas								
◆	Propiedades de tracción	El límite de elasticidad mínimo especificado no excederá de 410 N/mm ² véase la nota 5						
Resistencia (prueba con entalla Charpy en V)								
◆	Planchas	Piezas de pruebas transversales. Valores de energía media mínima (KV) 27 J						
◆	Secciones y piezas forjadas	Piezas de pruebas longitudinales. Energía media mínima (KV) 41J						
◆	Temperatura de prueba	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor t (mm)</th> <th>Temperatura de prueba (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t < 20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>20 < t < 40 véase la nota 3</td> <td>-20</td> </tr> </tbody> </table>	Espesor t (mm)	Temperatura de prueba (°C)	t < 20	0	20 < t < 40 véase la nota 3	-20
		Espesor t (mm)	Temperatura de prueba (°C)					
		t < 20	0					
20 < t < 40 véase la nota 3	-20							
t < 20	0							
20 < t < 40 véase la nota 3	-20							
Notas:								
1	Para los tubos y accesorios sin costura se aplican las prácticas normales. La utilización de tubos soldados longitudinalmente y en espiral será objeto de aprobación especial por parte de la Administración o de la organización reconocida que actúe en su nombre.							
2	Para los tubos no es necesario realizar pruebas al choque con entalla Charpy en V.							
3	El presente cuadro generalmente resulta aplicable al espesor de los materiales hasta 40 mm. Las propuestas relativas a un espesor mayor serán aprobadas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.							
4	Como alternativa, podría utilizarse un proceso de laminación controlada o un TMCP.							
5	Los materiales que tengan un límite mínimo de elasticidad especificado que exceda de 410 N/mm ² podrán ser aprobados por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Respecto de estos materiales, se prestará especial atención a la dureza de las áreas soldadas o afectadas térmicamente.							

Cuadro 6.2

PLANCHAS, SECCIONES Y PIEZAS FORJADAS ^{véase la nota 1} DE TANQUES DE CARGA, BARRERAS SECUNDARIAS Y RECIPIENTES DE ELABORACIÓN A PRESIÓN PARA TEMPERATURAS DE PROYECTO POR DEBAJO DE 0 °C Y HASTA -55 °C Espesor máximo de 25 mm ^{véase la nota 2}															
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y TERMOTRATAMIENTO															
◆ Acero al carbonomanganeso															
◆ Acero de grano fino tratado con aluminio, totalmente calmado															
◆ Composición química (análisis en la cuchara)															
C	Mn	Si	S	P											
0,16 % máx ^{véase la nota 3}	0,7-1,60 %	0,1-0,50 %	0,025 % máx	0,025 % máx											
Adiciones opcionales: En general, tanto las aleaciones como los elementos de afinamiento del grano se ajustarán a las siguientes pautas:															
Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V										
0,8 % máx	0,25 % máx	0,08 % máx	0,35 % máx	0,05 % máx	0,1 % máx										
Contenido total de aluminio 0,02 % mín (Soluble en ácido 0,015 % mín)															
◆ Normalizado o templado y a temperatura ambiente ^{véase la nota 4}															
PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS (AL CHOQUE) DE TRACCIÓN Y RESISTENCIA															
Frecuencia de muestreo															
◆ Planchas			Se someterá a prueba a cada "pieza"												
◆ Secciones y piezas forjadas			Se someterá a prueba a cada "lote"												
Propiedades mecánicas															
◆ Propiedades de tracción			El límite de elasticidad mínimo especificado no excederá de 410 N/mm ² ^{véase la nota 5}												
Resistencia (prueba con entalla Charpy en V)															
◆ Planchas			Piezas de pruebas transversales. Valores de energía media mínima (KV) 27 J												
◆ Secciones y piezas forjadas			Piezas de pruebas longitudinales. Energía media mínima (KV) 41J												
◆ Temperatura de prueba			5 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior												
Notas:															
1 Las entallas Charpy en V y las prescripciones químicas relativas a las piezas forjadas podrán ser objeto de especial examen por parte de la Administración.															
2 Respecto del espesor del material de más de 25 mm, se llevarán a cabo pruebas de entalla Charpy en V, de la siguiente manera:															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Espesor del material (mm)</th> <th style="text-align: center;">Temperatura de la prueba (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">25 < t ≤ 30</td> <td>10 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30 < t ≤ 35</td> <td>15 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">35 < t ≤ 40</td> <td>20 °C por debajo de la temperatura de proyecto</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40 < t</td> <td>Temperatura aprobada por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre</td> </tr> </tbody> </table>						Espesor del material (mm)	Temperatura de la prueba (°C)	25 < t ≤ 30	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior	30 < t ≤ 35	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior	35 < t ≤ 40	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto	40 < t	Temperatura aprobada por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre
Espesor del material (mm)	Temperatura de la prueba (°C)														
25 < t ≤ 30	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior														
30 < t ≤ 35	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto o -20 °C, si ésta es inferior														
35 < t ≤ 40	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto														
40 < t	Temperatura aprobada por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre														
El valor de la energía de los impactos se ajustará al cuadro correspondiente al tipo aplicable de muestra de prueba.															
Los materiales para tanques y piezas de tanques que hayan sido objeto de una relajación completa de esfuerzos térmicos después de la soldadura podrán ser sometidos a pruebas a una temperatura de 5 °C por debajo de la temperatura de proyecto o de -20 °C, si ésta es inferior.															
Para los refuerzos y demás accesorios que hayan sido objeto de una relajación de esfuerzos térmicos, la temperatura de prueba será la misma que la prescrita para la prueba de espesor del forro del tanque adyacente.															

- 3 Mediante la celebración de un acuerdo especial con la Administración, el contenido de carbono podrá incrementarse hasta un máximo de 0,18 %, siempre que la temperatura de proyecto no sea inferior a -40 °C.
- 4 Como alternativa, se podrá utilizar un proceso de laminación controlado o un TMCP.
- 5 Los materiales con un límite mínimo de elasticidad especificado que no exceda de 410 N/mm² podrán ser aprobados por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Respecto de tales materiales, se prestará especial atención a la dureza de las áreas soldadas y afectadas térmicamente.

Orientaciones:

Para los materiales que exceden de 25 mm de espesor respecto de los cuales la temperatura de prueba es de -60 °C o inferior, podrá ser necesario aplicar aceros especialmente tratados o aceros que se ajusten a lo dispuesto en el cuadro 6.3.

Cuadro 6.3

PLANCHAS, SECCIONES Y PIEZAS FORJADAS véase la nota 1 DE TANQUES DE CARGA, BARRERAS SECUNDARIAS Y RECIPIENTES DE ELABORACIÓN A PRESIÓN PARA TEMPERATURAS DE PROYECTO POR DEBAJO DE -55 °C Y HASTA -165 °C véase la nota 2 Espesor máximo 25 mm véanse las notas 3 y 4										
Temperatura mínima de proyecto (°C)	Composición química véase la nota 5 y termotratamiento	Temperatura de la prueba al choque (°C)								
-60	1,5 % de acero de níquel – normalizado o normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente o TMCP véase la nota 6	-65								
-65	2,25 % de acero de níquel – normalizado o normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente o TMCP véanse las notas 6 y 7	-70								
-90	3,5 % de acero de níquel – normalizado o normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente o TMCP véanse las notas 6 y 7	-95								
-105	5 % de acero de níquel – normalizado o normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente véanse las notas 6, 7 y 8	-110								
-165	9 % de acero de níquel – normalizado dos veces y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente véase la nota 6	-196								
-165	Aceros austeníticos, como los del tipo tratados con solución 304, 304L, 316, 316L, 321 y 347 véase la nota 9	-196								
-165	Aleaciones de aluminio; como las del tipo recocido 5083	No es necesario								
-165	Aleación de Fe-Ni austenítica (36 % de níquel) Termotratamiento acordado	No es necesario								
PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS (AL CHOQUE) DE TRACCIÓN Y RESISTENCIA										
Frecuencia de muestreo										
◆ Planchas	Se someterá a prueba a cada "pieza"									
◆ Secciones y piezas forjadas	Se someterá a prueba a cada "lote"									
Resistencia (prueba con entalla Charpy en V)										
◆ Planchas	Piezas de pruebas transversales. Valores de energía media mínima (KV) 27J									
◆ Secciones y piezas forjadas	Piezas de pruebas longitudinales. Energía media mínima (KV) 41J									
Notas:										
1	La prueba al choque prescrita para las piezas forjadas que se utilicen en aplicaciones críticas quedará sujeta a examen especial por parte de la Administración.									
2	Las prescripciones para las temperaturas de proyecto por debajo de -165 °C serán objeto de un acuerdo especial con la Administración.									
3	Respecto de los materiales 1,5 % Ni, 2,25 % Ni, 3,5 % Ni y 5 % Ni, que tengan un espesor superior a 25 mm, la prueba al choque se realizará de la siguiente manera:									
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Espesor del material (mm)</th> <th>Temperatura de prueba (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25 < t ≤ 30</td> <td>10 °C por debajo de la temperatura de proyecto</td> </tr> <tr> <td>30 < t ≤ 35</td> <td>15 °C por debajo de la temperatura de proyecto</td> </tr> <tr> <td>35 < t ≤ 40</td> <td>20 °C por debajo de la temperatura de proyecto</td> </tr> </tbody> </table>			Espesor del material (mm)	Temperatura de prueba (°C)	25 < t ≤ 30	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto	30 < t ≤ 35	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto	35 < t ≤ 40	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto
Espesor del material (mm)	Temperatura de prueba (°C)									
25 < t ≤ 30	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto									
30 < t ≤ 35	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto									
35 < t ≤ 40	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto									
El valor de la energía se ajustará al cuadro correspondiente al tipo aplicable de muestra de prueba. Para los materiales que excedan de 40 mm de espesor, se tendrán especialmente en cuenta los valores de entalla Charpy en V.										

- 4 Para los aceros con 9 % de Ni, aceros inoxidable austeníticos y aleaciones de aluminio, se podrá utilizar un espesor mayor de 25 mm.
- 5 Los límites de las composiciones químicas se ajustarán a las normas reconocidas.
- 6 Los aceros de níquel TMCP quedarán sujetos a la aceptación de la Administración.
- 7 Se podrá acordar con la Administración una temperatura mínima de proyecto inferior respecto de los aceros templados o a temperatura ambiente.
- 8 Se podrá utilizar un acero de 5 % de níquel que haya recibido un termotratamiento especial, como, por ejemplo, el acero de 5 % de níquel de triple termotratamiento, a condición de que las pruebas al choque se realicen a -196 °C.
- 9 La prueba al choque podrá omitirse, a reserva de que se celebre un acuerdo en dicho sentido con la Administración.

Cuadro 6.4

TUBOS (CON Y SIN SOLDADURA) véase la nota 1, PIEZAS FORJADAS véase la nota 2 Y FUNDIDAS véase la nota 2 PARA TUBERÍAS DE LA CARGA Y PROCESOS DE ELABORACIÓN PARA TEMPERATURAS DE PROYECTO POR DEBAJO DE 0 °C Y HASTA -165 °C véase la nota 3 Espesor máximo 25 mm			
Temperatura mínima de proyecto (°C)	Composición química véase la nota 5 y termotratamiento	Prueba al choque	
		Temperatura de prueba	Energía media mínima (KV)
-55	Acero al carbonomanganeso. Grano fino, totalmente calmado. Normalizado o según lo acordado véase la nota 6	Véase la nota 4	27
-65	2,25 % de acero de níquel. Normalizado, normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente véase la nota 6	-70	34
-90	3,5 % de acero de níquel. Normalizado, normalizado y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente véase la nota 6	-95	34
-165	9 % de acero de níquel véase la nota 7. Normalizado dos veces y a temperatura ambiente o templado y a temperatura ambiente	-196	41
	Aceros austeníticos, como los del tipo tratados con solución 304, 304L, 316, 316L, 321 y 347 véase la nota 8	-196	41
	Aleaciones de aluminio; como las del tipo recocido 5083		No es necesario
PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS (AL CHOQUE) DE TRACCIÓN Y RESISTENCIA			
Frecuencia de muestreo			
◆ Se someterá a prueba a cada "lote"			
Resistencia (prueba con entalla Charpy en V)			
◆ Prueba al choque: piezas para pruebas longitudinales			
Notas:			
1	La utilización de los tubos soldados longitudinalmente o en espiral será aprobada especialmente por la Administración.		
2	Las prescripciones para las piezas forjadas y fundidas podrán ser objeto de especial examen por parte de la Administración.		
3	Las prescripciones para las temperaturas de proyecto por debajo de -165 °C serán objeto de un acuerdo especial con la Administración.		
4	La temperatura de prueba será de 5 °C por debajo de la temperatura de proyecto o de -20 °C, si ésta es inferior.		
5	Los límites de las composiciones químicas se ajustarán a las normas reconocidas.		
6	Se podrá acordar con la Administración una temperatura de proyecto inferior respecto de los materiales templados o a temperatura ambiente.		
7	Esta composición química no es adecuada para las piezas fundidas.		
8	La prueba de choque podrá omitirse, a reserva de que se celebre un acuerdo en dicho sentido con la Administración.		

Cuadro 6.5

PLANCHAS Y SECCIONES DE LAS ESTRUCTURAS DEL CASCO PRESCRITAS EN 4.19.1.2 Y 4.19.1.3								
Temperatura mínima de proyecto de la estructura del casco (°C)	Espesor máximo (mm) de los grados de acero							
	A	B	D	E	AH	DH	EH	FH
0 y superior véase la nota 1 -5 y superior véase la nota 2	Normas reconocidas							
Hasta alcanzar -5	15	25	30	50	25	45	50	50
Hasta alcanzar -10	x	20	25	50	20	40	50	50
Hasta alcanzar -20	x	x	20	50	x	30	50	50
Hasta alcanzar -30	x	x	x	40	x	20	40	50
Por debajo de -30	De conformidad con lo establecido en el cuadro 6.2, salvo que la limitación del espesor establecida en el cuadro 6.2 y en la nota 2 de ese cuadro no sea aplicable.							
Notas:								
'x' significa el grado de acero que no se utilizará.								
1 a los efectos de lo prescrito en 4.19.1.3.								
2 a los efectos de lo prescrito en 4.19.1.2.								

6.5 Soldadura de materiales metálicos y pruebas no destructivas

6.5.1 Generalidades

6.5.1.1 La presente sección será aplicable solamente a las barreras primarias y secundarias, incluido el casco interior en donde éste forma la barrera secundaria. Se especifican pruebas de aceptación para los aceros al carbono, al carbonomanganeso, de aleación de níquel e inoxidables, pero estas pruebas se podrán adaptar para otros materiales. Las pruebas al choque del acero inoxidable y de las soldaduras de aleación de aluminio podrán ser omitidas a juicio de la Administración y se podrá disponer especialmente la realización de otras pruebas respecto de cualquier material.

6.5.2 Productos fungibles de soldadura

6.5.2.1 Los productos fungibles destinados a la soldadura de los tanques de carga se ajustarán a las normas reconocidas. Se prescribirá la realización de pruebas de metal de soldadura depositado y de pruebas de soldaduras a tope respecto de todos los productos fungibles. Los resultados obtenidos a partir de las pruebas de choque de tracción y con entalla Charpy en V se ajustarán a las normas reconocidas. Se dejará constancia por escrito, a título informativo, de la composición química del metal de soldadura depositado.

6.5.3 Pruebas de procedimiento de soldaduras para tanques de carga y recipientes de elaboración a presión

6.5.3.1 Es necesario realizar pruebas de procedimiento de soldaduras para tanques de carga y recipientes de elaboración a presión en relación con todas las soldaduras a tope.

6.5.3.2 Los conjuntos de prueba serán representativos de:

- .1 cada material de base;
- .2 cada tipo de material fungible y de procedimiento de soldadura; y
- .3 cada posición de soldadura.

6.5.3.3 Para las soldaduras a tope en planchas, los conjuntos de prueba se prepararán de manera tal que la dirección de rodadura sea paralela a la dirección de la soldadura. El volumen del espesor que se calificará con cada prueba de procedimiento de soldadura se ajustará a lo establecido en las normas reconocidas. Por otra parte, se podrán realizar pruebas radiográficas o ultrasónicas a elección del fabricante.

6.5.3.4 Las siguientes pruebas de procedimientos de soldadura para los tanques de carga y los recipientes de elaboración a presión se realizarán de conformidad con lo dispuesto en 6.3, empleándose probetas elaboradas a partir de cada conjunto de prueba:

- .1 pruebas de tracción de la soldadura transversal;
- .2 pruebas de soldaduras longitudinales, sí así lo prescriben las normas reconocidas;
- .3 pruebas de plegado transversales, que podrán suponer el plegado de cara, de raíz o de lado. Sin embargo, se podrán exigir pruebas de plegado longitudinales en lugar de pruebas de plegado transversales en los casos en que el material de base y el metal de soldadura presenten diferentes niveles de resistencia;
- .4 un conjunto de tres pruebas al choque con entalla Charpy en V, generalmente a cada una de las ubicaciones siguientes, como se muestra en la figura 6.2:
 - .1 eje de la soldadura;
 - .2 línea de fusión;
 - .3 a 1 mm de la línea de fusión;
 - .4 a 3 mm de la línea de fusión; y
 - .5 a 5 mm de la línea de fusión; y
- .5 también se podrá exigir la realización de reconocimientos de la macrosección, de la microsección y de dureza.

6.5.3.5 Cada una de estas pruebas cumplirá las siguientes prescripciones:

- .1 pruebas de tracción: la resistencia a la tracción de las soldaduras transversales no será inferior a la resistencia mínima a la tracción especificada para los correspondientes materiales de base. Para las aleaciones de aluminio, se hará referencia a 4.18.1.3 en relación con las prescripciones para la resistencia del metal de las soldaduras que no concuerdan (si el metal de soldadura presenta una resistencia a la tracción inferior a la del metal de base). En todo caso, se dejará constancia de la posición de fractura a título informativo;
- .2 pruebas de plegado: no se considerará aceptable ninguna fractura producida después de un plegado de 180° en un mandril de un diámetro cuatro veces mayor que el espesor de las probetas; y

- .3 pruebas al choque con entalla Charpy en V: las pruebas con entalla Charpy en V se efectuarán a la temperatura fijada para el metal de base que se vaya a soldar. Los resultados de las pruebas al choque de las soldaduras, utilizando una energía media mínima (KV), serán de por lo menos 27J. Las prescripciones relativas al metal de soldadura deberán ajustarse, para probetas de tamaño reducido y valores de energía correspondientes a cada probeta, a lo prescrito en 6.3.2. Los resultados de las pruebas al choque efectuadas en la línea de fusión y en la zona afectada térmicamente deberán dar una energía media mínima (KV) que se ajuste a las prescripciones relativas al material base, considerado éste en sentido transversal o longitudinal, según proceda, y, para las probetas de tamaño reducido, la energía media mínima (KV) se ajustará a lo prescrito en 6.3.2. Si el espesor del material no permite el maquinado de las probetas, ya sea el tamaño de éstas normal o reducido normalizado, el procedimiento de prueba y los principios de aceptación se ajustarán a normas reconocidas.

6.5.3.6 Las pruebas de procedimiento de soldaduras en ángulo recto se ajustarán a las normas reconocidas. En tales casos, los productos fungibles se seleccionarán de forma que presenten características de choque adecuadas.

6.5.4 *Pruebas de procedimientos de soldadura de tuberías*

Las pruebas de procedimientos de soldaduras de tuberías se llevarán a cabo en la forma indicada en 6.5.3 en relación con los tanques de carga y serán similares a éstas.

6.5.5 *Pruebas de soldadura durante la fabricación*

6.5.5.1 Por lo que respecta a todos los tanques de carga y recipientes de elaboración a presión, excepto los tanques integrales y de membrana, durante la fabricación se efectuarán, en general, pruebas de soldadura por cada 50 m aproximadamente de juntas soldadas a tope, representativas de todas las posiciones de soldadura. Para las barreras secundarias, se realizarán las mismas pruebas de homologación durante la fabricación prescritas para los tanques primarios, con la salvedad de que se podrá reducir el número de pruebas, a condición de que se celebre un acuerdo en dicho sentido con la Administración. Se podrá disponer la realización de pruebas diferentes de las especificadas en 6.5.5.2 a 6.5.5.5 respecto de los tanques de carga o barreras secundarias.

6.5.5.2 Las pruebas durante la fabricación para los tanques independientes de tipo A y de tipo B y los tanques de semimembrana incluirán pruebas de plegado y, cuando sea necesario para las pruebas de procedimiento, un conjunto de tres pruebas con entalla Charpy en V. Las pruebas se realizarán para cada 50 m de soldadura. Las pruebas con entalla Charpy en V se realizarán con probetas que tengan la ranura situada de manera alternativa en el centro de la soldadura y en la zona afectada térmicamente (la zona más crítica sobre la base de los resultados de calificación del procedimiento). Para el acero inoxidable austenítico, todas las ranuras estarán situadas en el centro de la soldadura.

6.5.5.3 Para los tanques independientes de tipo C y los recipientes de elaboración a presión, además de las pruebas indicadas en 6.5.5.2, se llevarán a cabo pruebas de tracción de las soldaduras transversales. Las pruebas de tracción cumplirán las prescripciones establecidas en 6.5.3.5.

6.5.5.4 El programa de garantía y control de la calidad garantizará que las soldaduras de fabricación sigan cumpliendo las normas establecidas en el manual de calidad de los materiales del fabricante.

6.5.5.5 Las prescripciones relativas a las pruebas de los tanques integrales y los tanques de membrana son las mismas que las que resultan aplicables en virtud de lo establecido en 6.5.3.

6.5.6 *Pruebas no destructivas*

6.5.6.1 Todos los procedimientos de prueba y las normas de aceptación se ajustarán a las normas reconocidas, a menos que el proyectista formule una norma más rigurosa para cumplir determinados supuestos de proyecto. Las pruebas radiográficas se utilizarán, en principio, para detectar defectos internos. Sin embargo, se podrá llevar a cabo un procedimiento aprobado de prueba ultrasónica en lugar de pruebas radiográficas, pero además se realizarán pruebas radiográficas adicionales en determinados sitios a fin de verificar los resultados. Por otra parte, se conservarán los registros de las pruebas radiográficas y ultrasónicas.

6.5.6.2 Para los tanques independientes de tipo A y los tanques de semimembrana cuya temperatura de proyecto sea inferior a -20 °C, y para los tanques independientes de tipo B, independientemente de su temperatura, todas las soldaduras a tope con penetración total del forro exterior de los tanques de carga serán sometidas a pruebas no destructivas que permitan detectar defectos internos en toda su longitud. Se podrán realizar pruebas ultrasónicas en lugar de pruebas radiográficas en las mismas condiciones que las señaladas en 6.5.6.1.

6.5.6.3 Cuando la temperatura de proyecto sea superior a -20 °C, todas las soldaduras a tope con penetración total a nivel de los cruces y al menos el 10 % de las restantes soldaduras de penetración total de las estructuras de los tanques serán sometidas a pruebas radiográficas o ultrasónicas en las mismas condiciones que las señaladas en 6.5.6.1.

6.5.6.4 En cada caso, la estructura del tanque restante, incluidos la soldadura de los refuerzos y de otros accesorios y amarres, serán sometidos a examen mediante métodos de inspección por partículas magnéticas o con líquidos penetrantes, según se considere necesario.

6.5.6.5 Para tanques independientes de tipo C, el grado de las pruebas no destructivas será total o parcial, de conformidad con las normas reconocidas, pero los controles que se lleven a cabo no serán menos rigurosos que los siguientes:

.1 Pruebas no destructivas totales a las que se hace referencia en 4.23.2.1.3:

Prueba radiográfica:

.1 todas las soldaduras a tope en toda su longitud;

Pruebas no destructivas para la detección de fisuras en la superficie:

.2 todas las soldaduras de más del 10 % de longitud;

.3 aros de refuerzo alrededor de orificios, boquillas, etc., en toda su longitud.

De manera alternativa, se podría aceptar una prueba por ultrasonido, tal como se describe en 6.5.6.1, como un sustituto parcial de la prueba radiográfica. Además, la Administración podrá disponer la realización de pruebas totales por ultrasonido respecto de la soldadura de los aros de refuerzo alrededor de orificios, boquillas, etc.

.2 Las pruebas parciales no destructivas mencionadas en 4.23.2.1.3:

Pruebas radiográficas:

.1 todas las juntas de cruce soldadas a tope y al menos 10 % de la longitud total de las soldaduras a tope en determinadas posiciones uniformemente distribuidas;

Pruebas no destructivas para la detección de fisuras en la superficie:

.2 aros de refuerzo alrededor de orificios, boquillas, etc. en toda su longitud;

Pruebas por ultrasonido:

.3 según lo disponga, en cada instancia, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.

6.5.6.6 Mediante el programa de garantía y control de la calidad se garantizará que las pruebas no destructivas de las soldaduras sigan cumpliendo las normas establecidas en el manual de calidad de los materiales del fabricante.

6.5.6.7 La inspección de las tuberías se llevará a cabo de conformidad con las prescripciones del capítulo 5.

6.5.6.8 La barrera secundaria será sometida a pruebas no destructivas para la detección de defectos internos, según se considere necesario. Cuando la chapa del forro exterior del casco forme parte de la barrera secundaria, todas las uniones a tope de las tracas de cinta, las intersecciones de todas las uniones a tope y las costuras del forro del costado se someterán a pruebas radiográficas.

6.6 Otras prescripciones para la construcción en materiales metálicos

6.6.1 Generalidades

6.6.1.1 Todas las inspecciones y las pruebas no destructivas de las soldaduras se realizarán de conformidad con las prescripciones establecidas en 6.5.5 y 6.5.6. Cuando en los proyectos se establezcan supuestos de normas más rigurosas o niveles mayores de tolerancia, también se deberá cumplir con los mismos.

6.6.2 Tanque independiente

6.6.2.1 Para los tanques de tipo C y los tanques de tipo B construidos principalmente por cuerpos de revolución, las tolerancias relativas a la fabricación, tales como la ovalización, las desviaciones locales de la verdadera forma, la alineación de las juntas soldadas y la conificación de las placas que tengan diferentes espesores, se ajustarán a las normas reconocidas. Las tolerancias también se relacionarán con los análisis de pandeo indicados en 4.22.3.2 y 4.23.3.2.

6.6.2.2 En lo que respecta a los tanques de tipo C de acero al carbono y carbonomanganeso, se realizará un termotratamiento postsoldadura después de la soldadura, si la temperatura de proyecto es inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tanto el termotratamiento postsoldadura que se realice en todos los demás casos como los otros materiales que no hayan sido mencionados anteriormente se ajustarán a las normas reconocidas. Asimismo, la temperatura de impregnación térmica y tiempo de difusión interior del calor también se ajustarán a las normas reconocidas.

6.6.2.3 En el caso de los tanques de tipo C y de los grandes recipientes de carga a presión de acero al carbono o al carbonomanganeso respecto de los cuales resulta difícil llevar a cabo un termotratamiento, como alternativa a este tratamiento, se podrá llevar a cabo una relajación de los esfuerzos mecánicos mediante presurización, que estará sujeto a las siguientes condiciones:

- .1 las piezas de soldaduras complicadas de recipientes a presión, tales como sumideros o bóvedas con boquillas, con chapas del forro adyacentes, serán sometidas a un tratamiento térmico antes de que se suelden a las partes de mayores dimensiones del recipiente a presión;
- .2 el proceso de relajación de los esfuerzos mecánicos se realizará preferentemente durante la prueba de presión hidrostática prescrita en 4.23.6, mediante la aplicación de una presión superior a la presión de la prueba establecida en 4.23.6.1, siendo el agua el medio de presurización;
- .3 para la temperatura del agua, se aplica lo dispuesto en 4.23.6.2;
- .4 la relajación de esfuerzos se llevará a cabo mientras el tanque esté sujetado por sus monturas normales o su estructura de soporte o, cuando la relajación de esfuerzos no pueda realizarse a bordo, de manera tal que conllevará los mismos esfuerzos y la misma distribución de esfuerzos como cuando el tanque esté sustentado por sus monturas normales o por su estructura de soporte;
- .5 la presión máxima de relajación de esfuerzos se mantendrá durante 2 h por 25 mm de espesor, pero en ningún caso menos de 2 h;
- .6 los límites máximos de los niveles calculados de esfuerzo durante las operaciones de relajación de esfuerzos serán los siguientes:
 - .1 esfuerzo equivalente de la membrana primaria general: $0,9R_e$;
 - .2 esfuerzo equivalente compuesto por el esfuerzo de flexión primario más el esfuerzo de la membrana: $1,35R_e$, donde R_e es el límite mínimo de elasticidad especificado o el límite de elasticidad de 0,2 %, a la temperatura de prueba del acero utilizado para el tanque;
- .7 generalmente se necesitarán las medidas de tensión para demostrar estos límites en relación con, al menos, el primer tanque de un conjunto de tanques idénticos construidos de forma consecutiva. La ubicación de medidores de tensión se incluirá en el procedimiento de relajación de esfuerzos mecánicos que se presentará de conformidad con lo dispuesto en 6.6.2.3;
- .8 con el procedimiento de prueba se demostrará que se logra establecer una relación lineal entre la presión y la tensión al final del proceso de relajación de esfuerzos cuando la presión se eleva nuevamente hasta alcanzar la presión de proyecto;

- .9 las zonas que registran elevados esfuerzos a nivel de los trechos discontinuos geométricos, tales como las boquillas y demás aberturas, serán inspeccionadas, para detectar fisuras, mediante la aplicación de líquidos penetrantes o por partículas magnéticas, después de la relajación de los esfuerzos mecánicos. A este respecto, se prestará atención especial a las placas de más de 30 mm de espesor;
- .10 respecto de los aceros que tengan una relación entre el límite de elasticidad y la resistencia a la rotura por tracción superior a 0,8, en general, el esfuerzo no se relajará de forma mecánica. Si, sin embargo, se eleva el límite de elasticidad por un método que proporcione una alta ductilidad del acero, se podrán aceptar tasas ligeramente más elevadas, tras un análisis pertinente en cada caso;
- .11 la relajación de los esfuerzos mecánicos no puede sustituir al termotratamiento de piezas de los tanques formadas en frío si el grado de formación en frío supera el límite por encima del cual se requiere el tratamiento térmico;
- .12 el espesor del forro interior y de los cabezales de los tanques no excederá de 40 mm. Se podrá aceptar un espesor mayor para aquellas partes que estén aliviadas de esfuerzos térmicos;
- .13 se adoptarán las medidas necesarias para la protección contra el pandeo local, especialmente cuando se utilicen cabezales toriesféricos para tanques y bóvedas; y
- .14 el procedimiento para relajar el esfuerzo mecánico se ajustará a una norma reconocida.

6.6.3 *Barreras secundarias*

Durante la construcción las prescripciones para las pruebas e inspecciones de las barreras secundarias deberán ser aprobadas o aceptadas por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre (véanse 4.6.2.5 y 4.6.2.6).

6.6.4 *Tanques de semimembrana*

Respecto de los tanques de semimembrana, se aplicarán las prescripciones pertinentes de la sección 6.6 relativas a tanques independientes o a tanques de membrana, según corresponda.

6.6.5 *Tanques de membrana*

El programa de garantía y control de la calidad garantizará que la calificación del procedimiento de soldadura, los detalles de proyecto, los materiales, la fabricación, las inspecciones y las pruebas de los componentes durante la fabricación sigan ajustándose a las normas pertinentes. Tales normas y procedimientos se formularán durante el programa de pruebas de prototipos.

6.7 **Materiales no metálicos**

6.7.1 *Generalidades*

La información que figura en el apéndice 4 adjunto proporciona orientaciones en lo que respecta a la selección y la utilización de estos materiales, basándose en la experiencia adquirida hasta la fecha.

CAPÍTULO 7

CONTROL DE LA PRESIÓN Y DE LA TEMPERATURA DE LA CARGA

Objetivo

Mantener la presión y la temperatura de los tanques de carga dentro de los límites del proyecto del sistema de contención de la carga y/o de las prescripciones relativas a su transporte.

7.1 Métodos de control

7.1.1 A excepción de los tanques proyectados para resistir la presión manométrica total del vapor de la carga en las condiciones correspondientes a las temperaturas ambiente de proyecto superiores, la presión y la temperatura de los tanques de carga se mantendrán en todo momento dentro de sus límites de proyecto, sea por medio de alguno de los métodos que se indican a continuación, o mediante una combinación de éstos:

- .1 relicuefacción de vapores de la carga;
- .2 oxidación térmica de vapores;
- .3 acumulación de presión; y
- .4 enfriamiento de cargas líquidas.

7.1.2 Para ciertas cargas, en los casos prescritos en el capítulo 17, el sistema de contención de la carga habrá de poder resistir la totalidad de la presión de vapor de la carga en las condiciones correspondientes a las temperaturas ambiente de proyecto superiores, con independencia de cualquier sistema provisto para tratar los gases de evaporación.

7.1.3 No se aceptará la ventilación de la carga con el fin de mantener la presión y la temperatura de los tanques de carga, excepto en situaciones de emergencia. La Administración podrá permitir el control de ciertas cargas mediante la expulsión de los vapores de la carga a la atmósfera del mar. También podrá permitirse que este procedimiento se lleve a cabo en un puerto, con la autorización de la Administración portuaria.

