

RECOMENDACIONES RELATIVAS AL TRANSPORTE MULTIMODAL  
DE CONTENEDORES CISTERNA

## 12.1 Preámbulo

12.1.1 Las disposiciones de este capítulo se aplican a los contenedores cisterna destinados al transporte de mercancías peligrosas de la clase 2 (gases licuables a presión no refrigerados) y de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 por todos los modos de transporte. Se exponen en ellas los requisitos necesarios para el transporte directo y se indican los casos en que es posible aplicar normas menos rigurosas a un solo modo de transporte. Además de las disposiciones de las presentes recomendaciones, y a menos que se indique otra cosa, todo contenedor cisterna para el transporte multimodal que responda a la definición de "contenedor" dada en la Convención Internacional sobre la Seguridad de los Contenedores (CSC) debe cumplir los requisitos establecidos en esa Convención que sean aplicables.

12.1.2 Las autoridades competentes pueden excepcionalmente considerar la aprobación de cisternas existentes para las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 y de sus elementos de servicio que no cumplan estrictamente las disposiciones establecidas, pero que tengan otras características aceptables. Además, para tener en cuenta el progreso de la ciencia y de la técnica, las autoridades competentes pueden considerar otras disposiciones que ofrezcan una seguridad de empleo al menos equivalente en cuanto a la compatibilidad con las propiedades de las sustancias transportadas y una resistencia equivalente o superior a los choques, a las cargas y al fuego.

12.1.3 Estas disposiciones se presentan en dos partes. La primera contiene los requisitos aplicables a los contenedores cisterna destinados al transporte de mercancías peligrosas de las clases 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. La segunda contiene unos cuadros de mercancías peligrosas en los que se indican los requisitos especiales que modifican o completan para cada una de las sustancias los requisitos establecidos en la parte I. Los cuadros 12.1 y 12.2 de la parte II tendrán que ser actualizados de vez en cuando con la posible adición de nuevas sustancias y para tener en cuenta el progreso de la técnica.

12.1.4 La construcción, los elementos, las pruebas, el marcado y la utilización de los contenedores destinados al transporte multimodal deben haber sido aceptados por las autoridades competentes del país en que tales contenedores sean aprobados. Las disposiciones generales de la parte I deben ser incluidas en las normas establecidas por las autoridades competentes.

12.1.5 Estas recomendaciones no se aplican a los vehículos cisterna para el transporte por carretera, a los vagones cisterna de ferrocarril, a las cisternas no metálicas, a los recipientes intermedios para graneles, a las cisternas destinadas al transporte de líquidos cuya capacidad sea inferior a 450 litros ni a las cisternas destinadas al transporte de gases cuya capacidad sea igual o inferior a 1.000 litros o cuya presión máxima de servicio autorizada sea inferior a 7 bares o superior a 40 bares.

## 12.2 Definiciones para las clases 3 a 9

12.2.1 Para los efectos de las disposiciones aplicables a los contenedores cisterna destinados al transporte de las sustancias de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9:

12.2.2 Por "contenedor cisterna" se entiende una cisterna de al menos 450 litros de capacidad cuyo depósito esté provisto de todos los elementos de servicio y los elementos estructurales que sean necesarios para el transporte de líquidos peligrosos. El contenedor cisterna debe poder ser cargado y descargado sin necesidad de desmontar sus elementos estructurales, tener elementos estabilizadores exteriores al depósito y poder ser elevado cuando esté lleno.

12.2.3 Por "depósito" se entiende la cisterna propiamente dicha, incluidas las aberturas y sus cierres.

12.2.4 Por "elementos de servicio" del depósito se entienden los dispositivos de llenado y vaciado, aireación, seguridad, calefacción y aislamiento térmico, así como los instrumentos de medida.

12.2.5 Por "elementos estructurales" se entienden los elementos de refuerzo, sujeción, protección o estabilización exteriores al depósito.

12.2.6 Por "presión de servicio máxima autorizada" se entiende la mayor de las dos presiones siguientes, medidas en la parte superior de la cisterna cuando ésta se encuentra en su posición normal:

a) la presión efectiva máxima autorizada en el depósito durante el llenado o el vaciado; o

b) la presión manométrica efectiva máxima para la que deben estar diseñadas las cisternas destinadas al transporte de líquidos, debe ser la suma de las siguientes presiones parciales, menos 1 bar:

i) la presión de vapor absoluta (en bares) a 65°C;

ii) la presión parcial (en bares) del aire y/o de otros gases que haya en el espacio vacío, determinada por una temperatura en ese espacio de no más de 65°C y una dilatación del líquido debida al aumento de la temperatura media de la carga de  $t_L - t_F$  ( $t_F$  = temperatura de llenado, generalmente de 15°C;  $t_L$  = temperatura máxima de la carga, 50°C);

iii) una presión dinámica efectiva de al menos 0,35 bares (5 libras/pulgada<sup>2</sup>).

12.2.7 Por "presión de prueba" se entiende la presión máxima existente en el depósito durante las pruebas de presión hidráulica.

12.2.8 Por "presión de vaciado" se entiende la presión máxima efectivamente existente en el depósito cuando se vacía éste a presión.

12.2.9 Por "prueba de estanqueidad" se entiende la prueba consistente en someter al depósito a una presión interna efectiva equivalente a la presión de servicio máxima autorizada, pero que sea de al menos 0,2 bares (2,8 libras/pulgada<sup>2</sup>), mediante un procedimiento aprobado por las autoridades competentes.

12.2.10 Por "masa total" se entiende la masa del depósito, de sus elementos de servicio, de sus elementos estructurales y de la carga máxima cuyo transporte esté autorizado.

12.2.11 Por "acero dulce" se entiende un acero que tiene una resistencia a la tracción mínima garantizada de 37 decanewtons/mm<sup>2</sup> y un alargamiento porcentual mínimo garantizado de 27.

12.3 Disposiciones generales relativas a la construcción y utilización de cisternas de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de sustancias de las clases 3 a 9

12.3.1 Los depósitos de los contenedores cisterna deben ser de materiales metálicos capaces de recibir la forma deseada. Para los depósitos soldados sólo se debe utilizar un material cuya soldabilidad esté plenamente demostrada. Las soldaduras deben estar bien hechas y ofrecer completa seguridad. Los materiales de las cisternas deben ser apropiados para el medio ambiente en el que éstas puedan ser transportadas, por ejemplo el medio marino. El aluminio no debe utilizarse como material de construcción más que para los contenedores cisterna destinados al transporte terrestre o en los casos en que tal uso esté expresamente autorizado para el transporte marítimo en el cuadro 12.2 de la parte II. Si está autorizada su utilización, el aluminio debe tener un aislamiento que impida una pérdida considerable de sus propiedades físicas cuando esté sometido a una carga térmica de 2,60 kcal/cm<sup>2</sup>.s (34.500 unidades térmicas británicas por pie cuadrado y hora) durante 30 minutos. El aislamiento debe ser eficaz a todas las temperaturas hasta 650°C y debe estar protegido por un revestimiento de un material cuyo punto de fusión sea de al menos 650°C. El aislamiento debe ser aprobado por las autoridades competentes.

12.3.2 Los contenedores cisterna, sus accesorios y sus tuberías deben estar fabricados con un material:

- a) que sea prácticamente inalterable por la sustancia transportada, o
- b) que sea eficazmente pasivado o neutralizado por la reacción química con esa sustancia, o
- c) que esté revestido de otro material resistente a la corrosión directamente cementado al material del depósito o fijado por otro método equivalente.

12.3.3 Las juntas, si las hay, deben estar hechas de un material que no pueda ser atacado por el contenido de la cisterna.

12.3.4 El revestimiento de todas las cisternas, de los accesorios de las cisternas y de las tuberías debe ser continuo y cubrir completamente la cara de cualquier brida. Cuando los accesorios externos estén soldados a la cisterna, el revestimiento debe ser continuo y cubrir completamente los accesorios y la cara de las bridas externas.

12.3.5 El material del revestimiento debe ser prácticamente inalterable por la sustancia transportada, debe ser homogéneo, no poroso y al menos tan elástico como el material de que están hechos el depósito y las tuberías, y debe tener unas características de dilatación térmica compatibles con las de este último material.

12.3.6 Se deben tomar precauciones para evitar los daños debidos a la corrosión galvánica resultante de la yuxtaposición de metales diferentes.

12.3.7 Los materiales de que esté hecha la cisterna, incluidos los de cualesquiera dispositivos, juntas y accesorios, no deben afectar negativamente al contenido de la cisterna.

12.3.8 Los contenedores cisterna deben ser proyectados y construidos con soportes que les sirvan de base estable durante el transporte y con piezas de sujeción adecuadas para levantarlos y acclararlos.

12.3.9 Los depósitos, sus elementos de sujeción, sus elementos de servicio y sus elementos estructurales deben ser diseñados de forma que resistan, sin pérdida de su contenido, al menos la presión interna ejercida por el contenido y los esfuerzos estáticos y dinámicos en las condiciones normales de manipulación y de transporte.

12.3.10 Los contenedores cisterna que no estén provistos de válvulas de depresión deben ser diseñados de forma que resistan, sin deformación permanente, una presión externa de al menos 0,4 bares (6,0 libras/pulgada<sup>2</sup>) por encima de la presión interna. Las cisternas provistas de válvulas de depresión deben ser diseñadas de forma que resistan, sin deformación permanente, una sobrepresión externa efectiva igual o superior a 0,21 bares (3 libras/pulgada<sup>2</sup>), y sus válvulas de depresión deben estar reguladas para que se abran a menos (-) 0,21 bares (3 libras/pulgada<sup>2</sup>); pueden regularse a una depresión mayor, siempre que no se rebasa la presión externa de proyecto. Todos los dispositivos de depresión deben estar provistos de un parallamas.

12.3.11 Los contenedores cisterna y sus elementos de sujeción deben poder soportar, cuando lleven la carga máxima autorizada, las fuerzas siguientes:

- a) en la dirección del transporte, el doble de la masa total;
- b) horizontalmente, en ángulo recto a la dirección del transporte, la masa total (cuando la dirección del transporte no esté claramente determinada, las fuerzas deben ser iguales al doble de la masa total);
- c) verticalmente hacia arriba, la masa total, y,
- d) verticalmente hacia abajo, el doble de la masa total.

12.3.11.1 Para cada una de estas fuerzas, los coeficientes de seguridad que habrán de aplicarse deben ser los siguientes:

- a) en el caso de los metales que tengan un límite de elasticidad claramente definido, un coeficiente de seguridad de 1,5 en relación con el límite de elasticidad determinado; o

b) en el caso de los metales que no tengan un límite de elasticidad claramente definido, un coeficiente de seguridad de 1,5 en relación con el límite de elasticidad garantizado de 0,2% de alargamiento.

12.3.11.2 Se debe observar que las fuerzas arriba indicadas no dan lugar a un aumento de la presión en la fase de vapor.

12.3.12 Los contenedores cisterna deben transportarse solamente en vehículos cuyos elementos de sujeción puedan soportar, cuando los contenedores llevan la carga máxima autorizada, las fuerzas indicadas en el párrafo 12.3.11.

12.3.13 Los contenedores cisterna destinados al transporte de ciertas sustancias peligrosas enumeradas en el cuadro 12.2 de la parte II deben tener una protección adicional, que puede consistir, bien en un aumento del espesor de la chapa del depósito o en una elevación de la presión de prueba, aumento o elevación que se determinarán teniendo en cuenta el peligro que presenten las sustancias transportadas, bien en un dispositivo de protección aprobado por las autoridades competentes.

#### 12.4 Sección transversal

12.4.1 Los contenedores cisterna deben tener una sección transversal que permita determinar los esfuerzos a que están sometidos, es decir, que su diseño debe ser tal que se puedan analizar tales esfuerzos, bien matemáticamente, bien experimentalmente por medio de extensómetros de resistencia o por algún otro método aprobado por las autoridades competentes (esta disposición no se aplica a las cisternas destinadas al transporte terrestre solamente).

12.4.2 Los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal deben ser diseñados y construidos de forma que resistan una presión de prueba de al menos 1,5 veces la presión de servicio máxima autorizada. Sin embargo, la presión de prueba no debe ser nunca inferior a 1,5 bares. En el cuadro 12.2 de la parte II se indican algunos requisitos específicos para determinadas sustancias. También hay que tener en cuenta los requisitos relativos al espesor mínimo de la chapa del depósito indicados en los párrafos 12.5.1 a 12.5.6 de este capítulo para tales cisternas.

12.4.3 Al elegir el material y al determinar el espesor de las paredes se deben tener en consideración las temperaturas máximas y mínimas de llenado o de servicio, habida cuenta del riesgo de fractura por fragilidad.

