

Derechos de Autor©2000 NFPA. Todos los Derechos Reservados

NFPA 12

Norma sobre Sistemas Extintores de Dióxido de Carbono

Edición 2000

Esta edición de la Norma NFPA 12 *Norma sobre Sistemas de Extinción de Dióxido de Carbono*, fue preparada por el Comité Técnico sobre Dióxido de Carbono y presentada por la National Fire Protection Association, Inc., en su reunión de Noviembre 14-17, 1999 en New Orleans, Louisiana. Fue publicada por el Consejo de Normas el 14 de Enero de 2000, con fecha efectiva de Febrero 11, 2000, y reemplaza todas las ediciones anteriores.

Esta edición de la NFPA 12 fue aprobada como una Norma Nacional Americana el 11 de Febrero de 2000.

Origen y Desarrollo de la NFPA 12

El trabajo de esa norma se inició en 1928 por el Comité sobre Riesgos en Fabricación y Peligros Especiales. La norma se adoptó por primera vez en 1929 y fue revisada en 1933, 1939, 1940, 1941, 1942 (Enero y Mayo), 1945, 1946, 1948, 1949, 1956, 1957, 1961, 1962, 1963, 1964, 1966, 1968, 1972, 1973, 1977 y 1980. Las revisiones adoptadas entre 1945 y 1949 fueron propuestas por el Comité sobre Sistemas de Extinción Especiales, y las revisiones de 1956 y los años posteriores fueron propuestas por el Comité sobre Dióxido de Carbono. La norma fue revisada en 1985 y 1989.

La norma fue reescrita totalmente para la revisión de 1993 con el fin de especificar más claramente los requisitos y separar los requisitos obligatorios del texto de carácter consultivo en un esfuerzo para hacer el documento más fácil de usar, poner en práctica y adoptar.

La norma fue revisada para la edición de 1998 y de nuevo en el 2000 para añadir un nuevo capítulo para sistemas marinos.

Comité Técnico sobre Dióxido de Carbono

Gregory G. Wilks, *Presidente*
Nuclear Electric Insurance Ltd, DE [I]

James M. Rucci, *Secretario*
Harrington Group, Inc., GA [SE]

Robert K. Andrews, Marsch Inc., MI [I]
Kerry M. Bell, Underwriters Laboratories, Inc., IL [RT]
Richard Bisterfeldt, Wausau HPR Engr., IL [I]
Representa a The Alliance of American Insurers
Salvatore A. Chines, HSB Industrial Risk Insurers, CT [I]
Roberto J. Clark, Rolf Jensen & Assoc., Inc., VA [SE]
Ray Downey, Chemetron Fire Systems/Williams Holdings,
OH [M]
Dale R. Edlbeck, Ansul Inc/Tyco, WI [M]
Charles B. Ford, Queenstown, MD [U]
Representa a la U. S. Coast Guard Auxiliary

William Matt Hogan, Duke Power Co., SC [U]
Representa al Edison Electric Institute.
Robert C. Merritt, Factory Mutual Research Corp., MA [I]
Hocine Ait Mohamed, Kemper Insurance, Canada [I]
Earl D. Neargarth, Fire Protection Systems, MO [M]
S. Douglas Ross, Automated Fire Suppression, NC [IM]
Representa a National Association of Fire Equipment
Distributors Inc.
Klaus Wahle, U. S. Coast Guard Headquarters (G-MSE-4),
DC [E]
Thomas J. Wysocki, Guardian Services, Inc., IL [SE]

Suplentes

Ronald C. Adcock, March Inc., IL [I]
(Sup. de R. K. Andrews)
William M. Carey, Underwriters Laboratories Inc.,
IL [RT] (Sup. de K. M. Bell)
Randall S. Chaney, Wausau HPR Engr., CA [I]
(Sup. de R. Bisterfeldt)
David M. Gough, HSB Industrial Risk Insurers, CT [I]
(Sup. de S.A. Chines)
Donald W. Hering, Ansul Preferred CO₂ Systems/Tyco,
OH [M] (Sup. de D. R. Edlbeck)
Robert Kasiski, Factory Mutual Research Corp., MA [I]
(Sup. de R. C. Merritt)