7.2 Proyecto de sistemas

Para el servicio normal, las temperaturas ambiente superiores de proyecto serán las siguientes:

- mar: 32 °C
- aire: 45 °C

Para el servicio en zonas especialmente frías o cálidas, estas temperaturas de proyecto se incrementarán o disminuirán a los valores que la Administración juzgue satisfactorios. La capacidad total del sistema deberá ser tal que le permita controlar la presión dentro de las condiciones de proyecto sin necesidad de expulsar vapores a la atmósfera.

7.3 Relicuefacción de vapores de la carga

7.3.1 Generalidades

El sistema de relicuefacción podrá estar dispuesto de modo que constituya alguna de las modalidades siguientes:

- .1 un sistema directo, en el que la carga evaporada se comprima, condense y se devuelva a los tanques de carga;
- .2 un sistema indirecto, en el que la carga o la carga evaporada se enfríe o condense por medio de un refrigerante, sin experimentar compresión;
- .3 un sistema combinado, en el que la carga evaporada se comprima y condense en un termocambiador de carga/refrigerante y sea devuelta a los tanques de carga; y
- .4 si, durante las operaciones de control de presión dentro de las condiciones de proyecto, el sistema de relicuefacción produce una corriente residual que incluye metano, estos gases residuales se eliminarán sin ventarlos a la atmósfera, en la medida en que ello sea razonablemente posible.

Nota:

En las prescripciones establecidas en los capítulos 17 y 19 se puede impedir el uso de alguno o algunos de estos sistemas o se puede prescribir la utilización de un sistema específico.

7.3.2 Compatibilidad

Los refrigerantes utilizados para la relicuefacción deberán ser compatibles con la carga con la que puedan entrar en contacto. Además, cuando se utilicen varios refrigerantes que puedan entrar en contacto, éstos serán compatibles entre sí.

7.4 Oxidación térmica de vapores

7.4.1 Generalidades

El mantenimiento de la presión y de la temperatura de los tanques de carga por medio de la oxidación térmica de los vapores de la carga, según se define en 1.2.52 y 16.2, estará permitido sólo para cargas de GNL. Por lo general:

- .1 los sistemas de oxidación térmica no presentarán ninguna llama que sea visible desde el exterior y deberán mantener el máximo de la temperatura de los gases de escape por debajo de los 535 °C;
- .2 la disposición de los espacios en donde se sitúen los sistemas de oxidación se hará de conformidad con lo previsto en 16.3 y los sistemas de abastecimiento deberán ajustarse a las prescripciones de 16.4; y
- .3 en caso de que deban quemarse los desprendimientos de gases procedentes de cualquier otro sistema, el sistema de oxidación será proyectado para tener en cuenta todas las composiciones del gas de alimentación previstas.

7.4.2 *Sistemas de oxidación térmica*

Los sistemas de oxidación térmica deberán ajustarse a las siguientes prescripciones:

- .1 cada sistema de oxidación térmica tendrá una toma independiente;
- .2 cada sistema de oxidación térmica dispondrá de un sistema de tiro forzado específico; y
- .3 las cámaras de combustión y las tomas de los sistemas de oxidación térmica estarán proyectadas de manera que permitan evitar cualquier acumulación de gas.

7.4.3 *Quemadores*

Los quemadores estarán proyectados para mantener una combustión estable en todas las condiciones de quema proyectadas.

7.4.4 *Seguridad*

7.4.4.1 Se instalarán y dispondrán dispositivos adecuados que garanticen el corte del flujo de gas al quemador a menos que se haya producido un encendido satisfactorio y que éste se haya mantenido.

7.4.4.2 Cada sistema de oxidación permitirá anular manualmente el suministro de gas combustible desde un lugar al que pueda accederse de manera segura.

7.4.4.3 Se deberá prever la purga automática de la tubería de suministro de gas a los quemadores por medio de un gas inerte después del apagado de estos quemadores.

7.4.4.4 En caso de apagarse la llama de todos los quemadores de gas o aceite, o de una combinación de ellos, que estén en funcionamiento, las cámaras de combustión del sistema de oxidación se purgarán automáticamente antes de volver a encenderse.

7.4.4.5 Se tomarán medidas para permitir la purga de la cámara de combustión en forma manual.

7.5 **Sistemas de acumulación de presión**

El aislamiento del sistema de contención, la presión de proyecto, o ambos, serán adecuados para proporcionar un margen acorde con el tiempo de funcionamiento y las temperaturas en cuestión. No se exigen sistemas de control de presión y de temperatura complementarios. Las condiciones de aceptación se harán constar en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4.4.

7.6 **Enfriamiento de cargas líquidas**

El líquido de la carga a granel puede refrigerarse por medio de un refrigerante que circule por serpentines instalados en el interior del tanque de carga o sobre su superficie externa.

7.7 Segregación

Cuando se transporten simultáneamente dos o más cargas que puedan reaccionar químicamente de manera peligrosa, se dispondrán sistemas por separado para cada carga, conforme a lo establecido en 1.2.47, cumpliendo cada uno de ellos con los criterios de disponibilidad señalados en 7.8. Para el transporte simultáneo de dos o más cargas que no sean reactivas entre sí, pero respecto de las cuales, debido a las propiedades de su vapor, se exijan sistemas por separado, la separación puede hacerse por medio de válvulas de aislamiento.

7.8 Disponibilidad

La disponibilidad del sistema y de sus servicios auxiliares de apoyo deberá ser tal que:

- .1 en caso de un fallo aislado de un componente mecánico no estático o de un componente de los sistemas de control, la presión y la temperatura de los tanques de carga puedan mantenerse dentro de los límites de proyecto sin afectar a otros servicios esenciales;
- .2 no se necesiten sistemas de tuberías superfluos;
- .3 los intercambiadores de calor que sólo resulten necesarios para mantener la presión y la temperatura de los tanques de carga dentro de sus límites de proyecto contarán con un intercambiador de calor de repuesto, a menos que posean una capacidad que exceda del 25 % de la mayor capacidad necesaria para controlar la presión y que puedan ser reparados a bordo sin recursos externos. No se exige un intercambiador de calor de repuesto cuando se haya dispuesto un procedimiento complementario e independiente de control de la presión y temperatura de la carga que no dependa exclusivamente del intercambiador de calor; y
- .4 para todos los medios de calentamiento o enfriamiento de la carga se adoptarán las medidas necesarias para detectar la fuga de vapores tóxicos o inflamables en zonas que de otra forma no serían potencialmente peligrosas, o fuera del buque, de conformidad con lo previsto en 13.6. Todo respiradero de este mecanismo de detección de fugas se hará hacia un área que no sea potencialmente peligrosa y estará provisto de una pantalla cortallamas.

CAPÍTULO 8

SISTEMAS DE RESPIRACIÓN PARA LA CONTENCIÓN DE LA CARGA

Objetivo

Proteger en todo momento los sistemas de contención de la carga contra la sobrepresión o subpresión perjudiciales.

8.1 Generalidades

Todos los tanques de carga irán provistos de un sistema aliviador de presión apropiado para las características de proyecto del sistema de contención de la carga y para la carga que se transporte. Los espacios de bodega y los espacios interbarreras que puedan estar sometidos a presiones superiores a las de sus características de proyecto contarán, asimismo, con un adecuado sistema aliviador de presión. Los sistemas de control de presión indicados en el capítulo 7 serán independientes de los sistemas aliviadores de presión.

8.2 Sistemas aliviadores de presión

8.2.1 Los tanques de carga, incluidos los tanques de cubierta, irán provistos de dos válvulas aliviadoras de presión por lo menos, cada una de las cuales tendrá la misma capacidad dentro de las tolerancias de los fabricantes y estará convenientemente proyectada y construida para ese servicio específico.

8.2.2 Los espacios interbarreras irán provistos de dispositivos aliviadores de presión.⁸ Para los sistemas de membrana, el proyectista deberá demostrar que el tamaño de las válvulas aliviadoras de presión de los espacios interbarreras es adecuado.

8.2.3 El valor de tarado de las válvulas aliviadoras de presión no será superior a la presión de vapor que se ha utilizado en el proyecto del tanque. Cuando se instalen dos o más válvulas aliviadoras de presión, las válvulas que comprendan no más del 50 % de la capacidad total de desahogo podrán tener un valor de tarado de hasta un 5 % superior al MARVS que permita la izada continua, reduciendo al mínimo la liberación innecesaria de vapor.

8.2.4 A las válvulas aliviadoras de presión instaladas en los sistemas aliviadores de presión les serán aplicables las siguientes prescripciones relativas a la temperatura:

- .1 las válvulas aliviadoras de presión de los tanques de carga con una temperatura de proyecto por debajo de 0 °C serán proyectadas y dispuestas de modo tal que permitan evitar su inutilización debido a la formación de hielo;
- .2 al construirse y disponerse las válvulas aliviadoras de presión se tomarán en cuenta los efectos de la formación de hielo debido a las temperaturas ambiente;
- .3 las válvulas aliviadoras de presión se construirán con materiales cuyo punto de fusión esté por encima de 925 °C. Se podrá admitir el empleo de materiales con un punto de fusión por debajo de esos valores para las partes internas y las juntas, siempre que el funcionamiento a prueba de fallos de las válvulas aliviadoras de presión no se vea comprometido; y

⁸ Véase la interpretación unificada GC9 de la IACS, titulada *Guidance for sizing pressure relief systems for interbarrier spaces*, de 1988.

- .4 a fin de evitar daños, los conductos de detección y escape de las válvulas aliviadoras accionadas por válvulas auxiliares serán construidos adecuadamente de manera sólida.

8.2.5 Prueba de las válvulas

8.2.5.1 Las válvulas aliviadoras de presión serán sometidas a pruebas de homologación. Las pruebas incluirán:

- .1 verificación de la capacidad de alivio;
- .2 pruebas criogénicas, cuando se opere a temperaturas de proyecto por debajo de -55 °C;
- .3 prueba de estanquidad del asiento; y
- .4 las partes expuestas a presión son sometidas a prueba a una presión de, al menos, 1,5 veces la presión de proyecto.

Las válvulas aliviadoras de presión serán sometidas a prueba con arreglo a normas reconocidas.⁹

8.2.5.2 Cada válvula aliviadora de presión se someterá a prueba con el fin de garantizar que:

- .1 se abre al alcanzar la presión de tarado prescrita, con un margen que no excederá de $\pm 10\%$ para una presión de 0 a 0,15 MPa, $\pm 6\%$ para una presión de 0,15 a 0,3 MPa, $\pm 3\%$ para una presión de 0,3 MPa y valores superiores;
- .2 la estanquidad del asiento es aceptable; y
- .3 las partes expuestas a presión resistirán por lo menos 1,5 veces la presión de proyecto.

8.2.6 El tarado y precintado de las válvulas aliviadoras de presión será realizado por la Administración o por la organización reconocida que actúe en su nombre, y se conservará a bordo del buque un registro por escrito de esta operación, con indicación de los valores de la presión de tarado de las válvulas.

8.2.7 Se podrá admitir que los tanques de carga tengan más de una presión de tarado de sus válvulas aliviadoras en los siguientes casos:

- .1 instalando dos o más válvulas aliviadoras de presión, adecuadamente taradas y precintadas, y proporcionando los medios necesarios para aislar del tanque de carga las válvulas que no se estén utilizando; o
- .2 instalando válvulas aliviadoras cuyos valores de tarado puedan modificarse mediante el empleo de un dispositivo previamente aprobado que no exija pruebas de presión para verificar la nueva presión de tarado. Se precintarán todos los demás ajustes de válvulas.

⁹ Normas ISO 21013-1:2008: *Cryogenic vessels -- Pressure-relief accessories for cryogenic service -- Part 1: Reclosable pressure-relief valves*, e ISO 4126-1:2004: *Safety devices for protection against excessive pressure -- Part 1 and part 4: Safety valves*.

8.2.8 La modificación de la presión de tarado efectuada de conformidad con lo dispuesto en 8.2.7 y el correspondiente reajuste de las alarmas mencionado en 13.4.2 se llevarán a cabo bajo la supervisión del capitán, siguiendo procedimientos aprobados y en la forma indicada en el manual de operaciones del buque. Las variaciones producidas en las presiones de tarado se harán constar en el diario de navegación, y se colocará un cartel en la cámara de control de la carga, si la hay, y en cada válvula aliviadora, indicando cuál es la presión de tarado.

8.2.9 En caso de fallo de una válvula aliviadora de presión instalada en un tanque de carga, se dispondrá de un mecanismo seguro de aislamiento de emergencia:

- .1 Se deberán establecer los procedimientos, y éstos deberán incluirse en el manual de operaciones de carga (véase 18.2).
- .2 Los procedimientos permitirán el aislamiento de sólo una de las válvulas aliviadoras de presión instaladas en el tanque de carga.
- .3 El aislamiento de la válvula aliviadora de presión se llevará a cabo bajo la vigilancia del capitán. Esta operación se hará constar en el diario de navegación y se colocará un cartel en la cámara de control de la carga, si la hubiese, y en la válvula aliviadora de presión.
- .4 El tanque no se cargará hasta que se reestablezca completamente la capacidad aliviadora.

8.2.10 Toda válvula aliviadora de presión instalada en un tanque de carga irá conectada a un sistema respiración, el cual estará:

- .1 construido de modo que la descarga sea irrestricta, y en su salida se dirigirá verticalmente hacia arriba;
- .2 dispuesto de manera tal que permita reducir al mínimo la posibilidad de que ingrese agua o nieve en el sistema de respiración;
- .3 dispuesto de tal manera que la altura de las salidas de los respiraderos no sea inferior a $B/3$ o 6 m, si ésta es mayor, por encima de la cubierta de intemperie; y
- .4 6 m por encima de las zonas de trabajo y de las pasarelas.

8.2.11.1 Los respiraderos de las válvulas aliviadoras de presión de la carga estarán dispuestos a una distancia, por lo menos, igual a B o a 25 m., si ésta es menor, de la toma de aire, salida o abertura más próximas que den a espacios de alojamiento o de servicio, puestos de control u otras zonas que no sean potencialmente peligrosas. Para buques con eslora inferior a 90 metros, podrán permitirse distancias menores.

8.2.11.2 Todos los demás respiraderos conectados al sistema de contención de la carga se situarán a una distancia de 10 metros, por lo menos, de la toma de aire, salida o abertura más próximas que den a espacios de alojamiento o de servicio, puestos de control u otras zonas que no sean potencialmente peligrosas.

8.2.12 Todas las demás salidas de respiración de la carga no consideradas en otros capítulos se dispondrán de acuerdo con lo dispuesto en 8.2.10, 8.2.11.1 y 8.2.11.2. Se instalarán mecanismos para evitar el rebose de líquido de las salidas del mástil de respiración debido a la presión hidrostática de los espacios a los cuales están conectadas.

8.2.13 Cuando se transporten simultáneamente cargas que entre sí reaccionen de manera peligrosa, se instalará un sistema aliviador de presión independiente para cada una de ellas.

8.2.14 En el sistema de tuberías de respiración se instalará un mecanismo para drenar el líquido de aquellos lugares en los que pueda acumularse. Las válvulas aliviadoras de presión y las tuberías se dispondrán de modo que en ningún caso pueda acumularse líquido en las válvulas aliviadoras de presión o cerca de ellas.

8.2.15 En los respiraderos se instalarán rejillas protectoras adecuadas, de malla no mayor a 13 mm cuadrados, que eviten la entrada de objetos extraños y que no afecten negativamente al flujo de líquidos. Cuando se transporten cargas específicas, serán aplicables otras prescripciones relativas a rejillas protectoras (véase 17.9 y 17.21).

8.2.16 Todas las tuberías de respiración se proyectarán y dispondrán de modo que no sufran daños por las variaciones de temperatura a las que puedan quedar sometidas ni por las fuerzas producidas por el flujo de líquidos o por los movimientos del buque.

8.2.17 Las válvulas aliviadoras de presión irán conectadas a la parte más alta de los tanques de carga, por encima del nivel de cubierta. Asimismo, dichas válvulas se situarán sobre los tanques de carga de modo que permanezcan en la fase de vapor y en el límite de llenado (FL), conforme a lo establecido en el capítulo 15, con una escora de 15° y un asiento de 0,015L, siendo L la dimensión definida en 1.2.31.

8.2.18 La Administración acreditará la eficacia del sistema de respiración instalado en los tanques cargados de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 15.5.2 teniendo en cuenta las recomendaciones elaboradas por la Organización.¹⁰ El certificado correspondiente permanecerá permanentemente a bordo del buque. A los efectos del presente párrafo, por sistema de respiración se entiende:

- .1 la salida del tanque y las tuberías hacia la válvula aliviadora de presión;
- .2 la válvula aliviadora de presión; y
- .3 las tuberías que van desde las válvulas aliviadoras de presión hasta el lugar de descarga a la atmósfera, incluidas las interconexiones y las tuberías que unen otros tanques.

8.3 Sistemas de protección contra el vacío

8.3.1 Los tanques de carga no proyectados para resistir una presión diferencial exterior máxima de 0,025 MPa, o los tanques incapaces de resistir la presión diferencial exterior máxima que pueda alcanzarse a volúmenes de descarga máximos sin retorno de vapor a los tanques de carga, o por el funcionamiento de un sistema de refrigeración de la carga, o por oxidación térmica, irán provistos de:

- .1 dos conmutadores de presión independientes que, en forma secuencial, den primero una señal de alarma y posteriormente detengan toda succión de líquido de la carga o de vapor de los tanques de carga y el equipo de refrigeración, si lo hubiere, por medios adecuados, a una presión suficientemente inferior a la presión diferencial exterior máxima de proyecto del tanque de carga; o

¹⁰ Véanse las *Directrices para evaluar la idoneidad de los sistemas de respiración de los tanques de tipo C* (resolución A.829(19)).

- .2 válvulas aliviadoras de vacío con una capacidad de flujo gaseoso por lo menos igual al régimen máximo de descarga de cada tanque de carga, reguladas de modo que se abran a una presión suficientemente inferior a la presión diferencial exterior de proyecto del tanque de carga.

8.3.2 A reserva de lo dispuesto en el capítulo 17, las válvulas aliviadoras de vacío permitirán la admisión de un gas inerte, vapor o aire en el tanque de carga e irán instaladas de modo que la posibilidad de que ingrese agua o nieve sea mínima. En caso de admitir el vapor de la carga, éste deberá provenir de una fuente ajena a los conductos de vapor de la carga.

8.3.3 El sistema de protección de vacío podrá ser sometido a pruebas que garanticen que funciona a la presión prescrita.

8.4 Tamaño del sistema aliviador de presión

8.4.1 Tamaño de las válvulas aliviadoras de presión

Las válvulas aliviadoras de presión tendrán una capacidad combinada de alivio que permitirá a cada tanque de carga efectuar, sin que la presión del tanque de carga aumente más de un 20 % por encima del MARVS, la descarga correspondiente al mayor de los dos valores siguientes:

8.4.1.1 La capacidad máxima del sistema de inertización del tanque de carga si la presión máxima de trabajo que puede alcanzar dicho sistema supera el MARVS de los tanques de carga; o

8.4.1.2 Los vapores generados por la exposición al fuego, calculados a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = FGA^{0,82} \text{ (m}^3\text{/s),}$$

donde:

Q = régimen de descarga de aire mínimo exigido en condiciones normales de 273,15 Kelvin (K) y 0,1013 MPa;

F = factor de exposición al fuego para diferentes tipos de carga, según se indica a continuación:

- 1 para tanques sin aislamiento situados en cubierta;
- 0,5 para tanques situados por encima de la cubierta, cuando el aislamiento sea aprobado por la Administración. La aprobación dependerá de la utilización de un material ignífugo, la termoconductancia del aislamiento y su estabilidad al ser expuesto al fuego;
- 0,5 para tanques independientes no aislados instalados en las bodegas;
- 0,2 para tanques independientes aislados instalados en las bodegas (o tanques independientes no aislados instalados en bodegas aisladas);

- 0,1 para tanques independientes aislados ubicados en bodegas inertizadas (o tanques independientes no aislados instalados en bodegas inertizadas y aisladas);
- 0,1 para tanques de membrana y de semimembrana. En el caso de tanques independientes que sobresalgan parcialmente atravesando las cubiertas de intemperie, el factor de exposición al fuego se determinará tomando como base las áreas de superficie situadas por encima y por debajo de la cubierta.

G = factor de gas, calculado mediante la fórmula siguiente:

$$G = \frac{12,4}{LD} \sqrt{\frac{ZT}{M}}$$

en la que:

T = temperatura en grados Kelvin durante la reducción de la presión, es decir, 120 % de la presión de tarado de la válvula aliviadora de presión;

L = calor latente del material que se evapora durante la reducción de la presión, en kJ/kg;

D = una constante basada en la relación de calores específicos k , y se calcula de la siguiente manera:

$$D = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

donde:

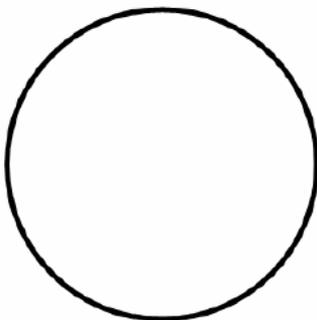
k = relación de calores específicos durante la reducción de la presión, y cuyo valor se sitúa entre 1 y 2,2. Si se desconoce el valor de k , se considerará que $D = 0,606$;

Z = factor de compresibilidad del gas durante la reducción de la presión. Si se desconoce su valor, se considerará que $Z = 1$; y

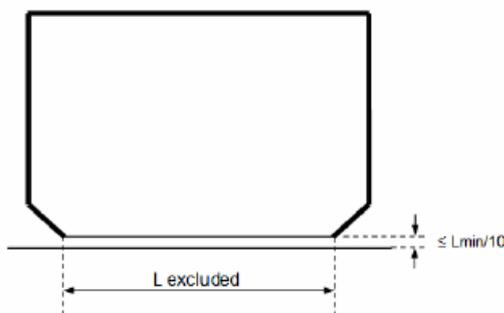
M = masa molecular del producto.

Se determinará el factor gaseoso de cada carga que ha de transportarse y se utilizará el valor más alto a los efectos de determinar el tamaño de las válvulas aliviadoras de presión.

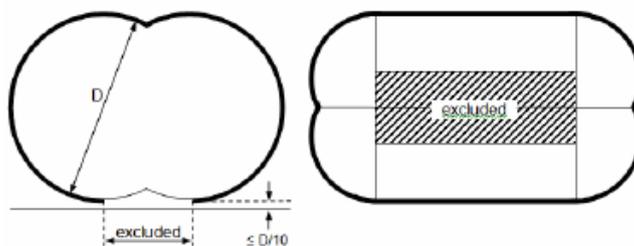
A = área de la superficie externa del tanque (m^2), de conformidad con lo señalado en 1.2.14, para distintos tipos de tanques, tal como se muestra en la figura 8.1.



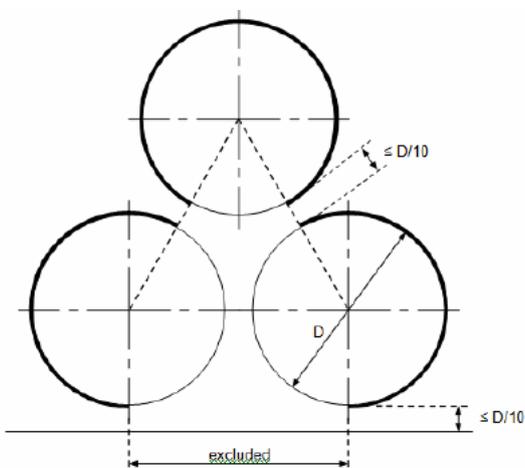
Tanques cilíndricos con cabezas cóncavas en forma esférica, hemisférica o semi-elipsoidal o tanques esféricos



Tanques prismáticos



Tanques bilobulares



Disposición horizontal de tanques cilíndricos

Figura 8.1

8.4.1.3 El flujo másico de aire necesario durante la reducción de la presión está dado por la fórmula:

$$M_{\text{aire}} = Q_{\text{aire}} \rho \text{ (kg / s),}$$

donde:

densidad del aire (ρ_{aire}) = 1,293 kg/m³ (aire a 273,15 K, 0,1013 MPa).

8.4.2 *Determinación de las dimensiones del sistema de tuberías de respiración*

Al determinar el tamaño de las válvulas aliviadoras de presión se tendrán en cuenta las pérdidas de presión que registren aguas arriba y aguas abajo, a fin de garantizar la capacidad de flujo exigida en 8.4.1.

8.4.3 Pérdidas de presión aguas arriba

8.4.3.1 La caída de presión en el conducto de respiración que va desde el tanque hasta la entrada de la válvula aliviadora de presión no excederá del 3 % de la presión de tarado de la válvula al volumen de flujo calculado, de acuerdo con lo señalado en 8.4.1.

8.4.3.2 Las válvulas aliviadoras de presión accionadas por válvulas auxiliares no deberán verse afectadas por pérdidas de presión en la tubería de entrada cuando la válvula auxiliar reaccione directamente desde la cúpula del tanque.

8.4.3.3 En el caso de las válvulas auxiliares de flujo, se tomarán en consideración las pérdidas de presión en las líneas auxiliares controladas a distancia.

8.4.4 *Pérdidas de presión aguas abajo*

8.4.4.1 Cuando se instalen colectores y mástiles de respiración comunes, los cálculos habrán de incluir el flujo proveniente de todas las válvulas aliviadoras de presión adjuntas.

8.4.4.2 La contrapresión acumulada en la tubería de respiración que va desde la salida de la válvula aliviadora de presión hasta el sitio de descarga a la atmósfera, incluidas todas las interconexiones de la tubería de respiración que se ensamblen a otros tanques, no podrá superar los siguientes valores:

- .1 para válvulas aliviadoras de presión no equilibradas: 10 % del MARVS;
- .2 para válvulas aliviadoras de presión equilibradas: 30 % del MARVS; y
- .3 para válvulas aliviadoras de presión accionadas por válvulas auxiliares: 50 % del MARVS.

Podrán aceptarse los valores alternativos proporcionados por el fabricante de las válvulas aliviadoras de presión.

8.4.5 A los fines de garantizar un funcionamiento estable de las válvulas aliviadoras de presión, la purga no será inferior a la suma de la pérdida de presión de entrada y 0,02 MARVS a la capacidad nominal.

CAPÍTULO 9

CONTROL DE LA ATMÓSFERA DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN DE LA CARGA

Objetivo

Permitir la vigilancia de la integridad del sistema de contención y garantizar que la atmósfera en el interior del sistema y de los espacios de bodega se mantenga en condiciones seguras durante todo el tiempo en que el buque se encuentre en servicio.

9.1 Control de la atmósfera en el interior del sistema de contención de la carga

9.1.1 Se instalará un sistema de tuberías que permita desgasificar sin riesgos cada uno de los tanques y llenarlos de manera segura con vapor de carga cuando se hallen desgasificados. La disposición del sistema será tal que la posibilidad de que queden bolsas de gas o de aire después del cambio de atmósfera sea mínima.

9.1.2 Para las cargas inflamables, el sistema estará proyectado de modo que permita eliminar cualquier posibilidad de que en el tanque de carga haya una mezcla inflamable en cualquier fase de la operación de cambio de atmósfera, utilizando un agente inertizador como etapa intermedia.

9.1.3 Los sistemas de tuberías que puedan contener cargas inflamables se ajustarán a lo dispuesto en 9.1.1 y 9.1.2.

9.1.4 Se dispondrá de una cantidad suficiente de puntos de muestreo de gas para cada tanque de carga y sistema de respiración de la carga a los efectos de vigilar adecuadamente el progreso del cambio de atmósfera. Las conexiones del sistema de muestreo de gas estarán provistas de una sola válvula por encima de la cubierta principal, sellada con un capuchón o tapa adecuados (véase 5.6.5.5).

9.1.5 El gas inerte utilizado en estos procedimientos podrá ser provisto desde la costa o desde el barco.

9.2 Control de la atmósfera en el interior de los espacios de bodega (sistemas de contención de la carga que no sean tanques independientes de tipo C)

9.2.1 Los espacios interbarreras y los de bodega relacionados con sistemas de contención de la carga destinados a gases inflamables que exijan barreras secundarias completas o parciales serán inertizados con un gas inerte seco y adecuado, y se mantendrán en ese estado con gas de relleno suministrado por un sistema generador de gas inerte instalado a bordo, o tomado de las reservas del buque, las cuales deberán ser suficientes para un consumo normal de al menos 30 días.

9.2.2 En su defecto, y conforme a las limitaciones señaladas en el capítulo 17, los espacios mencionados en 9.2.1, que requieren sólo una barrera secundaria parcial, podrán ser llenados con aire seco a condición de que el buque mantenga almacenada una reserva de gas inerte o esté provisto de un sistema generador de gas inerte suficiente para inertizar el mayor de dichos espacios, y a condición de que las características de los espacios y los correspondientes sistemas detectores de vapores, junto con la aptitud de los medios de inertización provistos, garanticen que toda fuga de los tanques de carga sea detectada rápidamente y que la inertización se efectúe antes de que surja una situación de peligro. Se instalará un equipo que abastezca de aire seco en cantidad suficiente y de calidad apropiada para satisfacer la demanda prevista.

9.2.3 En el caso de gases no inflamables, los espacios a los que se hace referencia en 9.2.1 y 9.2.2 se podrán mantener con una atmósfera inerte o de aire seco apropiada.

9.3 Control ambiental de los espacios que rodean los tanques independientes de tipo C

Los espacios que rodean los tanques de carga que no cuentan con barreras secundarias se llenarán con gas inerte seco o aire seco adecuados y se mantendrán en este estado con un gas inerte de relleno suministrado por un sistema generador de gas inerte instalado a bordo o tomado del volumen de gas inerte almacenado a bordo, o bien con aire seco suministrado por un equipo secador de aire apropiado. Si la carga fuera transportada a temperatura ambiente, la prescripción referida al aire seco o gas inerte no será aplicable.

9.4 Inertización

9.4.1 Por inertización se entiende el proceso a través del cual se proporciona un medio ambiente incombustible. Los gases inertes serán compatibles químicamente y desde un punto de vista operacional, a todas las temperaturas que puedan registrarse en el interior de los espacios y de la carga. Se tomarán en consideración los puntos de condensación de los gases.

9.4.2 Cuando también se haya de almacenar gas inerte para la extinción de incendios, se transportará en contenedores separados y no se utilizará para los servicios relacionados con la carga.

9.4.3 Cuando se almacene gas inerte a temperaturas inferiores a 0 ° C, ya en estado líquido, ya en estado gaseoso, el sistema de almacenamiento y suministro estará proyectado de modo que la temperatura de la estructura del buque no descienda por debajo de los valores límite que le hayan sido impuestos.

9.4.4 Se proveerá un mecanismo para evitar el reflujo del vapor de la carga dentro del sistema de gas, que sea compatible con el tipo de carga transportada. Si estas plantas se situasen en los espacios de máquinas o en otros espacios fuera de la zona de carga, se instalarán dos válvulas de retención o dispositivos análogos y un carrito en el colector de gas inerte ubicado en el área de carga. Cuando no esté en uso, el sistema de gas inerte se hará independiente del sistema de carga de la zona de carga, excepto en lo que respecta a las conexiones con los espacios de bodega o espacios interbarreras.

9.4.5 Se dispondrá lo necesario para que cada espacio que se esté inertizando pueda quedar aislado, y se instalarán los mandos, las válvulas de seguridad, etc, necesarios para controlar la presión en esos espacios.

9.4.6 Cuando a los espacios de aislamiento se les suministre de manera continua un gas inerte como parte de un sistema de detección de fugas, se proveerán los medios apropiados para vigilar la cantidad de gas suministrado a cada espacio.

9.5 Producción de gas inerte a bordo

9.5.1 Con sujeción a las prescripciones especiales previstas en el capítulo 17, el equipo deberá ser susceptible de producir gas inerte de modo que el oxígeno presente no supere nunca el 5 % del volumen total. Al sistema que desde dicho equipo suministre el gas inerte se le acoplará un indicador del contenido de oxígeno, de lectura continua, que estará provisto de una alarma programada para activarse cuando la proporción de oxígeno represente como máximo el 5 % del volumen total, a reserva de lo dispuesto en el capítulo 17.

9.5.2 Todo sistema de gas inerte irá provisto de comandos reguladores de presión y medios de vigilancia apropiados para el sistema de contención de la carga.

9.5.3 Los espacios que alberguen plantas generadoras de gas inerte no tendrán acceso directo a los espacios de alojamiento, de servicio ni a los puestos de control, pero podrán estar situados en los espacios de máquinas. Las tuberías de gas inerte no atravesarán espacios de alojamiento, de servicio ni puestos de control.

9.5.4 El equipo de combustión para la generación de gas inerte no estará situado en la zona de la carga. Se prestará especial atención al lugar de emplazamiento de equipos generadores de gas inerte que utilicen un procedimiento de combustión catalítica.

CAPÍTULO 10

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Objetivo

Garantizar que las instalaciones eléctricas estén proyectadas de manera tal que reduzcan al mínimo el riesgo de incendio y de explosión debido a la presencia de productos inflamables, y que se dispone de sistemas de generación y distribución eléctrica para la seguridad del transporte, manipulación y acondicionamiento de los líquidos y vapores de la carga.

10.1 Definiciones

A los efectos de este capítulo, salvo disposición expresa en sentido contrario, serán aplicables las siguientes definiciones.

10.1.1 Por *zona potencialmente peligrosa* se entiende una zona en la cual existe o se puede prever que exista una atmósfera de gas explosivo, en cantidades tales que requieren precauciones especiales para la construcción, instalación y uso de aparatos eléctricos.¹¹

10.1.1.1 Por *sector 0 de zona potencialmente peligrosa* se entiende una zona en la cual existe de manera continua, o durante largos periodos, una atmósfera de gas explosivo.