12.4.3.1 A la presión de prueba, el esfuerzo  $\sigma$  (sigma) en el punto sometido al máximo esfuerzo del depósito del contenedor cisterna no debe exceder de los límites que se indican a continuación, en función de los materiales:

a) En el caso de los metales y aleaciones que tengan un límite de elasticidad claramente definido o que se caractericen por un límite de elasticidad convencional garantizado  $R_e$  (generalmente 0,2% de alargamiento permanente; en el caso de los aceros austeníticos, 1% de alargamiento permanente), el esfuerzo no debe exceder del más bajo de estos dos valores:  $0,75 R_e$  o  $0,50 R_m$ ;

b) en el caso de los metales y aleaciones que no tengan un límite de elasticidad aparente y que se caractericen solamente por una resistencia a la tracción mínima garantizada  $R_m$ ;

$$\sigma \leq 0,375 R_m$$

c) se pueden aplicar normas menos rigurosas a los contenedores cisterna destinados únicamente al transporte terrestre;

d) en el caso del acero, el alargamiento porcentual en la rotura no debe ser de menos de 1.000/ $R_m$ , estando  $R_m$  expresado en decanewtons/mm<sup>2</sup>, con un mínimo absoluto del 20%; en el caso del aluminio, el alargamiento porcentual en la rotura no debe ser inferior a 1.000/6  $R_m$ , estando  $R_m$  expresado en decanewtons/mm<sup>2</sup>, con un mínimo absoluto del 12%.

12.4.3.2 Se debe observar que las muestras utilizadas para determinar el alargamiento en la rotura deben tomarse perpendicularmente a la dirección del laminado y fijarse de manera que:

$$L_0 = 5 d,$$

donde:  $L_0$  = longitud de la muestra antes de la prueba, y

$d$  = diámetro.

12.4.4 Los contenedores cisterna destinados al transporte de líquidos inflamables cuyo punto de inflamación no sea superior a 55°C deben poder ser eléctricamente puestos a tierra.

#### 12.5 Espesor mínimo de la chapa del depósito

12.5.1 Los contenedores cisterna deben ser construidos conforme a una reglamentación técnica aprobada y reconocida por las autoridades competentes. Las dimensiones que se indican en los párrafos siguientes tienen en cuenta la existencia de espesores normalizados para las chapas.

12.5.2 En los contenedores cisterna cuyo diámetro no sea superior a 1,80 m (6 pies), las partes cilíndricas y las extremidades de los depósitos deben tener al menos 5 mm (3/16 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor equivalente si son de otro metal. En los contenedores cisterna cuyo diámetro exceda de 1,80 m (6 pies), deben tener al menos 6 mm (1/4 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor equivalente si son de otro metal. Las partes cilíndricas y las extremidades de todos los contenedores cisterna deben tener al menos 3 mm (1/8 de pulgada) de espesor, sea cual fuere el material empleado en su construcción.

12.5.3 Cuando el contenedor cisterna tenga una protección adicional, las autoridades competentes pueden autorizar, en los contenedores cisterna que tengan una presión de prueba de menos de 2,65 bares o en los que tengan una presión de prueba más alta pero estén destinados únicamente al transporte terrestre, una reducción de esos espesores mínimos proporcional a la protección adicional. Sin embargo, en los contenedores cisterna cuyo diámetro no sea superior a 1,80 m (6 pies), las paredes y las extremidades deben tener al menos 3 mm (1/8 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor

equivalente si son de otro metal; en los contenedores cisterna cuyo diámetro exceda de 1.80 m (6 pies), deben tener al menos 4 mm (5/32 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor equivalente si son de otro metal.

12.5.4 La protección adicional mencionada en el párrafo 12.5.3 puede conseguirse con una protección estructural externa completa, tal como una construcción adecuada de tipo "emparedado" cuya cubierta exterior esté sujeta a la cisterna, o con una construcción de paredes dobles, o con una construcción en la que la cisterna está sostenida por un bastidor completo formado por elementos estructurales longitudinales y transversales.

12.5.5 En el caso de un metal distinto del acero dulce que tenga una resistencia a la tracción mínima garantizada de 37 decanewtons/mm<sup>2</sup> y un alargamiento porcentual mínimo garantizado de 27, el espesor equivalente al prescrito en los párrafos 12.5.2 y 12.5.3 se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$e_1 = \frac{10e_0}{\sqrt[3]{Rm_1 \times A_1}}$$

12.5.5.1 Con respecto a los casos del cuadro 12.2 de la parte II en los que, en lugar de hacer referencia a las disposiciones del párrafo 12.5.2, se requiere un espesor mínimo mayor, hay que señalar que ese espesor dado corresponde a una cisterna de un diámetro de 1.8 m construida con acero dulce que tenga una resistencia mínima garantizada de 37 decanewtons/mm<sup>2</sup> y un alargamiento porcentual mínimo garantizado de 27. En el caso de los metales de otras características y las cisternas de otros diámetros, esos valores deben modificarse mediante la ecuación siguiente:

$$e_1 = \frac{10e_0 d_1}{1.8 \sqrt[3]{Rm_1 \times A_1}}$$

donde:  $e_1$  = espesor equivalente requerido del metal que se utilice  
 $e_0$  = espesor mínimo prescrito para el acero dulce en el cuadro 12.2 de la parte II  
 $d_1$  = diámetro efectivo de la cisterna, en metros  
 $Rm_1$  = resistencia a la tracción mínima garantizada del metal que se utilice  
 $A_1$  = alargamiento porcentual mínimo garantizado en la rotura por tracción del metal que se utilice (véase el párrafo 12.4.3).

12.5.5.2 El espesor de la chapa no debe en ningún caso ser inferior al indicado en los párrafos 12.5.2 y 12.5.3.

12.5.5.3 El espesor de la chapa no debe cambiar bruscamente en la unión de la parte superior y del fondo a la parte cilíndrica del depósito, y en ningún caso se reducirá el espesor de la chapa en la parte redondeada. El material de construcción de la parte superior, del fondo y de la parte cilíndrica del depósito debe ser idéntico.

12.5.6 Todas las partes del depósito deben tener el espesor mínimo que se indica en los párrafos 12.5.2 a 12.5.5.

## 12.6 Elementos de servicio

12.6.1 Los elementos de servicio (válvulas, accesorios, dispositivos de seguridad, indicadores, etc.) deben estar dispuestos de forma que no corran el riesgo de ser arrancados o dañados durante el transporte y la manipulación. Si la unión entre el bastidor y el depósito permite un movimiento relativo de esos subconjuntos, los elementos de servicio deben estar sujetos de forma que ese juego no produzca ningún daño a los órganos activos. La protección de los elementos de servicio debe ofrecer un grado de seguridad comparable a la del depósito.

12.6.2 Todas las aberturas del depósito, excepto las destinadas a recibir los dispositivos reductores de presión y las de inspección, deben estar provistas de válvulas de cierre manuales situadas lo más cerca posible del depósito.

12.6.3 El contenedor cisterna o cada uno de sus compartimentos deben estar provistos de una abertura suficientemente grande para permitir su inspección interna.

12.6.4 Los accesorios exteriores deben estar agrupados.

12.6.5 Todas las conexiones de la cisterna deben llevar unas inscripciones que indiquen claramente la función de cada una.

12.6.6 Las válvulas de cierre con vástagos roscados deben cerrarse por rotación en el sentido de las manecillas de un reloj.

12.6.7 Las piezas móviles tales como las tapas, los componentes de los sistemas de cierre, etc., que puedan entrar en contacto, por fricción o por percusión, con contenedores cisterna de aluminio destinados al transporte de líquidos inflamables cuyo punto de inflamación no sea superior a 55°C no deben ser de acero corrosible no protegido.

12.6.8 Todas las tuberías deben ser de un material apropiado. Siempre que sea posible, las uniones de las tuberías deben estar soldadas. Cuando se permita utilizar tuberías de cobre, las juntas deben hacerse con soldadura fuerte o tener una unión metálica de igual resistencia. El punto de fusión de los materiales utilizados para la soldadura fuerte no debe ser inferior a 525°C. Tales juntas no deben en ningún caso reducir la resistencia de las tuberías, como ocurriría con las uniones roscadas. No se deben utilizar metales no maleables para la fabricación de las válvulas o de los accesorios. La resistencia a reventar de todas las tuberías y de todos sus accesorios debe ser de al menos el cuádruple de la resistencia correspondiente a la presión a la que la cisterna puede estar sometida en servicio por la acción de una bomba u otro dispositivo (excepto las válvulas de reducción de la presión), que

pueden someter ciertas partes de las tuberías a presiones superiores a la presión de servicio máxima autorizada de la cisterna. En todos los casos se deben tomar medidas para evitar que las tuberías se deterioren por la dilatación y la contracción térmicas, los choques y las vibraciones.

#### 12.7 Aberturas del fondo

12.7.1 Ciertas sustancias indicadas en el cuadro 12.2 de la parte II no deben ser transportadas en contenedores cisterna con aberturas en el fondo (contenedores cisterna de vaciado por el fondo).

12.7.2 Sin perjuicio de las disposiciones diferentes aplicables a las cisternas destinadas al transporte de ciertas sustancias cristalizables o muy viscosas, todo contenedor cisterna de vaciado por el fondo debe estar provisto de dos dispositivos de cierre, montados en serie e independientes entre sí, consistentes en:

a) Una válvula interna de cierre, es decir, una válvula de cierre montada dentro de la cisterna, o dentro de una brida soldada o su brida de acoplamiento, o dentro de un acoplamiento que forme parte integrante de la cisterna, de modo que:

- i) los dispositivos de mando estén diseñados para impedir cualquier apertura fortuita por impacto o por inadvertencia;
- ii) la válvula pueda ser accionada desde arriba o desde abajo;
- iii) se pueda verificar desde el suelo, en la medida de lo posible, la posición de la válvula (abierta o cerrada), y

- b) i) Una válvula de compuerta, o
- ii) una brida ciega empernada, o
- iii) un tapón roscado aprobado especialmente,

en la extremidad de cada tubería de vaciado.

12.7.3 Para ciertas sustancias indicadas en el cuadro 12.2 de la parte II, los contenedores cisterna de vaciado por el fondo deben estar provistos de tres dispositivos de cierre, montados en serie e independientes entre sí, consistentes en:

a) Una válvula interna de cierre como la indicada en el inciso a) del párrafo 12.7.2, pero que debe poder cerrarse desde una posición accesible del contenedor cisterna que esté alejada de la propia válvula.

- b) Una válvula externa.
- c) En la extremidad de la tubería de vaciado:
  - i) una brida ciega empernada, o
  - ii) un tapón roscado aprobado especialmente.

12.7.4 El dispositivo interno de cierre debe poder funcionar en caso de avería del dispositivo de mando externo.

12.7.5 Para evitar todo escape del contenido en caso de avería de los accesorios externos de vaciado (enchufes de los tubos, dispositivos laterales de cierre), la válvula interna de cierre y su asiento deben estar protegidos contra el riesgo de ser arrancados por fuerzas exteriores o estar diseñados de forma que puedan resistirlos. Los dispositivos de llenado y vaciado (incluso las bridas o los tapones roscados) y las tapas protectoras, si las hay, deben poder ser fijados para evitar su apertura fortuita.

#### 12.8 Dispositivos de seguridad

12.8.1 Sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo 12.8.2, todos los contenedores cisterna deben estar cerrados y provistos de un dispositivo de reducción de la presión.

12.8.2 Si las autoridades competentes autorizan la utilización de un contenedor cisterna sin dispositivo de reducción de la presión, la autorización se concederá solamente si la cisterna es capaz de resistir la presión de vapor producida por su contenido después de estar durante 30 minutos envuelto en llamas y sometido al calor definido en el párrafo 12.13.2. La resistencia adicional requerida puede obtenerse aumentando la presión utilizada en los cálculos de proyecto o dando a la cisterna un aislamiento ignífugo adecuado.

#### 12.9 Dispositivos de reducción de la presión

12.9.1 Todo depósito de una capacidad igual o superior a 1.900 litros o todo compartimento independiente de un depósito de capacidad similar deben estar provistos de una o varias válvulas de reducción de la presión del tipo de muelle y pueden, además, tener un disco frangible o un elemento fusible montados en paralelo con los dispositivos de muelle, excepto cuando en el cuadro 12.2 de la parte II se hace referencia al párrafo 12.9.3, que lo prohíbe.

12.9.2 Los dispositivos de reducción de la presión deben estar diseñados de manera que impidan la entrada de objetos extraños, los escapes y todo aumento peligroso de la presión.

12.9.3 Los depósitos de las cisternas destinadas al transporte de ciertas sustancias que se indican en el cuadro 12.2 de la parte II deben tener un dispositivo de reducción de la presión aprobado por las autoridades competentes. Excepto en el caso de las cisternas destinadas especialmente al transporte de una sustancia y provistas de una válvula de reducción de la presión aprobada que esté construida con materiales compatibles con la carga, tal dispositivo debe consistir en una válvula de muelle precedida de un disco frangible. En el espacio comprendido entre el disco frangible y la válvula se debe montar un manómetro u otro indicador adecuado. Este sistema permite detectar la rotura, la perforación o la falta de estanquidad del disco, que puedan perturbar el funcionamiento de la válvula de reducción de la presión. En este caso, el disco frangible debe romperse a una presión superior en un 10% a aquella a la que empieza a abrirse la válvula de reducción de la presión.