James L. Kidd, Hiller New England Fire Protection, Inc., MA
[IM]
(Sup. de FSSA Rep)
Norbert W. Makowka, Nat'l Assn. of Fire Equipment
Distributors
(NAFED), IL [IM]
(Sup. de S. D. Ross)
Bernard, R. Planer, Fire Protection Systems, MO [M]
(Sup. de E. D. Neargarth)
Bruce G. Scheiman, Chemetron Fire Systems/Williams
Holding, IL [M]
(Sup. de R Downey)

Sin Voto

Edward D. Leedy, Naperville, IL [SE]
(Miembro Emérito)
Mark T. Conroy, Oficial de Coordinación de NFPA

Esta lista representa los miembros en el momento cuando se eligió el Comité para el texto final de esta edición. A partir de ese momento puede haber ocurrido cambios. Al final de este documento se encuentra la clave para la clasificación.

NOTA: Pertenecer a un comité no constituye por sí mismo garantía de la Asociación o de un documento desarrollado por el comité al cual pertenece el miembro.

Alcance del Comité: El Comité tendrá responsabilidad principalmente de los documentos sobre instalación, mantenimiento y uso de los sistemas de dióxido de carbono para protección de incendios.

Título Original:
NFPA 12 Carbon Dioxide Extinguishing Systems
2000 Edition

Título en Español:
NFPA 12 Sistemas Extintores de Dióxido de Carbono

Editado por:
Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios OPCÍ
Primera Edición en Español - OPCÍ 2000

Traducido por:
Stella de Narváez

Revisión Técnica:
Jaime Moncada P.

Diagramación e Impresión:
Stella Garcés

Todos los Derechos Reservados son de propiedad de NFPA

La NFPA no se hace responsable por la exactitud y veracidad de esta traducción.

*Organización Iberoamericana
de Protección Contra Incendios*
Calle 85 No. 21-22 Oficina 601
Teléfonos 616 3669 – 256 9965
Telefax 611 0754
E-Mail: opci@unete.com
Bogotá, D.C. - Colombia

Primera Edición en Español
Mayo 2001
Impreso en Colombia

Contenido

<p>Capítulo 1 Generalidades 12- 5</p> <p>1-1 Alcance 12- 5</p> <p>1-2 Objeto 12- 5</p> <p>1-3 Definiciones 12- 5</p> <p>1-4 Unidades 12- 6</p> <p>1-5 Información General 12- 6</p> <p>1-6 Seguridad del Personal 12- 6</p> <p>1-7 Especificaciones, Planos y Aprobaciones .. 12- 8</p> <p>1-8 Detección, Actuación y Control 12-10</p> <p>1-9 Suministro de Dióxido de Carbono 12-11</p> <p>1-10 Sistema de Distribución 12-12</p> <p>1-11 Inspección, Mantenimiento e Instrucción ... 12-15</p> <p>Capítulo 2 Sistemas de Inundación Total 12-16</p> <p>2-1 Información General 12-16</p> <p>2-2 Especificaciones del Riesgo 12-16</p> <p>2-3 Requerimientos del dióxido de Carbono para Fuegos Superficiales 12-17</p> <p>2-4 Requerimientos de Dióxido de Carbono para Fuegos Profundos 12-19</p> <p>2-5 Sistemas de Distribución 12-20</p> <p>2-6 Consideraciones de la Ventilación 12-20</p> <p>Capítulo 3 Sistemass de Distribución12-21</p> <p>3-1 Información General 12-21</p> <p>3-2 Especificaciones de Riesgos 12-21</p> <p>3-3 Requerimientos del Dióxido de Carbono ... 12-21</p> <p>3-4 Método Basado en Flujo según el Area 12-22</p> <p>3-5 Método Basado en Flujo según el Volumen 12-23</p> <p>3-6 Sistema de Distribución 12-23</p>	<p>Capítulo 4 Sistemas de Líneas Manuales de Manguera 12-24</p> <p>4-1 Información General 12-24</p> <p>4-2 Especificaciones del Riesgo 12-24</p> <p>4-3 Localización y Espaciamento 12-24</p> <p>4-4 Requerimientos de Dióxido de Carbono 12-24</p> <p>4-5 Especificaciones del Equipo 12-24</p> <p>4-6 Entrenamiento 12-25</p> <p>Capítulo 5 Sistemas de Tubería Vertical y Suministro Móvil 12-25</p> <p>5-1 Información General 12-25</p> <p>5-2 Especificaciones del Riesgo 12-25</p> <p>5-3 Especificaciones de la Tubería Vertical 12-25</p> <p>5-4 Especificaciones del Suministro Móvil 12-25</p> <p>5-5 Entrenamiento 12-25</p> <p>Capítulo 6 Sistemas Marítimos 12-26</p> <p>6-1 General 12-26</p> <p>6-2 Requerimientos del Sistema 12-26</p> <p>6-3 Inspección y Mantenimiento 12-27</p> <p>Capítulo 7 Publicaciones Mencionadas 12-28</p> <p>Apéndice A Material Aclaratorio 12-28</p> <p>Apéndice B Ejemplos de Protección de Riesgos 12-51</p> <p>Apéndice C Publicaciones Mencionadas 12-55</p> <p>Indice 12-56</p>
---	---