10.1.1.2 Por *sector 1 de zona potencialmente peligrosa* se entiende una zona en la cual es probable que, durante el funcionamiento normal, se forme una atmósfera de gas explosivo.

10.1.1.3 Por *sector 2 de zona potencialmente peligrosa* se entiende una zona en la cual, durante el funcionamiento normal, no es probable que se forme una atmósfera de gas explosivo y, en caso de que se formara, probablemente ocurriría con poca frecuencia y solamente durante un breve periodo.

10.1.2 Por *zona que no es potencialmente peligrosa* se entiende una zona en la cual no se prevé que exista una atmósfera de gas explosivo en cantidades tales que requieran precauciones especiales para la construcción, instalación y uso de aparatos eléctricos.

¹¹ En la publicación de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 60092-502:1999, *Electrical Installation in Ships – Tankers*, se pueden encontrar ejemplos de sectores de zonas potencialmente peligrosas.

10.2 Prescripciones generales

10.2.1 Las instalaciones eléctricas serán tales que reduzcan al mínimo el riesgo de incendio y explosión debido a la presencia de productos inflamables.

10.2.2 Las instalaciones eléctricas se harán de conformidad con normas reconocidas.¹²

10.2.3 El equipo eléctrico o el cableado no se instalará en zonas potencialmente peligrosas, a menos que sea esencial a los fines operacionales o para aumentar la seguridad.

10.2.4 Cuando se instale un equipo eléctrico en zonas potencialmente peligrosas, de conformidad con lo dispuesto en 10.2.3, éste será seleccionado, instalado y mantenido de acuerdo con normas no inferiores a aquellas que resulten aceptables para la Organización. Los equipos para las zonas potencialmente peligrosas serán evaluados y certificados o enumerados por una autoridad encargada de las pruebas que haya sido acreditada o por un organismo notificado reconocido por la Administración. El aislamiento automático de equipos para la detección de gas inflamable no certificados no será aceptado como una alternativa a la utilización de equipos certificados.

10.2.5 A los fines de facilitar la selección de aparatos eléctricos apropiados y la proyección de instalaciones eléctricas adecuadas, las zonas potencialmente peligrosas estarán divididas en sectores de conformidad con las normas reconocidas.

10.2.6 Los sistemas de generación y de distribución eléctrica, y los correspondientes sistemas de control, serán proyectados de modo tal que un simple fallo aislado no traiga aparejada la pérdida de la capacidad para conservar la presión de los tanques de carga, según lo prescrito en 7.8.1, y la temperatura de la estructura del casco, tal como se exige en 4.19.1.6, dentro de los límites normales de funcionamiento. Las modalidades y los efectos del fallo serán analizados y documentados de acuerdo con normas que no sean menos rigurosas que aquellas que resulten aceptables para la Organización.¹³

10.2.7 El sistema de alumbrado en las zonas potencialmente peligrosas se dividirá entre dos circuitos derivados, por lo menos. Todos los interruptores y dispositivos protectores habrán de poder interrumpir todos los polos o fases y estarán ubicados en una zona que no sea potencialmente peligrosa.

10.2.8 Los dispositivos eléctricos de ecosonda o medición de profundidad y los ánodos o electrodos de los sistemas de protección catódica con corriente impresa irán alojados en recintos herméticos.

10.2.9 En los sistemas de contención de la carga se podrán instalar motores eléctricos de las bombas de carga, de tipo sumergido, y sus correspondientes cables de alimentación. Se dispondrá lo necesario para poder parar automáticamente el funcionamiento de los motores en caso de registrarse un nivel bajo de líquido. Esto podrá lograrse detectando una baja presión de descarga de la bomba, una baja tensión de corriente del motor o un bajo nivel de líquido. El puesto de control de la carga recibirá una señal de alarma de dicho corte. Los motores de las bombas de carga serán susceptibles de quedar aislados de su suministro eléctrico durante las operaciones de desgasificación.

¹² Véase la recomendación publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional, en especial la publicación IEC 60092-502:1999.

¹³ IEC 60812, Edición 2.0 2006-01 *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*.

CAPÍTULO 11

PREVENCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCEDIOS

Objetivo

Garantizar que se dispongan los sistemas adecuados para la protección del buque y de su tripulación contra incendios en la zona de carga.

11.1 Prescripciones para la seguridad contra incendios

11.1.1 Las prescripciones del capítulo II-2 del Convenio SOLAS relativas a los buques tanque se aplicarán a los buques regidos por el presente Código, independientemente de su arqueo, incluidos los buques de arqueo bruto inferior a 500, con las siguientes salvedades:

- .1 no se aplicarán las reglas 4.5.1.6 ni 4.5.10;
- .2 las reglas 10.4 y 10.5 se aplicarán tal como se aplicarían a los buques tanque de arqueo bruto igual o superior a 2 000;
- .3 la regla 10.5.6 se aplicará a los buques de arqueo bruto igual o superior a 2 000;
- .4 las siguientes reglas del capítulo II-2 del Convenio SOLAS relacionadas con los buques tanque no serán aplicables y se reemplazarán por los capítulos y secciones del Código que figuran a continuación:

Regla	Sustituida por:
10.10	11.6
4.5.1.1 y 4.5.1.2	Capítulo 3
4.5.5	Secciones pertinentes del Código
10.8	11.3 y 11.4
10.9	11.5
10.2	11.2.1 a 11.2.4;
- .5 las reglas 13.3.4 y 13.4.3 se aplicarán a los buques de arqueo bruto igual o superior a 500.

11.1.2 Se excluirán todas las fuentes de ignición de los espacios donde puedan existir vapores inflamables, salvo que se disponga lo contrario en los capítulos 10 y 16.

11.1.3 Las disposiciones de la presente sección se aplicarán conjuntamente con el capítulo 3.

11.1.4 A los efectos de la lucha contra incendios, toda zona de la cubierta de intemperie por encima de los coferdanes, los espacios de lastre o los espacios perdidos situados en el extremo popel del espacio de bodega situado más a popa, o en el extremo proel del espacio de bodega situado más a proa, quedarán incluidos en la zona de la carga.

11.2 Colectores y bocas contraincendios

11.2.1 Independientemente de su tamaño, los buques que transporten productos regidos por el Código cumplirán lo prescrito en la regla II-2/10.2 del Convenio SOLAS, según se aplique a los buques de carga, con la salvedad de que la capacidad prescrita para las bombas contraincendios y el diámetro establecido para el colector y las tuberías contraincendios no se verán limitados por las disposiciones de las reglas II-2/10.2.2.4.1 y II-2/10.2.1.3, en los casos en que se utilice una bomba contraincendios para abastecer al sistema de aspersión de agua, según lo permitido en 11.3.3 del Código. La capacidad de esta bomba contraincendios será tal que permitirá proteger estas zonas suministrando simultáneamente dos chorros de agua desde mangueras contraincendios con lanzas de 19 mm a una presión mínima de 0,5 MPa (presión manométrica).

11.2.2 Se tomarán las medidas necesarias para que, por lo menos, dos chorros de agua puedan llegar a cualquier parte de la cubierta en la zona de la carga, así como a aquellas partes del sistema de contención de la carga y las tapas de tanque que se encuentran sobre la cubierta. Se dispondrá la cantidad necesaria de bocas contraincendios para cumplir las disposiciones anteriores y satisfacer lo prescrito en las reglas II-2/10.2.1.5.1 y II-2/10.2.3.3 del Convenio SOLAS, debiendo adecuarse la longitud de las mangueras contraincendios a lo especificado en la regla II-2/10.2.3.1.1. Además, se dará cumplimiento a lo prescrito en la regla II-2/10.2.1.6 a una presión mínima de 0,5 MPa (presión manométrica).

11.2.3 Se instalarán válvulas de cierre en todos los cruces que se provean y en el colector o colectores contraincendios, en un emplazamiento protegido situado antes de entrar en la zona de la carga y a intervalos que garanticen el aislamiento de cualquier sección del colector contraincendios que resultara dañada, de modo que se pueda cumplir lo prescrito en 11.2.2 utilizando sólo dos mangueras desde la boca contraincendios más cercana. El suministro de agua al colector contraincendios que se utilice para la zona de la carga estará constituido por un colector poligonal al que se suministrará agua por las bombas contraincendios principales o por un colector abastecido por bombas contraincendios emplazadas a proa y a popa de la zona de la carga, una de las cuales se accionará de manera independiente.

11.2.4 Las lanzas de las mangueras serán de un tipo aprobado de doble efecto (es decir, de aspersión y chorro) y llevarán un dispositivo de cierre.

11.2.5 Tras su instalación, las tuberías, válvulas, accesorios y el sistema montado serán sometidos a pruebas de estanquidad y de funcionamiento.

11.3 Sistema de aspersión de agua

11.3.1 En los buques que transporten productos inflamables y/o tóxicos se instalará un sistema de aspersión de agua para el enfriamiento, la prevención de incendios y la protección de la tripulación, y que servirá:

- .1 las bóvedas expuestas de los tanques de carga, toda parte expuesta de los tanques de carga y toda parte de las tapas de los tanques de carga que puedan verse expuestas al calor como consecuencia de incendios en el equipo adyacente que contenga cargas tales como bombas de refuerzo, calentadores, plantas de regasificación o de relicuefacción expuestas (en lo sucesivo denominadas unidades de procesamiento de gas) emplazadas en las cubiertas de intemperie;
- .2 los recipientes expuestos de almacenamiento en cubierta de productos inflamables o tóxicos;
- .3 las unidades de procesamiento de gas situadas en cubierta;

- .4 las conexiones de descarga de líquidos y vapores de carga y de embarque de la carga, incluidas la brida de presentación y la zona en la que se encuentran sus válvulas de control, la que será, por lo menos, igual a la zona de las bandejas de goteo provistas;
- .5 todas las válvulas de cierre de emergencia (ESD) expuestas en las tuberías para líquidos o vapores de carga, incluida la válvula principal de suministro de los dispositivos que consumen gas;
- .6 los límites expuestos frente a la zona de carga, tales como los mamparos de las superestructuras y las casetas que normalmente tienen dotación, los espacios de máquinas de carga, los pañoles que contienen elementos de alto riesgo de incendio y las cámaras de control de la carga. No es necesario proteger los límites expuestos horizontales de estas zonas a menos que se coloquen, por encima o por debajo de éstas, conexiones desmontables de las tuberías de la carga. Los límites de las estructuras sin dotación del castillo de proa que no contienen elementos ni equipo de alto riesgo de incendio no necesitan protección por aspersión de agua;
- .7 los botes salvavidas y las balsas salvavidas expuestos, así como los puestos de reunión frente a la zona de la carga, independientemente de la distancia a la que se encuentren de la zona de carga; y
- .8 todo espacio de máquinas de carga semicerrado, así como toda cámara de motores de carga semicerrada.

Los buques cuyo tipo de operaciones se indica en 1.1.10 serán objeto de un examen especial (véase 11.3.3.2).

11.3.2.1 El sistema permitirá llegar a todas las zonas mencionadas en 11.3.1.1 a 11.3.1.8, con un volumen de aspersión de agua de distribución uniforme de, por lo menos, 10 l/m²/min para las mayores superficies horizontales proyectadas y de 4 l/m²/min para las superficies verticales. Respecto de aquellas estructuras que no tengan una superficie claramente definida como horizontal o vertical, el volumen del sistema de aspersión de agua no será inferior a la superficie horizontal de proyecto multiplicada por 10 l/m²/min.

11.3.2.2 En las superficies verticales el espaciamiento entre las boquillas que protegen las zonas más bajas podrá tener en cuenta el volumen de agua previsto desde puntos más altos del buque. Se instalarán válvulas de cierre en la tubería principal del sistema de aspersión de agua, a intervalos que no excedan de 40 m, con el fin de aislar las secciones que puedan resultar averiadas. En su defecto, el sistema podrá dividirse en dos secciones o más que podrán operarse por separado, a condición de que se instalen juntos los mandos necesarios en un emplazamiento de fácil acceso fuera de la zona de la carga. Toda sección que brinde protección a una de las zonas mencionadas en 11.3.1.1 y .2 cubrirá al menos la totalidad del grupo de tanques de babor a estribor de esa zona. Toda unidad de procesamiento de gas comprendida en 11.3.1.3 podrá estar servida por una sección independiente.

11.3.3 Las bombas de aspersión de agua tendrán una capacidad suficiente para brindar protección de forma simultánea al mayor de los elementos que figuran a continuación:

- .1 cualesquiera de los dos grupos de tanques completos emplazados de babor a estribor, incluida toda unidad de procesamiento de gas emplazada en estas zonas; o
- .2 en el caso de los buques cuyo tipo de operaciones se describe en 1.1.10, la protección necesaria está sujeta a un examen especial con arreglo a lo dispuesto en 11.3.1 en relación con cualquier peligro de incendio añadido y con el grupo adyacente de tanques colocados de babor a estribor,

además de las superficies especificadas en 11.3.1.4 a 11.3.1.8. En su defecto, podrán utilizarse las principales bombas contraincendios para prestar este servicio, siempre que su capacidad total se incremente en la cantidad necesaria para que funcione el sistema de aspersión de agua. En cualquier caso, deberá hacerse una conexión, a través de una válvula de cierre, entre el colector contraincendios y la tubería principal de suministro del sistema de aspersión de agua que pase por fuera de la zona de la carga.

11.3.4 Los contornos de las superestructuras y de las casetas que normalmente tienen dotación, y los botes salvavidas, las balsas salvavidas y las zonas de reunión situadas frente a la zona de carga también podrán ser servidos por una de las bombas contraincendios o por la bomba contraincendios de emergencia, en caso de que un incendio en un compartimiento pueda dejar fuera de funcionamiento ambas bombas contraincendios.

11.3.5 Las bombas de agua que normalmente se utilizan para otros servicios podrán disponerse de forma tal que puedan utilizarse para suministrar agua a la tubería principal de suministro del sistema de aspersión.

11.3.6 Todas las tuberías, válvulas, boquillas y demás accesorios del sistema de aspersión de agua serán resistentes a la corrosión por agua de mar. Las tuberías, accesorios y sus correspondientes componentes que se sitúen dentro de la zona de carga (excepto las juntas) se proyectarán para resistir 925 °C. El sistema de aspersión de agua dispondrá de filtros en línea para evitar el bloqueo de las tuberías y las boquillas. Además, se proveerán los medios necesarios para el lavado a contracorriente del sistema con agua dulce.

11.3.7 Los dispositivos de activación a distancia de las bombas que abastecen el sistema de aspersión de agua y de accionamiento a distancia de toda válvula que normalmente se encuentre cerrada en el sistema se emplazarán en lugares adecuados situados fuera de la zona de carga, adyacentes a los espacios de alojamiento, que sean de fácil acceso y puedan utilizarse sin dificultades en caso de que se declare un incendio en las zonas protegidas.

11.3.8 Tras su instalación, las tuberías, válvulas, accesorios y el sistema montado serán sometidos a pruebas de estanquidad y de funcionamiento.

11.4 Sistemas de extinción de incendios a base de polvo químico seco

11.4.1 Los buques en los que se vayan a transportar productos inflamables estarán provistos de sistemas fijos de extinción de incendios a base de polvo químico seco, aprobados por la Administración basándose en las directrices elaboradas por la Organización¹⁴ para la lucha contra incendios en la cubierta de la zona de la carga, incluida toda conexión de descarga de líquidos y vapores de carga y de embarque de la carga que haya en la cubierta y en las zonas de manipulación de la carga por la proa o por la popa, según corresponda.

11.4.2 Dicho sistema posibilitará el suministro de polvo de un mínimo de dos mangueras manuales, o de una combinación de un cañón lanzapolvo y mangueras manuales, a cualquier parte expuesta de la tubería para líquidos y vapores de carga, de la conexión de carga y descarga, así como de las unidades expuestas de procesamiento de gas.

11.4.3 El sistema de extinción de incendios a base de polvo químico seco se proyectará con un mínimo de dos unidades independientes. Toda parte que deba ser protegida de conformidad con lo establecido en 11.4.2 deberá estar servida, como mínimo, por dos unidades independientes, por medio de los controles correspondientes, tuberías fijas para medios de presurización, y cañones lanzapolvo o mangueras manuales. Para los buques con una capacidad de carga inferior a 1 000 m³ se deberá instalar solamente una unidad de este tipo. Se instalará un cañón lanzapolvo para proteger toda la zona de conexión de carga y descarga, que podrá accionarse y descargarse de forma directa y a distancia. Si el cañón lanzapolvo puede descargar el polvo necesario a todas las zonas de cobertura prescritas desde una misma posición no será necesario que pueda accionarse a distancia. Se dispondrá una manguera a babor y otra a estribor en el extremo de la zona de carga frente al espacio de alojamiento, y podrá accederse a ellas fácilmente desde dicho espacio.

11.4.4 La capacidad de los cañones lanzapolvo no será inferior a 10 kg/s. Las mangueras manuales deberán ser resistentes a los retorcimientos y estar provistas de lanzas que permitan su abertura y cierre y funcionar con un volumen de descarga no inferior a 3,5 kg/s. Su máximo volumen de descarga permitirá su utilización por un solo hombre. La longitud de las mangueras manuales no excederá de 33 m. Cuando se dispongan tuberías fijas entre el depósito de polvo y la manguera manual o el cañón lanzapolvo, la longitud de las tuberías no excederá de una longitud que permita mantener el polvo en un estado fluido durante su uso constante o intermitente, y que permita purgar el polvo cuando se cierre el sistema. Las mangueras manuales y las lanzas estarán fabricadas de materiales resistentes a la intemperie o se estibarán en depósitos resistentes a la intemperie o dispondrán de tapas resistentes a la intemperie, y se podrá acceder a ellas con facilidad.

11.4.5 Se considerará que las mangueras manuales tienen una distancia máxima efectiva de cobertura igual a la longitud de las mangueras. Se prestará especial atención a aquellas situaciones en las que las zonas que deben protegerse estén considerablemente más altas que los emplazamientos en donde se encuentra el cañón lanzapolvo o el carrito de la manguera manual.

11.4.6 Los buques equipados con conexiones de carga y descarga por la proa o por la popa estarán provistos de una unidad independiente para polvo seco que permita proteger las tuberías de líquido o vapor de la carga, tanto a popa como a proa de la zona de carga, mediante mangueras y un cañón lanzapolvo que sirva a las zonas de carga y descarga por la proa o por la popa, que cumplan las prescripciones establecidas en 11.4.1 a 11.4.5.

¹⁴ Véanse las Directrices para la aprobación de los sistemas fijos de extinción de incendios a base de polvo químico seco para la protección de buques que transporten gases licuados a granel (MSC.1/Circ.1315).

11.4.7 Los buques destinados a navegar tal como se indica en 1.1.10 serán objeto de un examen especial.

11.4.8 Tras su instalación, las tuberías, válvulas, accesorios y sistemas montados serán sometidos a pruebas de estanquidad y de funcionamiento de los puestos de accionamiento directo y a distancia. La prueba inicial también incluirá una descarga de cantidades suficientes de polvo químico seco a fin de comprobar que el sistema funciona adecuadamente. Se inyectará aire seco en todas las tuberías de distribución para cerciorarse de que no haya obstrucciones.

11.5 Espacios cerrados que contienen equipo de manipulación de carga

11.5.1 Los espacios cerrados que cumplan los criterios para los espacios de máquinas de carga establecidos en 1.2.10 y las cámaras de máquinas de carga situadas en la zona de la carga del buque estarán provistos de un sistema fijo de extinción de incendios que cumpla lo dispuesto en el Código SSCI y que tenga en cuenta los volúmenes de concentración y aplicación prescritos para extinguir incendios provocados por gas.

11.5.2 En los buques dedicados al transporte de un número limitado de cargas los espacios cerrados que cumplan los criterios de los espacios de máquinas de carga establecidos en el capítulo 3.3, ubicados en la zona de la carga, estarán protegidos por un sistema de extinción de incendios adecuado para la carga transportada.

11.5.3 En todos los buques los compartimientos de torreta estarán protegidos por un sistema interno de aspersión de agua, con un volumen de aplicación no inferior a 10 l/m²/min para la mayor superficie horizontal proyectada. Si la presión del flujo de gas a través de la torreta excede de 4 MPa, el volumen de aplicación se incrementará a 20 l/m²/min. El sistema estará proyectado para proteger a todas las superficies internas.

11.6 Equipos de bomberos

11.6.1 Los buques que transporten productos inflamables llevarán equipos de bomberos que cumplan las prescripciones establecidas en la regla II-2/10.10 del Convenio SOLAS, a saber:

Capacidad total de la carga	Número de equipos
5 000 m ³ e inferior	4
Superior a 5 000 m ³	5

11.6.2 En el capítulo 14 figuran las prescripciones adicionales para los equipos de seguridad.

11.6.3 Todo aparato de respiración autónomo prescrito como parte del equipo de bombero será un aparato autónomo accionado por aire comprimido con una capacidad mínima de 1 200 litros de aire libre.

CAPÍTULO 12

VENTILACIÓN ARTIFICIAL EN LA ZONA DE LA CARGA

Objetivo

Garantizar que en los espacios cerrados de la zona de carga se disponga de dispositivos para controlar la acumulación de vapores inflamables y/o tóxicos.

Ámbito de aplicación

Las prescripciones de este capítulo sustituyen a las prescripciones establecidas en las reglas II-2/4.5.2.6 y 4.5.4.1 del Convenio SOLAS, en su forma enmendada.

12.1 Espacios a los que es necesario ingresar durante las operaciones normales de manipulación de la carga

12.1.1 Las cámaras de motores eléctricos, de compresores de carga y de bombas, los espacios que contienen equipo de manipulación de la carga y demás espacios cerrados en donde puedan acumularse los vapores de la carga irán provistos de sistemas fijos de ventilación artificial que se puedan controlar desde el exterior. La ventilación se realizará de manera continua a fin de evitar la acumulación de vapores tóxicos y/o inflamables, debiendo disponerse de un mecanismo de vigilancia que resulte aceptable para la Administración. Se colocará un aviso de advertencia fuera del compartimiento exigiendo el uso de dicha ventilación antes del ingreso.

12.1.2 Las entradas y salidas de la ventilación artificial estarán dispuestas de modo que garanticen una circulación suficiente de aire por el espacio de que se trate a fin de evitar la acumulación de vapores inflamables, tóxicos o asfixiantes, y para que el entorno laboral sea seguro.

12.1.3 El sistema de ventilación tendrá una capacidad no menor a 30 renovaciones de aire por hora, considerando el volumen total del espacio. Como excepción, en las salas de control de las cargas que no sean potencialmente peligrosas podrá haber ocho renovaciones de aire por hora.

12.1.4 Cuando un espacio cuente con una abertura hacia un espacio o zona adyacente que sea potencialmente más peligroso, dicho espacio se mantendrá en un estado de sobrepresión. La abertura podrá hacerse hacia un espacio que sea potencialmente menos peligroso o que no sea potencialmente peligroso utilizando una protección contra la sobrepresión de conformidad con normas reconocidas.

12.1.5 Los conductos de ventilación, las tomas de aire y las salidas de escape que sirven a los sistemas de ventilación artificial irán situados de conformidad con normas reconocidas.¹⁵

12.1.6 Los conductos de ventilación de las zonas potencialmente peligrosas no atravesarán espacios de alojamiento, de servicio o de máquinas, ni puestos de control, salvo en los casos permitidos en el capítulo 16.

¹⁵ Véase la recomendación publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional, en especial la publicación IEC 60092-502:1999.

12.1.7 Los motores eléctricos de los ventiladores se instalarán fuera de los conductos de ventilación que puedan contener vapores inflamables. Los ventiladores no crearán fuentes de ignición en los espacios ventilados ni en el sistema de ventilación de dichos espacios. Los ventiladores emplazados en zonas potencialmente peligrosas y los conductos de ventilación próximos a esos ventiladores serán construidos de manera que no desprendan chispas, tal como se indica a continuación:

- .1 impulsores o alojamientos no metálicos, prestando la debida atención a la eliminación de electricidad estática;
- .2 impulsores y alojamiento, de materiales no ferrosos;
- .3 impulsores y alojamiento, de acero inoxidable austenítico; y
- .4 impulsores y alojamiento ferrosos con un huelgo proyectado no inferior a 13 mm en las puntas de las palas.

Se considerará que toda combinación de un componente fijo o giratorio de aleación de aluminio o magnesio con un componente fijo o giratorio ferroso, sea cual fuere el huelgo en las puntas de las palas, es peligrosa por la posible emisión de chispas, y no se utilizará en estos lugares.

12.1.8 Cuando en el presente capítulo se prescriban ventiladores, se deberá disponer, tras el fallo de cualquier ventilador, de toda la capacidad de ventilación requerida para cada espacio, o se proporcionarán piezas de respeto, entre ellas; un motor, repuestos de arranque y un elemento rotatorio completo, incluidos cojinetes de cada tipo.

12.1.9 En las aberturas exteriores de los conductos de ventilación se instalarán rejillas protectoras cuya malla no exceda de 13 mm cuadrados.

12.1.10 Cuando los espacios se encuentren protegidos por presurización, la ventilación deberá ser proyectada e instalada de acuerdo con normas reconocidas.¹⁶

12.2 Espacios a los cuales habitualmente no se ingresa

12.2.1 Los espacios cerrados en donde se puedan acumular vapores de la carga se deberán poder ventilar a fin de garantizar un medio ambiente seguro cuando sea necesario entrar en ellos. Esto deberá ser posible sin necesidad de ingresar previamente a tal fin.

12.2.2 Las instalaciones permanentes serán dotadas con una capacidad de 8 renovaciones de aire por hora, y los sistemas portátiles dispondrán de una capacidad de 16 renovaciones de aire por hora.

12.2.3 Los ventiladores o sopladores estarán apartados de las aberturas de acceso para el personal y se ajustarán a lo dispuesto en 12.1.7.

¹⁶ Véase la recomendación publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional, en especial la publicación IEC 60092-502:1999.

CAPÍTULO 13

INSTRUMENTOS Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Objetivo

Asegurarse de que la instrumentación y los sistemas de automatización garanticen la seguridad del transporte, la manipulación y el acondicionamiento de los líquidos y vapores de la carga.

13.1 Generalidades

13.1.1 Cada tanque de carga irá provisto de dispositivos indicadores del nivel, la presión y la temperatura de la carga. Los manómetros y los indicadores de temperatura se instalarán en los sistemas de tuberías para líquido y vapor existentes en las instalaciones de refrigeración de la carga.

13.1.2 Si las operaciones de carga y descarga del buque se realizan por medio de válvulas y bombas controladas por telemando, todos los mandos e indicadores relacionados con un determinado tanque de carga estarán concentrados en un mismo puesto de control.

13.1.3 Los instrumentos serán sometidos a pruebas que garanticen su seguridad funcional en las condiciones de trabajo previstas y serán recalibrados a intervalos regulares. Los procedimientos de prueba de los instrumentos y los intervalos entre cada recalibración serán los que recomiende el fabricante.

13.2 Indicadores de nivel para tanques de carga

13.2.1 Todo tanque de carga irá provisto de uno o más dispositivos indicadores del nivel de líquido, concebidos para garantizar la obtención de una lectura del nivel siempre que el tanque de carga esté en funcionamiento. El o los dispositivos estarán proyectados para funcionar en toda la gama de presiones proyectada para el tanque de carga y a temperaturas comprendidas en la gama de temperaturas del régimen de la carga.

13.2.2 Cuando se instale sólo un indicador de nivel de líquido, su disposición será tal que pueda mantenerse en condiciones operativas sin necesidad de vaciar o desgasificar el tanque.

13.2.3 Los indicadores del nivel de líquido de los tanques de carga podrán ser de los tipos indicados a continuación, sin perjuicio de las prescripciones especiales relativas a determinadas cargas que se señalen en la columna 'g' del cuadro del capítulo 19:

- .1 dispositivos indirectos, que determinen la cantidad de carga utilizando mecanismos tales como el pesaje o las mediciones de flujo en línea;
- .2 dispositivos cerrados que no penetran en el tanque de carga, como los que se sirven de radioisótopos o medios ultrasónicos;
- .3 dispositivos cerrados que penetran en el tanque de carga pero que forman parte de un sistema cerrado e impiden que la carga se salga, tales como los sistemas de flotador, sondas electrónicas, sondas magnéticas e indicadores de burbuja. Si un dispositivo medidor cerrado no está montado directamente en el tanque, irá provisto de una válvula de cierre situada lo más cerca posible del tanque; y

- .4 dispositivos de paso reducido que penetran en el tanque y que, cuando se están utilizando, permiten que una cantidad pequeña de carga gaseosa o líquida escape a la atmósfera, tales como los medidores de tubo fijo y de tubo deslizante. Cuando no se esté haciendo uso de ellos, los dispositivos se mantendrán completamente cerrados. La concepción y la instalación del dispositivo serán tales que impidan que al abrirse produzca una fuga peligrosa de la carga. Estos dispositivos medidores serán proyectados de modo que su abertura máxima no exceda de 1,5 mm de diámetro o de un área equivalente, a menos que estén provistos de una válvula limitadora de flujo.

13.3 Control de reboses

13.3.1 Salvo en los casos señalados en 13.3.4, todo tanque de carga irá provisto de una alarma de alto nivel de líquido que funcione independientemente de los demás indicadores de nivel de líquido y que cuando se active emita una señal sonora y visual.

13.3.2 Un sensor adicional que funcione independientemente de la alarma de nivel alto de líquido accionará automáticamente una válvula de cierre de una manera que evitará una presión excesiva de líquido en la línea de carga e impedirá que el tanque se llene de líquido.

13.3.3 A tal fin, podrá utilizarse la válvula de cierre de emergencia a la que se hace referencia en 5.5 y 18.10. Si se utiliza otra válvula con ese fin, se dispondrá a bordo de la información señalada en 18.10.2.1.3. Durante la carga, siempre que el uso de estas válvulas pueda producir un excesivo aumento de presión en el sistema de carga, se utilizarán mecanismos alternativos tales como la limitación del régimen de carga.

13.3.4 No se exigirá una alarma indicadora de nivel alto de líquido ni un dispositivo de interrupción automática del llenado del tanque de carga, si éste:

- .1 es un tanque de presión con un volumen que no sea superior a 200 m³; o
- .2 ha sido proyectado de modo que resista la máxima presión posible durante la operación de carga, y dicha presión sea inferior a la presión de tarado de la válvula aliviadora del tanque de carga.

13.3.5 Deberá poder verificarse la posición de los sensores en el tanque antes de la puesta en servicio. La primera vez que se haga una carga plena después de la entrega y después de cada dique seco, se efectuará una prueba de las alarmas de nivel alto elevando el nivel del líquido de la carga en el tanque de carga hasta el punto de alarma.

13.3.6 Deberá poder comprobarse el funcionamiento de todos los elementos de las alarmas de nivel, incluido el circuito eléctrico y el o los sensores de las alarmas de alto nivel y de sobrellenado. Conforme a lo dispuesto en 18.6.2, los sistemas serán sometidos a prueba antes de la operación de carga.

13.3.7 Cuando se adopten medidas para neutralizar el sistema de control de reboses, éstas deberán incluir mecanismos que prevengan su activación involuntaria. Al producirse la neutralización, se generará una señal visual continua en la estación o estaciones de control pertinentes y en el puente de navegación.

13.4 Vigilancia de la presión

13.4.1 El espacio para vapor de cada tanque de carga irá provisto de un manómetro de lectura directa. Además, se instalará un indicador indirecto en el puesto de control de la carga prescrito en 13.1.2. Se indicarán claramente las presiones máxima y mínima admisibles.

13.4.2 En el puente de navegación y en el puesto de control prescrito en 13.1.2 se instalará un dispositivo de alarma contra presiones elevadas y, si se exigiese protección contra el vacío, también se instalará un dispositivo de alarma contra presiones bajas. Las alarmas se activarán antes de alcanzarse las presiones de tarado.

13.4.3 Para los tanques de carga provistos de válvulas aliviadoras de presión, para las cuales se pueda haber fijado más de un valor de presión de tarado, de conformidad con lo previsto en 8.2.7, se dispondrá de alarmas de alta presión para cada valor de presión de tarado que se establezca.

13.4.4 Cada conducto de descarga de la bomba de carga y cada colector de carga líquida y de vapor irá provisto de, al menos, un manómetro.

13.4.5 Se instalarán indicadores de la presión del colector, de lectura directa, que indiquen la presión existente entre las válvulas colectoras del buque y las conexiones de los conductos flexibles a tierra.

13.4.6 Los espacios de bodega y los espacios interbarreras carentes de conexiones abiertas a la atmósfera irán provistos de manómetros.

13.4.7 Todos los manómetros instalados deberán ser susceptibles de indicar la gama completa de presiones que se registren.

13.5 Dispositivos indicadores de temperatura

13.5.1 Todo tanque de carga irá provisto de, al menos, dos indicadores de las temperaturas de la carga, uno situado al fondo del tanque y el otro cerca de la parte superior del mismo, por debajo del nivel más alto admisible del líquido. Se indicará claramente, mediante una señal colocada en los dispositivos indicadores de temperatura, o cerca de éstos, la temperatura más baja para la cual haya sido proyectado el tanque de carga, según figure en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4.4.

13.5.2 Los dispositivos indicadores de temperatura deberán ser susceptibles de indicar la amplia gama de temperaturas previstas que se registren en los tanques de carga.