12.9.4 Todo contenedor cisterna de una capacidad inferior a 1.900 litros debe estar provisto de un dispositivo de reducción de la presión, que puede consistir en un disco frangible si éste reúne los requisitos que se establecen en el párrafo 12.12.1.

#### 12.10 Ajuste de los dispositivos de reducción de la presión

12.10.1 Se debe observar que el dispositivo de seguridad no debe funcionar más que si se produce una elevación excesiva de la temperatura, ya que la cisterna no se verá sometida durante el transporte a variaciones excesivas de la presión ocasionadas por las operaciones de manipulación (véase, no obstante, el párrafo 12.13.2).

12.10.2 La válvula de reducción de la presión debe ser ajustada de modo que empiece a abrirse a una presión nominal de 5/6 de la presión de prueba, en el caso de las cisternas cuya presión de prueba sea inferior a 4,5 bares (64 libras/pulgada<sup>2</sup>), y de 2/3 de la presión de prueba, en el caso de las cisternas cuya presión de prueba sea igual o superior a 4,5 bares. Después de la descarga, la válvula debe cerrarse a una presión que no sea inferior en más del 10% a la presión a la que empieza a abrirse y debe permanecer cerrada a todas las presiones más bajas. Esta disposición no debe interpretarse en el sentido de que no se pueden utilizar válvulas de depresión o válvulas mixtas de reducción de la presión y de depresión.

#### 12.11 Elementos fusibles

12.11.1 Los elementos fusibles, si están autorizados en el cuadro 12.2 de la parte II, deben fundirse a una temperatura comprendida entre 110°C y 149°C, a condición de que la presión producida en la cisterna a la temperatura de fusión del elemento no exceda de la presión de prueba de la cisterna. No se deben utilizar elementos fusibles en las cisternas cuya presión manométrica de prueba sea superior a 2,65 bares (37,6 libras/pulgada<sup>2</sup>).

#### 12.12 Discos frangibles

12.12.1 Sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo 12.9.3, los discos frangibles, si se utilizan, deben romperse a una presión nominal igual a la presión de prueba. Si se utilizan discos frangibles, se debe prestar particular atención a las disposiciones de los párrafos 12.6.1 y 12.9.3. Los discos frangibles no deben funcionar dentro de la gama de las temperaturas ambientes previsibles.

12.12.2 Si el contenedor cisterna está provisto de un sistema de vaciado por presión de aire o por presión de un gas inerte, el tubo de alimentación debe estar provisto de un dispositivo adecuado de reducción de la presión ajustado para que entre en funcionamiento a una presión no superior a la presión de servicio máxima autorizada del depósito. En la entrada del depósito se debe montar una válvula de cierre.

#### 12.13 Capacidad de los dispositivos de reducción de la presión

12.13.1 La válvula de reducción de la presión del tipo de muelle a la que se refiere el párrafo 12.9.1 debe tener un diámetro mínimo de 31,75 mm (1,25 pulgadas). Las válvulas de depresión, si se utilizan, deben tener una sección de paso mínima de 2,84 cm<sup>2</sup> (0,44 pulgadas<sup>2</sup>).

12.13.2 La capacidad total de salida de los dispositivos de reducción de la presión en condiciones en que la cisterna esté completamente envuelta en llamas debe ser suficiente para que la presión en la cisterna no sea superior en más de un 20% a la presión a la que empieza a abrirse la válvula de reducción de la presión. Para alcanzar la capacidad total de salida prescrita, se pueden utilizar también dispositivos de emergencia para la reducción de la presión. Estos dispositivos pueden ser de muelle, frangibles o fusibles.

12.13.2.1 Para determinar la capacidad total requerida de los dispositivos de reducción de la presión, que puede considerarse igual a la suma de las capacidades de cada uno de ellos, se puede utilizar una de las siguientes fórmulas equivalentes:

$$a) \quad Q = 5.62 \times 10^6 \left( \frac{FA^{0.82}}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \right)$$

donde: Q = tasa mínima requerida de salida de aire (en m<sup>3</sup>/h), en condiciones normales de temperatura (15,6°C) y presión (1 atm);

A = superficie externa total del depósito (en m<sup>2</sup>);

L = calor latente de vaporización (en cal/g);

Z = coeficiente de compresibilidad del vapor (en g, m y °K);

T = temperatura absoluta (en °K (°C + 273)) en condiciones de reducción de la presión;

M = peso molecular del vapor (en g);

C = constante dependiente de la relación entre los calores específicos del vapor, igual a 315 (en m, g, h y °K);

F = coeficiente de aislamiento, igual a 1 en el caso de las cisternas sin

aislamiento e igual a  $\left( \frac{8U(650 - t)}{93.5 \times 10^6} \right)$  en el de las cisternas aisladas.

siendo t la temperatura en °C del vapor o gas en la cisterna cuando el dispositivo de reducción de la presión esté funcionando;

U = conductividad térmica del aislamiento a 311°K (en gcal/h.m<sup>2</sup>.°K), que debe ser función del espesor del aislamiento.

$$b) \quad Q = 37.98 \times 10^6 \left( \frac{FA^{0.82}}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \right)$$

donde: Q = tasa mínima requerida de salida de aire (en pies cúbicos por hora), a una temperatura de 60°F y a una presión absoluta de 14,7 libras/pulgada<sup>2</sup>;

A = superficie externa total del depósito (en pies cuadrados);

L = calor latente de vaporización (en unidades térmicas británicas (BTU) por libra);

Z = coeficiente de compresibilidad del vapor (en libras, pies y °F);

T = temperatura absoluta (en grados Rankin (°F + 460)) en condiciones de reducción de la presión;

M = peso molecular del vapor (en libras);

C = constante dependiente de la relación entre los calores específicos del vapor, igual a 315 (en pulgadas, libras, horas y °F);

F = coeficiente de aislamiento, igual a 1 en el caso de las cisternas sin aislamiento e igual a  $\left( \frac{8U(1.200 - t)}{34.500} \right)$  en el de las cisternas aisladas, siendo t la temperatura en °F del vapor o gas en la cisterna cuando el dispositivo de reducción de la presión esté funcionando;

U = conductividad térmica del aislamiento a 100°F (en unidades térmicas británicas por hora, pies<sup>2</sup> y °F), que debe ser función del espesor del aislamiento.

12.13.2.2 En vez de aplicar las fórmulas que anteceden, se pueden utilizar los cuadros que figuran a continuación para determinar las dimensiones de los dispositivos de reducción de la presión de las cisternas destinadas al transporte de líquidos. En ellos se supone que el coeficiente de aislamiento es F = 1, por lo que si la cisterna tiene aislamiento se deben modificar los valores en consecuencia. Otros valores utilizados para calcular estos cuadros son los siguientes:

En unidades métricas: M = 86,7      En unidades no métricas: M = 86,7  
 T = 394°K      T = 710°R  
 L = 80 kcal/kg      L = 144 BTU/libra  
 C = 315      C = 315

12.14 Marcado de los dispositivos de reducción de la presión

12.14.1 Todo dispositivo de reducción de la presión debe tener marcados, con caracteres claramente legibles e indelebles, la presión o la temperatura a la que está previsto que funcione y el régimen de salida de aire del dispositivo.

12.15 Tubos de conexión con los dispositivos de reducción de la presión

12.15.1 Los tubos de conexión con los dispositivos de reducción de la presión deben ser de tamaño suficiente para que el volumen de aire requerido pueda llegar sin dificultad al dispositivo de seguridad. No se debe instalar ninguna válvula de cierre entre el depósito y los dispositivos de reducción de la presión, a no ser que haya instalados dispositivos duplicados para el entretenimiento o por otras razones y que las válvulas de cierre conectadas a los dispositivos efectivamente en funcionamiento estén inmovilizadas en posición abierta o acopladas entre sí de forma que por lo menos uno de esos dispositivos duplicados esté siempre en estado de funcionar. Cuando los dispositivos de reducción de la presión tengan orificios de escape, éstos deben dar salida a la atmósfera al vapor o al líquido de forma que sea mínima la contrapresión ejercida sobre el dispositivo de seguridad.

12.16 Empleamiento de las válvulas de reducción de la presión

12.16.1 Los orificios de admisión de las válvulas de reducción de la presión deben estar situados en la parte superior de la cisterna, lo más cerca posible del centro longitudinal y transversal de la cisterna. Todos los orificios de admisión de los dispositivos de reducción de la presión deben estar situados en el espacio de vapor de las cisternas, y los dispositivos deben estar dispuestos de forma que el vapor salga libremente y no pueda tropezar con el depósito. Se permite el uso de dispositivos de protección para desviar el chorro de vapor, en condición de que no se reduzca la capacidad requerida de la válvula.

CUADRO PARA LAS UNIDADES METRICAS. Capacidad mínima de salida de aire, Q, en m<sup>3</sup>/h, a la presión atmosférica y a 15°C

Superficie (m <sup>2</sup> )	Salida mínima de aire a la atmósfera (m <sup>3</sup> /h)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Salida mínima de aire a la atmósfera (m <sup>3</sup> /h)
2	841	37,5	9.306
3	1.172	40	9.810
4	1.485	42,5	10.308
5	1.783	45	10.806
6	2.069	47,5	11.392
7	2.348	50	11.778
8	2.621	52,5	12.258
9	2.821	55	12.732
10	3.146	57,5	13.206
12	3.665	60	13.674
14	4.146	62,5	14.142
16	4.625	65	14.604
18	5.092	67,5	15.066
20	5.556	70	15.516
22,5	6.120	75	16.422
25	6.672	80	17.316
27,5	7.212	85	18.198
30	7.746	90	19.074
32,5	8.268	95	19.938
35	8.790	100	20.790

CUADRO PARA LAS UNIDADES NO METRICAS. Capacidad mínima de salida de aire, Q, en pies<sup>3</sup> por hora, a la presión atmosférica y a 60°F

Superficie (pies <sup>2</sup> )	Pies <sup>3</sup> de aire por hora	Superficie (pies <sup>2</sup> )	Pies <sup>3</sup> de aire por hora
20	27.600	275	237.000
30	38.500	300	256.000
40	48.600	350	289.500
50	58.600	400	322.100
60	67.700	450	355.900
70	77.000	500	391.000
80	85.500	550	417.500
90	94.800	600	450.000
100	104.000	650	479.000
120	121.000	700	512.000
140	136.200	750	540.000
160	152.100	800	569.000
180	168.200	850	597.000
200	184.200	900	621.000
225	199.000	950	656.000
250	219.500	1.000	685.000

12.16.2 Se deben tomar medidas para impedir que las personas no autorizadas tengan acceso a las válvulas y para evitar los daños que pudieran sufrir las válvulas al volcar la cisterna.

#### 12.17 Dispositivos indicadores

12.17.1 No se deben utilizar indicadores de nivel hechos de cristal ni indicadores hechos de otros materiales fácilmente destructibles que estén en comunicación directa con el contenido de la cisterna.

#### 12.18 Soportes, bastidores y elementos de sujeción para la elevación de los contenedores cisterna

12.18.1 Los contenedores cisterna deben ser proyectados y fabricados con un soporte que asegure su estabilidad durante el transporte. Se consideran aceptables los patines, los bastidores, las cunas y otros elementos similares. En relación con este aspecto del diseño, se deben también tener en cuenta las cargas que se indican en el párrafo 12.3.11.

12.18.2 La acción combinada de los soportes (cunas, bastidores, etc.) y de los elementos de elevación y de sujeción de los contenedores cisterna no debe someter a un esfuerzo excesivo ningún punto del depósito. Todas las cisternas deben estar provistas de elementos permanentes de elevación y de fijación. Es preferible que éstos estén montados en los soportes de la cisterna, pero pueden estar montados sobre placas de refuerzo fijadas en el depósito en los puntos de apoyo.

12.18.3 En el diseño de soportes y bastidores se deben tener debidamente en cuenta los efectos de la corrosión, debida al medio ambiente, para contrarrestar los cuales se debe prever, en los cálculos de todos los elementos estructurales que no sean de materiales anticorrosivos, un margen mínimo para la corrosión, determinado por las autoridades competentes.

12.18.4 Los bastidores de los contenedores cisterna que hayan de ser izados o fijados por sus piezas de esquina deben ser sometidos a pruebas especiales internacionalmente aceptadas (por ejemplo, las de la ISO). Generalmente se recomienda la utilización de tales bastidores dentro de un sistema integrado.

12.18.5 En los contenedores cisterna de capacidad igual o superior a 10.000 litros, se deben poder obturar los huecos de entrada de las horquillas elevadoras.