NFPA 12

Norma sobre

Sistemas de Extintores de Dióxido de Carbono

Edición 2000

NOTA: El asterisco (*) después de un número o letra señalando un párrafo indica que se puede encontrar material aclaratorio sobre el párrafo en el Anexo A.

Se puede encontrar información sobre las publicaciones mencionadas en el Capítulo 7 y el Anexo C.

Los cambios que no son editoriales están señalados con una línea vertical al margen de las páginas en las que aparecen. Estas líneas se incluyen para ayudar al usuario a identificar los cambios de la edición anterior.

Capítulo 1 - General

1-1* Alcance. Esta norma contiene los requisitos mínimos para sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono. Incluye solamente lo esencial para que la norma sea practicable en manos de los especialistas en la materia.

1-2 Objeto.

1-2.1 Esta norma está hecha para el uso y guía de las personas encargadas de la compra, diseño, instalación, prueba, inspección, aprobación, listado, operación o mantenimiento de sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono, con el fin de que estos equipos funcionen de acuerdo a los requisitos durante su vida útil. Ninguna parte de esta norma tiene la intención de restringir nuevas tecnologías o disposiciones alternativas, siempre y cuando no se reduzca el grado de seguridad prescrito por la norma.

1-2.2 Solamente las personas con el entrenamiento y experiencia adecuados podrán diseñar, instalar, inspeccionar y mantener estos equipos.

1-3 Definiciones. Con fines aclaratorios, los términos generales que se utilizan con significado técnico especial en esta norma, se definen como sigue.

1-3.1 Alarmas e Indicadores. Cualquier aparato capaz de proporcionar indicación audible, visual u olfatoria.

1-3.2* Aprobado. Aceptable para la autoridad competente.

1-3.3* Autoridad competente. La organización, oficina o persona responsable de la aprobación del equipo, materiales, instalación, o procedimiento.

1-3.4 Inspección. El examen visual de un sistema o parte de éste para verificar que esté en buenas condiciones de operación y esté libre de daño físico.

1-3.5 Rotulado. Equipo o materiales a los cuales les ha sido fijado un rótulo, símbolo u otra marca de identificación de una organización aceptable para la autoridad competente y relacionada con la evaluación del producto, que mantiene la inspección periódica de la producción de los equipos o materiales rotulados, y por cuyos rótulos el fabricante indica acatamiento de las normas apropiadas o desempeño de manera específica.