13.5.3 Cuando se instalen tubos de sondeo de temperatura, éstos se proyectarán de manera tal que permitan reducir al mínimo los fallos debidos a la fatiga del material en condiciones normales de servicio.

13.6 Detección de gas

13.6.1 Se instalará un equipo detector de gas con el fin de vigilar la integridad de la contención y manipulación de la carga y de los sistemas auxiliares, de conformidad con las disposiciones previstas en esta sección.

13.6.2 Se instalará con carácter permanente un sistema detector de gas y dispositivos de alarma sonora y visual en:

- .1 todos los espacios de carga y de máquinas de carga cerrados (incluidos los compartimientos de torretas) que contienen tuberías de gas, equipos de gas o dispositivos que consumen gas;
- .2 otros espacios cerrados o semicerrados en los que se pueda acumular vapor de carga, incluidos los espacios interbarreras y los espacios de bodega destinados a tanques independientes que no sean tanques de tipo C;
- .3 las esclusas neumáticas;
- .4 los espacios de motores de combustión interna caldeados por gas indicados en 16.7.3.3;
- .5 los tambuchos de ventilación y conductos de gas, de acuerdo con lo dispuesto en el capítulo 16;
- .6 los circuitos de enfriamiento/calentamiento, según se prescribe en 7.8.4;
- .7 los cabezales de los generadores encargados del suministro gas inerte; y
- .8 las cámaras de motores de las máquinas de manipulación de la carga.

13.6.3 Los equipos detectores de gas serán proyectados, instalados y probados de acuerdo con normas reconocidas¹⁷ y serán compatibles con las cargas que han de transportarse, de conformidad con lo previsto en la columna "f" del cuadro que figura en el capítulo 19.

13.6.4 Cuando en la columna "f" del cuadro que figura en el capítulo 19 se indique que los buques están certificados para el transporte de productos no inflamables, se instalará un sistema para vigilar la falta de oxígeno en los espacios de máquinas de carga y en los espacios de bodega de los tanques de carga. Además, se instalará un equipo para vigilar la falta de oxígeno en los espacios cerrados o semicerrados que contienen equipos que puedan provocar faltas de oxígeno en un ambiente, tales como los generadores de nitrógeno, los generadores de gas inerte o los sistemas refrigerantes por ciclo de nitrógeno.

13.6.5 En el caso de productos tóxicos o de productos tanto tóxicos como inflamables, excepto cuando en la columna "i" del cuadro que figura en el capítulo 19 se hace referencia a 17.5.3, se podrá utilizar un equipo portátil para la detección de productos tóxicos como una alternativa a un sistema instalado de manera permanente. Este equipo se utilizará antes de que el personal ingrese a los espacios enumerados en 13.6.2 y a intervalos de 30 min durante todo el tiempo en que dicho personal permanezca en ese espacio.

13.6.6 En lo que respecta a gases clasificados como productos tóxicos, los espacios de bodega y los espacios interbarreras irán provistos de un sistema permanente de tuberías para la extracción de muestras gaseosas. Se tomarán y analizarán muestras de gas de esos espacios a partir de cada cabezal de muestreo.

¹⁷ IEC 60079-29-1 *Explosive atmospheres – Gas detectors – Performance requirements of detectors for flammable gases.*

13.6.7 Los sistemas de detección de gas instalados de manera permanente serán del tipo de detección continua, capaces de dar una respuesta inmediata. Siempre y cuando no se utilice para activar la función de apagado de seguridad prescrita en 13.6.9 y en el capítulo 16, podrá aceptarse la detección del tipo de muestreo.

13.6.8 Cuando se utilice un equipo de detección de gas del tipo de muestreo, deberán cumplirse las siguientes prescripciones:

- .1 el equipo detector de gas podrá tomar muestras de cada cabezal de muestreo y analizarlas secuencialmente a intervalos que no excedan de 30 min;
- .2 se instalarán tubos individuales de muestreo desde los cabezales de muestreo hasta los equipos de detección; y
- .3 la tubería proveniente de los cabezales de muestreo no atravesará espacios que no sean potencialmente peligrosos, salvo la excepción prevista en 13.6.9.

13.6.9 El equipo de detección de gas puede situarse en un espacio que no sea potencialmente peligroso siempre que los elementos de detección, tales como las tuberías y bombas de muestreo, los solenoides y las unidades de análisis, se encuentren en una caja de acero totalmente cerrada con una puerta sellada por una junta. El ambiente dentro del recinto estará monitorizado constantemente. El equipo de detección de gas deberá desactivarse automáticamente cuando dentro del recinto la concentración de gases supere el 30 % del límite inferior de inflamabilidad.

13.6.10 Cuando el recinto no se pueda colocar directamente en el mamparo de proa, las tuberías de muestreo serán de acero u otro material análogo y deberán tenderse siguiendo el trayecto más corto posible. No se admiten las conexiones desmontables, a excepción de los puntos de conexión para las válvulas de aislamiento previstas en 13.6.11 y para las unidades de análisis.

13.6.11 Cuando el equipo de muestreo de gas se encuentre en un espacio que no sea potencialmente peligroso, se montarán un parallas y una válvula manual de aislamiento en cada uno de los conductos de muestreo de gas. La válvula de aislamiento irá montada en la parte que no sea potencialmente peligrosa. Las penetraciones de los tubos de muestreo en los mamparos existentes entre zonas potencialmente peligrosas y zonas que no sean potencialmente peligrosas mantendrán la integridad de la división penetrada. Los gases de escape serán descargados al aire libre en una zona que no sea potencialmente peligrosa.

13.6.12 En cada instalación el número de cabezales de detección y su disposición se determinarán teniendo en cuenta el tamaño y proyecto del compartimiento, la composición y densidad de los productos que han de transportarse y la dilución de la purga o ventilación del compartimiento y de las zonas estancadas.

13.6.13 Toda situación de alarma en un sistema de detección de gas prescrito en la presente sección activará una alarma sonora y visible:

- .1 en el puente de navegación;
- .2 en la estación o estaciones de control correspondientes, cuando se guarden registros de la vigilancia constante de los niveles de gas; y
- .3 en el lugar de lectura del detector de gas.

13.6.14 En el caso de productos inflamables, el equipo detector de gas provisto para los espacios de bodega y los espacios interbarreras que deban ser inertizados permitirá medir las concentraciones de gas en una gama de 0 a 100 % en volumen.

13.6.15 Las alarmas se activarán cuando la concentración de vapor alcance el equivalente al 30 % del límite inferior de inflamabilidad en el aire.

13.6.16 Para los sistemas de contención mediante membrana, los espacios de aislamiento primario y secundario deberán poder ser inertizados y su contenido de gas analizado individualmente.¹⁸ La alarma en el espacio de aislamiento secundario se configurará de acuerdo con lo previsto en 13.6.15, y en el espacio primario se fijará en un valor aprobado por la Administración o por la organización reconocida que actúe en su nombre.

13.6.17 En el caso de los otros espacios descritos en 13.6.2, las alarmas se activarán cuando la concentración de vapor alcance el 30 % del límite inferior de inflamabilidad, y las funciones de seguridad prescritas en el capítulo 16 se activarán antes de que la concentración de vapor alcance el 60 % del límite inferior de inflamabilidad. Los cárteres de motores de combustión interna que funcionen con gas estarán programados para que se active la alarma antes de alcanzar el 100 % del límite inferior de inflamabilidad.

13.6.18 El equipo detector de gas estará proyectado de modo que pueda ser sometido a pruebas fácilmente. Se le efectuarán pruebas y calibraciones a intervalos regulares. Se llevará a bordo un equipo adecuado para este fin, que se utilizará de conformidad con las recomendaciones del fabricante. Se instalarán conexiones permanentes para ese equipo de prueba.

13.6.19 Todo buque irá provisto de, por lo menos, dos juegos portátiles de equipo detector de gas que se ajusten a las prescripciones de 13.6.3 o a una norma nacional o internacional aceptable.

13.6.20 Se proveerá un instrumento adecuado para medir niveles de oxígeno en atmósferas inertes.

13.7 Prescripciones adicionales para los sistemas de contención que necesiten una barrera secundaria

13.7.1 Integridad de las barreras

Cuando se prescriba el uso de una barrera secundaria, se dispondrá de instrumentos instalados de manera permanente que permitan detectar la falta de estanquidad de la barrera principal en algunas de sus partes o cuando la carga líquida entre en contacto con la barrera secundaria. Este instrumental incluirá dispositivos de detección de gas adecuados, de acuerdo con lo dispuesto en 13.6. Sin embargo, no es necesario que dichos instrumentos permitan localizar el sector en donde el líquido de carga se esté filtrando a través de la barrera primaria o en donde la carga líquida haya entrado en contacto con la barrera secundaria.

¹⁸ Gas Concentrations in the Insulation Spaces of Membrane LNG Carriers, marzo de 2007 (publicado por SIGTTO).

13.7.2 *Dispositivos indicadores de temperatura*

13.7.2.1 El número y la ubicación de los dispositivos indicadores de temperatura serán adecuados al proyecto del sistema de contención y a las prescripciones relativas a las operaciones de carga.

13.7.2.2 Cuando la carga se transporte en un sistema de contención de carga con una barrera secundaria, a una temperatura inferior a -55 °C, se dispondrán dispositivos indicadores de temperatura dentro del aislamiento o sobre la estructura del casco adyacente a los sistemas de contención de la carga. Los dispositivos proporcionarán lecturas a intervalos regulares y, en su caso, una señal de alarma cuando la temperatura se aproxime al nivel más bajo para el cual el casco de acero esté preparado.

13.7.2.3 Cuando la carga haya de transportarse a temperaturas inferiores a -55 °C, y siempre que ello sea conveniente para el proyecto del sistema de contención de la carga, los límites del tanque de carga estarán provistos de una cantidad suficiente de dispositivos indicadores de temperatura que permitan verificar que no se produzcan gradientes de temperatura inaceptables.

13.7.2.4 A los efectos de verificar el proyecto y determinar la eficacia del procedimiento de enfriamiento inicial en un solo buque o en una serie de buques similares, uno de los tanques estará provisto de un mayor número de dispositivos que el exigido en 13.7.2.1. Estos dispositivos pueden ser temporales o permanentes y, cuando se construya una serie de buques similares, sólo deberán instalarse en el primer buque.

13.8 **Sistemas de automatización**

13.8.1 Las prescripciones de esta sección serán aplicables cuando se utilicen sistemas de automatización para dar cumplimiento a las funciones de control, vigilancia/alarma y seguridad instrumentadas y prescritas en el presente Código.

13.8.2 Los sistemas de automatización serán proyectados, instalados y sometidos a prueba de acuerdo con normas reconocidas.¹⁹

13.8.3 Deberá poder demostrarse que el soporte físico es adecuado para su utilización en el medio marino, sea por homologación o por otros medios.

13.8.4 El soporte lógico será proyectado y documentado de manera tal que se facilite su uso, incluidos la prueba, el funcionamiento y el mantenimiento.

13.8.5 La interfaz de usuario estará proyectada de modo que el equipo bajo control pueda utilizarse de manera segura y efectiva en todo momento.

13.8.6 Los sistemas de automatización se proyectarán de manera tal que un fallo del soporte físico o un error por parte del operador no den lugar a una situación de inseguridad. Se dispondrán medidas adecuadas para salvaguardar su manejo inadecuado.

13.8.7 A los fines de limitar el efecto de los fallos aislados, se mantendrá una adecuada separación entre las funciones de control, vigilancia/alarma y seguridad. Esto alcanzará a todas las partes de los sistemas de automatización que deban cumplir funciones específicas, incluidos los dispositivos conectados y los suministros de energía.

¹⁹ Véanse las recomendaciones para sistemas informatizados que figuran en la norma publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional, IEC 60092-504:2001 *Electrical installations in ships – Special features – Control and instrumentation*.

13.8.8 Los sistemas de automatización se organizarán de manera tal que la configuración y los parámetros del soporte lógico estén protegidos contra cambios no autorizados o accidentales.

13.8.9 Se gestionará el proceso de cambio con el fin de evitar las consecuencias inesperadas que pudieran derivarse del mismo. Se conservará a bordo un registro de los cambios de configuración y de las aprobaciones efectuados.

13.8.10 Los procedimientos para el desarrollo y mantenimiento de sistemas integrados deberán ajustarse a normas reconocidas.²⁰ Estos procedimientos incluirán una adecuada identificación y gestión de los riesgos.

13.9 Integración del sistema

13.9.1 Las funciones esenciales de seguridad estarán proyectadas de manera que se reduzcan los riesgos de lesiones al personal, las averías de la instalación o los daños al medio ambiente a un nivel aceptable para la Administración, tanto durante el funcionamiento normal como en situaciones de fallo. Las funciones estarán proyectadas a prueba de fallos. Las funciones y responsabilidades respecto de la integración de los sistemas serán definidas y acordadas entre todos los interesados.

13.9.2 Las prescripciones funcionales de cada subsistema componente serán establecidas claramente a los efectos de garantizar que el sistema integrado cumpla con las prescripciones funcionales y de seguridad indicadas y se ajuste a todas las limitaciones del equipo controlado.

13.9.3 Se determinarán con precisión los principales peligros del sistema integrado utilizando técnicas apropiadas en función del riesgo.

13.9.4 El sistema integrado estará dotado de mecanismos adecuados de control de reversión.

13.9.5 Los fallos de una parte del sistema integrado no afectarán a la funcionalidad de las partes restantes, a excepción de aquellas funciones que dependan directamente de la pieza defectuosa.

13.9.6 El funcionamiento con un sistema integrado deberá ser, por lo menos, tan eficaz como lo sería con un equipo o sistema individual autónomo.

13.9.7 Deberá demostrarse la integridad de las máquinas o sistemas esenciales, tanto durante el funcionamiento normal como en situación de fallo.

²⁰ Véanse las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional, ISO/IEC 15288:2008 *Systems and software engineering – System life cycle processes*, e ISO 17894:2005 *Ships and marine technology – Computer applications – General principles for the development and use of programmable electronic systems in marine applications*.

CAPÍTULO 14

PROTECCIÓN DEL PERSONAL

Objetivo

Garantizar que se provea un equipo protector al personal del buque, teniendo en cuenta tanto las operaciones de rutina o situaciones de emergencia como los posibles efectos a corto o a largo plazo del producto que se manipula.

14.1 Equipo protector

14.1.1 Se proveerán equipos protectores adecuados, incluidos medios de protección para los ojos que se ajusten a una norma nacional o internacional reconocida, para la protección de los tripulantes que ejecuten operaciones normales de carga, teniéndose en cuenta las características de los productos que se transporten.

14.1.2 Los equipos de protección personal y los equipos de seguridad prescritos en el presente capítulo se guardarán en taquillas adecuadas, marcadas claramente y situadas en lugares de fácil acceso.

14.1.3 El equipo accionado por aire comprimido será sometido a inspección, por lo menos, una vez al mes por un oficial responsable de la inspección y se dejará constancia en el registro del buque de que se ha realizado la inspección. Este equipo también será objeto de inspección y de pruebas por parte de una persona competente, por lo menos, una vez al año.

14.2 Equipo de primeros auxilios

14.2.1 En un lugar de fácil acceso habrá una camilla que resulte idónea para izar a una persona lesionada desde espacios situados por debajo de la cubierta.

14.2.2 A bordo del buque habrá equipo de primeros auxilios sanitarios, incluido un aparato de respiración artificial por oxígeno, que se ajuste a las prescripciones de la Guía de primeros auxilios (Guía GPA) para las cargas que se enumeran en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel, que figura en el apéndice 2.

14.3 Equipo de seguridad

14.3.1 Se proveerá un número suficiente, que nunca será inferior a tres, de juegos completos de equipo de seguridad, además de los equipos de bomberos prescritos en 11.6.1. Cada uno de estos juegos brindará protección adecuada al personal para poder entrar en un espacio lleno de gas y trabajar en él. Este equipo tendrá en cuenta la naturaleza de las cargas que se enumeran en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel, que figura en el apéndice 2.

14.3.2 Cada uno de los juegos de equipo de seguridad estará compuesto por:

- .1 un aparato respiratorio autónomo de presión positiva provisto de una máscara completa, que no funcione con oxígeno almacenado y que cuente con una capacidad de al menos 1 200 l de aire libre. Todos los juegos del equipo serán compatibles con lo prescrito en 11.6.1;

- .2 indumentaria protectora, botas y guantes que cumplan con lo dispuesto en una norma reconocida;
- .3 un cabo de salvamento, con cinturón, confeccionado con núcleo de acero; y
- .4 una lámpara antideflagrante.

14.3.3 Se proveerá un medio adecuado de suministro de aire comprimido, que contendrá:

- .1 al menos una botella de aire comprimido de repuesto totalmente cargada por cada aparato respiratorio prescrito en 14.3.1;
- .2 un compresor de aire, con una capacidad adecuada que le permita funcionar de manera continua y así suministrar aire a alta presión que sea respirable; y
- .3 un colector de carga que pueda llenar suficientes botellas de aire comprimido de repuesto para los aparatos respiratorios prescritos en 14.3.1.

14.4 Prescripciones relativas a la protección del personal contra productos particulares

14.4.1 Las prescripciones establecidas en esta sección serán aplicables a los buques que transporten productos respecto de los cuales se aplican los párrafos que figuran en la columna "I" del cuadro del capítulo 19.

14.4.2 Se proveerán, para todas las personas a bordo, medios adecuados de protección respiratoria y ocular para casos de evacuación de emergencia, a reserva de las siguientes condiciones:

- .1 los medios de protección respiratoria del tipo de filtro no se aceptarán;
- .2 los aparatos respiratorios autónomos habrán de poder funcionar durante al menos 15 min; y
- .3 los medios de protección respiratoria destinados a evacuaciones de emergencia no se utilizarán para extinción de incendios ni manipulación de la carga, y a este efecto llevarán la oportuna indicación.

14.4.3 Se proveerán una o varias duchas de descontaminación, así como puestos de lavaojos, que estarán adecuadamente indicados y emplazados en cubierta, teniendo en cuenta las dimensiones y el proyecto del buque. Tales duchas y lavaojos deberán poder utilizarse en todas las condiciones ambientales.

14.4.4 La indumentaria protectora prescrita en 14.3.2.2 será hermética.

CAPÍTULO 15

LÍMITES DE LLENADO DE LOS TANQUES DE CARGA

Objetivo

Determinar la cantidad máxima de carga que puede cargarse.

15.1 Definiciones

15.1.1 Por *límite de llenado* se entiende el volumen máximo de líquido en un tanque de carga con respecto al volumen total del tanque cuando la carga líquida ha alcanzado la temperatura de referencia.

15.1.2 Por *límite de carga* se entiende el volumen máximo admisible de líquido en relación con el volumen al que se puede cargar el tanque.

15.1.3 Por *temperatura de referencia* se entiende (solamente a los efectos del presente capítulo):

- .1 cuando no se haya provisto lo necesario para controlar la presión y la temperatura del vapor de la carga, tal como se indica en el capítulo 7, la temperatura correspondiente a la presión del vapor de la carga a la presión de tarado de las válvulas aliviadoras de presión; y
- .2 cuando se haya provisto lo necesario para controlar la presión y la temperatura del vapor de la carga, tal como se indica en el capítulo 7, la temperatura de la carga que, bien al final de la operación de cargar, bien durante el transporte o mientras se efectúe la descarga, sea la más elevada.

15.1.4 Por *temperatura ambiente de proyecto para el servicio sin restricciones* se entiende la temperatura del mar de 32 °C y la temperatura del aire de 45 °C. Sin embargo, la Administración podrá aceptar valores inferiores a estas temperaturas con respecto a los buques que operen en zonas restringidas o que efectúen viajes de duración limitada, casos en que podrá tenerse en cuenta el aislamiento térmico de los tanques. En cambio, se podrán establecer valores superiores a estas temperaturas con respecto a buques que operen permanentemente en zonas de temperatura ambiente elevada.

15.2 Prescripciones generales

El límite máximo de llenado de los tanques de carga se determinará de forma que el espacio de vapor tenga un volumen mínimo a la temperatura de referencia que permita:

- .1 tolerancia de instrumentos, tales como los indicadores de nivel y de temperatura;
- .2 dilatación volumétrica de la carga entre la presión de tarado de las válvulas aliviadoras de presión y el aumento máximo admisible establecido en 8.4; y
- .3 un margen operacional para dar cuenta de los líquidos drenados en dirección a los tanques de carga tras la finalización de la operación de carga, el tiempo de reacción del operador y el tiempo de cierre de las válvulas, véanse 5.5 y 18.10.2.1.4.

15.3 Límite de llenado por defecto

El valor predeterminado para el límite de llenado de los tanques de carga es de 98 % a la temperatura de referencia. Las excepciones que se establezcan a este valor se ajustarán a las prescripciones establecidas en 15.4.

15.4 Determinación del aumento del límite de llenado

15.4.1 Se podrá admitir un límite de llenado superior al límite del 98 % especificado en 15.3 en las condiciones de asiento y escora especificadas en 8.2.17 siempre y cuando:

- .1 no se creen bolsas de vapor aisladas dentro del tanque de carga;
- .2 la disposición de la entrada de las válvulas aliviadoras de presión siga en el espacio de vapor; y
- .3 se establezcan tolerancias respecto de:
 - .1 la dilatación volumétrica de la carga líquida debido al aumento de la presión del MARVS hasta alcanzar la presión de alivio máximo de conformidad con lo prescrito en 8.4.1;
 - .2 un margen operacional de un mínimo de 0,1 % del volumen del tanque; y
 - .3 la tolerancia de instrumentos, tales como los medidores de nivel y de temperatura.

15.4.2 En ningún caso, se permitirá que un límite de llenado exceda del 99,5 % a la temperatura de referencia.

15.5 Límite de carga máximo

15.5.1 El límite de carga máximo (LL) al cual se podrá llenar un tanque de carga quedará determinado por la fórmula siguiente:

$$LL = FL \frac{\rho_R}{\rho_L}$$

donde:

- LL = límite de carga definido en 15.1.2, expresado como porcentaje;
- FL = límite de llenado especificado en 15.3 o en 15.4, expresado como porcentaje;
- ρ_R = densidad relativa de la carga a la temperatura de referencia; y
- ρ_L = densidad relativa de la carga a la temperatura de carga.

15.5.2 La Administración podrá permitir que los tanques de tipo C se carguen de acuerdo con la fórmula consignada en 15.5.1, y con la densidad relativa ρ_R como se define a continuación, siempre que el sistema de respiración de los tanques haya sido aprobado de conformidad con lo prescrito en 8.2.18:

ρ_R = la densidad relativa de la carga a la temperatura más elevada que la carga pueda alcanzar al final de la operación de carga, bien durante el transporte, o mientras se efectúe la descarga, en las condiciones de temperatura ambiente de proyecto descritas en 15.1.4.

Este párrafo no se aplica a productos que requieren un buque de tipo 1G.

15.6 Información que ha de facilitarse al capitán

15.6.1 Se proveerá al capitán del buque un documento en el que se especifiquen los límites máximos admisibles de carga respecto de cada tanque de carga y de cada producto, a la temperatura de carga y a la temperatura de referencia máxima aplicables. La información contenida en este documento deberá ser aprobada por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.

15.6.2 También se hará constar en dicho documento la presión de tarado a la que se han puesto las válvulas aliviadoras de presión.

15.6.3 El capitán llevará siempre a bordo una copia del mencionado documento.

CAPÍTULO 16

UTILIZACIÓN DE LA CARGA COMO COMBUSTIBLE

Objetivo

Garantizar la seguridad de la utilización de la carga como combustible.

16.1 Generalidades

Salvo lo dispuesto en 16.9, el metano (GNL) es la única carga cuyo vapor o gas de evaporación podrá utilizarse en los espacios de categoría A para máquinas, y en tales espacios solo se podrá utilizar en sistemas tales como calderas, generadores de gas inerte, motores de combustión interna, unidad de combustión de gas y turbinas de gas.

16.2 Utilización del vapor de la carga como combustible

En esta sección se aborda la utilización del vapor de la carga como combustible en sistemas tales como calderas, generadores de gas inerte, motores de combustión interna, unidades de combustión de gas y turbinas de gas.

16.2.1 Respecto del GNL vaporizado, el sistema de suministro de combustible cumplirá las prescripciones establecidas en 16.4.1, 16.4.2 y 16.4.3.

16.2.2 En lo que se refiere al GNL vaporizado, los dispositivos que consumen gas no tendrán llamas visibles y mantendrán la temperatura de la toma de los gases de escape por debajo de 535 °C.

16.3 Disposición de los espacios que contienen dispositivos que consumen gas

16.3.1 Los espacios en los que se sitúan dispositivos que consumen gas estarán equipados con un sistema de ventilación mecánica instalado de forma tal que permita evitar las zonas en las que se puede acumular gas, teniendo en cuenta la densidad del vapor y las posibles fuentes de ignición. El sistema de ventilación estará separado de los otros sistemas que se utilizan para ventilar otros espacios.

16.3.2 Se instalarán detectores de gas en estos espacios, en particular en las zonas en las que está reducida la circulación de aire. El sistema de detección de gases cumplirá las prescripciones del capítulo 13.

16.3.3 El equipo eléctrico que se encuentre en el conducto o tubería de forro doble especificado en 16.4.3 se ajustará a las prescripciones del capítulo 10.

16.3.4 Todos los conductos de ventilación y de drenaje que puedan contener combustibles gaseosos o estar contaminados con éstos serán encauzados hacia un emplazamiento seguro que se encuentre fuera del espacio de máquinas y estarán provistos de una pantalla cortallamas.

16.4 Suministro de combustible gaseoso

16.4.1 Generalidades

16.4.1.1 Las prescripciones establecidas en esta sección se aplicarán a las tuberías de suministro de combustible gaseoso situadas fuera de la zona de la carga. Las tuberías de combustible no atravesarán espacios de alojamiento, de servicio, espacios en los que se encuentra el equipo eléctrico ni puestos de control. Al organizar la disposición de las tuberías se tendrán en cuenta los posibles peligros que pudieran surgir como consecuencia de daños mecánicos, en zonas tales como los pañoles o las zonas de manipulación de máquinas.

16.4.1.2 Se dispondrá lo necesario para la inertización y desgasificación de la porción de los sistemas de tuberías de gas combustible situados en el espacio de máquinas.

16.4.2 Detección de fugas

Se proveerá un sistema de alarmas y vigilancia continua que permita detectar toda fuga en el sistema de tuberías de espacios cerrados y cerrar el suministro de gas combustible en cuestión.

16.4.3 Disposición de las tuberías de suministro de combustible

La tubería de combustible podrá pasar a través de espacios cerrados o penetrar en éstos, si no se trata de los espacios cerrados mencionados en 16.4.1, siempre que cumpla una de las condiciones siguientes:

- .1 está constituida por un proyecto de forro doble, que tenga el espacio entre los tubos concéntricos presurizado con gas inerte a una presión mayor que la del combustible gaseoso. La válvula maestra de gas combustible gaseoso, prescrita en 16.4.6, se cierra automáticamente en caso de pérdida de presión de gas inerte; o

- .2 esté instalada en un tubo o conducto equipado con una ventilación por aspiración mecánica que tenga una capacidad de, al menos, 30 cambios de aire por hora y esté dispuesta de manera tal que permita mantener una presión inferior a la presión atmosférica. La ventilación mecánica se ajustará a lo dispuesto en el capítulo 12, según corresponda. La ventilación estará siempre en funcionamiento cuando haya combustible en la tubería, y la válvula maestra de gas combustible gaseoso, tal como se dispone en 16.4.6, se cierra automáticamente si el sistema de ventilación por aspiración no suministra ni mantiene el flujo de aire prescrito. La entrada o el conducto podrán provenir de un espacio de máquinas que no sea potencialmente peligroso, y la salida de la ventilación se encontrará en una ubicación segura.

16.4.4 *Prescripciones relativas al combustible gaseoso con una presión superior a 1 MPa*

16.4.4.1 Los conductos de suministro de combustible situados entre las bombas/compresores que utilizan combustible a alta presión y las unidades de combustión estarán protegidos con un sistema de tuberías de forro doble que permita contener un fallo del conducto de alta presión, teniendo en cuenta tanto los efectos de la presión como los de la baja temperatura. Se podrá aceptar una tubería de forro sencillo desde la zona de la carga hasta la válvula aislante prescrita en 16.4.6.

16.4.4.2 La disposición establecida en 16.4.3.2 también podrá ser aceptable, siempre que la tubería o el tronco permita contener un fallo del conducto de alta presión, de conformidad con lo prescrito en 16.4.7, teniendo en cuenta los efectos de la presión así como los de la posible baja temperatura, y a condición de que tanto la entrada como el escape de la tubería o tronco exterior se sitúen en la zona de la carga.

16.4.5 *Aislamiento de los dispositivos que utilizan gas*

La tubería de suministro de cada unidad que utiliza gas estará provista de aislamiento al combustible gaseoso por medio de válvulas de doble bloqueo y purga, con salida hacia un lugar seguro, tanto en condiciones de funcionamiento normal como en caso de emergencia. Las válvulas automáticas se dispondrán de manera que se cierren automáticamente al fallar la energía de accionamiento. Cuando un espacio contenga varios dispositivos que utilicen gas, el cierre de uno de ellos no afectará al suministro de gas hacia los demás dispositivos.

16.4.6 *Espacios que contienen dispositivos que consumen gas*

16.4.6.1 Será posible aislar el suministro de combustible gaseoso para cada espacio que contenga uno o varios dispositivos que consumen gas o a través del cual pasen tuberías de suministro de combustible gaseoso, equipado con una válvula maestra individual, que esté situado en la zona de la carga. El aislamiento del suministro de combustible gaseoso a un espacio no repercutirá en el suministro de gas a otros espacios que contienen dispositivos que consumen gas si están situados en dos o más espacios, ni ocasionará pérdida de propulsión o de energía eléctrica.

16.4.6.2 Si la barrera doble alrededor del sistema de suministro de gas no es corrida debido a que presenta entradas de aire u otras aberturas, o si existe algún punto en donde un solo fallo causaría una fuga hacia el espacio en cuestión, la válvula maestra individual para el espacio funcionará en las circunstancias siguientes:

- .1 automáticamente, mediante:
 - .1 detección de gas dentro del espacio;

- .2 detección de fugas en el espacio anular de una tubería de forro doble;
 - .3 detección de fugas en otros compartimientos dentro del espacio que contienen tuberías de gas de forro sencillo;
 - .4 pérdida de ventilación en el espacio anular de una tubería de forro doble; y
 - .5 pérdida de ventilación en otros compartimientos dentro del espacio que contienen tuberías de gas de forro sencillo; y
- .2 manualmente, desde el interior del espacio y, como mínimo, una ubicación lejana.

16.4.6.3 Si la barrera doble alrededor del sistema de suministro de gas es corrida, se podrá instalar una válvula maestra en la zona de la carga para cada dispositivo que utilice gas dentro del espacio. Dicha válvula maestra funcionará en las circunstancias siguientes:

- .1 automáticamente, mediante:
 - .1 detección de fugas en el espacio anular de una tubería de forro doble servida por la válvula maestra;
 - .2 detección de fugas en otros compartimientos que contienen tuberías de gas de forro sencillo que sean parte del sistema de suministro servido por la válvula maestra; y
 - .3 pérdida de ventilación o de presión en el espacio anular de una tubería de forro doble; y
- .2 manualmente, desde el interior del espacio y, como mínimo, una ubicación lejana.

16.4.7 *Construcción de tuberías y conductos*

Las tuberías de combustible gaseoso en los espacios de máquinas se ajustarán a lo prescrito en 5.1 a 5.9, según corresponda. Las tuberías, en la medida de lo posible, tendrán juntas soldadas. Los tramos de las tuberías de combustible gaseoso que no estén encerrados en una tubería o conducto ventilado, de conformidad con lo dispuesto en 16.4.3, y se sitúen en las cubiertas de intemperie fuera de la zona de la carga contarán con juntas soldadas a tope con penetración total y serán sometidas a prueba radiográfica total.

16.4.8 *Detección de gas*

Los sistemas de detección de gas provistos de conformidad con las prescripciones de este capítulo activarán la alarma, cuando se alcance un 30 % del límite inferior de inflamabilidad, y el cierre de la válvula maestra de combustible gaseoso prescrita en 16.4.6, cuando se alcance el 60 % del límite inferior de inflamabilidad, como máximo (véase 13.6.17).

16.5 Planta de combustible gaseoso y tanques de almacenamiento conexos

16.5.1 Suministro de combustible gaseoso

Todo el equipo (calentadores, compresores, evaporadores, filtros, etc.) para el acondicionamiento de la carga o de los gases de evaporación de la carga para su utilización como combustible, así como los tanques de almacenamiento correspondientes, se emplazarán en la zona de la carga. Si el equipo está situado en un espacio cerrado, éste estará ventilado de conformidad con lo dispuesto en 12.1 y equipado con un sistema fijo de extinción de incendios, de conformidad con lo prescrito en 11.5, y con un sistema de detección de gas, según lo prescrito en 13.6, según corresponda.

16.5.2 Parada a distancia

16.5.2.1 Todo equipo de rotación utilizado para el acondicionamiento de la carga para su utilización como combustible se dispondrá de forma tal que permita su parada a distancia manual desde la cámara de máquinas. Asimismo, se emplazarán en las zonas que son siempre de fácil acceso, normalmente la cámara de control de la carga, el puente de navegación y el puesto de control de incendios, dispositivos adicionales que permitan la parada a distancia.