#### 12.19 Aprobación, prueba y marcado de las cisternas

12.19.1 Para cada nuevo modelo de contenedor cisterna, las autoridades competentes o la entidad por ellas autorizada deben expedir un certificado en el que se haga constar que el contenedor cisterna y sus accesorios, examinados por esas autoridades o esa entidad, son adecuados para el fin a que se los destina y responden a las normas relativas a la construcción y al material que se establecen en la parte I de este capítulo, así como, en su caso, a las normas especiales para las sustancias del cuadro 12.2 de la parte II. En ese certificado se deben indicar las mercancías o grupos de mercancías que se permite transportar en el contenedor cisterna. En el informe sobre la prueba se indicarán los resultados de las pruebas a que haya sido sometido el prototipo, las sustancias para cuyo transporte se haya aprobado el contenedor cisterna y el

número de la aprobación. Si los contenedores cisterna se fabrican sin modificación del diseño estructural, se considerará que la aprobación es válida para todos los que se fabriquen con arreglo a ese diseño. El número de aprobación debe componerse del signo o marca distintivos del Estado en cuyo territorio se haya concedido la aprobación, es decir, del signo distintivo que, conforme a la Convención de Viena sobre la Circulación, de 1968, se utiliza en el tráfico internacional, y de un número de registro.

12.19.2 Se debe aprobar un contenedor cisterna, por lo menos, de cada diseño y de cada tamaño, entendiéndose, sin embargo, que una serie de pruebas efectuadas sobre un contenedor cisterna de determinado tamaño puede servir para la aprobación de contenedores cisterna más pequeños hechos de material de la misma clase y del mismo espesor, con la misma técnica de fabricación, con soportes idénticos y sistemas de cierre y otros accesorios equivalentes.

12.19.3 El depósito y los distintos componentes del equipo de cada contenedor cisterna deben ser inspeccionados y probados juntamente o por separado, primero antes de ser puestos en servicio (inspección y pruebas iniciales) y después a intervalos de cinco años como máximo (inspección y pruebas periódicas).

12.19.3.1 Como parte de la inspección y pruebas iniciales se debe proceder a una comprobación de las características del diseño, a un examen interno y a una prueba de presión hidráulica. Si el depósito y el equipo han sido sometidos por separado a pruebas de presión, una vez montados deben sufrir una prueba de estanquidad.

12.19.3.2 Las inspecciones y pruebas periódicas deben comprender un examen interno y externo, y también, por lo general, una prueba de presión. Los revestimientos, termoislamentos, etc., de que esté provisto el contenedor cisterna no se moverán sino en la medida necesaria para apreciar bien el estado en que se encuentra éste.

12.19.3.3 La prueba inicial y las pruebas periódicas de presión deben ser efectuadas por un técnico aprobado por las autoridades competentes y a la presión de prueba indicada en la placa de datos técnicos del contenedor cisterna, salvo en los casos en que se autorizan las pruebas periódicas a presiones más bajas. Mientras esté sometido a presión, el contenedor cisterna debe ser inspeccionado para comprobar si tiene escapes, corrosiones, abolladuras u otros signos de debilidad que puedan hacerlo inseguro para el transporte. Caso de descubrirse alguno de esos signos de debilidad, el contenedor no debe ser puesto en servicio, inicialmente o de nuevo, mientras no haya sido reparado y haya pasado satisfactoriamente una nueva prueba.

12.19.4 Antes de ser puestos en servicio, y posteriormente en la mitad de los intervalos entre las inspecciones y las pruebas previstas en el párrafo 12.19.3, los contenedores cisterna deben someterse a las pruebas y las inspecciones siguientes:

- a) una prueba de estanquidad, cuando sea necesario;
- b) una prueba de funcionamiento satisfactorio de todos los elementos de servicio, y
- c) una inspección interna y externa de las cisternas y de sus accesorios, teniendo debidamente en cuenta las sustancias que se transporten.

12.19.4.1 Sin embargo, las autoridades competentes pueden renunciar a la inspección interna en el caso de las cisternas destinadas al transporte de una sola sustancia.

12.19.5 Todo contenedor cisterna debe, en caso de daños, ser reparado de forma que responda a las presentes recomendaciones.

12.19.6 Todos los trabajos de corte o de soldadura que se realicen en el depósito de un contenedor cisterna deben ser aprobados por las autoridades competentes, y se debe efectuar una prueba hidrostática a una presión que sea al menos igual a la presión de prueba inicial.

12.19.7 El técnico aprobado por las autoridades competentes debe expedir certificados en los que consten los resultados de las pruebas.

**12.20 Marcado**

12.20.1 Todo contenedor cisterna debe tener una placa de metal inoxidable permanentemente fijada sobre el depósito en un lugar de fácil acceso para la inspección. En la placa se grabarán, por estampado o por otro método similar, al menos los datos que se indican más abajo. Estos datos también podrán grabarse directamente sobre las paredes del propio depósito, si éstas tienen un espesor suficiente para que ello pueda hacerse sin menoscabo de la resistencia del depósito.

País de fabricación .....  
 U PAIS - NUMERO - MODOS  
 N de aprobación de aprobación aprobados

Nombre o marca del fabricante .....

Número de registro .....

Año de fabricación .....

Presión de prueba ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Presión de servicio máxima autorizada ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Capacidad de agua a 20°C ..... litros

NOTA: La capacidad de agua se determinará, con un error inferior al 1%, mediante una prueba real y no por cálculo.

Fecha de la prueba hidrostática inicial e identidad del testigo .....

Reglamento al que se ajusta el proyecto de la cisterna .....

Temperatura de cálculo para la resistencia del metal (solamente si es superior a +50°C o inferior a -20°C) .....

Presión máxima de servicio autorizada para los serpentines de calentamiento (si los hubiere) ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Material de la cisterna .....

Espesor equivalente en acero dulce .....

Material del revestimiento (si lo hubiere) .....

Capacidad de cada compartimiento (en los contenedores que los tengan) .....

Mes, año y presión de prueba de la prueba periódica más reciente:  
 ..... Mes ..... Año ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Sello del técnico que realizó la prueba más reciente .....

12.20.2 En el contenedor cisterna mismo o en una placa de metal sólidamente fijada al contenedor cisterna se deben marcar, además, los siguientes datos:

Nombre del propietario y de la empresa explotadora .....

Nombre de la sustancia transportada (y temperatura media máxima de la carga, si es distinta de 50°C) .....

Fecha de la última inspección ocular .....

Masa bruta máxima autorizada .....kg

Tara .....kg

12.20.3 El contenido debe ser identificado con arreglo al capítulo 13 de las presentes recomendaciones.

12.20.4 A menos que el nombre de las mercancías peligrosas transportadas figure en la placa de metal descrita en el párrafo 12.20.1, el expedidor, el destinatario o el agente, según proceda, deben presentar sin demora, cuando las autoridades competentes lo soliciten, copia del certificado que se menciona en el párrafo 12.19.1

**12.21 Disposiciones relativas al transporte**

12.21.1 Durante el transporte, los contenedores cisterna deben estar adecuadamente protegidos contra los choques laterales y longitudinales y contra los vuelcos. Esa protección no es necesaria si los depósitos y los elementos de servicio están contruidos para resistir los choques o los vuelcos.

Ejemplos de protección de los depósitos contra las colisiones:

- a) La protección contra los choques laterales puede consistir, por ejemplo, en unas barras longitudinales que protejan el depósito por ambos lados a la altura de la línea media;
- b) La protección de los contenedores cisterna contra los vuelcos puede consistir, por ejemplo, en unos arcos de refuerzo o unas barras fijadas transversalmente sobre el bastidor;
- c) La protección contra los choques por la parte posterior puede consistir en un parachoques o un bastidor;

d) Los accesorios externos deben ser diseñados o protegidos de modo que impidan que se escape el contenido en caso de choque o de vuelco de la cisterna sobre sus accesorios.

12.21.2 Determinadas sustancias son químicamente inestables. No deben ser aceptadas para el transporte más que si se han tomado las medidas necesarias para impedir que se descompongan peligrosamente, se transformen o se polimericen durante el transporte. Con este fin, se debe procurar en especial que las cisternas no contengan sustancias que puedan favorecer esas reacciones.

#### 12.22 Tasa de llenado

12.22.1 Los contenedores cisterna deben llenarse con arreglo a lo dispuesto en los párrafos 12.22.2 a 12.22.5. En el cuadro 12.2 de la parte II se indica cuál de los párrafos 12.22.2, 12.22.3 ó 12.22.5 es aplicable a determinadas sustancias.

12.22.2 La tasa de llenado se determina en general mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Tasa de llenado} = \left( \frac{97}{1 + \alpha (T_r - t_f)} \right)$$

12.22.3 Cuando se trate de líquidos de la división 6.1 o de la clase 5 pertenecientes a los grupos de embalaje/envasado I o II, así como de los que tengan una presión absoluta de vapor saturado de más de 175 kPa (1.75 bar) a 65°C, el llenado se efectuará según la fórmula siguiente:

$$\text{Tasa de llenado} = \left( \frac{95}{1 + \alpha (T_r - t_f)} \right)$$

12.22.4 En estas fórmulas,  $\alpha$  es el coeficiente medio de dilatación cúbica del líquido entre su temperatura media durante el llenado ( $t_f$ ) y la temperatura media máxima de la carga ( $T_r$ ), coeficiente que se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{d_{15} - d_{50}}{35 \times d_{50}}$$

en la que  $d_{15}$  y  $d_{50}$  representan la densidad del líquido a 15°C y 50°C, respectivamente.

12.22.4.1 La temperatura media máxima de la carga ( $T_r$ ) debe fijarse a 50°C; no obstante, para los viajes que se realicen en condiciones climáticas templadas o extremas, las autoridades competentes interesadas podrán aceptar una temperatura inferior o superior, según proceda.

12.22.5 Las disposiciones de los párrafos 12.22.1 a 12.22.3 no se aplicarán a los contenedores cisterna provistos de un dispositivo de calentamiento que mantenga el contenido a una temperatura superior a 50°C durante el transporte. En ese caso, la tasa de llenado inicial debe ser tal que, por la acción de un regulador de temperatura, el contenedor cisterna no esté lleno a más del 95% de su capacidad en ningún momento durante el transporte.

12.22.6 No se deben presentar para su transporte contenedores cisterna:

a) con una tasa de llenado, para líquidos de viscosidad inferior a 2.680 centistokes a 20°C, de más del 20% pero de menos del 80%, de no estar sus depósitos divididos, por tabiques o por placas de contención del movimiento del líquido en secciones de no más de 7.500 litros de capacidad;

b) que tengan residuos de la carga adheridos al exterior del depósito o de los elementos de servicio;

c) que tengan escapes o daños de tal magnitud que puedan afectar a la integridad de la cisterna o de sus elementos de elevación o de fijación, y

d) cuyos elementos de servicio no hayan sido examinados y considerados en buen estado de funcionamiento.

12.22.7 Los contenedores cisterna vacíos que no estén limpios y sin gases deben cumplir los mismos requisitos que los que estén llenos de la sustancia anteriormente transportada.

#### 12.23 Disposiciones relativas a la manipulación

12.23.1 En los contenedores cisterna de capacidad igual o superior a 10.000 litros, los huecos de entrada de las horquillas elevadoras deberán ser obturados una vez que la cisterna esté llena.

#### 12.24 Definiciones para la clase 2

12.24.1 Para los efectos de las disposiciones aplicables a los contenedores cisterna destinados al transporte de gases licuables a presión no refrigerados de la clase 2:

12.24.2 Por "contenedor cisterna" se entiende una cisterna de más de 1.000 litros de capacidad cuyo depósito esté provisto de todos los elementos de servicios y los elementos estructurales que sean necesarios para el transporte de gases. El contenedor cisterna debe poder ser transportado por tierra o por mar, y ser cargado y descargado sin necesidad de desmontar sus elementos estructurales, tener elementos estabilizadores exteriores al depósito y poder ser elevado cuando esté lleno.

12.24.3 Por "depósito" se entiende la cisterna propiamente dicha, incluidas las aberturas y sus cierres.

12.24.4 Por "elementos de servicio" del depósito se entienden los dispositivos de llenado y vaciado, aireación, seguridad, calefacción y aislamiento térmico, así como los instrumentos de medida.

12.24.5 Por "elementos estructurales" se entienden los elementos de refuerzo, sujeción, protección o estabilización exteriores al depósito.

12.24.6 Por "presión de servicio máxima autorizada" se entiende la presión manométrica máxima permisible medida en la parte superior de la cisterna cuando ésta se encuentra en su posición normal. No deberá ser inferior a la presión de vapor -menos un bar- a la temperatura de referencia para el cálculo de cualquier producto que pueda ser cargado y transportado, y a cualquier presión que pueda utilizarse durante el llenado o el vaciado.

12.24.7 Por "presión de prueba" se entiende la presión máxima existente en el depósito durante las pruebas de presión hidráulica.

12.24.8 Por "presión de vaciado" se entiende la presión máxima efectivamente existente en el depósito cuando se vacía éste a presión.

12.24.9 Por "prueba de estanquidad" se entiende la prueba consistente en someter el depósito, con los elementos de servicio necesarios para el llenado, el vaciado, la seguridad y las mediciones, a una presión interna efectiva equivalente a la presión de servicio máxima autorizada. El procedimiento que se adopte debe ser sometido a la aprobación de las autoridades competentes.