1-3.6* Listado. Equipo, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización aceptable a la autoridad competente y comprometida con la evaluación de productos o servicios, que mantiene inspección periódica de la producción de los equipos o materiales listados o evaluación periódica de los servicios, y cuyo listado indique que los equipos, materiales o servicios satisfacen las normas apropiadas o han sido probados y encontrados apropiados para uso de una manera específica.

1-3.7 Cierre de Seguridad. Una válvula de operación manual en el tubo de descarga entre las boquillas y el suministro, que puede asegurarse en posición cerrada para evitar el flujo de dióxido de carbono hacia el área protegida.

1-3.8 Mantenimiento. Una "revisión completa" del sistema, con el fin de asegurarse que el sistema va a operar con eficacia y seguridad. Incluye el examen total y cualquier reparación necesaria o reemplazo de componentes. (*Ver Sección 1-11*)

1-3.9 Presión, Alta. Indica que el dióxido de carbono está almacenado en recipientes a presión a temperaturas ambiente. A 70°F (21°C), la presión en este tipo de almacenamiento es de 850 psi (5860 kPa).

1-3.10 Presión, Baja. Indica que el dióxido de carbono está almacenado en recipientes a presión a temperatura baja controlada de 0°F (-18°C). A esta temperatura la presión en este tipo de almacenamiento es de 300 psi (2068 kPa).

1-3.11 Debe. Indica un requerimiento obligatorio.

1-3.12 Podrá. Indica una recomendación o algo que se aconseja pero no es un requerimiento.

1-3.13 Sistema de Tubería Vertical y Suministro Móvil. Sistema consistente del suministro móvil de dióxido de carbono, diseñado para colocarse rápidamente en posición y conectarse al sistema de tubería fija, incluyendo boquillas fijas o líneas de manguera, o ambas que estén diseñadas ya sea para inundación total o aplicación local.

1-3.14 Sistema, Línea de Manguera de Mano. Un conjunto de manguera y boquilla conectada por tubería fija o directamente a un suministro de agente extintor.

1-3.15 Sistema, Aplicación Local. Un sistema consistente de un suministro de agente extintor dispuesto para descargar directamente sobre el material incendiado.

1-3.16* Sistema, Prediseñado. Un sistema que tiene predefinidas la velocidad de circulación, localización de las

boquillas y cantidades de dióxido de carbono y que incluye boquillas específicas y métodos de aplicación que pueden diferir de aquellos detallados en otra parte de esta norma o listados por un laboratorio de pruebas. Los peligros protegidos por estos sistemas están específicamente limitados en lo referente al tipo y tamaño. Las limitaciones de peligros que pueden ser protegidos por estos sistemas están contenidas en el manual de instalación del fabricante, que está mencionado como parte del listado.

1-3.17 Sistema, Inundación Total. Un sistema consistente de un suministro de dióxido de carbono dispuesto para descargar y llenar hasta la concentración adecuada, un espacio cerrado o cerramiento alrededor del peligro.

1-4 Unidades. Las unidades de medidas métricas utilizadas en esta norma están de acuerdo con el sistema métrico modernizado conocido como el Sistema Internacional de Unidades (International System of Units, SI). (Ver Tabla 1-4).

1-4.1 Si el valor de las medidas que se da en esta norma está seguido por un valor equivalente en otras unidades, el primer valor indicado es el que debe tenerse en cuenta como requisito. Un valor equivalente determinado puede ser aproximado.

Tabla 1-4 Unidades

Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad	Factor de Conversión
Pascal	Pa	1 psi = 6894,757 Pa
Kilogramo	kg	1 lb = 2,205 Kg
Metro	m	1 pie = 0,3048 m
Milímetro	mm	1 pulg. = 25,4 mm

Nota: Para conversiones e información adicional, ver ASTM SI 10, "Norma para el Uso del Sistema Internacional de Unidades (SI)» El Sistema Métrico Moderno".