16.5.2.2 El equipo de suministro de combustible se detiene automáticamente en el caso de baja presión de succión o de detección de incendios. Salvo disposición expresa en otro sentido, las prescripciones establecidas en 18.10 no deberán aplicarse a los compresores o bombas de combustible gaseoso cuando se utilicen para abastecer los dispositivos que consumen gas.

16.5.3 Medios de calentamiento y enfriamiento

Si el medio de calentamiento o enfriamiento del sistema de acondicionamiento del combustible gaseoso se devuelve a espacios situados fuera de la zona de la carga, se adoptarán las medidas necesarias que permitan detectar la presencia de la carga o del vapor de la carga en el medio de que se trate, y activar la alarma. Las salidas de ventilación se ubicarán en un emplazamiento seguro y estarán equipadas con una pantalla cortallamas de un tipo aprobado.

16.5.4 Tuberías y recipientes a presión

Las tuberías o los recipientes a presión que formen parte del sistema de suministro de combustible gaseoso cumplirán lo dispuesto en el capítulo 5.

16.6 Prescripciones especiales para las calderas principales

16.6.1 Disposiciones

16.6.1.1 Cada caldera tendrá un conducto de toma de gases de escape separado.

16.6.1.2 Cada caldera tendrá un sistema de tiro forzado exclusivo. Se podrá instalar un cruce entre los sistemas de tiro forzado para su utilización en caso de emergencia, siempre que se mantengan todas las funciones de seguridad pertinentes.

16.6.1.3 Las cámaras de combustión y las tomas de las calderas se proyectarán para evitar toda acumulación de combustible gaseoso.

16.6.2 *Equipo de combustión*

16.6.2.1 Los sistemas de quemadores serán de tipo mixto, que permitan quemar ya sea el combustible líquido o el combustible gaseoso, o bien los dos combustibles a la vez.

16.6.2.2 Los quemadores se proyectarán para mantener una combustión estable en todas las condiciones de encendido.

16.6.2.3 Se instalará un sistema automático que permita pasar del funcionamiento con combustible gaseoso a un funcionamiento con combustible líquido sin interrupción del encendido de la caldera, en caso de pérdida de suministro de combustible gaseoso.

16.6.2.4 Las boquillas de gas y el sistema de control del quemador estarán configurados de manera tal que el combustible gaseoso sólo pueda ser encendido por una llama de combustible líquido estable, a menos que el equipo de la caldera y de combustión hayan sido proyectados y aprobados por una organización reconocida para poder ser encendidos con combustible gaseoso.

16.6.3 *Seguridad*

16.6.3.1 Se dispondrá lo necesario para garantizar que el flujo de combustible gaseoso hacia el quemador se corte automáticamente, a menos que el encendido se haya realizado adecuadamente y se haya mantenido.

16.6.3.2 En el sistema de tubería de cada quemador se instalará una válvula de cierre de accionamiento manual.

16.6.3.3 Se tomarán las medidas necesarias para purgar automáticamente la tubería de suministro de gas a los quemadores, por medio de un gas inerte, tras el apagado de estos quemadores.

16.6.3.4 El sistema automático de cambio de combustible prescrito en 16.6.2.3 será controlado por medio de alarmas para garantizar su permanente disponibilidad.

16.6.3.5 Se adoptarán las medidas necesarias para que, en caso de fallo de la llama de todos los quemadores en funcionamiento, las cámaras de combustión de las calderas se purguen de forma automática antes de volver a encenderlos.

16.6.3.6 Se adoptarán las medidas necesarias para que las calderas sean purgadas de forma manual.

16.7 Prescripciones especiales relativas a los motores de combustión interna caldeados con gas

Los motores de combustible mixto son aquellos que emplean combustible gaseoso (con combustible líquido piloto) y combustible líquido. Los combustibles líquidos pueden incluir combustibles destilados y residuales. Los motores de gas monocombustible son los que utilizan combustible gaseoso únicamente.

16.7.1 *Disposiciones*

16.7.1.1 Cuando el gas se suministra mezclado con aire mediante un colector común, se instalarán parallamas antes de cada cabeza de cilindro.

16.7.1.2 Cada motor tendrá su propio escape separado.

16.7.1.3 Los escapes se configurarán para evitar cualquier acumulación de combustible gaseoso sin quemar.

16.7.1.4 A menos que se hayan proyectado con la resistencia suficiente para soportar el peor supuesto de sobrepresión debido a fugas de gases encendidos, se instalarán colectores de entrada de aire, espacios de barrido, un sistema de escape y cárteres con sistemas adecuados de alivio de presión. Estos sistemas darán a un lugar seguro, lejos del personal.

16.7.1.5 Cada motor estará equipado con sistemas de ventilación, independientes de otros motores, respecto de los cárteres, pozos de aspiración y sistemas de enfriamiento.

16.7.2 *Equipo de combustión*

16.7.2.1 Antes de la admisión de combustible gaseoso, se verificará que el sistema de inyección de combustible líquido piloto de cada unidad funcione adecuadamente.

16.7.2.2 Respecto de los motores de explosión de encendido por chispa, si el sistema de control del motor no ha detectado la activación del encendido en un tiempo específico del motor después de la apertura de la válvula de inyección de gas, se cortará automáticamente el suministro de gas y se interrumpirá la secuencia de arranque. Se habrá de garantizar que se elimine del sistema de escape todo rastro de mezcla de gas sin quemar.

16.7.2.3 En los motores de combustible mixto provistos de un sistema de inyección de combustible líquido piloto, se instalará un sistema automático de cambio de combustible que permita pasar de un funcionamiento con combustible gaseoso a un funcionamiento con combustible líquido, que suponga una fluctuación mínima de la potencia del motor.

16.7.2.4 En caso de que se registre un funcionamiento inestable de todo motor que disponga del sistema prescrito en 16.7.2.3, cuando esté funcionando con combustible gaseoso, pasará automáticamente a funcionar con combustible líquido.

16.7.3 *Seguridad*

16.7.3.1 Durante la parada del motor, se cortará automáticamente el suministro de combustible gaseoso antes de aplicar la fuente de ignición.

16.7.3.2 Se dispondrán las medidas necesarias para cerciorarse de que no haya combustible gaseoso no quemado en el sistema de escape de gases antes de proceder al encendido.

16.7.3.3 Los cárteres, pozos de aspiración, espacios de barrido y la ventilación de los sistemas de enfriamiento deberán estar provistos de dispositivos para la detección de gas (véase 13.6.17).

16.7.3.4 Al proyectar el motor se proveerán los medios necesarios que permitan un control continuo de las posibles fuentes de ignición dentro del cárter. Los instrumentos que se instalen en el cárter se ajustarán a las prescripciones del capítulo 10.

16.7.3.5 Se proveerán medios para controlar y detectar una mala combustión o un mal encendido que pudiese ocasionar la acumulación de combustible gaseoso no quemado en el sistema de escape mientras está en funcionamiento. En caso de que se detecte dicha circunstancia, se cerrará el suministro de combustible gaseoso. Los instrumentos instalados en el interior del sistema de escape se ajustarán a las prescripciones del capítulo 10.

16.8 Prescripciones especiales para las turbinas de gas

16.8.1 Disposiciones

16.8.1.1 Cada turbina contará con su propio sistema de escape separado.

16.8.1.2 Los tubos de escape deberán estar debidamente configurados para evitar toda acumulación de combustible gaseoso sin quemar.

16.8.1.3 A menos que se hayan proyectado con la resistencia suficiente para soportar el peor supuesto de sobrepresión debido a fugas de gases encendidos, los sistemas de reducción de la presión se proyectarán de forma adecuada y se instalarán en los sistemas de escape, teniéndose en cuenta las explosiones debidas a las fugas de gases. Los sistemas de reducción de la presión instalados en las tomas de los gases de escape darán a zonas que no sean potencialmente peligrosas, alejadas del personal.

16.8.2 Equipo de combustión

Se instalará un sistema automático que permita pasar, con facilidad y rapidez, de un funcionamiento con combustible gaseoso a un funcionamiento con combustible líquido, que suponga una fluctuación mínima de la potencia del motor.

16.8.3 Seguridad

16.8.3.1 Se proveerán medios para controlar y detectar una mala combustión que pudiese ocasionar la acumulación de combustible gaseoso no quemado en el sistema de escape mientras está en funcionamiento. En caso de que se detecte dicha circunstancia, se cerrará el suministro de combustible gaseoso.

16.8.3.2 Cada turbina estará provista de un dispositivo de cierre automático en caso de que se detecten gases de escape a alta temperatura.

16.9 Combustibles y tecnologías alternativas

16.9.1 Si resulta aceptable a juicio de la Administración, podrán utilizarse otros gases de la carga como combustible, siempre que se garantice el mismo nivel de seguridad que se aplica al gas natural de conformidad con el presente Código.

16.9.2 No se permitirá la utilización de cargas clasificadas como productos tóxicos.

16.9.3 Para las cargas distintas del GNL, el sistema de suministro de combustible cumplirá las prescripciones establecidas en 16.4.1, 16.4.2, 16.4.3 y 16.5, según corresponda, e incluirá medios para evitar la condensación del vapor en el sistema.

16.9.4 Los sistemas de suministro de combustible gaseoso licuado se ajustarán a las prescripciones establecidas en 16.4.5.

16.9.5 Además de las prescripciones establecidas en 16.4.3.2, tanto las entradas como las salidas de la ventilación darán a una zona que no sea potencialmente peligrosa fuera del espacio de máquinas.

CAPÍTULO 17

PRESCRIPCIONES ESPECIALES

Objetivo

Establecer las prescripciones adicionales relativas a cargas específicas.

17.1 Generalidades

Las prescripciones del presente capítulo son aplicables cuando se haga referencia a ellas en la columna "i" del cuadro del capítulo 19. Se trata de prescripciones complementarias a las prescripciones generales del Código.

17.2 Materiales de construcción

Los materiales que pueden estar expuestos a la carga durante las operaciones normales serán resistentes a la acción corrosiva de los gases. Además, los siguientes materiales de construcción de los tanques de carga y las correspondientes tuberías, válvulas, accesorios y otras piezas del equipo normalmente en contacto directo con el líquido o con el vapor de la carga no serán utilizados para ciertos productos especificados en la columna "i" del cuadro del capítulo 19:

- .1 mercurio, cobre y aleaciones que contienen cobre, y zinc;
- .2 cobre, plata, mercurio, magnesio y otros metales formadores de acetiluros;
- .3 aluminio y aleaciones que contienen aluminio;
- .4 cobre, aleaciones de cobre, zinc y acero galvanizado;
- .5 aluminio, cobre y aleaciones de cualesquiera de ambas sustancias; y
- .6 cobre y aleaciones que contienen cobre en cantidades superiores al 1 % de cobre.

17.3 Tanques independientes

17.3.1 Los productos se transportarán en tanques independientes únicamente.

17.3.2 Los productos se transportarán en tanques independientes de tipo C y resultarán aplicables las prescripciones establecidas en 7.1.2. Al proyectarse la presión del tanque de carga se tendrá en cuenta todo tipo de presión del relleno aislante o de presión de las operaciones de descarga de vapor.

17.4 Sistemas de refrigeración

17.4.1 Sólo se utilizará el sistema indirecto descrito en 7.3.1.2.

17.4.2 Para un buque dedicado al transporte de productos que forman fácilmente peróxidos peligrosos, no se permitirá que la carga recondensada forme bolsas estancadas de carga líquida no inhibida. Se conseguirá esto utilizando:

- .1 el sistema indirecto descrito en 7.3.1.2, con el condensador dentro del tanque de carga; o bien

- .2 el sistema directo o el sistema combinado descritos respectivamente en 7.3.1.1 y .3, o el sistema indirecto descrito en 7.3.1.2 con el condensador fuera del tanque de carga, y proyectando el sistema de condensado de modo que se evite todo punto en que el líquido pueda acumularse y quedar retenido. En los casos en que sea imposible, se añadirá líquido inhibido más arriba del emplazamiento de que se trate.

17.4.3 Si el buque va a transportar en viajes consecutivos cargas constituidas por los productos citados en 17.4.2, con un viaje intermedio en lastre, antes de efectuar éste se extraerá todo el líquido no inhibido. Si ha de transportarse una segunda carga entre viajes consecutivos, el sistema de relacuación se vaciará y se purgará por completo antes del embarque de la segunda carga. Para la purga se empleará gas inerte o vapor de la segunda carga, si es compatible. Se tomarán las medidas pertinentes para que en el sistema de la carga no se acumulen polímeros ni peróxidos.

17.5 Cargas que requieren buques de tipo 1G

17.5.1 Todas las juntas soldadas a tope de las tuberías de carga que excedan de 75 mm de diámetro serán sometidas a pruebas de radiografía completas.

17.5.2 Los conductos de muestreo de gas no acabarán en zonas que no sean potencialmente peligrosas ni las atravesarán. Las alarmas mencionadas en 13.6.2 se activarán cuando la concentración de vapor alcance el valor límite mínimo.

17.5.3 No se permitirá optar por utilizar equipos portátiles de detección de gas de conformidad con lo dispuesto en 13.6.5.

17.5.4 Las salas de control de la carga se ubicarán en una zona que no sea potencialmente peligrosa, y, además, todos los instrumentos serán de tipo indirecto.

17.5.5 El personal estará protegido contra los efectos de escapes considerables procedentes de la carga mediante la puesta a disposición de un espacio dentro del espacio de alojamiento que esté proyectado y equipado de manera satisfactoria a juicio de la Administración.

17.5.6 No obstante lo dispuesto en 3.2.4.3, no se permitirá el acceso a los espacios de los castillos de proa a través de una puerta que dé a la zona de la carga, a menos que se provea una esclusa neumática de conformidad con lo dispuesto en 3.6.

17.5.7 No obstante lo dispuesto en 3.2.7, no se permitirá el acceso a los puestos de control y los espacios de máquinas de los sistemas de los compartimientos de torreta por puertas que den a la zona de la carga.

17.6 Exclusión del aire de los espacios de vapor

Antes de cargar se extraerá el aire que haya en los tanques de carga y tuberías correspondientes, de donde luego quedará excluido mediante:

- .1 la introducción de gas inerte para mantener una presión positiva. La capacidad de almacenamiento o de producción de gas inerte deberá bastar para satisfacer las necesidades de funcionamiento normales y compensar las fugas de las válvulas de alivio. El contenido de oxígeno del gas inerte no excederá en ningún momento del 0,2 %, en volumen; o bien
- .2 el control de la temperatura de la carga de modo que en todo momento se mantenga la presión.

17.7 Eliminación de la humedad

Para los gases que no sean inflamables y que puedan convertirse en corrosivos o reaccionar peligrosamente con el agua se exigirán las medidas de eliminación de la humedad que garanticen que los tanques de carga estén secos antes de la operación de carga y que, durante la de descarga, se introduzca aire seco o vapor de la carga para evitar la presión negativa. A los efectos del presente párrafo, aire seco será aquél cuyo punto de condensación se dé a una temperatura de -45 °C o inferior, a la presión atmosférica.

17.8 Inhibición

Se tomarán las medidas oportunas para garantizar que la carga esté inhibida en grado suficiente a fin de evitar la reacción espontánea (es decir, la polimerización o la dimerización) en todo momento en el curso del viaje. El fabricante extenderá a favor de los buques un certificado en el que se consigne:

- .1 nombre y cantidad del inhibidor añadido;
- .2 fecha en que se añadió el inhibidor y periodo durante el cual conservará su eficacia, según lo que normalmente quepa esperar;
- .3 toda limitación de temperatura que afecte al inhibidor; y
- .4 medidas que procederá adoptar si la duración del viaje excede la de la eficacia de los inhibidores.

17.9 Pantallas cortallamas en los orificios de ventilación

Cuando se transporte una carga mencionada en esta sección, se instalarán en las salidas de respiración de los tanques de carga pantallas cortallamas fácilmente renovables y eficaces o cabezales de seguridad de un tipo aprobado. Se prestará especial atención al proyecto de las pantallas cortallamas y de los cabezales de ventilación, a la posibilidad de que estos dispositivos se bloqueen por la congelación del vapor de la carga o por la formación de hielo en condiciones climáticas adversas. Se retirarán las pantallas cortallamas y se las sustituirá por rejillas protectoras de conformidad con lo dispuesto en 8.2.15, cuando se transporten cargas que no se mencionen en la presente sección.

17.10 Cantidad máxima admisible del volumen de la carga por tanque

Cuando se transporte una carga mencionada en la presente sección, el volumen de la carga no excederá de 3 000 m³ en cualquier tanque.

17.11 Bombas de carga y medios de descarga

17.11.1 El espacio destinado al vapor de los tanques de carga equipados con motobombas eléctricas de inmersión será inertizado hasta alcanzar una presión positiva antes de la carga, durante el transporte y durante la descarga de líquidos inflamables.

17.11.2 La carga sólo podrá desembarcarse utilizando bombas para pozos profundos o bombas sumergidas de accionamiento hidráulico. Estas bombas serán de un tipo proyectado para evitar la presión del líquido contra el prensaestopas del eje.

17.11.3 Se podrá utilizar el desplazamiento mediante gas inerte para desembarcar la carga de los tanques independientes de tipo C, a condición de que el sistema de carga esté proyectado para la presión prevista.

17.12 Amoníaco

17.12.1 El amoníaco anhidro puede causar fisuración por tensocorrosión en los sistemas de contención y de proceso que estén fabricados con acero al carbonomanganeso o de níquel. A los efectos de reducir al mínimo el riesgo de que esto ocurra, se adoptarán las medidas precisadas en 17.12.2 a 17.12.8, según corresponda.

17.12.2 Cuando se utilice acero al carbonomanganeso, los tanques de la carga, los recipientes de elaboración a presión y las tuberías de la carga estarán fabricados con acero de grano fino, con un límite de elasticidad mínimo especificado que no exceda de 355 N/mm² y con una resistencia a la elasticidad real que no sea superior a 440 N/mm². También se adoptará una de las siguientes medidas relacionadas con la construcción o la explotación:

- .1 se utilizarán materiales de menor resistencia con una resistencia a la tracción mínima especificada que no sea superior a 410 N/mm²; o
- .2 los tanques de carga, etc., será sometidos a un termotratamiento para relajar tensiones postsoldadura; o
- .3 se mantendrá la temperatura de transporte, preferentemente a una temperatura próxima al punto de ebullición del producto de -33 °C, pero en ningún caso a una temperatura por encima de -20 °C; o
- .4 el amoníaco contendrá, por lo menos, un 0,1 % de agua/agua y se facilitará al capitán la documentación que confirme esta circunstancia.

17.12.3 Si se utilizan aceros al carbonomanganeso con límites de elasticidad superiores, distintos de los especificados en 17.12.2, los tanques de carga completos, las tuberías, etc., serán sometidos a un termotratamiento para relajar tensiones postsoldaduras.

17.12.4 Los recipientes de elaboración a presión y las tuberías de la parte del condensado del sistema de refrigeración se someterán a un termotratamiento para relajar tensiones postsoldaduras si están fabricados con los materiales mencionados en 17.12.1.

17.12.5 Las propiedades de tracción y de elasticidad de los productos fungibles de soldadura superarán a las del material del tanque o de la tubería por la cantidad más pequeña posible.

17.12.6 El acero de níquel que contiene más de un 5 % de níquel y el acero al carbonomanganeso, que no cumplan las prescripciones establecidas en 17.12.2 y 17.12.3, son particularmente propensos a la fisuración por tensocorrosión ocasionada por el amoníaco y no se utilizarán en los sistemas de contención y las tuberías para el transporte de este producto.

17.12.7 Se podrá utilizar el acero de níquel con un 5 % de níquel como máximo, a condición de que la temperatura de transporte cumpla las prescripciones especificadas en 17.12.2.3.

17.12.8 A los efectos de reducir al mínimo el riesgo de fisuración por tensocorrosión ocasionada por el amoníaco, se recomienda mantener el contenido de oxígeno disuelto por debajo de 2,5 ppm de agua/agua. Esto se podrá conseguir de una manera más adecuada mediante la reducción del contenido medio de oxígeno en los tanques antes de introducir amoníaco líquido en valores inferiores a los indicados como una función de la temperatura de transporte T en el cuadro siguiente:

T (°C)	O ₂ (% v/v)
-30 e inferior	0,9
-20	0,5
-10	0,28
0	0,16
10	0,1
20	0,05
30	0,03

Los porcentajes de oxígeno para las temperaturas intermedias podrán obtenerse por interpolación directa.

17.13 Cloro

17.13.1 Sistema de contención de la carga

17.13.1.1 La capacidad de cada tanque no será superior a 600 m³ y la capacidad total de los tanques de carga no excederá de 1 200 m³.

17.13.1.2 La presión de vapor de proyecto del tanque no será inferior a 1,35 MPa (véanse 7.1.2 y 17.3.2).

17.13.1.3 Las partes de los tanques que sobresalen por encima de la cubierta superior irán provistas de protección contra la radiación térmica, teniendo en cuenta que pueden verse expuestas a un incendio.

17.13.1.4 Se proveerá a cada tanque de dos válvulas aliviadoras de presión. Se instalará un diafragma protector de ruptura, de material apropiado, entre el tanque y las válvulas aliviadoras de presión. La presión de ruptura de este diafragma será inferior a 0,1 MPa a la presión de apertura de la válvula aliviadora de presión, la cual habrá de ir tarada a la presión de vapor de proyecto del tanque y en ningún caso a una presión manométrica de menos de 1,35 MPa (presión manométrica). El espacio que quede entre el diafragma protector y la válvula de seguridad se conectará, por medio de una válvula limitadora del flujo, a un manómetro y a un sistema detector de gas. Se adoptarán las medidas necesarias para conservar este espacio a una presión que sea la atmosférica u otra próxima a esa en condiciones normales de utilización.

17.13.1.5 Las salidas de las válvulas aliviadoras de presión se dispondrán de tal manera que permitan reducir al mínimo los riesgos a bordo del buque, así como para el medio ambiente. Las fugas de las válvulas de alivio se conducirán a través de la planta de absorción para reducir la concentración de gas en la medida de lo posible. La válvula de alivio del conducto de escape se ubicará en el extremo proel del buque para poder verter su descarga fuera de borda a nivel de la cubierta, y estará dispuesta de modo que permita ser orientada a babor o a estribor, con un dispositivo de enclavamiento mecánico para garantizar que un conducto siempre permanezca abierto.

17.13.1.6 La Administración y la Administración portuaria podrán disponer que el cloro se transporte en estado refrigerado a una presión máxima especificada.

17.13.2 *Sistemas de tuberías de trasiego de la carga*

17.13.2.1 El desembarque de la carga se realizará por medio de vapor de cloro comprimido procedente de tierra, aire seco u otro gas admisible, o de bombas completamente sumergidas. Sin embargo, los compresores de descarga a bordo no podrán utilizarse a tales efectos. La presión en el espacio de vapor del tanque durante las operaciones de descarga no será superior a 1,05 MPa (presión manométrica).

17.13.2.2 La presión de proyecto del sistema de tuberías de trasiego de la carga no será inferior a 2,1 MPa (presión manométrica). El diámetro interno de los tubos de trasiego de la carga no será superior a 100 mm. Sólo se admitirán codos de tubos para compensar el movimiento térmico de la tubería. El uso de juntas de bridas se limitará a un mínimo y, cuando se utilicen las bridas, deberá ser del tipo de cuello de soldadura, con ranura y lengüeta.

17.13.2.3 Las válvulas de alivio del sistema de tuberías de trasiego de la carga verterán su descarga en la planta de absorción, y la restricción de flujo creada por esta unidad se tendrá en cuenta al proyectar el sistema de válvula de alivio (véase 8.4.3 y 8.4.4).

17.13.3 *Materiales*

17.13.3.1 Los tanques de carga y los sistemas de tuberías de trasiego de la carga estarán fabricados con el tipo de acero adecuado para la carga y para resistir una temperatura de -40 °C, incluso aunque se prevea utilizar una temperatura de transporte superior.

17.13.3.2 Los tanques serán objeto de una relajación de esfuerzos térmicos. La relajación de esfuerzos mecánicos no se aceptará como una solución equivalente.

17.13.4 *Instrumentación: dispositivos de seguridad*

17.13.4.1 El buque estará provisto de una planta de absorción de cloro con una conexión con el sistema de tuberías de trasiego de la carga y los tanques de carga. La planta de absorción será susceptible de ser neutralizada a, al menos, un 2 % de la capacidad total de carga a un volumen de absorción razonable.

17.13.4.2 Durante la desgasificación de los tanques de carga, los vapores no se liberarán a la atmósfera.

17.13.4.3 Se proveerá un sistema de detección de gas que permita vigilar las concentraciones de cloro de, al menos, 1 ppm en volumen. Los puntos de muestreo estarán ubicados:

- .1 cerca del fondo de los espacios de bodega;
- .2 en los tubos de las válvulas aliviadoras de presión;
- .3 a la salida de la planta de absorción de gas;
- .4 en la entrada de los sistemas de ventilación de los espacios de alojamiento, de servicio y de máquinas, y de los puestos de control; y
- .5 en cubierta – en el extremo proel, en el centro del buque y en el extremo popel de la zona de la carga.

El sistema de detección de gas estará provisto de una alarma sonora y visible con un punto de estabilidad de 5 ppm.

17.13.4.4 Cada tanque de carga estará provisto de un dispositivo de alarma de presión alta que activará una alarma sonora a una presión igual a 1,05 MPa (presión manométrica).

17.13.5 *Protección del personal*

El espacio cerrado prescrito en 17.5.5 cumplirá las prescripciones siguientes:

- .1 el espacio debe ser de fácil y rápido acceso desde las cubiertas de intemperie y desde los espacios de alojamiento a través de esclusas neumáticas, y permitirá su rápido cierre hermético;
- .2 una de las duchas de descontaminación prescritas en 14.4.3 estará ubicada cerca de la esclusa neumática de la cubierta de intemperie que dé al espacio de que se trate;
- .3 el espacio se proyectará de modo que pueda dar cabida a toda la tripulación del buque y estará provisto de una fuente de aire no contaminado durante un periodo de 4 h como mínimo; y
- .4 en el espacio habrá un juego de equipo de oxigenoterapia.

17.13.6 *Límites de llenado de los tanques de carga*

17.13.6.1 Las prescripciones establecidas en 15.1.3.2 no se aplican cuando se prevé transportar cloro.

17.13.6.2 El contenido de cloro del gas en el espacio de vapor del tanque de carga después de la carga será superior a un 80 % en volumen.

17.14 Óxido de etileno

17.14.1 Por lo que respecta al transporte de óxido de etileno, se aplicarán las prescripciones establecidas en 17.18, con las adiciones y modificaciones que figuran en esta sección.

17.14.2 Los tanques de cubierta no se utilizarán para el transporte de óxido de etileno.

17.14.3 En los sistemas de contención y de tuberías para cargas de óxido de etileno no se utilizarán aceros inoxidable de tipo 416 y 442 ni hierro fundido.

17.14.4 Antes de cargar los tanques se limpiarán cuidadosamente para eliminar de ellos y de las correspondientes tuberías todo vestigio de las cargas anteriores, salvo en los casos en que la carga inmediatamente anterior haya estado constituida por óxido de etileno, óxido de propileno o mezclas de estos productos. Se tendrá un cuidado especial en el caso del amoníaco transportado en tanques de acero que no sea acero inoxidable.

17.14.5 El óxido de etileno sólo podrá desembarcarse utilizando bombas para pozos profundos o desplazamiento mediante gas inerte. La disposición de las bombas cumplirá lo dispuesto en 17.18.15.

17.14.6 El óxido de etileno se transportará refrigerado únicamente y se conservará a temperaturas que no sean inferiores a 30 °C.

17.14.7 Las válvulas aliviadoras de presión se pondrán a una presión de 0,55 MPa (presión manométrica) como mínimo. La máxima presión de tarado será objeto de una aprobación especial por parte de la Administración.

17.14.8 El relleno aislante de gas de protección constituido por nitrógeno, prescrito en 17.18.27, permitirá que la concentración de nitrógeno en el espacio de vapor del tanque de carga no sea, en ningún momento, inferior a un 45 % en volumen.

17.14.9 Antes de cargar el tanque, y en todo momento cuando el tanque de carga contenga líquido o vapor de óxido de etileno, el tanque de carga será inertizado con nitrógeno.

17.14.10 El sistema de aspersion de agua prescrito en 17.18.29 y el que se establece en 11.3 se activarán automáticamente cuando se produzca un incendio que afecte al sistema de contención de la carga.

17.14.11 Se proveerá un medio de echazón al mar que permita el vertido de emergencia del óxido de etileno, en caso de que se produzca una reacción espontánea no controlada.

17.15 Sistemas de tuberías separados

Se proveerán los sistemas de tuberías separados definidos en 1.2.47.

17.16 Mezclas de metilacetileno y de propadieno

17.16.1 Las mezclas de metilacetileno y de propadieno se estabilizarán adecuadamente para su transporte. Por otra parte, respecto de las mezclas se especificarán los límites máximos de temperaturas y presión durante la refrigeración.

17.16.2 A continuación figuran ejemplos de composiciones aceptables estabilizadas:

.1 *composición 1:*

- .1 relación molar máxima de metilacetileno con propadieno de 3 a 1;
- .2 concentración máxima de la combinación de metilacetileno y propadieno de 65 mol por ciento;
- .3 concentración mínima de la combinación de propano, butano e isobutano de 24 mol por ciento, de la que al menos un tercio (en base molar) será butano y un tercio propano;
- .4 concentración máxima de la combinación de propileno y butadieno de 10 mol por ciento;

.2 *composición 2:*

- .1 concentración máxima de la combinación de metilacetileno y propadieno de 30 mol por ciento;
- .2 concentración máxima de metilacetileno de 20 mol por ciento;

- .3 concentración máxima de propadieno de 20 mol por ciento;
- .4 concentración máxima de propileno de 45 mol por ciento;
- .5 concentración máxima de la combinación de butadieno y butilenos de 2 mol por ciento;
- .6 concentración mínima saturada de hidrocarburo C4 de 4 mol por ciento; y
- .7 concentración mínima de propano de 25 mol por ciento.

17.16.3 Se podrán aceptar otras composiciones, a condición de que se demuestre la estabilidad de la mezcla a satisfacción de la Administración.

17.16.4 Si un buque dispone de un sistema de refrigeración directa por compresión de vapor, éste se ajustará a las siguientes prescripciones, sin perjuicio de las limitaciones de presión y temperatura en función de la composición. En relación con el ejemplo dado, es decir, las composiciones que figuran en 17.16.2, se establecerán las siguientes características:

- .1 un compresor de vapor que no aumente la temperatura ni la presión del vapor por encima de 60 °C y 1,75 MPa (presión manométrica) durante su funcionamiento, y que no permita que se estanque el vapor en el compresor mientras siga funcionando;
- .2 las tuberías de descarga de cada etapa del compresor o de cada cilindro de la misma etapa de un compresor alternativo irán dotadas de:
 - .1 dos interruptores de parada accionados por la temperatura, configurados para funcionar a 60 °C o menos;
 - .2 un interruptor de parada accionado por la presión, configurado para funcionar a 1,75 MPa (presión manométrica) o menos; y
 - .3 una válvula de alivio de seguridad tarada para reducir la presión a 1,8 MPa (presión manométrica) o menos;
- .3 la válvula de alivio prescrita en .2.3 dispondrá de un respiradero que dé a un mástil que cumpla las prescripciones establecidas en 8.2.10, 8.2.11 y 8.2.15, y no aliviará la presión en el conducto de succión del compresor; y
- .4 una alarma que sonará en el puesto de control de la carga y en el puente de navegación cuando se active un interruptor de alta presión, o un interruptor de alta temperatura.

17.16.5 El sistema de tuberías, incluido el sistema de refrigeración de la carga, de los tanques que hayan de ser cargados con mezclas de metilacetileno/propadieno será o bien independiente (tal como se define en 1.2.28) o bien separado (tal como se define en 1.2.47) de los sistemas de tuberías y de refrigeración de otros tanques. Esta segregación se aplicará a todos los conductos de respiración de líquidos y de vapores y a todas las demás conexiones posibles, tales como los conductos de suministro de gas inerte comunes.

17.17 Nitrógeno

Los materiales de construcción y los elementos auxiliares, como el aislamiento, deberán ser resistentes a los efectos de las grandes concentraciones de oxígeno provocadas por la condensación y el enriquecimiento a las bajas temperaturas que se alcanzan en algunas partes del sistema de la carga. Se prestará la debida atención a la ventilación en zonas en que podría producirse condensación, a fin de evitar la estratificación de la atmósfera enriquecida con oxígeno.

17.18 Óxido de propileno y mezclas de óxido de etileno y óxido de propileno, con un contenido máximo de óxido de etileno de un 30 %, en peso

17.18.1 Los productos que se transporten con arreglo a lo dispuesto en la presente sección habrán de estar exentos de acetileno.

17.18.2 No se transportarán estos productos en tanques de carga que no hayan sido objeto de una limpieza adecuada si una de las tres cargas previamente transportadas en ellos ha estado constituida por un producto del que se sepa que cataliza la polimerización, como:

- .1 amoníaco anhidro y soluciones amoniacales;
- .2 aminas y soluciones de aminas; y
- .3 sustancias comburentes (por ejemplo, el cloro).

17.18.3 Antes de cargar los tanques se limpiarán cuidadosamente para eliminar de ellos y de las correspondientes tuberías todo vestigio de las cargas anteriores, salvo en los casos en que la carga inmediatamente anterior haya estado constituida por óxido de propileno o mezclas de óxido de etileno/óxido de propileno. Se tendrá un cuidado especial en el caso del amoníaco transportado en tanques de acero que no sea acero inoxidable.