12.24.10 Por "masa total" se entiende la masa del depósito, de sus elementos de servicio, de sus elementos estructurales y de la carga máxima cuyo transporte esté autorizado.

12.24.11 Por "temperatura de referencia para el cálculo" se entiende la temperatura a la que se determina la presión de vapor del contenido para los efectos del cálculo de la presión de servicio máxima autorizable. Este valor, para los diversos tipos de cisterna, es el siguiente:

- a) cisternas de un diámetro de 1,5 m como máximo: 65°C;
- b) cisternas de un diámetro de más de 1,5 m:
  - i) sin aislamiento ni cubierta protectora contra el sol: 60°C;
  - ii) con cubierta protectora contra el sol: 55°C;
  - iii) con aislamiento: 50°C \*./.

12.24.12 Por "acero dulce" se entiende un acero que tiene una resistencia a la tracción mínima garantizada de 37 decanewtons/mm<sup>2</sup> y un alargamiento porcentual mínimo garantizado de 27.

12.24.13 Por "tasa de llenado" se entiende la masa media de sustancia por litro de capacidad de la cisterna (kg/l).

12.25 Disposiciones generales relativas a la construcción y utilización de cisternas de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuables a presión no refrigerados

12.25.1 Los depósitos de los contenedores cisterna deben ser de un acero capaz de recibir la forma deseada. Para los depósitos soldados sólo se debe utilizar un material cuya soldabilidad esté plenamente demostrada. Si el procedimiento de fabricación o los materiales utilizados lo exigen, se deben someter las cisternas a un tratamiento térmico adecuado después de las operaciones de soldadura. Las soldaduras deben estar bien hechas y ofrecer completa seguridad. Los materiales de las cisternas deben ser apropiados para el medio ambiente en el que éstas puedan ser transportadas, por ejemplo el medio marino. El aluminio no debe utilizarse como material de construcción más que para los contenedores cisterna destinados al transporte terrestre o en los casos en que

\*./ Esta temperatura de referencia es provisional y depende de la calidad del sistema de aislamiento.

tal uso esté expresamente autorizado para el transporte marítimo en el cuadro 12.1 de la parte II. Si está autorizada su utilización, el aluminio debe tener un aislamiento que impida una pérdida considerable de sus propiedades físicas cuando esté sometido a una carga térmica de 2,60 gcal/cm<sup>2</sup>.s (34.500 unidades térmicas británicas por pie cuadrado y hora) durante 30 minutos. El sistema de aislamiento debe ser eficaz a todas las temperaturas hasta 650°C y debe estar protegido por un revestimiento de un material cuyo punto de fusión sea de al menos 650°C. El sistema de aislamiento debe ser aprobado por las autoridades competentes. El acero deberá ser resistente a la rotura por fragilidad y a la corrosión fisurante bajo un esfuerzo de tracción a las temperaturas comprendidas entre -30°C y la temperatura de referencia para el cálculo, a menos que las autoridades competentes establezcan condiciones más rigurosas.

12.25.2 Los contenedores cisterna, sus accesorios y sus tuberías deben estar fabricados con un material:

- a) que sea prácticamente inalterable por la sustancia transportada, o
- b) que sea eficazmente pasivado o neutralizado por la reacción química con esa sustancia.

12.25.3 Las juntas, si las hay, deben estar hechas de un material que no pueda ser atacado por el contenido de la cisterna.

12.25.4 Se deben tomar precauciones para evitar los daños debidos a la corrosión galvánica resultante de la yuxtaposición de metales diferentes.

12.25.5 Las cisternas, incluyendo todos sus dispositivos, accesorios y cubiertas que se pueda prever que entrarán en contacto con el contenido, deben estar fabricadas con materiales que no puedan ser dañados por el contenido ni reaccionar peligrosamente con éste.

12.25.6 Los contenedores cisterna deben ser proyectados y construidos con soportes que les sirvan de base estable durante el transporte y con piezas de sujeción adecuadas para levantarlos y anclarlos.

12.25.7 Los depósitos, sus elementos de sujeción, sus elementos de servicio y sus elementos estructurales deben ser proyectados de forma que resistan, sin pérdida de su contenido, al menos la presión interna ejercida por el contenido, más la combinación más desfavorable de los esfuerzos estáticos y dinámicos en las operaciones normales de manipulación y de transporte.

12.25.8 Las cisternas deben ser proyectadas de forma que resistan, sin deformación permanente, una presión externa efectiva de al menos 0,4 bares (6 libras/pulgada<sup>2</sup>) por encima de la presión interna. Las cisternas que vayan a ser sometidas a un vacío considerable antes del llenado o durante el vaciado deben proyectarse de forma que resistan una presión externa de al menos 0,9 bares (12,8 libras/pulgada<sup>2</sup>) y deben ser probadas a esa presión.

12.25.9 Las cargas dinámicas mínimas, además de las cargas estáticas, que hayan de absorberse deben basarse en los valores de 2 gn verticalmente hacia abajo, 2 gn longitudinalmente y 1 gn transversalmente, aplicadas en el centro de gravedad de la cisterna.

12.25.10 Los contenedores cisterna deben transportarse solamente en vehículos cuyos elementos de sujeción puedan soportar, cuando los contenedores lleven la carga máxima autorizada, las fuerzas indicadas en el párrafo 12.25.9.

12.25.11 Los contenedores cisterna destinados al transporte de ciertos gases enumerados en el cuadro 12.1 de la parte II deben tener una protección adicional, que puede consistir, bien en un aumento del espesor de la chapa del depósito o en una elevación de la presión de prueba, aumento o elevación que se determinarán teniendo en cuenta el peligro que presenten las sustancias transportadas, bien en un dispositivo de protección aprobado por las autoridades competentes.

12.25.12 Los sistemas de aislamiento térmico deben cumplir los requisitos siguientes:

a) Si el depósito de los contenedores cisterna destinados al transporte de gases tiene un aislamiento térmico, éste debe consistir:

- i) en una cubierta que proteja como mínimo el tercio superior y como máximo la mitad superior de la superficie del contenedor cisterna y que esté separada del depósito por una capa de aire de alrededor de 4 cm de espesor, o bien
- ii) en un revestimiento completo, de espesor suficiente, hecho de materiales aislantes protegidos de manera que el revestimiento no pueda humedecerse ni deteriorarse en las condiciones normales de transporte.

La cobertura protectora, si está cerrada de forma que sea estanca a los gases, debe estar provista de un dispositivo que impida que en la capa aislante se acumule una presión peligrosa si se produce un escape en el depósito o en sus elementos o accesorios.

b) El aislamiento térmico debe proyectarse de forma que no entorpezca el acceso a los accesorios ni a los dispositivos de vaciado.

12.25.13 Según los materiales de construcción o los métodos de fabricación, se puede requerir un tratamiento térmico después de la soldadura o un tratamiento de reducción de los esfuerzos después de la conformación.

## 12.26 Sección transversal

12.26.1 Los contenedores cisterna deben tener una sección transversal circular.

12.26.2 Los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal deben ser proyectados y construidos de forma que resistan una presión de prueba de al menos 1,3 veces la presión de servicio máxima autorizada. En el cuadro 12.1 de la parte II se indican algunos requisitos específicos para determinadas sustancias. También hay que tener en cuenta los requisitos relativos al espesor mínimo de la chapa del depósito indicados en el párrafo 12.27 de este capítulo para tales cisternas.

12.26.3 Al elegir los materiales y al determinar el espesor de las paredes se deben tener en consideración las temperaturas máximas y mínimas de llenado y de

servicio, habida cuenta del riesgo de fractura por fragilidad. Las propiedades de los materiales deben ser consideradas aceptables por las autoridades competentes.

12.26.4 A la presión de prueba, el esfuerzo  $\sigma$  (sigma) en el punto sometido al máximo esfuerzo del depósito del contenedor cisterna no debe exceder de los límites que se indican a continuación, en función de los materiales:

a) En el caso de los metales y aleaciones que tengan un límite de elasticidad claramente definido o que se caractericen por un límite de elasticidad convencional garantizado  $R_e$  (generalmente 0,2% de alargamiento permanente; en el caso de los aceros austeníticos, 1% de alargamiento permanente), el esfuerzo no debe exceder del más bajo de estos dos valores: 0,75  $R_e$  o 0,50  $R_m$ ;

b) en el caso del acero, el alargamiento porcentual en la rotura no debe ser de menos de 1.000/ $R_m$ , estando  $R_m$  expresado en decanewtons/mm<sup>2</sup>, con un mínimo absoluto del 20%; en el caso del aluminio, el alargamiento porcentual en la rotura no debe ser inferior a 1.000/6  $R_m$ ; estando  $R_m$  expresado en decanewtons/mm<sup>2</sup>, con un mínimo absoluto del 12%.

12.26.4.1 Las muestras utilizadas para determinar el alargamiento en la rotura deben tomarse perpendicularmente a la dirección del laminado y fijarse de manera que:

$$L_0 = 5 d,$$

$$L_0 = 5.65 \sqrt{A}$$

donde:  $L_0$  = longitud de la muestra antes de la prueba;

$d$  = diámetro;

$A$  = superficie de la sección transversal de la muestra.

## 12.27 Espesor mínimo de la chapa del depósito

12.27.1 Los contenedores cisterna deben ser construidos conforme a una reglamentación para los recipientes a presión aprobada y reconocida por las autoridades competentes. Las dimensiones que se indican en los párrafos siguientes tienen en cuenta la existencia de espesores normalizados para las chapas.

12.27.2 En los contenedores cisterna cuyo diámetro no sea superior a 1,80 m (6 pies), las partes cilíndricas y las extremidades de los depósitos deben tener al menos 5 mm (3/16 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor equivalente si son de otro metal. En los contenedores cisterna cuyo diámetro exceda de 1,80 m (6 pies), deben tener al menos 6 mm (1/4 de pulgada) de espesor si son de acero dulce, o un espesor equivalente si son de otro metal. Las partes cilíndricas y las extremidades de todos los contenedores cisterna deben tener al menos 4 mm (5/32 de pulgada) de espesor, sea cual fuere el material empleado en su construcción.

12.27.3 En el caso de un metal distinto del acero dulce que tenga una resistencia a la tracción mínima garantizada de 37 decanewtons/mm<sup>2</sup> y un alargamiento porcentual mínimo garantizado de 27, el espesor equivalente al prescrito en el párrafo 12.27.2 se determinará mediante la ecuación siguiente:

$$e_1 = \frac{10e_0}{\sqrt[3]{R_{m1} \times A_1}}$$

donde:  $e_1$  = espesor equivalente requerido del metal que se utilice  
 $e_0$  = espesor mínimo prescrito para el acero dulce en el párrafo 12.27.2  
 $R_{m1}$  = resistencia a la tracción mínima garantizada del metal que se utilice  
 $A_1$  = alargamiento porcentual mínimo garantizado en la rotura por tracción del metal que se utilice (véase el párrafo 12.26.3)

12.27.3.1 El espesor de la chapa en cualquier parte del depósito no debe en ningún caso ser inferior al indicado en el párrafo 12.27.2.

12.27.4 El espesor de la chapa no debe cambiar bruscamente en la unión de la parte superior y del fondo a la parte cilíndrica del depósito, y en ningún caso el espesor de la chapa en la parte redondeada será inferior al prescrito en el párrafo 12.26.4 y, cuando proceda, en este párrafo.

#### 12.28 Elementos de servicio

12.28.1 Los elementos de servicio (válvulas, accesorios, dispositivos de seguridad, indicadores, etc.) deben estar dispuestos de forma que no corran el riesgo de ser arrancados o dañados durante el transporte y la manipulación. Si la unión entre el bastidor y el depósito permite un movimiento relativo de esos subconjuntos, los elementos de servicio deben estar sujetos de forma que ese juego no produzca ningún daño a los órganos activos. La protección de los elementos de servicio debe ofrecer un grado de seguridad comparable a la del depósito.

12.28.2 Todas las aberturas del depósito que tengan un diámetro superior a 1,5 mm, excepto las destinadas a recibir las válvulas de seguridad, las aberturas de inspección o los orificios de purga cerrados, deben estar provistos de tres dispositivos de cierre independientes entre sí colocados en serie, de los cuales el primero será una válvula interna de cierre, una válvula limitadora del flujo o un dispositivo equivalente, el segundo una válvula externa de cierre y el tercero una brida ciega o un dispositivo equivalente.

12.28.2.1 Las válvulas limitadoras del flujo deben montarse de manera que su asiento esté situado dentro del depósito o dentro de una brida soldada; si están montadas en el exterior, sus sistemas de montaje deben estar concebidos de manera que en caso de choque conserven su eficacia.