1-4.2 El procedimiento de conversión para las unidades SI ha sido multiplicar la cantidad por el factor de conversión y después redondear el resultado hasta el número apropiado de dígitos significativos.

1-5 Información General.

1-5.1* Dióxido de Carbono. El dióxido de carbono es un gas inerte incoloro, inoloro, no conductor eléctricamente, que es un medio apropiado para extinguir incendios. El dióxido de carbono líquido forma un hielo seco sólido ("nieve") cuando se descarga directamente a la atmósfera. El gas de dióxido de carbono es 1.5 veces más pesado que el aire. El dióxido de carbono extingue el fuego al reducir la concentración de oxígeno, la fase de vapor del combustible, o ambos en el aire hasta el punto donde para la combustión. (Ver la Sección 1-6, Seguridad de Personal).

1-5.2 Uso y Limitaciones. Los sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono son útiles dentro de los límites

de esta norma para extinguir incendios que involucran peligros específicos o equipo en las siguientes ocupaciones:

- (1) Donde un medio inerte no conductor de electricidad es esencial o deseable
- (2) Donde la limpieza de los otros medios presenta problemas
- (3) Donde son más económicos de instalar que sistemas que usan otros medios.

1-5.2.1 Algunos tipos de peligros y equipos que los sistemas de dióxido de carbono pueden proteger satisfactoriamente incluyen los siguientes:

- (1) Materiales líquidos inflamables (ver 1-8.3.8)
- (2) Peligros eléctricos tales como transformadores, interruptores, cortacircuitos, equipos rotatorios y equipos electrónicos
- (3) Motores que utilizan gasolina y otros combustibles líquidos inflamables
- (4) Combustibles comunes como el papel, madera y textiles
- (5) Sólidos peligrosos

1-5.2.2* Los sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono para proteger áreas donde puedan existir atmósferas explosivas deben utilizar boquillas de metal, y todo el sistema debe estar debidamente conectado a tierra. Además, los objetos expuestos a descargas de las boquillas de dióxido de carbono deben estar conectados a tierra para disipar posibles cargas electrostáticas.

1-5.2.3* El dióxido de carbono no extingue incendios donde los siguientes materiales estén comprometidos activamente en el proceso de combustión:

- (1) Químicos que contengan su propio suministro de oxígeno, tales como el nitrato de celulosa.
- (2) Metales reactivos como el sodio, potasio, magnesio, titanio y circonio.
- (3) Hidruros de metal.

1-6* Seguridad del Personal

1-6.1 Peligros para el Personal. La descarga de hidróxido de carbono en concentraciones para extinguir incendios crea graves peligros para el personal, tales como asfixia y visibilidad reducida durante y después del período de descarga. Se debe considerar la posibilidad de que el dióxido de carbono sea arrastrado y se estacione en sitios adyacentes fuera del espacio protegido (ver 1-6.1.1). También se debe considerar adónde puede migrar o recogerse el dióxido de carbono en caso de descarga de un dispositivo de descarga de seguridad del contenedor de almacenamiento.

1-6.1.1* En cualquier uso del dióxido de carbono, debe considerarse la posibilidad de que el personal quede atrapado o entre en una atmósfera peligrosa debido a la descarga de dióxido de carbono. Se debe proveer medidas de protección adecuadas para asegurar una pronta evacuación, para evitar la entrada en estas atmósferas y proporcionar los medios de pronto rescate de cualquier persona que esté atrapada. Debe proveerse entrenamiento para el personal. Debe proveerse alarmas previas a la descarga con excepción a lo anotado en 1-8.1(c) y 1-8.3.5.

1-6.1.2 Los siguientes son ejemplos de avisos típicos.

1-6.1.2.1 Se deben colocar señales de advertencia apropiadas en un lugar visible.