17.18.4 En todos los casos se verificará la eficacia de los procedimientos de limpieza de los tanques y de las correspondientes tuberías efectuando las pruebas o las inspecciones adecuadas para confirmar que no han quedado vestigios de materias ácidas o alcalinas que en presencia de estos productos pudieran crear una situación peligrosa.

17.18.5 Antes de efectuar cada embarque inicial de estos productos se entrará en los tanques para inspeccionarlos y comprobar que no han sufrido impurificación y que no hay en ellos acumulaciones considerables de herrumbre ni defectos estructurales visibles. Cuando los tanques de carga estén continuamente dedicados al transporte de estos productos, se efectuarán las inspecciones a intervalos no superiores a dos años.

17.18.6 Los tanques destinados al transporte de estos productos se construirán con acero o acero inoxidable.

17.18.7 Los tanques que hayan contenido estos productos podrán utilizarse para otras cargas una vez que, junto con sus correspondientes sistemas de tuberías, hayan sido objeto de una limpieza a fondo por lavado o purga.

17.18.8 La totalidad de las válvulas, bridas, accesorios y equipo auxiliar habrá de ser de tipo apropiado para la utilización con estos productos y se fabricarán con acero o acero inoxidable de conformidad con las normas reconocidas. Los discos o superficies de los discos, los asientos y demás partes de las válvulas que se desgasten se fabricarán con acero inoxidable que contenga como mínimo un 11 % de cromo.

17.18.9 Las juntas frizadas se fabricarán con materiales que no reaccionen con estos productos ni se disuelvan con ellos o hagan descender su temperatura de autoignición, y que sean piroresistentes y tengan un comportamiento mecánico adecuado. La superficie que quede en contacto con la carga será de politetrafluoroetileno (PTFE) o de materiales que ofrezcan un grado análogo de seguridad por su inercia. Se podrá aceptar el empleo de espiras de acero inoxidable con un relleno de PTFE o de algún polímero fluorado análogo, siempre que sea aprobado por la Administración o la autoridad reconocida que actúe en su nombre.

17.18.10 El aislamiento y la empaquetadura, si se hace uso de ellos, serán de materiales que no reaccionen ni se disuelvan con ellos o hagan descender su temperatura de autoignición.

17.18.11 Los materiales enumerados a continuación no se consideran, en general, satisfactorios para juntas, empaquetaduras ni aplicaciones análogas en los sistemas de contención de estos productos, y será necesario someterlos a pruebas para que puedan ser aprobados:

- .1 neopreno o caucho natural, cuando entre en contacto con los productos;
- .2 amianto o aglutinantes utilizados con amianto; y
- .3 materiales que contengan óxido de magnesio, como las lanas minerales.

17.18.12 Las tuberías de llenado y de descarga alcanzarán tal profundidad que no disten más de 100 mm del fondo del tanque o de cualquier sumidero.

17.18.13 Los productos se cargarán y descargarán de manera que no vayan a la atmósfera vapores emanados de los tanques. Si se hace uso del retorno de vapores a tierra durante la carga de los tanques, el sistema de retorno de vapores conectado al sistema de contención del producto será independiente de todos los demás sistemas de contención.

17.18.14 Durante las operaciones de descarga habrá que mantener el tanque de carga a una presión manométrica superior a 0,007 MPa.

17.18.15 La carga sólo podrá desembarcarse utilizando bombas para pozos profundos, bombas sumergidas de accionamiento hidráulico o el desplazamiento mediante gas inerte. Cada una de las bombas de carga estará dispuesta de manera que el producto no se caliente excesivamente si el conducto de descarga se cierra o queda obstruido por cualquier causa.

17.18.16 La respiración de los tanques que lleven estos productos será independiente de la de tanques que lleven otros productos. Se habilitarán medios para muestrear el contenido de los tanques sin abrir éstos a la atmósfera.

17.18.17 Los conductos flexibles de la carga utilizados para el trasvase de estos productos llevarán esta indicación: "PARA EL TRASVASE DE ÓXIDO DE ALQUILENO ÚNICAMENTE".

17.18.18 En los espacios de bodega se vigilarán estos productos. Los espacios de bodega circundantes a los tanques independientes de tipo A y de tipo B también serán inertizados, y se vigilará el oxígeno. El contenido de oxígeno de dichos espacios se mantendrá por debajo de un 2 % en volumen. Cabrá utilizar equipo de muestreo portátil.

17.18.19 Antes de desconectar los conductos que vayan a tierra se reducirá la presión de los conductos de líquido y vapor mediante válvulas adecuadas instaladas en el colector de carga. No se descargarán en la atmósfera ni líquido ni vapores procedentes de esos conductos.

17.18.20 Los tanques estarán proyectados para la presión máxima que quepa esperar en las fases de carga, transporte y descarga.

17.18.21 Los tanques destinados al transporte de óxido de propileno cuya presión de vapor de proyecto sea inferior a 0,06 MPa, y los destinados al transporte de mezclas de óxido de etileno/óxido de propileno cuya presión de vapor de proyecto sea inferior a 0,12 MPa, contarán con un sistema de enfriamiento para mantener la carga a una temperatura inferior a la de referencia. Las temperaturas de referencia se establecen en 15.1.3.

17.18.22 Las válvulas aliviadoras de presión estarán taradas a una presión que no sea inferior a 0,02 MPa (presión manométrica) y, en el caso de los tanques independientes de tipo C, a una presión que no sea superior a 0,7 MPa (presión manométrica), si se transporta en ellos óxido de propileno, ni superior a 0,53 MPa (presión manométrica), si se transportan en ellos mezclas de óxido de propileno/óxido de etileno.

17.18.23 El sistema de tuberías de los tanques que hayan de cargarse con estos productos estará completamente separado de los sistemas de tuberías de todos los demás tanques, incluso los vacíos, y de todos los compresores para la carga. Si el sistema de tuberías de los tanques que hayan de cargarse con estos productos no es independiente (según se define en 1.2.28), la separación de las tuberías prescrita se efectuará retirando carretes, válvulas u otras secciones de tubería e instalando bridas ciegas en sus respectivos emplazamientos. La separación prescrita rige para todas las tuberías de líquidos y de vapores, todos los conductos de respiración de líquidos y vapores y todas las demás conexiones posibles, tales como los conductos de suministro de gas inerte comunes.

17.18.24 Los productos sólo se transportarán de conformidad con los planes de manipulación de la carga aprobados por la Administración. Cada disposición que se proyecte adoptar para el embarque de la carga estará indicada en un plan separado de manipulación. En los planes de manipulación de la carga figurará todo el sistema de tuberías de la carga y los puntos de instalación de las bridas ciegas necesarias para cumplir las prescripciones arriba indicadas acerca de la separación de tuberías. A bordo del buque se conservará un ejemplar de cada plan de manipulación de la carga que haya sido aprobado. El Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel incluirá una referencia a los planes aprobados de manipulación de la carga.

17.18.25 Antes de todo embarque inicial de estos productos y antes de cada embarque ulterior de estos productos habrá que obtener una certificación, expedida por una persona designada como responsable que la Administración portuaria juzgue aceptable, en la que se haga constar que se ha efectuado la separación de las tuberías prescrita, certificación que el buque llevará a bordo. La citada persona responsable colocará un hilo metálico y un precinto en cada conexión que haya entre una brida ciega y una brida de tuberías, de modo que sea imposible retirar la brida ciega por inadvertencia.

17.18.26 Se indicarán los límites máximos admisibles de carga de cada tanque correspondientes a cada temperatura de embarque de carga que resulte aplicable, de conformidad con lo establecido en 15.5.

17.18.27 La carga se transportará con un adecuado relleno aislante de gas de protección constituido por nitrógeno. Se instalará un sistema automático de compensación de nitrógeno para evitar que la presión manométrica del tanque descienda a menos de 0,007 MPa, si se produce un descenso de la temperatura del producto debido a condiciones ambientales o a un funcionamiento defectuoso de los sistemas de refrigeración. Habrá de disponerse a bordo de nitrógeno en cantidad suficiente para satisfacer la demanda del control automático de presión. Para el citado relleno aislante se usará nitrógeno de calidad comercialmente pura (99,9 % en volumen). Una batería de botellas de nitrógeno conectadas a los tanques de carga por medio de una válvula reductora de presión se ajusta al concepto de sistema "automático" en el presente contexto.

17.18.28 Antes y después del embarque el espacio ocupado por vapor en el tanque de carga será objeto de pruebas para verificar que el contenido de oxígeno no excede del 2 % en volumen.

17.18.29 Se proveerá un sistema de aspersión de agua de capacidad suficiente para proteger eficazmente la zona circundante del colector de carga, las tuberías de cubierta expuestas que se utilicen en la manipulación del producto y las bóvedas de los tanques. Las tuberías y las boquillas estarán dispuestas de manera que hagan posible un régimen de distribución uniforme a razón de 10 l/m²/min. La disposición de dicho sistema será tal que el agua arrastre cualquier derrame de carga.

17.18.30 El sistema de aspersión de agua podrá accionarse manualmente, tanto en su emplazamiento como por telemando en caso de incendio en el sistema de contención de la carga. Los dispositivos de telemando estarán dispuestos de modo que las bombas de alimentación del sistema de aspersión de agua y las válvulas que normalmente vayan cerradas en el sistema puedan accionarse desde un emplazamiento adecuado situado fuera de la zona de carga, que sea adyacente a los espacios de alojamiento, y serán de fácil acceso y utilización en caso de incendio en las zonas que se trate de proteger.

17.18.31 Cuando la temperatura ambiente lo permita, se dispondrá de una manguera de agua a presión para su uso inmediato durante las operaciones de carga y descarga, además de las prescripciones relativas a los sistemas de aspersión de agua mencionadas anteriormente.

17.19 Cloruro de vinilo

En caso de que se impida la polimerización del cloruro de vinilo añadiendo un inhibidor, será aplicable lo dispuesto en 17.8, según corresponda. Si no se ha añadido un inhibidor, o si la adición es insuficiente, ningún gas inerte empleado para los fines señalados en 17.6 contendrá más de un 0,1 % de oxígeno en volumen. Antes de iniciar la operación de carga se analizarán muestras del gas inerte tomadas de los tanques y las tuberías. Siempre que se transporte cloruro de vinilo y durante los viajes en lastre realizados entre dos viajes consecutivos de transporte, se mantendrá una presión positiva en los tanques.

17.20 Cargas de Mixed C4

17.20.1 Las cargas que puedan transportarse individualmente en virtud de las prescripciones del presente Código, a saber, el butano, los butilenos y el butadieno, podrán transportarse como mezclas sujetas a las disposiciones de esta sección. Estas cargas pueden recibir diversas denominaciones, como "crudo C4", "butadieno crudo", "C4 crudo craqueado con vapor", "C4 craqueado con vapor, usado", "corriente de C4", "C4 refinado", o pueden ser transportadas con una denominación distinta. En todos los casos deberá consultarse las hojas informativas sobre la seguridad de los materiales (MSDS), dado que el contenido de butadieno de la mezcla constituye la principal preocupación por ser potencialmente tóxico y reactivo. Si bien se reconoce que el butadieno presenta una presión de vapor relativamente baja, si tales mezclas contienen butadieno se considerarán tóxicas y se aplicarán las precauciones apropiadas.

17.20.2 Si la carga de Mixed C4 expedida según las condiciones de la presente sección contiene más de un 50 % (molar) de butadieno, se aplicarán las precauciones relativas a la "inhibición" que figuran en 17.8.

17.20.3 A menos que se disponga de datos específicos sobre los coeficientes de expansión líquida para la mezcla concreta que se ha embarcado, las restricciones relativas a los límites de llenado que figuran en el capítulo 15 se calcularán como si la carga contuviera el 100 % de concentración del componente con la mayor tasa de expansión.

17.21 Dióxido de carbono: alta pureza

17.21.1 La pérdida no controlada de presión de la carga puede causar "sublimación", y así la carga cambiará de estado líquido a estado sólido. Antes del embarque de la carga se establecerá la temperatura de "punto triple" exacta de una carga determinada de dióxido de carbono, que dependerá de la pureza de la carga, y se tendrá en cuenta en el momento de realizar los ajustes de los instrumentos de carga. La presión de tarado para las alarmas y las acciones automáticas descritas en esta sección será de al menos el 0,05 MPa por encima del "punto triple" de la carga transportada. El "punto triple" para el dióxido de carbono puro se produce a una presión manométrica de 0,5 MPa y a -54,4 °C.

17.21.2 Existe la posibilidad de que la carga se solidifique en caso de que se produzca el fallo de una válvula de alivio del tanque de carga si ésta se encuentra en posición abierta, instalada de conformidad con lo dispuesto en 8.2. Para evitar que esto ocurra, se dispondrá lo necesario para aislar las válvulas de seguridad de los tanques de carga y no se aplicarán las prescripciones establecidas en 8.2.9.2 cuando se transporte este dióxido de carbono. Las tuberías de descarga de las válvulas de alivio de seguridad se proyectarán de forma que se mantengan libres de obstrucciones que pudieran causar un bloqueo. No se instalarán rejillas protectoras en los puntos de salida de las tuberías de descarga de las válvulas de alivio, por lo que no son aplicables las prescripciones establecidas en 8.2.15.

17.21.3 Las tuberías de descarga de las válvulas de alivio de seguridad no deben cumplir con lo prescrito en 8.2.10, pero se proyectarán de forma que se mantengan libres de obstrucciones que pudieran causar un bloqueo. No se instalarán rejillas protectoras en los puntos de salida de las tuberías de descarga de las válvulas de alivio, por lo que no son aplicables las prescripciones establecidas en 8.2.15.

17.21.4 Los tanques de carga estarán continuamente vigilados para detectar una bajada de presión cuando se transporte una carga de dióxido de carbono. Una alarma sonora y visual se activará en la posición de control de la carga y en el puente. Si la presión del tanque de carga continúa descendiendo hasta alcanzar 0,05 MPa del "punto triple" respecto de la carga de que se trate, el sistema de vigilancia cerrará automáticamente todas las válvulas de vapor y de líquidos del colector de carga y parará todos los compresores y bombas de carga. El sistema de parada de emergencia prescrito en 18.10 podrá utilizarse a tales efectos.

17.21.5 Todos los materiales utilizados en los tanques de carga y en el sistema de tuberías de la carga habrán de poder adecuarse a las más bajas temperaturas que puedan registrarse durante el servicio, que se define como la temperatura de saturación de la carga de dióxido de carbono a la presión de tarado del sistema automático de seguridad descrito en 17.21.1.

17.21.6 Los espacios de bodega de carga, las salas de compresores para la carga y otros espacios cerrados donde el dióxido de carbono podría acumularse estarán equipados con un sistema de vigilancia constante del dióxido de carbono que se acumule. Este sistema fijo de detección de gas sustituye al equipo prescrito en 13.6, y los espacios de bodega serán objeto de una vigilancia permanente, incluso si el buque dispone de un sistema de contención de la carga de tipo C.

17.22 Dióxido de carbono (recuperado)

17.22.1 Las prescripciones establecidas en 17.21 también se aplican a esta carga. Por otra parte, con respecto a los materiales de construcción utilizados en el sistema de carga también se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzca corrosión en el caso de que la carga de dióxido de carbono recuperado contenga impurezas tales como agua, dióxido de azufre, etc., que puedan causar corrosión ácida u otros problemas.

CAPÍTULO 18

PRESCRIPCIONES DE ORDEN OPERACIONAL

Objetivo

Garantizar que todo el personal del buque que participe en las operaciones relativas a la carga disponga de información suficiente sobre las propiedades de la carga y sobre la explotación del sistema de carga, a fin de que las operaciones relativas a la carga puedan realizarse de forma segura.

18.1 Generalidades

18.1.1 Las personas que participen en las operaciones de transporte de gas licuado serán informadas de las prescripciones especiales relativas a la seguridad de tales operaciones, así como de las medidas de precaución necesarias que han de adoptarse a dicho respecto.

18.1.2 A bordo de todo buque regido por el Código se llevará un ejemplar de éste o de las reglamentaciones nacionales que recojan sus disposiciones.

18.2 Manuales sobre las operaciones relativas a la carga

18.2.1 El buque estará provisto de copias de manuales debidamente detallados relativos al funcionamiento del sistema de operaciones de carga, aprobados por la Administración, de modo que el personal capacitado pueda operar el buque de forma segura, prestando la debida atención a los riesgos y las propiedades de las cargas que se le permite transportar.

18.2.2 Los manuales incluirán información sobre las siguientes cuestiones, sin que esta enumeración sea exhaustiva:

- .1 el funcionamiento general del buque entre dos ciclos de permanencia en dique seco, incluidos los procedimientos de enfriamiento y calentamiento de los tanques de carga, el trasvase (incluido el trasbordo de cargas entre buques), el muestreo de la carga, la desgasificación, el lastrado, el lavado de tanques y el cambio de cargas;
- .2 los sistemas de regulación de la temperatura y de la presión de la carga;
- .3 las limitaciones de los sistemas de la carga, incluidas las temperaturas mínimas (sistema de la carga y casco interior), presiones máximas, volumen de trasiego, límites de llenado y limitaciones debidas al chapoteo del líquido;
- .4 el nitrógeno y los sistemas de gas inerte;
- .5 los procedimientos de lucha contra incendios: funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de lucha contra incendios y utilización de los agentes extintores;
- .6 el equipo especial necesario para la manipulación segura de una carga determinada;
- .7 los sistemas fijos y portátiles de detección de gas;
- .8 los sistemas de control, alarma y seguridad;

- .9 los sistemas de parada de emergencia;
- .10 los procedimientos para cambiar el tarado de las válvulas aliviadoras de presión de los tanques de carga de conformidad con 8.2.8 y 4.13.2.3; y
- .11 los procedimientos en caso de emergencia, incluidos el aislamiento de las válvulas aliviadoras de presión de los tanques de carga, la desgasificación de tanques individuales y la entrada en ellos y las operaciones de trasbordo de carga entre buques en caso de emergencia.

18.3 Información sobre la carga

18.3.1 A bordo y a disposición de todos los interesados tendrá que haber hojas informativas sobre la carga, en las que figuren los datos necesarios para efectuar sin riesgos el transporte de la carga. Figurará en esa información, respecto de cada producto transportado:

- .1 una descripción completa de las propiedades físicas y químicas, necesaria para la seguridad del transporte y la contención de la carga;
- .2 detalles de la reactividad ante la presencia de otras cargas que puedan transportarse a bordo de conformidad con el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel;
- .3 las medidas procedentes en caso de derrames o de fugas;
- .4 las medidas procedentes en caso de que alguien sufra un contacto accidental;
- .5 los procedimientos y medios utilizados para combatir incendios;
- .6 el equipo especial necesario para manipular sin riesgos la carga de que se trate; y
- .7 los procedimientos para casos de emergencia.

18.3.2 Los datos físicos suministrados al capitán, de acuerdo con lo dispuesto en 18.3.1.1, incluirán información sobre la densidad relativa de la carga a diversas temperaturas que permita calcular los límites de llenado de los tanques de carga de conformidad con las prescripciones del capítulo 15.

18.3.3 En los planes para contingencias, de conformidad con lo dispuesto en 18.3.1.3, en caso de derrame de la carga transportada a temperatura ambiente, se tendrá en cuenta la posible reducción de la temperatura local, como cuando la carga liberada se ha reducido a la presión atmosférica y el posible efecto que este enfriamiento podría tener sobre el casco de acero.

18.4 Aptitud para el transporte

18.4.1 El capitán se cerciorará de que la cantidad y las características de cada producto destinado a ser cargado se ajustan a lo especificado en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel prescrito en 1.4 y en el cuadernillo de información sobre carga y estabilidad prescrito en 2.2.5, y que los productos aparecen citados en el Certificado internacional de aptitud para el transporte de gases licuados a granel, según se prescribe en la sección 4 del certificado.

18.4.2 Se tomarán las precauciones necesarias para evitar reacciones químicas peligrosas si las cargas se mezclan. Esto reviste importancia especial respecto de:

- .1 los procedimientos de limpieza prescritos para tanques entre transportes sucesivos de cargas; y
- .2 el transporte simultáneo de cargas que, mezcladas, reaccionen. Sólo se permitirá este tipo de transporte cuando los sistemas de carga completos, con inclusión de los sistemas de tuberías para trasiego de la carga, los tanques y los sistemas de ventilación y refrigeración, pero no limitados a estos elementos, estén separados, tal como se define en 1.2.47.

18.4.3 Cuando la inhibición de la carga sea obligatoria, antes de la partida del buque se proporcionará el certificado prescrito en 17.8, a falta del cual la carga no será transportada.

18.5 Transporte de carga a baja temperatura

Cuando se transporten cargas a bajas temperaturas:

- .1 se seguirá precisamente el procedimiento de enfriamiento prescrito para el tanque, las tuberías y los elementos auxiliares de que se trate;
- .2 se cargarán los productos de modo que quede garantizado que no habrá gradientes de temperatura de proyecto inaceptables en ningún tanque de carga, tubería ni elemento auxiliar; y
- .3 los medios de caldeo, dado que los haya, correspondientes a los sistemas de contención de la carga funcionarán de modo que la temperatura de la estructura del casco no descienda por debajo de la temperatura para la cual se proyectó el material.

18.6 Operaciones de trasvase de la carga

18.6.1 El personal del buque y las personas responsables de las instalaciones de trasvase de la carga se reunirán con anterioridad al comienzo de las operaciones de carga. La información que se compartirá en dicha reunión comprenderá los pormenores de las operaciones de trasvase previstas y de los procedimientos de emergencia. Se cumplimentará una lista de comprobación, que sea reconocida por la industria, respecto del trasvase previsto de la carga y se mantendrá una comunicación efectiva durante el lapso que dure la operación.

18.6.2 Antes de dar comienzo a las operaciones de trasvase de la carga se verificará el funcionamiento de los controles y las alarmas esenciales de los sistemas de manipulación de la carga.

18.7 Formación del personal

18.7.1 El personal recibirá la formación adecuada relativa a los aspectos operacionales y de seguridad de los buques para el transporte de gas licuado, prescrita por el Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar, 1978, enmendado, el Código internacional de gestión de la seguridad y la Guía de primeros auxilios (Guía GPA). Así pues, como mínimo:

- .1 todo el personal recibirá la formación que convenga para hacer uso del equipo protector provisto a bordo y una capacitación básica en cuanto a los procedimientos apropiados para los cometidos de los distintos miembros y necesarios en situaciones de emergencia; y

- .2 los oficiales recibirán formación relativa a los procedimientos de emergencia que haya que seguir si se producen fugas, derrames o un incendio que afecte a la carga, y a un número suficiente de ellos se le instruirá y capacitará en los aspectos esenciales de los primeros auxilios que las cargas transportadas puedan hacer necesarios.

18.8 Entrada en espacios cerrados²¹

18.8.1 En circunstancias normales de funcionamiento el personal no entrará en tanques de carga, espacios de bodega, espacios perdidos ni en otros espacios cerrados en los que pueda acumularse gas, a menos que se mida el contenido gaseoso de la atmósfera del espacio de que se trate mediante un equipo fijo o portátil, para garantizar la presencia de oxígeno suficiente y la ausencia de una atmósfera tóxica.

18.8.2 Cuando a los efectos de llevar a cabo una inspección de rutina fuese necesario desgasificar y airear el espacio de bodega que circunda un tanque de carga de tipo A, y se transporte una carga inflamable en el tanque de carga, la inspección se llevará a cabo cuando el tanque contenga sólo la cantidad de carga 'residual' indispensable para mantenerse frío. La bodega se inertizará nuevamente tan pronto como haya finalizado la inspección.

18.8.3 El personal que entre en un espacio designado como zona potencialmente peligrosa en un buque que transporte productos inflamables no introducirá ninguna posible fuente de ignición en dicho espacio, a menos que el espacio en cuestión haya sido certificado como exento de gas y sea mantenido en esa condición.

18.9 Muestreo de la carga

18.9.1 Todo muestreo de carga se llevará a cabo bajo la supervisión de un oficial, quien velará por que todas las personas que participen en la operación utilicen ropa de protección adecuada a los peligros de la carga.

18.9.2 Cuando se tomen muestras de cargas líquidas, el oficial se cerciorará de que el equipo de muestreo sea adecuado para las temperaturas y presiones en cuestión, incluida la presión de descarga de las bombas de carga, en su caso.

18.9.3 El oficial se asegurará de que todo el equipo de muestreo de carga utilizado esté conectado correctamente a los efectos de evitar cualquier fuga de la carga.

18.9.4 Si la carga que ha de muestrearse es un producto tóxico, el oficial velará por que se utilice el sistema de muestreo de "bucle cerrado" establecido en 1.2.15, a los efectos de reducir al mínimo cualquier escape de carga a la atmósfera.

18.9.5 Una vez finalizadas las operaciones de muestreo, el funcionario velará por que todas las válvulas de muestreo utilizadas estén cerradas correctamente y que las conexiones utilizadas estén correctamente cerradas.

²¹ Véanse las Recomendaciones revisadas relativas a la entrada en espacios cerrados a bordo de los buques, adoptadas por la Organización mediante la resolución A.1050(27).

18.10 Sistema de parada de emergencia (ESD) para la carga

18.10.1 Generalidades

18.10.1.1 Se instalará un sistema de parada de emergencia para la carga a los efectos de detener el flujo de carga en caso de una emergencia, ya sea en el interior del buque o durante el trasvase de la carga a otro buque o a tierra. El sistema de parada de emergencia será proyectado de manera que permita evitar la posible generación de presiones excesivas en las tuberías de trasvase de la carga (véase 18.10.2.1.4).

18.10.1.2 A los efectos de la parada de emergencia, los sistemas auxiliares para el acondicionamiento de la carga que utilicen líquidos o vapores tóxicos o inflamables serán tratados como sistemas de carga. No será necesario incluir los sistemas indirectos de refrigeración que utilicen un medio inerte, como el nitrógeno, dentro de la función de parada de emergencia.

18.10.1.3 El sistema de parada de emergencia se accionará por medio de las activaciones manuales y automáticas enumeradas en el cuadro 18.1. Solamente se incluirán otras activaciones en el sistema de parada de emergencia si puede demostrarse que su inclusión no menoscaba la integridad y fiabilidad del sistema en general.

18.10.1.4 Los sistemas de parada de emergencia del buque incluirán un enlace buque-tierra, de conformidad con las normas reconocidas.²²

18.10.1.5 En la estación de control de la carga y en el puente de navegación se dispondrá de un diagrama funcional del sistema de parada de emergencia y de los sistemas relacionados.

18.10.2 Prescripciones relativas a la válvula de parada de emergencia

18.10.2.1 Generalidades

18.10.2.1.1 Se entiende por válvula de parada de emergencia (ESD) toda válvula accionada por el sistema de parada de emergencia.

18.10.2.1.2 Las válvulas de parada de emergencia serán teleaccionadas, del tipo que se cierra ante un fallo (una interrupción en el suministro de energía las cierra), y susceptibles de ser cerradas manualmente en el lugar de su emplazamiento, y contarán con una indicación exacta del estado actual de la válvula. Como alternativa al cierre manual de la válvula de parada de emergencia en el lugar de emplazamiento se admitirá una válvula de cierre de accionamiento manual en serie con la válvula de parada de emergencia. La válvula manual se situará en forma contigua a la válvula de parada de emergencia. Se adoptarán las medidas necesarias a fin de controlar el líquido que quede atrapado en caso de que la válvula de parada de emergencia se cierre mientras la válvula manual también esté cerrada.

18.10.2.1.3 Las válvulas de parada de emergencia situadas en los sistemas de tuberías de líquidos se cerrarán completa y perfectamente en un intervalo de 30 s desde su activación. Se dispondrá a bordo de información respecto del tiempo de cierre de las válvulas y de sus características de funcionamiento, y el tiempo de cierre será comprobable y repetible.

²² Norma ISO 28460:2010: *Petroleum and natural gas industries – Installation and equipment for liquefied natural gas – Ship-to-shore interface and port operations.*

18.10.2.1.4 El tiempo de cierre de la válvula al que se hace referencia en 13.3.1 a 13.3.3 (es decir, el tiempo que transcurre desde que se emite la señal de parada hasta completar el cierre de la válvula) no será mayor a:

$$\frac{3600 U}{LR} \quad (\text{segundos})$$

donde:

- U = volumen del espacio vacío (m^3) al nivel en que se produce la señal;
 LR = régimen de carga máximo acordado entre el buque y las instalaciones en tierra (m^3/h).

El régimen de carga se ajustará a los efectos de limitar los aumentos de presión durante el cierre de la válvula a un nivel aceptable, teniendo en cuenta la manga o el brazo de carga, y los sistemas de tuberías del buque y en tierra, cuando sea pertinente.

18.10.2.2 Conexiones de los colectores buque-tierra y buque-buque

En cada conexión de los colectores se instalará una válvula de parada de emergencia. Las conexiones del colector de carga que no hayan de emplearse en las operaciones de trasvase se bloquearán con bridas ciegas calificadas como aptas para la presión de proyecto del sistema de tuberías.

18.10.2.3 Válvulas del sistema de carga

Cuando las válvulas del sistema de carga, a las que se hace referencia en la sección 5.5, sean también válvulas de parada de emergencia, en el sentido de 18.10, se aplicarán las prescripciones previstas en 18.10.

18.10.3 *Controles del sistema de parada de emergencia*

18.10.3.1 Como mínimo, el sistema de parada de emergencia podrá funcionar de forma manual mediante un control individual en el puente y en el puesto de control prescrito en 13.1.2 o en la cámara de control de la carga, si los hubiese, y en dos lugares como mínimo en la zona de carga.

18.10.3.2 El sistema de parada de emergencia se activará automáticamente al detectarse un incendio en las cubiertas de intemperie de la zona de carga y/o de los espacios de máquinas de carga. Como mínimo, el método de detección utilizado en las cubiertas de intemperie abarcará las bóvedas para líquidos y vapores de los tanques de carga, los colectores de carga y las zonas en las que normalmente se desmantelan las tuberías de líquidos. La detección podrá realizarse por medio de elementos fusibles proyectados para fundirse a temperaturas comprendidas entre 98 °C y 104 °C, o por métodos de detección de incendios por zonas.

18.10.3.3 Al activarse el sistema de parada de emergencia, la maquinaria de carga que estuviese en funcionamiento se detendrá de acuerdo con la matriz de causa y efecto que figura en el cuadro 18.1.

18.10.3.4 El sistema de control de la parada de emergencia se configurará de tal modo que permita que las pruebas de nivel alto prescritas en 13.3.5 se lleven a cabo de manera segura y controlada. A efectos de las pruebas, las bombas de carga podrán accionarse mientras se neutralice el sistema de control de reboses. Los procedimientos para las pruebas de las alarmas de nivel y el reajuste del sistema de parada de emergencia tras la ultimación de las pruebas de las alarmas de nivel alto se incluirán en el manual de operaciones prescrito en 18.2.1.

Cuadro 18.1: Disposiciones funcionales de la parada de emergencia

Acción de parada → Acción de inicio ↓	Bombas		Sistemas de compresores				Válvulas	Enlace
	Bombas de carga/bombas reforzadoras de carga	Bombas de pulverización/agotamiento	Compresores de retorno de vapores	Compresores de combustible gaseoso	Planta de relicuefacción ^{***} , incluidas las bombas de retorno de condensados, si están instaladas	Unidad de combustión de gas	Válvulas ESD	Señal para el enlace buque/tierra ^{****}
Botones de emergencia (véase 18.10.3.1)	✓	✓	✓	Nota 2	✓	✓	✓	✓
Detección de incendio en cubierta o en la envolvente del compresor* (véase 18.10.3.2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nivel alto en tanque de carga (véanse 13.3.2 y 13.3.3)	✓	✓	✓	Nota 1 Nota 2	Nota 1 Nota 3	Nota 1	Nota 6	✓
Señal del enlace buque/tierra (véase 18.10.1.4)	✓	✓	✓	Nota 2	Nota 3	n/a	✓	n/a
Pérdida de fuerza motriz para las válvulas ESD**	✓	✓	✓	Nota 2	Nota 3	n/a	✓	✓
Fallo de alimentación eléctrica principal ("apagón")	Nota 7	Nota 7	Nota 7	Nota 7	Nota 7	Nota 7	✓	✓
Neutralización de la alarma de nivel (véase 13.3.7)	Nota 4	Nota 4 Nota 5	✓	Nota 1	Nota 1	Nota 1	✓	✓

Nota 1 Estos elementos del equipo podrán omitirse de estas activaciones de cierre automático específicas, siempre y cuando los orificios del equipo estén protegidos contra la entrada de líquido de la carga.

Nota 2 Si el compresor del combustible gaseoso se usa para el retorno del vapor de la carga a tierra, estará incluido en el sistema ESD cuando esté funcionando en dicha modalidad.

Nota 3 Si los compresores de la planta de relicuefacción se utilizan para la limpieza de las tuberías de retorno de vapor/de tierra, estarán incluidos en el sistema ESD cuando estén funcionando en dicha modalidad.

Nota 4 El sistema de neutralización previsto en 13.3.7 podrá ser utilizado en el mar a los fines de evitar falsas alarmas o paradas. Cuando se anulen las alarmas de nivel, se inhibirá el funcionamiento de las bombas de carga y la abertura de las válvulas colectoras ESD, salvo cuando se realicen las pruebas de las alarmas de nivel alto de conformidad con 13.3.5 (véase 18.10.3.4).