12.28.2.2 Las válvulas limitadoras del flujo deben concebirse y montarse de manera que se cierren automáticamente cuando se alcance el régimen de descarga especificado por el fabricante. Las conexiones y los accesorios situados en la entrada o en la salida de tales válvulas deben tener capacidad para un flujo mayor que el de la válvula limitadora.

12.28.3 En el caso de las aberturas de llenado y de vaciado, el primer dispositivo de cierre debe ser una válvula interna de cierre y el segundo una válvula de cierre colocada en una posición accesible en cada tubería de llenado y/o de vaciado.

12.28.4 En el caso de las aberturas de llenado y de vaciado de las cisternas destinadas al transporte de gases inflamables y/o tóxicos, la válvula interna de cierre debe ser un dispositivo de seguridad de cierre instantáneo que se cierre automáticamente si la cisterna experimenta un movimiento anormal o está envuelta en llamas. Este dispositivo también debe poder accionarse mediante un mando a distancia.

12.28.5 Los depósitos de los contenedores cisterna destinados al transporte de gases licuados, además de las aberturas de llenado, de vaciado y de igualación de la presión de los gases, pueden estar provistos de aberturas en las que se puedan montar indicadores, termómetros y manómetros. Las conexiones de esos instrumentos deberían hacerse mediante boquillas o cámaras soldadas adecuadamente y no roscadas a través del cuerpo.

12.28.6 El contenedor cisterna debe estar provisto de una abertura suficientemente grande para permitir su inspección interna.

12.28.7 Los accesorios exteriores deben estar agrupados.

12.28.8 Todas las conexiones de la cisterna deben llevar unas inscripciones que indiquen claramente la función de cada una.

12.28.9 Las válvulas de cierre con vástagos roscados deben cerrarse por rotación en el sentido de las manecillas de un reloj.

12.28.10 Todas las tuberías deben ser de un material apropiado. Las uniones de las tuberías deben estar soldadas. No se deben utilizar metales no maleables para la fabricación de las válvulas o de los accesorios. La resistencia a reventar de todas las tuberías y de todos sus accesorios debe ser de al menos el cuádruple de la resistencia correspondiente a la presión de servicio máxima autorizada y de al menos el cuádruple de la resistencia correspondiente a la presión a la que la cisterna puede estar sometida en servicio por la acción de una bomba u otro dispositivo (excepto las válvulas de reducción de la presión), que pueden someter ciertas partes de las tuberías a presiones superiores a la presión de servicio máxima autorizada. En todos los casos se deben tomar medidas para evitar que las tuberías se deterioren por la dilatación y la contracción térmicas, los choques y las vibraciones.

12.28.11 Los contenedores cisterna destinados al transporte de gases inflamables deben poder ser puestos a tierra eléctricamente.

#### 12.29 Aberturas del fondo

12.29.1 En el caso de ciertos gases indicados en el cuadro 12.1 de la parte II, no está permitido que el depósito tenga aberturas por debajo del nivel del líquido, cualquiera que sea su finalidad.

### 12.30 Dispositivos de reducción de la presión

12.30.1 Los contenedores cisterna deben estar provistos de uno o varios dispositivos de reducción de la presión del tipo de muelle. No están permitidos los discos frangibles que no estén montados en serie con un dispositivo de reducción de la presión del tipo de muelle. Las válvulas deberían abrirse automáticamente a una presión no inferior a la presión de servicio máxima autorizada y estar completamente abiertas a una presión igual a 1,1 veces la presión de servicio máxima autorizada. Las válvulas deberían cerrarse, después de la descarga, a una presión no inferior en más de un 10% a la presión a la que empieza la descarga y permanecer cerradas a todas las presiones más bajas. Las válvulas de reducción de la presión deben ser de un tipo que resista los esfuerzos dinámicos, incluidos los debidos al movimiento del líquido.

12.30.2 Los dispositivos de reducción de la presión deben estar diseñados de manera que impidan la entrada de objetos extraños, los escapes de gas y todo aumento peligroso de la presión.

12.30.3 Los depósitos de las cisternas destinadas al transporte de ciertos gases que se indican en el cuadro 12.1 de la parte II deben tener un dispositivo de reducción de la presión aprobado por las autoridades competentes. Excepto en el caso de las cisternas destinadas especialmente al transporte de una sustancia y provistas de una válvula de reducción aprobada que esté construida con materiales compatibles con la carga, tal dispositivo debe consistir en una válvula de muelle precedida de un disco frangible. En el espacio comprendido entre el disco frangible y la válvula se debe montar un manómetro u otro indicador adecuado. Este sistema permite detectar la rotura, la perforación o la falta de estanquidad del disco, que pueden perturbar el funcionamiento del dispositivo de reducción de la presión. En tal caso, el disco frangible debería romperse a la presión a la que empieza a abrirse la válvula de reducción de la presión.

12.30.4 El dispositivo de seguridad no debe funcionar sino cuando produce una elevación excesiva de la temperatura, ya que la cisterna no se verá sometida durante el transporte a variaciones excesivas de la presión ocasionadas por las operaciones de manipulación (véase, no obstante, el párrafo 12.31.1).

### 12.31 Capacidad de los dispositivos de reducción de la presión

12.31.1 La capacidad total de salida de los dispositivos de reducción de la presión en condiciones en que la cisterna está completamente envuelta en llamas debe ser suficiente para que la presión (incluida la presión acumulada) en el depósito no sea superior a 1,1 veces la presión de servicio máxima autorizada. Para alcanzar la capacidad total de salida prescrita, se deben utilizar dispositivos de reducción de la presión del tipo de muelle.

12.31.1.1 Para determinar la capacidad total requerida de los dispositivos de reducción de la presión, que puede considerarse igual a la suma de las capacidades de cada uno de ellos, se puede utilizar una de las siguientes fórmulas equivalentes:

$$a) Q = 5.62 \times 10^6 \left( \frac{P_A^{0.82}}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \right)$$

donde: Q = tasa mínima requerida de salida de aire (en m<sup>3</sup>/h), en condiciones normales de temperatura (15,6°C) y presión (1 atm);  
A = superficie externa total del depósito (en m<sup>2</sup>);  
L = calor latente de vaporización (en cal/g);  
Z = coeficiente de compresibilidad del vapor (en g, m y °K);  
T = temperatura absoluta (en °K (°C + 273)) en condiciones de reducción de la presión;  
M = peso molecular del vapor (en g);  
C = constante dependiente de la relación entre los calores específicos del vapor (véase el párrafo 12.31.1.2);  
F = coeficiente de aislamiento, igual a 1 en el caso de las cisternas sin aislamiento e igual a

$$\left( \frac{8U (650 - t)}{93,5 \times 10^6} \right) \text{ en el de las cisternas aisladas,}$$

siendo t la temperatura en °C del vapor o gas en la cisterna cuando el dispositivo de reducción de la presión esté funcionando;

U = conductividad térmica del aislamiento a 311°K (en gcal/h.m<sup>2</sup>.°K), que debe ser función del espesor del aislamiento.

$$b) Q = 37.98 \times 10^6 \left( \frac{P_A^{0.82}}{LC} \sqrt{\frac{ZT}{M}} \right)$$

donde: Q = tasa mínima requerida de salida de aire (en pies cúbicos por hora), a una temperatura de 60°F y a una presión absoluta de 14,7 libras/pulgada<sup>2</sup>;

A = superficie externa total del depósito (en pies cuadrados);  
L = calor latente de vaporización (en unidades térmicas británicas (BTU) por libra);  
Z = coeficiente de compresibilidad del vapor (en libras, pies y °F);  
T = temperatura absoluta (en grados Rankin (°F + 460)) en condiciones de reducción de la presión;  
M = peso molecular del vapor (en libras);  
C = constante dependiente de la relación entre los calores específicos del vapor (véase el párrafo 12.31.1.2);  
F = coeficiente de aislamiento, igual a 1 en el caso de las cisternas sin aislamiento e igual a

$$\left( \frac{8U (1.200 - t)}{34.500} \right) \text{ en el de las cisternas aisladas,}$$

siendo t la temperatura en °F del vapor o gas en la cisterna cuando el dispositivo de reducción de la presión esté funcionando;

U = conductividad térmica del aislamiento a 100°F (en unidades térmicas británicas por hora, pie<sup>2</sup> y °F), que debe ser función del espesor del aislamiento.

12.31.1.2 "C" es una constante obtenida mediante la ecuación siguiente como función de la relación entre los calores específicos:

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad \left( \text{si se desconoce este factor, se toma } C = 315 \right) \quad C = 520 \sqrt{k \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

k	C	k	C	k	C
1,00	315	1,26	343	1,52	366
1,02	318	1,28	345	1,54	368
1,04	320	1,30	347	1,56	369
1,06	322	1,32	349	1,58	371
1,08	324	1,34	351	1,60	372
1,10	327	1,36	352	1,62	374
1,12	329	1,38	354	1,64	376
1,14	331	1,40	356	1,66	377
1,16	333	1,42	358	1,68	379
1,18	335	1,44	359	1,70	380
1,20	337	1,46	361	2,00	400
1,22	339	1,48	363	2,20	412
1,24	341	1,50	364		

### 12.32 Marcado de los dispositivos de reducción de la presión

12.32.1 Todo dispositivo de reducción de la presión debe tener marcados, con caracteres claramente legibles e indelebles, la presión o la temperatura a la que está previsto que funcione y el régimen de salida de aire del dispositivo a 15°C y un bar. La capacidad marcada en las válvulas debe ser la capacidad nominal a una presión que no sea superior al 110% de la presión a la que estén ajustadas.

### 12.33 Tubos de conexión con los dispositivos de reducción de la presión

12.33.1 Los tubos de conexión con los dispositivos de reducción de la presión deben ser de tamaño suficiente para que el volumen de aire requerido pueda llegar sin dificultad al dispositivo de seguridad. No se debe instalar ninguna válvula de cierre entre el depósito y los dispositivos de reducción de la presión, a no ser que haya instalados dispositivos equivalentes duplicados para el entretenimiento y que las válvulas de cierre conectadas a los dispositivos efectivamente en funcionamiento estén inmovilizadas en posición abierta o acopladas entre sí de forma que por lo menos uno de esos dispositivos duplicados esté siempre en estado de funcionar. Cuando los dispositivos de reducción de la presión tengan orificios de escape, éstos deben dar salida a la atmósfera al vapor o líquido de forma que sea mínima la contrapresión ejercida sobre el dispositivo de seguridad.

### 12.34 Emplazamiento de las válvulas de reducción de la presión

12.34.1 Los orificios de admisión de las válvulas de reducción de la presión deben estar situados en la parte superior de la cisterna, lo más cerca posible del centro longitudinal y transversal de la cisterna. Todos los orificios de admisión de los dispositivos de reducción de la presión deben estar situados en el espacio de vapor de las cisternas, y los dispositivos deben estar dispuestos de forma que el vapor salga libremente y no pueda tropezar con el depósito. Se permite el uso de dispositivos de protección para desviar el chorro de vapor, a condición de que no se reduzca la capacidad requerida de la válvula.

12.34.2 Se deben tomar medidas para impedir que las personas no autorizadas tengan acceso a las válvulas y para evitar los daños que pudieran sufrir las válvulas al volcar la cisterna.

### 12.35 Dispositivos indicadores

12.35.1 No se deben utilizar indicadores de nivel hechos de cristal ni indicadores hechos de otros materiales fácilmente destructibles que estén en comunicación directa con el contenido de la cisterna.

### 12.36 Soportes, bastidores y elementos de sujeción para la elevación de los contenedores cisterna

12.36.1 Los contenedores cisterna deben ser proyectados y fabricados con un soporte que asegure su estabilidad durante el transporte. Se consideran aceptables los patines, los bastidores, las cunas y otros elementos similares. En relación con este aspecto del diseño, se deben también tener en cuenta las cargas que se indican en el párrafo 12.25.9.

12.36.1.1 Para cada una de esas cargas, se deben respetar los coeficientes de seguridad siguientes:

a) en el caso de los metales que tienen un límite de elasticidad claramente definido, un coeficiente de seguridad de 1.5 en relación con el límite de elasticidad determinado, o

b) en el caso de los metales que no tienen un límite de elasticidad claramente definido, un coeficiente de seguridad de 1.5 en relación con el límite de elasticidad garantizado de 0.2%.

12.36.2 La acción combinada de los soportes (cunas, bastidores, etc.) y de los elementos de elevación y de fijación de los contenedores cisterna no debe someter a un esfuerzo excesivo ningún punto del depósito. Todas las cisternas deben estar provistas de elementos permanentes de elevación y de fijación. Es preferible que éstos estén montados en los soportes de la cisterna, pero pueden estar montados sobre placas de refuerzo fijadas en el depósito en los puntos de apoyo.

12.36.3 En el diseño de soportes y bastidores se deben tener debidamente en cuenta los efectos de la corrosión, debida al medio ambiente, para contrarrestar los cuales se debe prever, en los cálculos de todos los elementos estructurales que no sean de materiales anticorrosivos, un margen mínimo para la corrosión, determinado por las autoridades competentes.