- Nota 5 Las bombas de pulverización o agotamiento de la carga que se utilizan para el suministro forzado de vaporizador podrán excluirse del sistema ESD sólo cuando estén funcionando en dicha modalidad.
- Nota 6 Los sensores indicados en 13.3.2 podrán utilizarse para cerrar automáticamente la válvula de llenado del tanque individual en el que estén instalados los sensores, como alternativa al cierre de la válvula de parada de emergencia indicada en 18.10.2.2. Si se elige esta opción, la activación de todo el sistema de parada de emergencia se iniciará cuando se hayan activado los sensores de nivel alto en todos los tanques que deban cargarse.
- Nota 7 Estos elementos del equipo estarán concebidos de manera que no se reactiven tras el reestablecimiento de la alimentación eléctrica principal y sin la confirmación de las condiciones de seguridad.
- * Para estos fines, podrá recurrirse a fusibles, la vigilancia de la temperatura del punto electrónico o la detección de incendios en la zona de cubierta.
- ** Fallo hidráulico, eléctrico o neumático de los accionadores de la válvula ESD accionada por telemando.
- *** Los sistemas de refrigeración indirecta que forman parte de la planta de relicuefacción no tienen que incluirse en la función ESD si utilizan un medio inerte como el nitrógeno en el ciclo de refrigeración.
- **** La señal no indica necesariamente el hecho que inicia la parada de emergencia.
- ✓ Prescripción funcional.
- n/a No se aplica.

18.10.4 *Paradas adicionales*

18.10.4.1 Las prescripciones previstas en 8.3.1.1 con el fin de proteger el tanque de carga de la presión diferencial externa pueden cumplirse mediante la utilización de un mecanismo de disparo independiente que, al detectar una presión baja, active el sistema de parada de emergencia o, como mínimo, detenga todos los compresores o bombas de carga.

18.10.4.2 Podrá disponerse una entrada al sistema de parada de emergencia desde el sistema de control de rebose prescrito en 13.3 a los efectos de detener el funcionamiento de todo compresor o bomba de carga en el momento de detectarse un nivel alto, habida cuenta de que esta señal de alarma puede obedecer a un trasiego involuntario de carga de un tanque a otro dentro del buque.

18.10.5 *Pruebas previas al desarrollo de las operaciones*

Los sistemas de parada de emergencia y de alarma vinculados al trasvase de carga serán verificados y probados antes de dar comienzo a las operaciones de manipulación de la carga.

18.11 Trabajos en caliente sobre los sistemas de contención de la carga o cerca de éstos

18.11.1 Se tomarán precauciones especiales contra incendios en las proximidades de los tanques de carga y, en especial, de los sistemas de aislamiento que puedan ser inflamables o estar contaminados con hidrocarburos o que puedan desprender gases tóxicos como producto de su combustión.

18.12 Prescripciones complementarias de orden operacional

En los párrafos del Código indicados a continuación se encontrarán prescripciones complementarias de orden operacional: 2.2.2, 2.2.5, 2.2.8, 3.8.4, 3.8.5, 5.3.2, 5.3.3.3, 5.7.3, 7.1, 8.2.7, 8.2.8, 8.2.9, 9.2, 9.3, 9.4.4, 12.1.1, 13.1.3, 13.3.6, 13.6.18, 14.3.3, 15.3, 15.6, 16.6.3, 17.4.2, 17.6, 17.7, 17.9, 17.10, 17.11, 17.12, 17.13, 17.14, 17.16, 17.18, 17.19, 17.21, 17.22.

CAPÍTULO 19

RESUMEN DE PRESCRIPCIONES MÍNIMAS

Notas aclaratorias para el resumen de prescripciones mínimas

Nombre del producto (columna a)	El nombre del producto se usará en el documento de expedición para toda carga que se presente para transportarse a granel. Podrá añadirse una denominación secundaria entre corchetes después del nombre del producto. En determinados casos los nombres de los productos no son idénticos a los que aparecen en ediciones anteriores del Código.
(columna b)	<i>Suprimida</i>
Tipo de buque (columna c)	1: buque de tipo 1G (2.1.2.1) 2: buque de tipo 2G (2.1.2.2) 3: buque de tipo 2PG (2.1.2.3) 4: buque de tipo 3G (2.1.2.4)
Tanque de tipo C independiente prescrito (columna d)	Tanque independiente de tipo C (4.23)
Control ambiental de los tanques (columna e)	Inerte: inertización (9.4) Seco: secado (17.7) – : no se establecen prescripciones especiales en el Código
Detección de vapor (columna f)	F: detección de vapores inflamables T: detección de vapores tóxicos F+T: detección de vapores inflamables y tóxicos A: asfixiante
Dispositivos de medición (columna g)	I: indirecto o cerrado (13.2.3.1 y .2) R: indirecto, cerrado o de paso reducido.(13.2.3.1, .2, .3 y .4) C: indirecto o cerrado (13.2.3.1, .2 y .3)
(columna h)	<i>Suprimida</i>
Prescripciones especiales (columna i)	Cuando se haga referencia específica a los capítulos 14 y/o 17, estas prescripciones se agregarán a las prescripciones correspondientes a cualquier otra columna.
Gases refrigerantes	Gases no tóxicos y no inflamables

A menos que se especifique lo contrario, las mezclas de gases que contengan en total menos de un 5 % de acetilenos podrán ser transportadas sin que tengan que cumplir prescripciones adicionales a las previstas para los componentes principales.

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
<i>Nombre del producto</i>		<i>Tipo de buque</i>	<i>Tanque de tipo C independiente prescrito</i>	<i>Control del espacio de vapor dentro de los tanques de carga</i>	<i>Detección de vapor</i>	<i>Dispositivos de medición</i>		<i>Prescripciones especiales</i>
Acetaldehidato		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.2, 14.3.3.1, 17.4.1, 17.6.1
Amoníaco, anhidro		2G/2PG	–	–	T	C		14.4, 17.2.1, 17.12
Anhídrido carbónico (alta pureza)		3G	–	–	A	R		17.21
Anhídrido carbónico (reciclado)		3G	–	–	A	R		17.22
Bromuro de metilo		1G	Sí	–	F + T	C		14.4, 17.2.3, 17.3.2, 17.4.1, 17.5
Butadieno (todos los isómeros)		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4, 17.2.2, 17.4.2, 17.4.3, 17.6, 17.8
Butano (todos los isómeros)		2G/2PG	–	–	F	R		
Butilenos (todos los isómeros)		2G/2PG	–	–	F	R		
Cargas de Mixed C4		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4, 17.2.2, 17.4.2, 17.4.3, 17.6, 17.20
Cloro		1G	Sí	Seco	T	I		14.4, 17.3.2, 17.4.1, 17.5, 17.7, 17.9, 17.13
Cloruro de etilo		2G/2PG	–	–	F + T	C		
Cloruro de metilo		2G/2PG	–	–	F + T	C		17.2.3
Cloruro de vinilideno*		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.1, 14.4.2, 17.2.5, 17.6.1, 17.8, 17.9, 17.10
Cloruro de vinilo		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4.1, 14.4.2, 17.2.2, 17.2.3, 17.3.1, 17.6, 17.19
Dimetilamina		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4, 17.2.1
Dióxido de azufre		1G	Sí	Seco	T	C		14.4, 17.3.2, 17.4.1, 17.5, 17.7
Etano		2G	–	–	F	R		
Éter dietílico*		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.1, 14.4.2, 17.2.6, 17.3.1, 17.6.1, 17.9, 17.10, 17.11.2, 17.11.3
Éter dimetílico		2G/2PG			F + T	C		
Éter etilvinílico*		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.1, 14.4.2, 17.2.2, 17.3.1, 17.6.1, 17.8, 17.9, 17.10, 17.11.2, 17.11.3

a <i>Nombre del producto</i>	b	c <i>Tipo de buque</i>	d <i>Tanque de tipo C independiente prescrito</i>	e <i>Control del espacio de vapor dentro de los tanques de carga</i>	f <i>Detección de vapor</i>	g <i>Dispositivos de medición</i>	h	i <i>Prescripciones especiales</i>
Etileno		2G	–	–	F	R		
Gases refrigerantes		3G	–	–	–	R		
Isopreno (parcialmente refinado)*		2G/2PG	–	–	F	R		14.4.2, 17.8, 17.9, 17.11.1
Isopreno (todos los isómeros)*		2G/2PG	–	–	F	R		14.4.2, 17.8, 17.9, 17.11.1
Isopropilamina*		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4.1, 14.4.2, 17.2.4, 17.9, 17.10, 17.11.1, 17.15
Metano (GNL)		2G	–	–	F	C		
Mezcla de butano/propano		2G/2PG	–	–	F	R		
Mezclas de metilacetileno/propiadieno		2G/2PG	–	–	F	R		17.16
Monoetilamina*		2G/2PG	–	–	F + T	C		14.4, 17.2.1, 17.3.1, 17.9, 17.10, 17.11.1, 17.15
Nitrógeno		3G	–	–	A	C		17.17
Óxido de etileno		1G	Sí	Inerte	F + T	C		14.4, 17.2.2, 17.3.2, 17.4.1, 17.5, 17.6.1, 17.14
Óxido de propileno u óxido de etileno/óxido de propileno, en mezcla, con un contenido de óxido de etileno de un 30 %, en peso, como máximo*		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.2, 17.3.1, 17.4.1, 17.6.1, 17.9, 17.10, 17.18
Óxido de propileno*		2G/2PG	–	Inerte	F + T	C		14.4.2, 17.3.1, 17.4.1, 17.6.1, 17.9, 17.10, 17.18
Pentano (todos los isómeros)*		2G/2PG	–	–	F	R		17.9, 17.11
Penteno (todos los isómeros)*		2G/2PG	–	–	F	R		17.9, 17.11
Propano		2G/2PG	–	–	F	R		
Propileno		2G/2PG	–	–	F	R		

* Esta carga también se rige por el Código CIQ.

APÉNDICE 1

FORMULARIO DE NOTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS REGIDOS POR EL CÓDIGO CIG

Características de los productos que se propone transportar en buques regidos por el Código CIG

1 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre del producto:

En el documento de expedición se utilizará el nombre del producto de toda carga presentada para su transporte a granel. Se podrá incluir cualquier nombre complementario entre corchetes después del nombre del producto.

1.1 Otras denominaciones y números de identificación

Nombre comercial principal : _____
Nombre químico principal : _____
Fórmula química : _____
Número CAS : _____
Número EHS : _____
Número BMR : _____
Número RTECS : _____

1.2 Sinónimos conexos

Estructura

Nombre del sinónimo	Tipo

1.3 Composición

Nombre del componente	%	Tipo

2 PROPIEDADES FÍSICAS

Propiedad	Unidades	Calificación	Valor inferior	Valor superior	Referencias/ observaciones
Peso molecular		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Densidad a 20 °C	(kg/m ³)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Punto de inflamación (v.c.)	(°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Punto de ebullición	(°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Solubilidad en el agua a 20 °C	(mg/l)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Presión de vapor a 20 °C	(Pa)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Temperatura de autoignición	(°C)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Límites de explosividad (% en volumen)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
IEMS	(mm)	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>

3 PROPIEDADES QUÍMICAS PERTINENTES

Índice de reactividad con el agua	(0-2)	<input type="text"/>
0 = No reacciona 1 = Reacciona 2 = Sumamente reactivo	Datos	<input type="text"/>
¿El producto reacciona con el aire y causa una situación potencialmente peligrosa?	(Sí/No)	<input type="text"/>
En caso afirmativo, facilítese información		<input type="text"/>
Referencia		<input type="text"/>
¿Se requiere un agente inhibidor o estabilizador para evitar una reacción peligrosa?	(Sí/No)	<input type="text"/>
En caso afirmativo, facilítese información		<input type="text"/>
Referencia		<input type="text"/>

4 TOXICIDAD PARA LOS MAMÍFEROS

4.1 Toxicidad aguda

	Calificación	Valor inferior	Valor superior	Especie	Referencia/ observaciones
Por vía oral (mg/kg)	DL ₅₀	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Por vía cutánea (mg/kg)	DL ₅₀	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Por inhalación (mg///4h)	DL ₅₀	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4.2 Corrosividad e irritación

	Unidades	Calificación	Valor inferior	Valor superior	Referencia/ observaciones
Efecto corrosivo para la piel (horas)		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		Observación resultante		Especie	Referencia/ observaciones
Irritación cutánea (exposición de 4 h)		<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>
Irritación ocular		<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>

No irritante, poco irritante, ligeramente irritante, moderadamente irritante, fuertemente irritante o corrosivo

4.3 Sensibilización

				Referencia/ observaciones
Sensibilizador de las vías respiratorias (en humanos)	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sensibilización cutánea	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4.4 Otros efectos específicos a largo plazo

			Referencia/ observaciones
Carcinógeno	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mutagénico	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Reprotóxico	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Otros efectos a largo plazo	(Sí/No)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4.5 Otros datos pertinentes sobre la toxicidad para los mamíferos

5 Prescripciones de transporte propuestas

Columna del Código CIQ	Propiedad	Valor
c	Tipo de buque	
d	Tanque independiente de tipo C prescrito	
e	Control del espacio de vapor dentro del tanque de carga	
f	Detección de vapor	
g	Dispositivos de medición	
i	Prescripciones especiales	

APÉNDICE 2

MODELO DE FORMULARIO DEL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD PARA EL TRANSPORTE DE GASES LICUADOS A GRANEL

CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD PARA EL TRANSPORTE GASES LICUADOS A GRANEL

(sello oficial)

Expedido en virtud de lo dispuesto en el

CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL

con autoridad conferida por el Gobierno de

.....
(nombre oficial completo del país)

por.....
*(título oficial completo de la persona u organización competente
reconocida por la Administración)*

Pormenores del buque¹

Nombre del buque

Número o letras distintivos

Número IMO²

Puerto de matrícula

Capacidad de carga (m³)

Tipo de buque³ (párrafo 2.1.2 del Código)

Fecha en que se colocó la quilla del
buque o en que la construcción de éste
se hallaba en una fase equivalente o,
en el caso de un buque transformado,
fecha en que comenzó la
transformación en buque gasero:

El buque cumple también plenamente las siguientes enmiendas al Código:

.....
.....

El buque está exento de cumplir las siguientes disposiciones del Código:

.....
.....

SE CERTIFICA:

- 1 Que el buque ha sido objeto de reconocimiento, de conformidad con lo dispuesto en la sección 1.4 del Código.
- 2 Que el reconocimiento ha puesto de manifiesto que la construcción y el equipo del buque, y el estado de todo ello, son satisfactorios en todos los sentidos y que el buque se ajusta a las disposiciones pertinentes del Código.
- 3 Que se han utilizado los criterios de proyecto siguientes:

- .1 temperatura ambiente del aire °C⁴
- .2 temperatura ambiente del agua °C⁴
- .3

Tipo y número de tanque	Factores de esfuerzo ⁵				Materiales ⁵	MARVS ⁶
	A	B	C	D		
Tuberías de carga						

Nota: los números de los tanques indicados en esta lista pueden localizarse en el plano de tanques, firmado y fechado, que figura en la hoja adjunta 2.

- .4 las propiedades mecánicas de los materiales de los tanques de carga se determinaron a °C.⁷
- 4 Que el buque es adecuado para el transporte a granel de los productos siguientes, siempre que se observen todas las disposiciones de orden operacional que sean pertinentes.⁸

Productos	Condiciones de transporte (números de los tanques, etc.)	Temperatura mínima
Sigue en la página de continuación de la hoja adjunta 1, firmada y fechada. Los números de los tanques indicados en esta lista pueden localizarse en el plano de tanques, firmado y fechado, que figura en la hoja adjunta 2.		

- 5 Que, de conformidad con lo prescrito en 1.4/2.6.2,* las disposiciones del Código han sido modificadas con respecto al buque del modo siguiente:
.....

* Táchese según proceda.

- 6 Que el buque debe cargarse:
- .1* solamente de conformidad con las condiciones de carga para las que se ha verificado el cumplimiento de las prescripciones de estabilidad sin avería y estabilidad con avería utilizando el instrumento de estabilidad aprobado instalado de conformidad con el párrafo 2.2.6 del Código;
 - .2* cuando se aplique una dispensa permitida por el párrafo 2.2.7 del Código y no esté instalado el instrumento de estabilidad aprobado prescrito por el párrafo 2.2.6 del Código, la carga se realizará de conformidad con uno o más de los métodos aprobados siguientes:
 - .i* de conformidad con las condiciones de carga estipuladas en el manual de carga aprobado, sellado y fechado ... y firmado por un funcionario responsable de la Administración o de una organización reconocida por la Administración; o
 - .ii* de conformidad con las condiciones de carga verificadas a distancia utilizando medios aprobados ...; o
 - .iii* de conformidad con una condición de carga que se encuentre dentro de la gama aprobada de condiciones que se indica en el manual de carga aprobado al que se hace referencia en i *supra*; o
 - .iv* de conformidad con una condición de carga verificada mediante los datos sobre las curvas KG/GM de carácter crítico que se hayan aprobado y se indiquen en el manual de carga aprobado al que se hace referencia en i *supra*;
 - .3* de conformidad con las limitaciones de carga adjuntas al presente Certificado.

Quando sea preciso cargar el buque de un modo que no se ajuste a lo arriba indicado, se remitirán a la Administración que expida el certificado los cálculos necesarios para justificar las condiciones de carga propuestas, y la Administración podrá autorizar por escrito la adopción de tales condiciones de carga.**

El presente Certificado es válido hasta
a reserva de que se efectúen los reconocimientos pertinentes de conformidad con lo dispuesto en 1.4 del Código.

Fecha de conclusión del reconocimiento en el que se basa el presente certificado:
(dd/mm/aaaa)

Expedido en
(lugar de expedición del certificado)

.....
(fecha de expedición)

.....
(firma del funcionario debidamente autorizado
que expide el certificado)

(sello o estampilla, según corresponda, de la autoridad)

* Táchese según proceda.

** En lugar de incluir este texto en el Certificado, se puede adjuntar al mismo, siempre que esté debidamente firmado y sellado.

Instrucciones para cumplimentar el certificado:

1. Los pormenores del buque también se pueden incluir en casillas dispuestas horizontalmente.
2. De conformidad con el Sistema de asignación de un número de la OMI a los buques para su identificación, adoptado por la Organización mediante la resolución A.600(15).
3. Toda anotación guardará relación con todas las recomendaciones que le sean aplicables, por ejemplo, la anotación "tipo 2G" se entiende referida a este tipo de buques en todos los aspectos regidos por el Código.
4. Se indicará la temperatura ambiente prescrita a los fines de dar cumplimiento a lo dispuesto en 4.19.1.1.
5. Se indicarán los factores y materiales de tensión aceptables de conformidad con lo dispuesto en 4.22.3.1 y 4.23.3.1 del presente Código.
6. Se indicarán todos los tarados de las válvulas aliviadoras atribuidos de conformidad con lo dispuesto en 4.13.2.
7. Se indicarán las temperaturas aceptadas por la Administración o la organización que actúe en su nombre a los fines de dar cumplimiento a lo prescrito en 4.18.1.3.
8. Se consignarán únicamente los productos enumerados en el capítulo 19 del Código o los que hayan sido evaluados por la Administración de conformidad con lo dispuesto en 1.1.6.1, o sus mezclas compatibles cuyas proporciones físicas se ajusten a las limitaciones del proyecto de tanque. Respecto de estos últimos productos "nuevos", en la adición del certificado se indicarán cualesquiera prescripciones especiales provisionalmente estipuladas en el marco del acuerdo tripartito.

REFRENDO DE RECONOCIMIENTOS ANUALES E INTERMEDIOS

SE CERTIFICA que en el reconocimiento prescrito en 1.4.2 del Código se ha comprobado que el buque cumple las disposiciones pertinentes del Código.

Reconocimiento anual: Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

Reconocimiento anual/intermedio:* Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

Reconocimiento anual/intermedio:* Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

Reconocimiento anual: Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

* Táchese según proceda.

**RECONOCIMIENTO ANUAL/INTERMEDIO DE CONFORMIDAD
CON LO PRESCRITO EN EL PÁRRAFO 1.4.6.8.3**

SE CERTIFICA que en el reconocimiento anual/intermedio* efectuado de conformidad con lo prescrito en 1.4.6.8.3 del Código se ha comprobado que el buque cumple las disposiciones pertinentes del Código:

Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

**REFRENDO PARA PRORROGAR EL CERTIFICADO, SI ES VÁLIDO DURANTE UN
PERIODO INFERIOR A CINCO AÑOS, CUANDO SE APLICA EL PÁRRAFO 1.4.6.3**

El buque cumple las disposiciones pertinentes del Código y, de conformidad con lo prescrito en 1.4.6.3 del Código, el presente certificado se aceptará como válido hasta

Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

**REFRENDO REQUERIDO CUANDO EL RECONOCIMIENTO DE RENOVACIÓN
SE HA EFECTUADO Y SE APLICA EL PÁRRAFO 1.4.6.4**

El buque cumple las disposiciones pertinentes del Código y, de conformidad con lo prescrito en 1.4.6.4 del Código, el presente certificado se aceptará como válido hasta

Reconocimiento anual: Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

* Táchese según proceda.

**REFRENDO PARA PRORROGAR LA VALIDEZ DEL CERTIFICADO HASTA LA LLEGADA
AL PUERTO DE RECONOCIMIENTO O DURANTE UN PERÍODO DE GRACIA,
CUANDO SE APLICAN LOS PÁRRAFOS 1.4.6.5 o 1.4.6.6**

De conformidad con lo prescrito en 1.4.6.5/1.4.6.6* del Código, el presente certificado se aceptará como válido hasta

Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

**REFRENDO PARA ADELANTAR LA FECHA DE VENCIMIENTO
CUANDO SE APLICA EL PÁRRAFO 1.4.6.8**

De conformidad con lo prescrito en 1.4.6.8 del Código, la nueva fecha de vencimiento es

Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

De conformidad con lo prescrito en 1.4.6.8, la nueva fecha de vencimiento es

Firmado:
(firma del funcionario debidamente autorizado)

Lugar:
Fecha (dd/mm/aaaa):

(sello o estampilla, según corresponda, de la Autoridad)

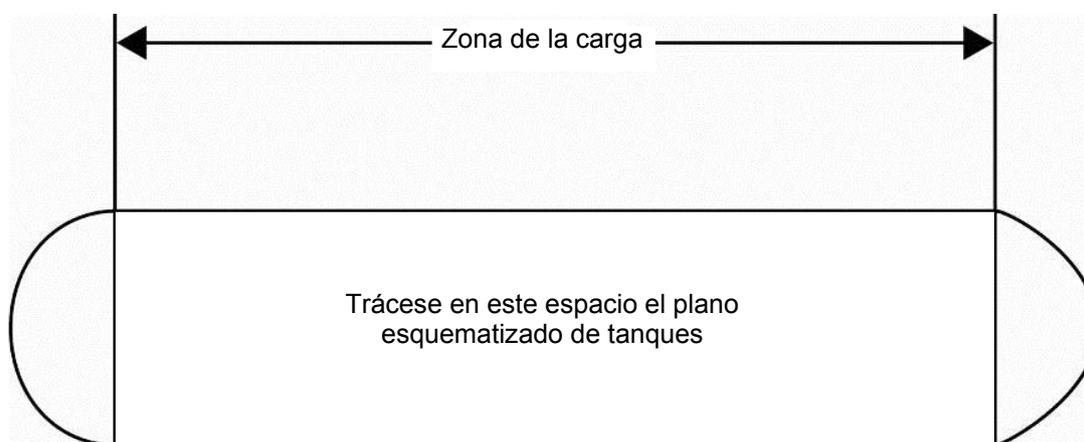
* Táchese según proceda.

**HOJA ADJUNTA 2
DEL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD PARA
EL TRANSPORTE DE GASES LICUADOS A GRANEL**

PLANOS DE LOS TANQUES (ejemplo)

Nombre del buque:

Número o letras distintivos:



Fecha:
(dd/mm/aaaa)
(la del Certificado)

.....
(firma del funcionario que expide el certificado
y/o sello de la autoridad expedidora)

APÉNDICE 3

**EJEMPLO DE ADICIÓN AL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD
PARA EL TRANSPORTE DE GASES LICUADOS A GRANEL**

Adición al Certificado N°:			Expedido el: dd/mm/aaaa		
Expedido en virtud de lo dispuesto en el Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel, enmendado, con la autoridad conferida por el Gobierno de: 					
Nombre del buque	Número o letras distintivos	Número IMO	Puerto de matrícula	Capacidad de carga (m³)	Tipo de buque

SE CERTIFICA:

Que el buque satisface las prescripciones aplicables al transporte a granel del producto o productos indicado(s), siempre y cuando se observen todas las disposiciones operacionales pertinentes del Código:

Producto	Condiciones de transporte (número de los tanques, etc.)	Temperatura mínima	MARVS

Se autoriza el transporte de este producto entre los siguientes países:

Esta adición se expide basándose en el documento:

El acuerdo tripartito correspondiente a este producto es válido hasta: (dd/mm/aaaa)

Esta adición será válida hasta: (dd/mm/aaaa)

Lugar y fecha de expedición: (dd/mm/aaaa)

Firmado:
(firma del funcionario
debidamente autorizado)

APÉNDICE 4

MATERIALES NO METÁLICOS

1 Generalidades

1.1 Las orientaciones que se proporcionan en este apéndice son complementarias a las prescripciones establecidas en 4.19, cuando sean aplicables a los materiales no metálicos.

1.2 La fabricación, pruebas, inspección y documentación de materiales no metálicos deberían cumplir, en general, con las normas reconocidas y con las prescripciones específicas del presente Código, según corresponda.

1.3 Al seleccionar un material no metálico, el proyectista debería asegurarse de que cuente con las propiedades adecuadas para el análisis y la especificación de las prescripciones del sistema. Un material puede ser seleccionado para cumplir una o varias prescripciones.

1.4 Se podrá analizar una amplia gama de materiales no metálicos. Por lo tanto, en la sección que figura a continuación, sobre los criterios para la selección de materiales, no se pueden prever todas las eventualidades, y se considerará de carácter orientativo.

2 Criterios para la selección de materiales

2.1 Se podrán seleccionar materiales no metálicos para su utilización en diversas partes de los sistemas de la carga de los buques que transportan gas licuado, sobre la base del análisis de las siguientes propiedades básicas:

- .1 aislamiento – aptitud para limitar el flujo de calor;
- .2 puntos que soportan la carga – aptitud para contribuir a la solidez del sistema de contención;
- .3 estanquidad – aptitud para proporcionar barreras estancas a los líquidos y al vapor;
- .4 ensamblado – aptitud para ensamblar piezas (por ejemplo, mediante puesta a masa, soldadura o aplicación de un revestimiento protector).

2.2 Asimismo, podrán resultar aplicables consideraciones adicionales en función del proyecto de sistema específico.

3 Propiedades de los materiales

3.1 La flexibilidad del material de aislamiento es la aptitud de un material de aislamiento para ser flexionado o moldeado fácilmente sin dañarse ni quebrarse.

3.2 Un material suelto de relleno es un material sólido y homogéneo que se presenta, por lo general, en forma de partículas finas, tales como polvo o granos, normalmente utilizado para rellenar los huecos de un espacio inaccesible para así proporcionar un aislamiento eficaz.

3.3 Un nanomaterial es un material con propiedades derivadas de su estructura microscópica específica.

3.4 Un material celular es un tipo de material que contiene células que están abiertas, cerradas o de ambas formas, y que se encuentran dispersas en toda su masa.

3.5 Un material adhesivo es un producto que une o conecta a masa dos superficies adyacentes mediante un proceso adhesivo.

3.6 Los otros materiales son materiales que no hayan sido caracterizados en esta sección del Código y que deberían ser identificados e incorporados a la lista. Las pruebas pertinentes que se utilicen a fin de evaluar la idoneidad del material para su utilización en el sistema de carga serán identificadas y se dejará constancia de ellas por escrito.

4 Prescripciones relativas a la selección y pruebas de materiales

4.1 Especificaciones relativas a los materiales

4.1.1 Tras la selección inicial de un material, se deberían llevar a cabo pruebas que permitan validar la idoneidad del material de que se trate para el uso que se le prevé dar.

4.1.2 Debería indicarse claramente el material utilizado y dejarse constancia por escrito de todas las pruebas pertinentes que se realicen.

4.1.3 Los materiales deberían ser seleccionados en función del uso que se les prevé dar, de modo que:

- .1 deberían ser compatibles con todos los productos que se transporten;
- .2 no deberían estar contaminados por una carga determinada ni deberían reaccionar ante su presencia;
- .3 no deberían tener ninguna característica ni propiedad que pueda verse afectada por la carga de que se trate; y
- .4 deberían ser capaces de soportar los choques térmicos dentro de la gradación de la temperatura de funcionamiento.

4.2 Pruebas de los materiales

Las pruebas prescritas para un material específico dependerán del análisis de proyecto, las especificaciones y el uso previsto. La lista de pruebas que figura a continuación sólo tiene fines ilustrativos. Todas las pruebas adicionales que se dispongan, por ejemplo en relación con el deslizamiento, la amortiguación y el aislamiento galvánico, deberían ser claramente identificadas y se debería dejar constancia de ellas por escrito. Los materiales seleccionados de acuerdo con lo dispuesto en el párrafo 4.1 de este apéndice también deberían ser sometidos a las pruebas que figuran en el cuadro siguiente:

Función	Aislamiento	Puntos estructurales que soportan la carga	Estanquidad	Ensamblado
Pruebas mecánicas		X		X
Pruebas de estanquidad			X	
Pruebas térmicas	X			

Cuando se lleven a cabo pruebas a los choques térmicos, el material objeto de la prueba debería ser sometido al gradiente térmico más extremo al que se verá expuesto durante el servicio.

4.2.1 Propiedades inherentes de los materiales

4.2.1.1 Las pruebas deberían llevarse a cabo a fin de garantizar que las propiedades inherentes del material seleccionado no tengan ningún efecto adverso en relación con el uso previsto.

4.2.1.2 Respecto de todos los materiales seleccionados, se deberían evaluar las propiedades siguientes:

- .1 la densidad; por ejemplo, la norma ISO 845; y
- .2 el coeficiente lineal de dilatación térmica (LCTE); por ejemplo, aplicando la norma ISO 11359 a la mayor gradación de la temperatura de funcionamiento especificada. Sin embargo, respecto del material de relleno suelto, se debería evaluar el coeficiente volumétrico de dilatación térmica (VCTE), puesto que es más pertinente.

4.2.1.3 Independientemente de sus propiedades inherentes y de la función que se prevé que desempeñarán, todos los materiales seleccionados deberían ser sometidos a prueba en una gradación de temperaturas de servicio de proyecto hasta 5 °C por debajo de la temperatura mínima de proyecto, pero que no sea inferior a -196 °C.

4.2.1.4 Todas las pruebas de evaluación de las propiedades deberían realizarse de acuerdo con normas reconocidas. A falta de tales normas, el procedimiento de prueba propuesto debería detallarse minuciosamente y presentarse a la Administración para su aceptación. El muestreo debería bastar para garantizar que se reflejen plenamente las propiedades del material seleccionado.

4.2.2 Pruebas mecánicas

4.2.2.1 Las pruebas mecánicas deberían llevarse a cabo de conformidad con el cuadro siguiente:

Pruebas mecánicas	Puntos estructurales que soportan la carga
Tracción	ISO 527 ISO 1421 ISO 3346 ISO 1926
Cizallamiento	ISO 4587 ISO 3347 ISO 1922 ISO 6237
Compresión	ISO 604 ISO 844 ISO 3132
Flexión	ISO 3133 ISO 14679
Deformación plástica	ISO 7850

4.2.2.2 Si la función elegida para un material depende de propiedades particulares, tales como la resistencia a la tracción, a la compresión y al esfuerzo cortante, el límite de elasticidad o el coeficiente de alargamiento, estas propiedades deberían someterse a prueba de conformidad con lo dispuesto en una norma reconocida. Si las propiedades prescritas se evalúan por simulación numérica de acuerdo con una norma de comportamiento de orden superior, las pruebas deberían realizarse por un método que la Administración juzgue satisfactorio.

4.2.2.3 La deformación plástica puede ser causada por las cargas continuas, por ejemplo la presión de la carga o las cargas estructurales. Las pruebas de deformación plástica deberían llevarse a cabo sobre la base de las cargas que se prevea soportar durante la vida útil de proyecto del sistema de contención.

4.2.3 Pruebas de estanquidad

4.2.3.1 Las prescripciones relativas a la estanquidad del material deberían guardar relación con su funcionalidad operativa.

4.2.3.2 Las pruebas de estanquidad deberían llevarse a cabo a fin de medir la permeabilidad del material en la configuración correspondiente a la aplicación prevista (por ejemplo, condiciones de espesor y de tensión), usando el fluido que deba ser retenido (por ejemplo, la carga, el vapor de agua o el gas residual).

4.2.3.3 Las pruebas de estanquidad deberían basarse en las pruebas que se indican como ejemplos en el cuadro siguiente:

Pruebas de estanquidad	Estanquidad
Porosidad/Permeabilidad	ISO 15106 ISO 2528 ISO 2782

4.2.4 Pruebas de conductividad térmica

4.2.4.1 Las pruebas de conductividad térmica deberían reflejar el ciclo de vida útil del material de aislamiento, de modo que puedan evaluarse sus propiedades durante la vida útil de proyecto del sistema de carga. Si estas propiedades son propensas a deteriorarse con el tiempo, el material debería someterse a un envejecimiento, de la mejor forma posible, en un entorno que corresponda a su ciclo de vida útil, por ejemplo, temperatura de funcionamiento, luz, vapor e instalación (es decir, envases, bolsas, cajas, etc.).

4.2.4.2 Las prescripciones relativas al valor absoluto y a la gradación aceptable de la conductividad térmica y de la capacidad calorífica deberían seleccionarse teniendo en cuenta el efecto en la eficacia operativa del sistema de contención de la carga. Se prestará también especial atención a las dimensiones del sistema de manipulación de la carga del sistema y de los componentes correspondientes, tales como válvulas de alivio de seguridad, además de los equipos de retorno y manipulación de vapores.

4.2.4.3 Las pruebas térmicas deberían basarse en las pruebas que se indican como ejemplos en el cuadro que figura a continuación o en sus equivalentes:

Pruebas térmicas	Aislamiento
Conductividad térmica	ISO 8301 ISO 8302
Capacidad calorífica	X

4.2.5 Pruebas físicas

4.2.5.1 Además de las prescripciones establecidas en 4.19.2.3 y 4.19.3.2, en el cuadro siguiente se proporciona orientación e información sobre algunas pruebas físicas adicionales que podrán ser examinadas:

Pruebas físicas	Aislación flexible	Relleno suelto	Nano-material	Material celular	Material adhesivo
Tamaño de la partícula		X			
Contenido de las células cerradas				ISO 4590	
Absorción/desorción	ISO 12571	X	X	ISO 2896	
Viscosidad					ISO 2555 ISO 2431
Tiempo de apertura					ISO 10364
Propiedades tixotrópicas					X
Dureza					ISO 868

4.2.5.2 Las prescripciones para la segregación del material de relleno suelto deberían formularse teniendo en cuenta su posible efecto adverso sobre las propiedades del material (densidad, conductividad térmica) cuando se someta a variaciones ambientales, tales como ciclos térmicos y vibraciones.

4.2.5.3 Las prescripciones para un material con estructura de células cerradas deberían basarse en los posibles efectos que podría tener sobre el flujo de gas y la capacidad amortiguadora durante las fases térmicas transitorias.

4.2.5.4 De forma análoga, las prescripciones relativas a la adsorción y absorción deberían tener en cuenta los posibles efectos adversos que una capacidad amortiguadora no controlada de los líquidos o del gas podría tener sobre el sistema.

5 Programa de garantía y control de la calidad

5.1 Generalidades

5.1.1 Una vez seleccionado un material, tras haber sido sometido a las pruebas descritas en la sección 4 del presente apéndice, se debería aplicar un programa detallado de garantía y control de la calidad que permita garantizar que el material de que se trate siga ajustándose a las normas aplicables durante su instalación y servicio. En el marco de este programa se debería analizar el material a partir del manual de calidad del fabricante, para luego realizar un seguimiento del mismo a lo largo de la fase de construcción del sistema de carga.

5.1.2 El programa de garantía y control de la calidad debería incluir el procedimiento para la fabricación, el almacenamiento, la manipulación y las medidas preventivas que deben adoptarse para protegerse contra la exposición a los efectos nocivos del material de que se trate. Entre estos cabe citar, por ejemplo, el efecto de la luz solar sobre algunos materiales

de aislamiento o de la contaminación de superficies de materiales cuando entran en contacto con productos para uso personal, como, por ejemplo, las cremas de manos. En los programas de garantía y control de la calidad se debería establecer con precisión los métodos de muestreo y la frecuencia con que deben realizarse las pruebas para así garantizar que el material de que se trate siga ajustándose a las normas aplicables durante su producción e instalación.

5.1.3 Cuando se fabrique material de aislamiento en polvo o granulado, se deberían tomar medidas para evitar que dicho material se compacte como consecuencia de la vibración.

5.2 *Programa de garantía y control de la calidad durante la fabricación de componentes*

En el programa de garantía y control de la calidad en relación con la fabricación de componentes se debería incluir, como mínimo, sin que esta enumeración sea exhaustiva, los siguientes elementos:

5.2.1 Identificación del componente

5.2.1.1 Respecto de cada material, el fabricante debería aplicar un sistema de marcado para identificar claramente el lote de producción. El sistema de marcado no debería afectar, de ninguna manera, a las propiedades del producto.

5.2.1.2 El sistema de marcado debería garantizar la cabal trazabilidad del componente, y en él se debería incluir:

- .1 la fecha de fabricación así como la de su posible caducidad;
- .2 las referencias del fabricante;
- .3 la especificación de las referencias;
- .4 el orden de la referencia; y
- .5 cuando sea necesario, todo parámetro ambiental que posiblemente deba mantenerse durante su transporte y almacenamiento.

5.2.2 Métodos de muestreo y de auditoría de la producción

5.2.2.1 Será necesario realizar un muestreo constante durante la producción para garantizar el nivel de calidad y de conformidad permanente con las normas aplicables a un determinado producto.

5.2.2.2 Las pruebas, así como la frecuencia y el método con que éstas deben realizarse, deberían ser definidos con precisión en el programa de garantía y control de la calidad; así, por ejemplo, estas pruebas por lo general incluirán, entre otras cosas, las materias primas, los parámetros del proceso y los controles de los componentes.

5.2.2.3 Los parámetros del proceso y los resultados de las pruebas de control de la calidad de producción deberían ajustarse en forma estricta a los parámetros y resultados precisados en el manual de calidad del fabricante respecto de un determinado material.

5.2.2.4 El objetivo del método de auditoría descrito en el manual de calidad del fabricante es posibilitar la repetibilidad del proceso y la eficacia del programa de garantía y control de la calidad.

5.2.2.5 Durante la auditoría, los auditores deberían tener libre acceso a todas las áreas de producción y control de calidad. Los resultados de la auditoría deberían ajustarse a los valores y tolerancias indicados en los correspondientes manuales de calidad del fabricante.

6 Prescripciones y pruebas relativas a los procesos de puesta a masa y de ensamblado

6.1 Aceptabilidad del procedimiento de puesta a masa

6.1.1 Las especificaciones y la prueba de aceptabilidad del procedimiento de puesta a masa deberían determinarse con precisión ajustándose a normas reconocidas.

6.1.2 Los procedimientos de puesta a masa deberían hacerse constar integralmente por escrito antes de dar inicio a las tareas para así cerciorarse de que las propiedades de la puesta a masa de que se trate son aceptables.

6.1.3 Los siguientes parámetros deberían tenerse en cuenta al formular una especificación del procedimiento de puesta a masa:

- .1 preparación de la superficie;
- .2 almacenamiento y manipulación de los materiales antes de su instalación;
- .3 lapso en el que se aplica;
- .4 lapso de apertura;
- .5 proporción de mezcla, cantidad depositada;
- .6 parámetros ambientales (temperatura, humedad); y
- .7 lapso, temperatura y presión de curado.

6.1.4 Podrán incluirse, según sea necesario, prescripciones adicionales para garantizar la obtención de resultados aceptables.

6.1.5 Las especificaciones de los procedimientos de puesta a masa deberían ser validadas por medio de un programa adecuado de pruebas de calificación de procedimientos.

6.2 Competencias del personal

6.2.1 Los miembros del personal que participen en la aplicación de los procedimientos de puesta a masa deberían recibir capacitación y contar con las competencias necesarias de conformidad con lo dispuesto en normas reconocidas.

6.2.2 Deberían realizarse pruebas a intervalos regulares a fin de garantizar un rendimiento constante por parte de los miembros del personal que realicen operaciones de puesta a masa que permitan garantizar un mismo nivel de calidad de dichas operaciones.

7 Controles y pruebas de las operaciones de puesta a masa en la fase de producción

7.1 Pruebas destructivas

Durante la fase de producción se deberían recoger muestras representativas para luego analizarlas, a fin de comprobar si se corresponden con el nivel de resistencia prescrito que se ha establecido para el proyecto.

7.2 *Pruebas no destructivas*

7.2.1 Durante la fase de producción se deberían llevar a cabo pruebas que no sean perjudiciales para la integridad de la puesta a masa, utilizando una técnica apropiada, como por ejemplo:

- .1 examen visual;
- .2 detección de defectos internos (por ejemplo, mediante pruebas acústicas, ultrasónicas o de cizallamiento); y
- .3 prueba de estanquidad localizada.

7.2.2 Si las puestas a masa han de proporcionar estanquidad como parte de su función de proyecto, se debería realizar una prueba integral de estanquidad del sistema de contención de la carga después de concluidas las operaciones de levantamiento, de conformidad con el programa de garantía y control de la calidad y de las especificaciones del proyectista.

7.2.3 En las normas relativas a los programas de garantía y control de la calidad se deberían incluir disposiciones sobre la aceptación de la estanquidad de los componentes que hayan sido puestos a masa durante su fabricación así como a lo largo del ciclo de vida útil del sistema de contención.

APÉNDICE 5

NORMA PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DEL ESTADO LÍMITE EN EL PROYECTO DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE LA CARGA DE CONFIGURACIÓN NUEVA

1 GENERALIDADES

1.1 La finalidad de la presente norma es facilitar procedimientos y parámetros de proyecto pertinentes del proyecto del estado límite de los sistemas de contención de la carga de configuración nueva, de conformidad con lo dispuesto en la sección 4.27 del presente Código.

1.2 El proyecto del estado límite es un método sistemático según el cual cada elemento estructural se evalúa con respecto a posibles modalidades de fallo en las condiciones de proyecto señaladas en la sección 4.3.4 del presente Código. El estado límite puede definirse como un estado más allá del cual la estructura, o una parte de una estructura, deja de cumplir las prescripciones.

1.3 Los estados límite se dividen en las tres categorías siguientes:

- .1 estados límite de rotura (ULS), que corresponden a la capacidad máxima de transporte de carga o, en algunos casos, a la deformación o inestabilidad máximas aplicables en la estructura, consecuencia del pandeo y el hundimiento plástico, en condiciones sin avería;
- .2 estados límite de fatiga (FLS), que corresponden a la degradación debida al efecto de la carga cíclica; y
- .3 estados límite accidentales (ALS), que guardan relación con la capacidad de resistencia de la estructura en caso de accidentes.

1.4 Se cumplirán, según proceda, las disposiciones de la parte A a la parte D del capítulo 4 del presente Código en función del concepto del sistema de contención de la carga.

2 FORMATO DE PROYECTO

2.1 El formato de proyecto de la presente norma se basa en el formato de proyecto de los factores de resistencia y carga. El principio fundamental del formato de proyecto de los factores de resistencia y carga consiste en verificar que los efectos de la carga de proyecto (L_d) no superan las resistencias de proyecto (R_d) para ninguna de las modalidades de fallo examinadas en un supuesto:

$$L_d \leq R_d$$

La carga de proyecto F_{dk} se obtiene multiplicando la carga característica por un factor de carga pertinente para la categoría de carga especificada:

$$F_{dk} = \gamma_f \cdot F_k$$

donde:

γ_f es el factor de carga; y

F_k es la carga característica especificada en la parte B y la parte C del capítulo 4 del presente Código.

El efecto de la carga de proyecto L_d (por ejemplo, esfuerzos, deformaciones, desplazamientos y vibraciones) es el efecto de la carga combinada más desfavorable derivado de las cargas de proyecto y puede expresarse mediante la siguiente fórmula:

$$L_d = q(F_{d1}, F_{d2}, \dots, F_{dN})$$

donde q es la relación funcional entre la carga y el efecto de la carga determinado mediante análisis estructurales.

La resistencia de proyecto R_d se determina como se indica a continuación:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R \cdot \gamma_C}$$

donde:

R_k es la resistencia característica. En el caso de los materiales contemplados en el capítulo 6 del presente Código, puede ser, entre otras cosas, el límite mínimo de elasticidad especificado, la resistencia mínima especificada a la tracción, la resistencia plástica de las secciones transversales y la resistencia máxima al pandeo;

γ_R es el factor de resistencia, definido como $\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$;

γ_m es el factor de resistencia parcial para tener en cuenta la distribución probabilística de las propiedades del material (factor del material);

γ_s es el factor de resistencia parcial para tener en cuenta las incertidumbres acerca de la capacidad de la estructura, tales como la calidad de la construcción, el método considerado para determinar la capacidad, incluida la precisión del análisis; y

γ_C es el factor de consecuencia, que refleja los posibles resultados de un fallo en relación con la liberación de la carga y las posibles lesiones a personas.

2.2 El proyecto de contención de la carga tendrá en cuenta las posibles consecuencias de los fallos. Los tipos de consecuencia aparecen definidos en el cuadro 1 para especificar las consecuencias de un fallo cuando la modalidad de fallo está relacionada con el estado límite de rotura, el estado límite de fatiga o el estado límite accidental.

Cuadro 1: Tipos de consecuencias

Tipo de consecuencia	Definición
Baja	El fallo entraña una liberación de la carga de poca importancia
Media	El fallo entraña liberación de la carga y un riesgo de lesiones a personas
Alta	El fallo entraña una liberación considerable de la carga y un gran riesgo de lesiones a personas/fallecimientos

3 ANÁLISIS PRESCRITOS

3.1 Se llevarán a cabo análisis de elementos finitos en tres dimensiones mediante un modelo integrado del tanque y el casco del buque, incluidos los soportes y el sistema de manipulación, según proceda. Se determinarán todas las modalidades de fallo a fin de evitar fallos imprevistos. Se llevarán a cabo análisis hidrodinámicos para determinar las aceleraciones y los movimientos específicos del buque en olas irregulares, así como la respuesta del buque y de sus sistemas de contención de la carga a estas fuerzas y movimientos.

3.2 Se llevarán a cabo análisis de resistencia al pandeo de los tanques de carga sujetos a presión exterior y otras cargas que causan esfuerzos de compresión, de conformidad con normas reconocidas. El método tendrá en cuenta debidamente la diferencia entre el esfuerzo de pandeo teórico y el práctico como resultado de la deformación de las planchas, la desalineación de sus bordes, la rectilineidad, la ovalidad y la desviación con respecto a la forma circular pura a lo largo de un arco o una cuerda específicos, según proceda.

3.3 Se llevarán a cabo análisis de fatiga y propagación de fisuras de conformidad con el párrafo 5.1 de la presente norma.

4 ESTADOS LÍMITE DE ROTURA

4.1 La resistencia estructural puede establecerse realizando ensayos o análisis integrales teniendo en cuenta las propiedades elásticas y plásticas de los materiales. Se introducirán márgenes de seguridad para la resistencia a la rotura mediante factores parciales de seguridad que tengan en cuenta la contribución de la naturaleza estocástica de las cargas y de la resistencia (cargas dinámicas, cargas de presión, cargas de gravedad, resistencia del material y capacidades de pandeo).

4.2 En el análisis se considerarán combinaciones adecuadas de cargas permanentes, funcionales y ambientales, incluidas las cargas debidas al chapoteo del líquido. Para la evaluación de los estados límite de rotura se utilizarán al menos dos combinaciones de carga con los factores parciales de carga que figuran en el cuadro 2.

Cuadro 2: factores parciales de carga

Combinación de la carga	Cargas permanentes	Cargas funcionales	Cargas ambientales
'a'	1,1	1,1	0,7
'b'	1,0	1,0	1,3

Los factores de carga para las cargas permanentes y funcionales en la combinación de carga 'a' son pertinentes en el caso de las cargas habitualmente bien controladas y/o especificadas aplicables a los sistemas de contención de la carga, tales como la presión de vapor, el peso de la carga, el propio peso del sistema, etc. Los factores de carga más elevados pueden ser pertinentes para las cargas permanentes y funcionales cuando la variabilidad inherente y/o las incertidumbres en los modelos de predicción son más elevadas.

4.3 En el caso de las cargas debidas al chapoteo del líquido, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre pueden precisar un factor de carga mayor, en función de la fiabilidad del método de cálculo.

4.4 En los casos en que se considere que el fallo estructural del sistema de contención de la carga entraña un gran riesgo de lesiones a personas y una liberación considerable de la carga, el factor de consecuencia que se establecerá será $\gamma_C = 1,2$. Dicho valor podrá reducirse si se justifica mediante un análisis de riesgos y estará sujeto a la aprobación de la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. El análisis de riesgos tendrá en cuenta, entre otros factores, la provisión de una barrera secundaria total o parcial a fin de proteger la estructura del casco de fugas y riesgos menores relacionados con la carga prevista. En cambio, la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre pueden fijar valores más elevados, por ejemplo, en el caso de buques que transporten cargas más peligrosas o cuya presión sea más elevada. En todo caso, el factor de consecuencia no será nunca inferior a 1,0.

4.5 Los factores de carga y de resistencia utilizados serán tales que el nivel de seguridad sea equivalente al de los sistemas de contención de la carga descritos en las secciones 4.21 a 4.26 del presente código. Esta medida puede llevarse a cabo calibrando los factores con respecto a proyectos satisfactorios conocidos.

4.6 El factor del material γ_m reflejará en general la distribución estadística de las propiedades mecánicas del material y ha de interpretarse junto con las propiedades mecánicas características especificadas. En el caso de los materiales definidos en el capítulo 6 del presente Código, el factor del material γ_m puede considerarse igual a:

- 1.1. cuando las propiedades mecánicas características especificadas por la organización reconocida representen normalmente el cuantil de 2,5 % inferior en la distribución estadística de las propiedades mecánicas; o
- 1.0. cuando las propiedades mecánicas características especificadas por la organización reconocida representen un cuantil suficientemente pequeño de modo que la probabilidad de las propiedades mecánicas inferiores a las especificadas sea extremadamente baja y pueda despreciarse.

4.7 Los factores de resistencia parciales γ_{si} se establecerán en general tomando como base las incertidumbres relativas a la capacidad de la estructura, teniendo en cuenta las tolerancias de la construcción, la calidad de la construcción, la precisión del método de análisis aplicado, etc.

4.7.1 En el caso de los proyectos para hacer frente a una deformación plástica excesiva en los que se utilicen los criterios relativos al estado límite que se indican en el párrafo 4.8 de la presente norma, los factores de resistencia parciales γ_{si} se calcularán del siguiente modo:

$$\gamma_{s1} = 0,76 \cdot \frac{B}{\kappa_1}$$
$$\gamma_{s2} = 0,76 \cdot \frac{D}{\kappa_2}$$
$$\kappa_1 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{B}{A}; 1,0 \right)$$
$$\kappa_2 = \text{Min} \left(\frac{R_m}{R_e} \cdot \frac{D}{C}; 1,0 \right)$$

Los factores A, B, C y D están definidos en la sección 4.22.3.1 del presente Código. R_m y R_e están definidos en la sección 4.18.1.3 del presente Código.

Los factores de resistencia parciales anteriores son el resultado de la calibración en tanques independientes de tipo B convencionales.

4.8 Proyecto para hacer frente a una deformación plástica excesiva

4.8.1 Los criterios de aceptación del esfuerzo que se indican a continuación hacen referencia a los análisis del esfuerzo elástico.

4.8.2 Las partes de los sistemas de contención de la carga en los que las cargas se transporten fundamentalmente mediante la respuesta de la membrana en la estructura cumplirán los siguientes criterios relativos al estado límite:

$$\sigma_m \leq f$$
$$\sigma_L \leq 1,5f$$
$$\sigma_b \leq 1,5F$$
$$\sigma_L + \sigma_b \leq 1,5F$$
$$\sigma_m + \sigma_b \leq 1,5F$$
$$\sigma_m + \sigma_b + \sigma_g \leq 3,0F$$
$$\sigma_L + \sigma_b + \sigma_g \leq 3,0F$$

donde:

σ_m = esfuerzo primario equivalente de la membrana general

σ_L = esfuerzo primario equivalente de la membrana local

σ_b = esfuerzo flector primario equivalente

σ_g = esfuerzo secundario equivalente

$$f = \frac{R_e}{\gamma_{s1} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

$$F = \frac{R_e}{\gamma_{s2} \cdot \gamma_m \cdot \gamma_C}$$

En lo que respecta a los esfuerzos σ_m , σ_L , σ_b y σ_g , véase asimismo la definición de las categorías de esfuerzos de la sección 4.28.3 del presente Código.

Nota orientativa:

La suma de esfuerzos descrita anteriormente se realizará sumando cada componente del esfuerzo (σ_x , σ_y , τ_{xy}), y el esfuerzo equivalente se calculará posteriormente a partir de los componentes del esfuerzo resultantes que se indican en el siguiente ejemplo:

$$\sigma_L + \sigma_b = \sqrt{(\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})^2 - (\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})(\sigma_{Ly} + \sigma_{by}) + (\sigma_{Lx} + \sigma_{bx})^2 + 3(\tau_{Lxy} + \tau_{bxy})^2}$$

4.8.3 Las partes de los sistemas de contención de la carga en los que las cargas se transporten fundamentalmente mediante la flexión de vigas, refuerzos y planchas cumplirán los siguientes criterios relativos al estado límite:

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} \leq 1,25F \quad (\text{véanse las notas 1 y 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} \leq 1,25F \quad (\text{véase la nota 2})$$

$$\sigma_{ms} + \sigma_{bp} + \sigma_{bs} + \sigma_{bt} + \sigma_g \leq 3,0F$$

Nota 1: la suma del esfuerzo equivalente de la membrana en la sección y del esfuerzo equivalente de la membrana en la estructura primaria ($\sigma_{ms} + \sigma_{bp}$) se obtendrá directamente a partir del análisis de elementos finitos en tres dimensiones.

Nota 2: La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre pueden modificar el coeficiente 1,25, teniendo en cuenta el concepto del proyecto, la configuración de la estructura y la metodología utilizada para el cálculo de los esfuerzos.

donde:

σ_{ms} = esfuerzo equivalente de la membrana en la sección en la estructura primaria

σ_{bp} = esfuerzo equivalente de la membrana en la estructura primaria y esfuerzo en las estructuras secundaria y terciaria ocasionado por la flexión de la estructura primaria

σ_{bs} = esfuerzo flector en la sección en la estructura secundaria y esfuerzo en la estructura terciaria ocasionado por la flexión de la estructura secundaria

σ_{bt} = esfuerzo flector de sección en la estructura terciaria

σ_g = esfuerzo secundario equivalente

$$f = \frac{R_e}{Y_{s1} \cdot Y_m \cdot Y_C}$$

$$F = \frac{R_e}{Y_{s2} \cdot Y_m \cdot Y_C}$$

Los esfuerzos σ_{ms} , σ_{bp} , σ_{bs} y σ_{bt} aparecen definidos en la sección 4.8.4. Véase la definición de σ_g en la sección 4.28.3 del presente Código.

Nota orientativa:

La suma de esfuerzos descrita anteriormente se realizará sumando cada componente del esfuerzo (σ_x , σ_y , τ_{xy}), y el esfuerzo equivalente se calculará posteriormente a partir de los componentes del esfuerzo resultantes.

Las planchas del forro se proyectarán de conformidad con las prescripciones de la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre. Cuando el esfuerzo de la membrana sea considerable, el efecto del esfuerzo de la membrana en la capacidad de flexión de la plancha también se tendrá debidamente en cuenta.

4.8.4 Categorías de esfuerzo en la sección

El esfuerzo normal es el componente del esfuerzo normal con respecto al plano de referencia.

El esfuerzo equivalente de la membrana en la sección es el componente del esfuerzo normal que se distribuye uniformemente y es igual al valor medio del esfuerzo ejercido en la sección transversal de la estructura que se esté examinando. Si se trata de una sección de forro sencillo, el esfuerzo de la membrana en la sección es idéntico al esfuerzo de la membrana definido en el párrafo 4.8.2 de la presente norma.

El esfuerzo flector en la sección es el componente del esfuerzo normal que se distribuye linealmente por una sección estructural expuesta a una acción de flexión, tal como se ilustra en la figura 1.

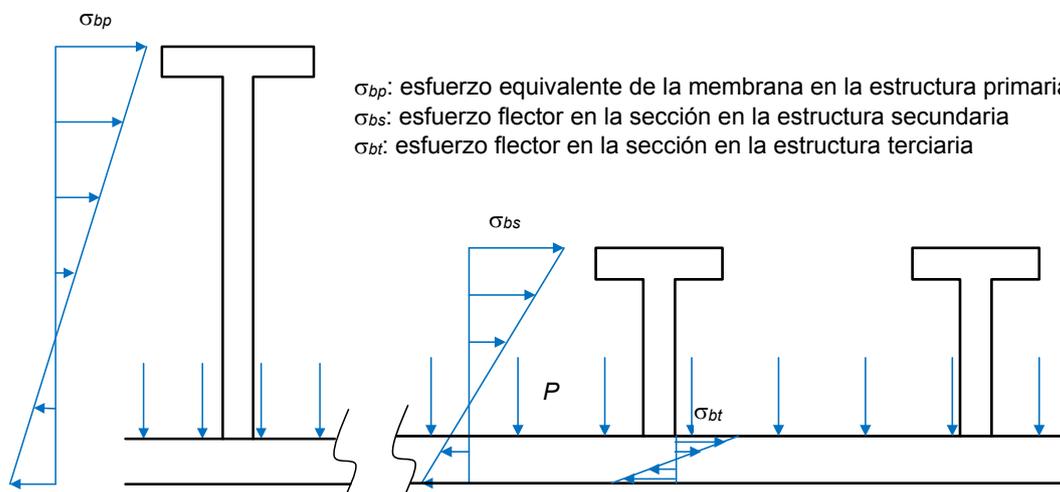


Figura 1: Definición de las tres categorías de esfuerzo en la sección (los esfuerzos σ_{bp} y σ_{bs} son perpendiculares a la sección transversal que se muestra en la figura)

4.9 Se utilizarán los mismos factores γ_C , γ_m , γ_{Si} en el caso de los proyectos para hacer frente al pandeo, salvo que se indique lo contrario en la norma reconocida relativa al pandeo que se aplique. En todo caso, el nivel general de seguridad no será inferior al que proporcionan estos factores.

5 ESTADOS LÍMITE DE FATIGA

5.1 La condición de proyecto de fatiga descrita en la sección 4.18.2 del presente Código se cumplirá, según proceda, en función del concepto del sistema de contención de la carga. En el caso de los sistemas de contención de la carga proyectados de conformidad con la sección 4.27 del presente Código y con la presente norma, se ha de realizar un análisis de fatiga.

5.2 Los factores de carga para los estados límite de fatiga serán iguales a 1,0 para todas las categorías de carga.

5.3 Los factores de consecuencia γ_C y de resistencia γ_R serán iguales a 1,0.

5.4 Se calculará la avería por fatiga según se describe en las secciones 4.18.2.2 a 4.18.2.5 del presente Código. La relación de avería por fatiga acumulada, calculada para los sistemas de contención de la carga, será igual o inferior a los valores que se indican en el cuadro 3.

Cuadro 3: Relación máxima admisible de avería por fatiga acumulada

	Tipo de consecuencia		
	Baja	Media	Alta
C_w	1,0	0,5	0,5*

Nota*: el valor inferior se utilizará de conformidad con las secciones 4.18.2.7 a 4.18.2.9 del presente Código, en función de la detectabilidad del defecto o fisura, etc.

5.5 La Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre pueden establecer valores inferiores, por ejemplo, para las estructuras de los tanques en que la detección eficaz de defectos o fisuras no pueda garantizarse, así como para los buques que transportan cargas más peligrosas.

5.6 De conformidad con las secciones 4.18.2.6 a 4.18.2.9 del presente Código, se han de realizar análisis sobre la propagación de fisuras. Dichos análisis se llevarán a cabo de conformidad con los métodos establecidos en una norma reconocida por la Administración o la organización reconocida que actúe en su nombre.

6 ESTADOS LÍMITE ACCIDENTALES

6.1 Se cumplirá, según proceda, la condición de proyecto en caso de accidentes descrita en la sección 4.18.3 del presente Código, en función del concepto del sistema de contención de la carga.

6.2 Los factores de carga y resistencia pueden flexibilizarse en relación con el estado límite de rotura, teniendo en cuenta que se pueden aceptar averías y deformaciones siempre que no aumenten los supuestos de accidente.

6.3 Los factores de carga para los estados límite accidentales serán iguales a 1,0 para las cargas permanentes, funcionales y ambientales.

6.4 Las cargas que se indican en las secciones 4.13.9 (cargas de escora estática) y 4.15 (abordaje y cargas debidas a la inundación del buque) del presente Código no deben combinarse entre sí ni con las cargas ambientales, definidas en la sección 4.14 del presente Código.

6.5 El factor de resistencia γ_R será igual a 1,0 en general.

6.6 Los factores de consecuencia γ_C serán en general los que se definen en el párrafo f4.4 de la presente norma, pero pueden flexibilizarse teniendo en cuenta la naturaleza del supuesto de accidente.

6.7 La resistencia característica R_K será, en general, la misma que en el caso del estado límite de rotura, pero puede flexibilizarse teniendo en cuenta la naturaleza del supuesto de accidente.

6.8 Se establecerán otros supuestos pertinentes de accidente a partir de un análisis de riesgos.

7 PRUEBAS

7.1 Los sistemas de contención de la carga proyectados de conformidad con la presente norma se someterán a prueba de acuerdo con la sección 4.20.3 del presente Código, según proceda, en función del concepto del sistema de contención de la carga.

COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA
93º periodo de sesiones
Punto 22 del orden del día

MSC 93/22/Add.1/Corr.3
5 noviembre 2015
Original: INGLÉS

**INFORME DEL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA CORRESPONDIENTE
A SU 93º PERIODO DE SESIONES**

Corrección

ANEXO 6

**RESOLUCIÓN MSC.370(93)
(adoptada el 22 de mayo de 2014)**

**ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO
DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL (CÓDIGO CIG)**

- 1 En el párrafo 5.12.1, la expresión "no sea inferior a 55 °C" se sustituye por la expresión "no sea inferior a -55 °C".
- 2 En la última oración del párrafo 7.8.4, la expresión "área que no sea potencialmente peligrosa" se sustituye por la expresión "lugar seguro".
- 3 En el párrafo 8.2.18, se sustituye la expresión "La Administración" por "Se".
- 4 Al final del párrafo 11.2.1, se añade la expresión "(presión manométrica)" después de "MPa".
- 5 En la última oración del párrafo 13.6.11, se sustituye la expresión "una zona que no sea potencialmente peligrosa" por la expresión "un lugar seguro".
- 6 El párrafo 16.9.5 se sustituye por el párrafo siguiente:

"16.9.5 Además de las prescripciones establecidas en 16.4.3.2, tanto las entradas como las salidas de la ventilación estarán situadas fuera del espacio de máquinas. Las entradas darán a una zona que no sea potencialmente peligrosa y las salidas darán a un lugar seguro."
- 7 En el capítulo 19 (Resumen de prescripciones mínimas), en la columna 'i' del cuadro que contiene el resumen de las prescripciones mínimas, todas las referencias al párrafo "14.4.1" se sustituyen por "14.4.2" y todas las referencias al párrafo "14.4.2" se sustituyen por "14.4.3".
- 8 En el APÉNDICE 2 (MODELO DE FORMULARIO DEL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD PARA EL TRANSPORTE DE GASES LICUADOS A

GRANEL) se sustituye la segunda instrucción para cumplimentar el certificado por el texto siguiente:

- "2. De conformidad con el Sistema de asignación de un número de la OMI a los buques para su identificación, adoptado por la Organización mediante la resolución A.1078(28)."
-

COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA
93º periodo de sesiones
Punto 22 del orden del día

MSC 93/22/Add.1/Corr.5
17 octubre 2016
Original: INGLÉS

**INFORME DEL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA CORRESPONDIENTE
A SU 93º PERIODO DE SESIONES**

Corrección

ANEXO 6

**RESOLUCIÓN MSC.370(93)
(adoptada el 22 de mayo de 2014)**

**ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO
DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL (CÓDIGO CIG)**

- 1 En el párrafo 5.9.3.1, se sustituye la expresión "o de diámetros interiores" por "y con diámetros interiores".
- 2 En el párrafo 5.11.6.3, se sustituye la expresión "válvula de cierre automático a prueba de fallos" por "que se cierra en caso de fallo".
- 3 En el párrafo 13.6.4:
 - .1 se sustituye la expresión: "cuando en la columna 'f' del cuadro que figura en el capítulo 19 se indique" por "cuando en la columna 'f' del cuadro que figura en el capítulo 19 se indique con 'A'"; y
 - .2 se sustituye la expresión "espacios de bodega de los tanques de carga" por "espacios de bodega de los tanques independientes que no sean de tipo C".
- 4 En el párrafo 5 del APÉNDICE 2 (MODELO DE FORMULARIO DEL CERTIFICADO INTERNACIONAL DE APTITUD PARA EL TRANSPORTE DE GASES LICUADOS A GRANEL), se sustituye la referencia a "1.4/2.6.2" por "1.3/2.6.2".

COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA
93º periodo de sesiones
Punto 22 del orden del día

MSC 93/22/Add.1/Corr.7
13 marzo 2018
ESPAÑOL SOLAMENTE

**INFORME DEL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA CORRESPONDIENTE
A SU 93º PERIODO DE SESIONES**

Corrección

ANEXO 6

**RESOLUCIÓN MSC.370(93)
(adoptada el 22 de mayo de 2014)**

**ENMIENDAS AL CÓDIGO INTERNACIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL EQUIPO
DE BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL (CÓDIGO CIG)**

- 1 En el párrafo 4.15.1, la palabra "gramos" se sustituye por "g".
- 2 Al final del párrafo 5.5.1.2, "0,7 MPa" se sustituye por "0,07 MPa".