12.36.4 Los bastidores de los contenedores cisterna que hayan de ser izados o fijados por medio de sus piezas de esquina deben ser sometidos a pruebas especiales internacionalmente aceptadas (por ejemplo, las de la ISO). Generalmente se recomienda la utilización de tales bastidores dentro de un sistema integrado.

#### 12.37 Aprobación, prueba y marcado de las cisternas

12.37.1 Para cada nuevo modelo de contenedor cisterna, las autoridades competentes o la entidad por ellas autorizada deben expedir un certificado en el que se haga constar que el contenedor cisterna y sus accesorios, examinados por esas autoridades o esa entidad, son adecuados para el fin a que se los destina y responden a las normas relativas a la construcción y al material que se establecen en la parte I de este capítulo, así como, en su caso, a las normas especiales para los gases del cuadro 12.1 de la parte II. En ese certificado se deben indicar las mercancías o grupos de mercancías que se permite transportar en el contenedor cisterna. En el informe sobre la prueba se indicarán los resultados de las pruebas a que haya sido sometido el prototipo, los gases para cuyo transporte se haya aprobado el contenedor cisterna y el número de la aprobación. Si los contenedores cisterna se fabrican sin modificación del diseño estructural, se considerará que la aprobación es válida para todos los que se fabriquen con arreglo a ese diseño. El número de aprobación debe componerse del signo o marca distintivos del Estado en cuyo territorio se haya concedido la aprobación, es decir, del signo distintivo que, conforme a la Convención de Viena sobre la Circulación, de 1968, se utiliza en el tráfico internacional, y de un número de registro.

12.37.2 Se debe aprobar un contenedor cisterna, por lo menos, de cada diseño y de cada tamaño, entendiéndose, sin embargo, que una serie de pruebas efectuadas sobre un contenedor cisterna de determinado tamaño puede servir para la aprobación de contenedores cisterna más pequeños hechos de material de la misma clase y del mismo espesor, con la misma técnica de fabricación, con soportes idénticos y sistemas de cierre y otros accesorios equivalentes.

12.37.3 El depósito y los distintos componentes del equipo de cada contenedor cisterna deben ser inspeccionados y probados juntamente o por separado, primero antes de ser puestos en servicio (inspección y pruebas iniciales) y después a intervalos de cinco años como máximo (inspección y pruebas periódicas).

12.37.3.1 Como parte de la inspección y pruebas iniciales se debe proceder a una comprobación de las características del diseño, a un examen interno y a una prueba de presión hidráulica. Si el depósito y el equipo han sido sometidos por separado a pruebas de presión, una vez montados deben sufrir una prueba de estanquidad. Todas las soldaduras del depósito deben ser supervisadas en la prueba inicial por radiografía, por ultrasonidos o por otro método apropiado no destructivo. Estas disposiciones no se aplican al revestimiento metálico de un aislamiento.

12.37.3.2 Las inspecciones y pruebas periódicas deben comprender un examen interno y externo, y también, por lo general, una prueba de presión. Los revestimientos, termoaislamientos, etc., de que esté provisto el contenedor cisterna no se quitarán más que en la medida necesaria para apreciar bien el estado en que se encuentra éste.

12.37.3.3 La prueba inicial y las pruebas periódicas de presión deben ser efectuadas por un técnico aprobado por las autoridades competentes y a la presión de prueba indicada en la placa de datos técnicos del contenedor cisterna, salvo en los casos en que se autoricen las pruebas periódicas a presiones más bajas.

12.37.3.4 Mientras esté sometido a presión, el contenedor cisterna debe ser inspeccionado para comprobar si tiene escapes u otros signos de debilidad que puedan hacerlo inseguro para el transporte. Caso de descubrirse alguno de esos signos de debilidad, el contenedor no debe ser puesto en servicio, inicialmente o de nuevo, mientras no haya sido reparado y haya pasado satisfactoriamente una nueva prueba.

12.37.4 Antes de ser puestos en servicio, y posteriormente en la mitad de los intervalos entre las inspecciones y las pruebas previstas en el párrafo 12.37.3, los contenedores cisterna deben someterse a las pruebas e inspecciones siguientes:

- a) una prueba de estanquidad, cuando sea necesario;
- b) una prueba de funcionamiento satisfactorio de todos los elementos de servicio, y
- c) una inspección interna y externa de las cisternas y de sus accesorios, teniendo debidamente en cuenta los gases que se transporten.

12.37.4.1 Sin embargo, las autoridades competentes pueden renunciar a la inspección interna en el caso de las cisternas destinadas al transporte de una sola sustancia.

12.37.5 Cuando un contenedor cisterna, con abstracción del depósito propiamente dicho, sufra daños, debe procederse a repararlo de manera que su estado sea conforme con las presentes recomendaciones. En el caso de que se dañe el depósito, éste debe repararse y someterse a una nueva prueba de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 12.37.6.

12.37.6 Todos los trabajos de corte o de soldadura que se realicen en el depósito de un contenedor cisterna deben ser aprobados por las autoridades competentes, y se debe efectuar una prueba hidrostática a una presión que sea al menos igual a la presión de prueba inicial.

12.37.7 El técnico aprobado por las autoridades competentes debe expedir certificados en los que consten los resultados de las pruebas.

#### 12.38 Marcado

12.38.1 Todo contenedor cisterna debe tener una placa de metal inoxidable permanentemente fijada sobre el depósito en un lugar de fácil acceso para la inspección. En la placa se grabarán, por estampado o por otro método similar, al menos los datos que se indican más abajo. Estos datos también podrán grabarse directamente sobre las paredes del propio depósito, si éstas tienen un espesor suficiente para que ello pueda hacerse sin menoscabo de la resistencia del depósito.

País de fabricación .....  
 U PAIS - NUMERO - MODOS  
 N de aprobación de aprobación aprobados

Nombre o marca del fabricante .....

Número de registro .....

Año de fabricación .....

Presión de prueba ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Presión de servicio máxima autorizada ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Capacidad de agua a 20°C .....litros

NOTA: La capacidad de agua se determinará, con un error inferior al 1%, mediante una prueba real y no por cálculo.

Fecha de la prueba hidrostática inicial e identidad del testigo .....

Reglamento al que se ajusta el proyecto de la cisterna .....

Temperatura de referencia para el cálculo .....°C

Temperatura de cálculo para la resistencia del metal (solamente si es inferior a -30°C) .....

Material de la cisterna .....

Espesor equivalente en acero dulce .....mm

Mes, año y presión de prueba de la prueba periódica más reciente:  
 ..... Mes ..... Año ..... bares (libras por pulgada cuadrada) efectivos

Sello del técnico que realizó la prueba más reciente .....

12.38.2 En el contenedor cisterna mismo o en una placa de metal sólidamente fijada al contenedor cisterna se deben marcar, además, los siguientes datos:

Nombre del propietario y de la empresa explotadora .....

Nombre de los gases transportados (y temperatura media máxima de la carga, si es distinta de 50°C) .....

Fecha de la última inspección ocular .....

Masa bruta máxima autorizada .....kg

Tara .....

12.38.3 El contenido debe ser identificado con arreglo al capítulo 13 de las presentes recomendaciones.

12.38.4 A menos que el nombre de las mercancías peligrosas transportadas figure en la placa de metal descrita en el párrafo 12.38.2, el expedidor, el destinatario o el agente, según proceda, deben presentar sin demora, cuando las autoridades competentes lo soliciten, copia del certificado que se menciona en el párrafo 12.37.1

12.39 Disposiciones relativas al transporte

12.39.1 No se deben presentar para su transporte contenedores cisterna:

a) que, por no estar suficientemente llenos, hagan posible un movimiento del contenido en su interior que pueda producir fuerzas hidráulicas inaceptables;

b) que tengan escapas;

c) que tengan daños de tal magnitud que puedan afectar a la integridad de la cisterna o de sus elementos de elevación o de fijación, y

d) cuyos elementos de servicio no hayan sido examinados y considerados en buen estado de funcionamiento.

12.39.2 Los contenedores cisterna vacíos que no estén limpios y sin gases deben cumplir los mismos requisitos que los que estén llenos de la sustancia anteriormente transportada.

12.39.3 Durante el transporte, los contenedores cisterna deben estar adecuadamente protegidos contra los choques laterales y longitudinales y contra los vuelcos. Esa protección no es necesaria si los depósitos y los elementos de servicio están ya contruidos para resistir los choques o los vuelcos. Ejemplos de protección de los depósitos contra las colisiones:

a) La protección contra los choques laterales puede consistir, por ejemplo, en unas barras longitudinales que protejan el depósito por ambos lados a la altura de la línea media;

b) La protección de los contenedores cisterna contra los vuelcos puede consistir, por ejemplo, en unos aros de refuerzo o unas barras fijadas transversalmente sobre el bastidor;

c) La protección contra los choques por la parte posterior puede consistir en un parachoques o un bastidor;

d) Los accesorios externos deben ser diseñados o protegidos de modo que impidan que se escape el contenido en caso de choque o de vuelco de la cisterna sobre sus accesorios.

12.39.4 Ciertos gases son químicamente inestables. No deben ser aceptados para el transporte más que si se han tomado las medidas necesarias para impedir que se descompongan peligrosamente, se transformen o se polimericen durante el transporte. Con este fin, se debe procurar en especial que las cisternas no contengan sustancias que puedan favorecer esas reacciones.

#### 12.40 Llenado

12.40.1 La masa máxima de gas licuado por litro de capacidad de la cisterna (kg/l) no debe exceder de la densidad del gas licuado a 50°C multiplicada por 0.95. Además, la cisterna no debe estar enteramente llena de líquido a 60°C.

12.40.2 Durante el llenado, la temperatura del gas licuado debe permanecer dentro de los límites de la temperatura de cálculo para la resistencia del metal.

12.40.3 Las cisternas no deben llenarse por encima de su peso bruto máximo autorizado.

#### 12.99 Disposiciones especiales aplicables a los contenedores cisterna destinados al transporte de mercancías peligrosas de cada clase

12.99.1 Además de las disposiciones que figuran en la parte II, se deben aplicar las disposiciones siguientes a las clases de mercancías peligrosas que se indican a continuación.

#### 12.300 Líquidos inflamables (clase 3)

12.301 Todos los contenedores cisterna destinados al transporte de líquidos inflamables deben tener cisternas cerradas completamente y estar provistos de dispositivos de reducción de la presión de conformidad con los párrafos 12.9 a 12.16.

12.301.1 En el caso de los contenedores cisterna destinados exclusivamente al transporte por tierra, los reglamentos aplicables a ese modo de transporte pueden permitir la utilización de sistemas de aireación abiertos.

#### 12.400 Sólidos inflamables; sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea, y sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables (clase 4)

12.401 No se han formulado disposiciones para la mayoría de las sustancias sólidas de la división 4.1 ya que éstas pueden transportarse con toda seguridad en contenedores distintos de los contenedores cisterna.

#### 12.500 Sustancias comburentes (división 5.1) [Reservado]

#### 12.550 Peróxidos orgánicos (división 5.2)

12.551 Todos los peróxidos orgánicos deberán haberse sometido a las pruebas correspondientes, y habrá de someterse a la aprobación de las autoridades competentes del país de origen el oportuno informe. Deberá enviarse a las autoridades competentes del país de destino una notificación al respecto, con la información pertinente a las condiciones de transporte de la sustancia, y el informe de los resultados de las pruebas. Entre éstas, deberán efectuarse las que permitan:

verificar la compatibilidad de todos los materiales que, normalmente, están en contacto con la sustancia durante el transporte;

obtener los datos necesarios para proyectar los dispositivos de reducción de la presión, normales y de urgencia, teniendo en cuenta las características de construcción de la cisterna.

En el informe se pormenorizarán los requisitos especiales que sean necesarios desde el punto de vista de la seguridad de transporte de la sustancia en cuestión.

12.552 Las disposiciones que van a continuación se refieren a las cisternas destinadas al transporte de los peróxidos orgánicos (tipo F) que tienen una temperatura de descomposición autoacelerada (TDAA) de 55°C o más. En caso de discrepancia con las formuladas en los párrafos 12.1 a 12.23, prevalecerán las presentes disposiciones. Las contingencias que han de tenerse en cuenta son la descomposición autoacelerada del peróxido orgánico y las situaciones en que la cisterna pueda quedar envuelta en llamas, según se prevé en el párrafo 12.558.

12.553 Con respecto a los peróxidos orgánicos de TDAA inferior a 55°C, las normas adicionales relativas al transporte en cisternas deberán formularlas las autoridades competentes del país de origen, y se enviará la correspondiente notificación a las autoridades competentes del país de destino.

12.554 Las cisternas deberán proyectarse para una presión de prueba de 0,4 MPa (4 bar) como mínimo.

12.555 Las cisternas deberán ir provistas de dispositivos termosensibles.

12.556 Las cisternas deberán ir provistas de dispositivos de reducción de la presión, normales y de urgencia. Podrán también utilizarse dispositivos de depresión. Los dispositivos de reducción de la presión deberán funcionar a presiones que estén en función de las propiedades del peróxido orgánico y de las características de construcción de la cisterna. No se permite instalar elementos fusibles en el depósito de ésta.

12.557 Como dispositivos de reducción de la presión deberán emplearse válvulas de muelle, adaptadas de manera que impidan una excesiva acumulación, en el interior de la cisterna, de los productos de descomposición y vapores que se desprendan a 50°C de temperatura. La capacidad de las válvulas y la presión a la que comiencen a funcionar se hará depender de los resultados de las pruebas especificadas en el párrafo 12.551. No obstante, dicha presión nunca deberá ser tal que, en caso de vuelco de la cisterna, se produjesen fugas de líquido por la(s) válvula(s).

12.558 Los dispositivos de reducción de la presión para situaciones de urgencia podrán ser del tipo de muelle o frangibles, y estarán concebidos de manera que den salida a todos los productos de descomposición y vapores que se desprendan estando la cisterna totalmente envuelta en llamas durante una hora como mínimo (carga térmica: 11 W/cm<sup>2</sup>). La presión de apertura de los dispositivos de urgencia deberá ser superior a la especificada en el párrafo 12.557, y se hará depender de los resultados de las pruebas a que se refiere el párrafo 12.551. Las dimensiones de los dispositivos de urgencia deberán ser tales que la presión máxima en el interior de la cisterna no sobrepase nunca la presión de prueba de ésta.

12.559 En el caso de las cisternas que lleven aislamiento, la capacidad de los dispositivos de reducción de la presión para situaciones de urgencia y su ajuste se determinarán previendo la posibilidad de que se produzca una pérdida de aislamiento en el 1% de la superficie externa.

12.560 Los dispositivos de depresión y las válvulas de muelle deberán ir provistas de parallamas. Deberá tenerse en cuenta la disminución de capacidad de dichos dispositivos y válvulas por efecto de los parallamas.

12.561 Los elementos de servicio, tales como las válvulas y tubos exteriores, deberán ir dispuestos de manera que no quede en ellos ningún resto de peróxido orgánico tras haberse llenado la cisterna.

12.562 No se permite la existencia de aberturas en la parte inferior de las cisternas.

12.563 Las cisternas podrán llevar aislamiento o ir protegidas por una cubierta contra el sol. Si la TDAA del peróxido orgánico en el interior de la cisterna es de 55°C o menos, o si la cisterna es de aluminio, ésta deberá ir aislada en su totalidad. La superficie externa deberá tener un acabado de color blanco o de metal brillante.

12.564 La tasa de llenado no sobrepasará el 90% a 15°C.

12.565 Además de los datos a que se refiere el párrafo 12.20.2, se marcarán el número de la ONU y el nombre técnico, con la concentración que se autorice respecto del peróxido orgánico en cuestión.

12.600 Sustancias venenosas (tóxicas) (clase 6) [Reservado]

12.700 Materia radiactivo (clase 7)

12.701 En la utilización de contenedores cisterna para el transporte de material radiactivo deben cumplirse las disposiciones del Reglamento del OIEA para el transporte seguro, además de las recomendaciones de la presente sección.

12.702 Los contenedores cisterna que se dediquen al transporte de material radiactivo no deben utilizarse para el de otras mercancías.

12.703 El grado de llenado de los contenedores cisterna no debe exceder del 90%, o de cualquier otra proporción que aprueben las autoridades competentes.

12.800 Sustancias corrosivas (clase 8)

12.801 Los dispositivos de reducción de la presión de los contenedores cisterna que se utilicen para el transporte de sustancias de la clase 8 deben ser inspeccionados a intervalos que no excedan de un año.

12.900 Sustancias peligrosas varias (clase 9) [Reservado]

## PARTE II - CUADROS

Cuadro 12.1: LISTA DE LAS MERCANCIAS PELIGROSAS DE LA CLASE 2 (GASES LICUABLES A PRESION NO REFRIGERADOS) TRANSPORTADAS EN CONTENEDORES CISTERNA

Este cuadro comprende ocho columnas en las que se dan las siguientes indicaciones:

- 1 "Número de las Naciones Unidas" asignado a la mercancía peligrosa.
- 2 Descripción de la "sustancia", incluyendo la designación oficial de transporte.
- 3 "División" a la que ha sido asignada la sustancia.
- 4 "Riesgos secundarios", si los hay, atribuidos a la mercancía peligrosa.
- 5 "Presión máxima de servicio autorizada (bares)" para cada uno de cuatro tipos de cisterna diferentes ("Cisterna pequeña"; "Cisterna desnuda"; "Cisterna con cubierta contra el sol"; "Cisterna con aislamiento"), o remisión a las disposiciones del párrafo 12.24.6.
- 6 "Aberturas por debajo del nivel del líquido": "Permitidas" o "No permitidas" (véase el párrafo 12.29).
- 7 "Regulación de la presión" de la cisterna: "Normal" (véase el párrafo 12.30.1) o remisión al párrafo 12.30.3.
- 8 "Llenado" del tanque: tasa indicada en "kg/l" o remisión al párrafo 12.40.
- 9 "Disposiciones especiales" que se deben tener en cuenta en el caso de determinadas mercancías peligrosas.

Cuadro 12.1. LISTA DE LAS MERCANCIAS PELIGROSAS DE LA CLASE 2 (GASES LICUABLES A PRESION NO REFRIGERADOS)  
TRANSPORTADAS EN CONTENEDORES CISTERNA

Número de las Naciones Unidas	Sustancia	División	Resgos secundarios	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	Presión máxima de servicio autorizada (bares)	
											Aberturas por debajo del nivel del líquido	Regulación de la presión
1005	Amoniaco anhidro licuado	2.3	8			29,0 25,7 22,0 19,7	Permitidas	12.30-3	0,53			
1005	Amoniaco en solución con más del 50% de amoniaco	2.3	8			Véase 12.24.6	Permitidas	12.30-3	Véase 12.40			
1009	Bromotrifluorometano	2.2				38,0 34,0 30,0 27,5	Permitidas	Normal	1,13			
1010	Butadienos estabilizados	2.1				7,5 7,0 7,0 7,0	Permitidas	Normal	0,55			
1011	Butano	2.1				7,0 7,0 7,0 7,0	Permitidas	Normal	0,51			
1011	Mezclas de butano	2.1				Véase 12.24.6	Permitidas	Normal	Véase 12.40			
1012	Butileno	2.1				8,0 7,0 7,0 7,0	Permitidas	Normal	0,53			
1017	Cloro	2.3	5.1			19,0 17,0 15,0 13,5	No permitidas	12.30-3	1,25			Se debe aumentar en 3 mm el espesor calculado de la pared. El espesor de la pared se debe verificar mediante ultrasonidos a intervalos equidistantes entre las pruebas periódicas de presión hidráulica
1018	Clorodifluorometano (R22)	2.2				26,0 24,0 21,0 19,0	Permitidas	Normal	1,03			
1020	Cloropentafluoretano (R115)	2.2				23,0 20,0 18,0 16,0	Permitidas	Normal	1,06			
1021	1-Cloro-1,2,2,2-tetrafluoroetano (R124)	2.2				10,30 9,80 7,87 6,81	Permitidas	Normal	1,20			
1027	Ciclopropano licuado	2.1				18,0 16,0 14,5 13,0	Permitidas	Normal	0,53			
1028	Diclorodifluorometano (R12)	2.2				16,0 15,0 13,0 11,5	Permitidas	Normal	1,15			
1029	Diclorofluorometano (R21)	2.2				7,0 7,0 7,0	Permitidas	Normal	1,23			
1030	Difluoretano (R152a)	2.1				16,0 14,0 12,4 11,0	Permitidas	Normal	0,79			
1032	O-metilamina anhidra	2.1				7,0 7,0 7,0	Permitidas	Normal	0,59			

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1033	Eter metílico	2.2		15.5 13.0 12.0 10.6	Permitidas Normal		0.58	
1036	Etilamina	2.1		7.0 7.0 7.0	Permitidas Norma)		0.61	
1037	Cloruro de etilo	2.1		7.0 7.0 7.0	Permitidas Normal		0.80	
1040	Oxido de etileno, puro o con nitrógeno	2.3	2.1	- - 10.0	No permitidas 12.30.3		0.78	Esta sustancia no debe transportarse más que en cisternas con aislamiento bajo una capa de nitrógeno.
1041	Mezclas de dióxido de carbono y óxido de etileno que contengan más del 6% de óxido de etileno	2.3	2.1	26.0 24.0 23.0 20.0	No permitidas 12.30.3		0.73	
1055	Isobutileno	2.1		8.1 7.0 7.0 7.0	Permitidas Normal		0.52	
1061	Metilamina anhidra	2.1		10.8 9.6 7.8 7.0	Permitidas Normal		0.59	
1062	Bromuro de metilo	2.3		7.0 7.0 7.0 7.0	No permitidas 12.30.3		1.51	
1063	Cloruro de metilo	2.1		14.5 12.7 11.3 10.0	Permitidas Normal		0.81	
1064	Metilmercaptano	2.3	2.1	7.0 7.0 7.0 7.0	No permitidas 12.30.3		0.78	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1067	Tetróxido de dinitrógeno licuado	2.3	5.1	7.0 7.0 7.0	No permitidas 12.30.3		1.30	El espesor de la pared no debe ser inferior a 8 mm. Las cisternas deben ser sometidas a pruebas de presión hidráulica e inspeccionadas interiormente a intervalos que no excedan de dos años y medio.
1075	Gases de petróleo licuados	2.1		Véase 12.24.6	Permitidas Normal		Véase 12.40	
1077	Propieno	2.1		28.0 24.5 22.0 20.0	Permitidas Normal		0.43	
1079	Dióxido de azufre licuado	2.3		11.6 10.3 8.5 7.5	No permitidas 12.30.3		1.23	Se debe aumentar en 3 mm el espesor calculado de la pared. El espesor de la pared se debe verificar mediante ultrasonidos a intervalos equidistantes entre las pruebas periódicas de presión hidráulica
1082	Trifluorocloroetileno estabilizado (R113)	2.1		17.0 15.0 11.6 13.1	Permitidas Normal		1.13	
1083	Trimetilamina anhidra	2.1		7.0 7.0 7.0 7.0	Permitidas Normal		0.56	
1085	Bromuro de vinilo estabilizado	2.1		7.0 7.0 7.0	Permitidas Normal		1.37	
1086	Cloruro de vinilo estabilizado	2.1		10.6 9.3 8.0 7.0	Permitidas Normal		0.81	
1087	Vinil metil éter estabilizado	2.1		7.0 7.0 7.0	Permitidas Normal		0.67	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1581	Mezclas de cloropirrina y bromuro de metilo	2.3		7.0 7.0 7.0	No permitidas	12.30.3	1.51	
1582	Mezclas de cloropirrina y cloruro de metilo	2.3		15.2 13.0 11.6 10.1	No permitidas	12.30.3	0.81	
1858	Hexafluoropropileno (R1216) y cloruro de metilo	2.2		19.2 16.9 15.1 13.1	Permitidas	Normal	1.11	
1912	Mezclas de cloruro de metilo y cloruro de metileno	2.2		15.2 13.0 11.6 10.1	Permitidas	Normal	1.11	
1958	Diclorotetrafluoretano (R114)	2.2		7.0 7.0 7.0	Permitidas	Normal	1.30	
1969	Isobutano	2.1		8.5 7.5 7.0 7.0	Permitidas	Normal	0.49	
1973	Mezclas de clorodifluoretano y cloropentafluoretano, de punto de ebullición constante, con el receptor de 492 de clorodifluoretano (R502) y de clorodifluorobromometano (R12B1)	2.2		28.3 25.3 22.8 20.3	Permitidas	Normal	1.05	
1974	Clorodifluorobromometano (R12B1)	2.2		7.3 7.0 7.0 7.0	Permitidas	Normal	1.61	
1976	Octafluorociclobutano (R1318)	2.2		6.8 7.8 7.0 7.0	Permitidas	Normal	1.34	

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1978	Propano	2.1		22.5 20.4 18.0 16.5	Permitidas	Normal	0.42	
1978	Propano en mezcla	2.1		Véase 12.24.6	Permitidas	Normal	Véase 12.40	
1983	Clorotrifluoretano (R133a)	2.2		7.0 7.0 7.0	Permitidas	Normal	1.18	
2517	Clorodifluoretanos (R142b)	2.1		8.9 7.8 7.0 7.0	Permitidas	Normal	0.99	
2602	Diclorodifluoretano y difluoretano en mezcla azéotrópica, con aproximadamente el 74% de diclorodifluoretano (R500)	2.1		20.0 18.0 16.0 14.5	Permitidas	Normal	1.01	
3159	1,1,1,2-Tetrafluoretano (R134a)	2.2		17.7 15.7 13.8 12.1	Permitidas	Normal	1.03	
3220	Pentafluoretano (R125)	2.2		34.34 30.73 27.44 24.42	Permitidas	Normal	0.95	