(1) Aviso típico en cada espacio protegido

ADVERTENCIA
GAS DE DIÓXIDO DE CARBONO
EVACUAR INMEDIATAMENTE
CUANDO SE ACTIVE LA ALARMA

(2) Aviso típico en cada entrada a un espacio protegido

ADVERTENCIA
GAS DE DIOXIDO DE CARBONO
NO ENTRE CUANDO LA ALARMA ESTE ACTIVA
HASTA QUE HAYA SIDO VENTILADO

(3) Aviso típico en cada espacio cercano donde pueda acumularse el dióxido de carbono a niveles peligrosos

CUIDADO
LA DESCARGA DE DIÓXIDO DE CARBONO EN UN
ESPACIO PRÓXIMO PUEDE ACUMULARSE AQUÍ.
EVACUAR INMEDIATAMENTE
CUANDO SE ACTIVE LA ALARMA

(4) Aviso típico en el exterior de cada entrada a cuartos de almacenamiento de dióxido de carbono

CUIDADO
GAS DE DIÓXIDO DE CARBONO
VENTILAR EL AREA ANTES DE INGRESAR. UNA
CONCENTRACIÓN ALTA DE GAS DE DIÓXIDO DE
CARBONO PUEDE OCURRIR EN ESTA AREA Y PUE-
DE CAUSAR ASFIXIA

1-6.1.2.2 Se debe fijar avisos adecuados de advertencia en cada lugar donde pueda efectuarse la operación manual de un sistema. Un aviso típico en cada estación de activación manual es el siguiente:

ADVERTENCIA
LA ACTIVACION DE ESTE APARATO CAUSARÁ
LA DESCARGA DE DIÓXIDO DE CARBONO.
ANTES DE ACTIVARLO, ASEGÚRESE DE QUE EL
PERSONAL ESTÉ FUERA DEL ÁREA.

1-6.1.3 Todas las personas que puedan, en determinado momento, ingresar a un espacio protegido por dióxido de carbono

no deben ser advertidas de los peligros que involucra, dárseles una señal de alarma, y proporcionarles los procedimientos seguros y adecuados de evacuación. (Ver 1-8.5)

1-6.1.4 La señal de advertencia de predescarga debe proporcionar un intervalo de tiempo de suficiente duración para evacuar bajo las peores condiciones, excepto lo anotado en 1-8.1(c) y 1-8.3.5. Se debe hacer simulacros para determinar el tiempo mínimo necesario para que las personas evacuen el área de peligro, dando tiempo para identificar la señal de aviso.

1-6.1.5 Se debe proporcionar avisos audibles y visuales de predescarga, excepto lo anotado en 1-8.1 (c) y 1-8.3.5.

1-6.1.6 Todo el personal debe ser informado de que la descarga directa de gas de dióxido de carbono sobre una persona, ya sea de sistemas de alta o baja presión, puede poner en peligro la seguridad de la persona al causarle lesiones en los ojos u oídos y aún caídas debido a la pérdida de equilibrio por el choque del gas descargado a alta velocidad.. El contacto con dióxido de carbono en forma de hielo seco puede causar lesiones por congelación.

1-6.1.7* Para evitar descargas accidentales o deliberadas, se debe proveer un “cierre” cuando estén presentes personas no familiarizadas con los sistemas y con su operación en el espacio protegido. Los sistemas de aplicación local deben estar “cerrados con seguro” cuando hay personas presentes en lugares donde la descarga del sistema las ponga en peligro, y ellas no sean capaces de proceder hacia un lugar seguro dentro del período de retardo del sistema. Cuando se deba mantener la protección durante el período de cierre, se debe asignar una(s) persona(s) como “vigilancia de incendio” con equipo portátil o semi-portátil de extinción de incendios o los medios para restaurar la protección. El vigilante de incendio debe tener un medio de comunicación conectado a un lugar que esté constantemente monitoreado. Las autoridades responsables de la continuidad de la protección de incendios deben ser notificadas del cierre y restauración subsecuente del sistema.

1-6.1.8* Deben seguirse procedimiento de manipulación segura al transportar los cilindros del sistema.

1-6.2 Distancias Libres Eléctricas. Los componentes del sistema deben estar situados de tal manera que se guarden distancias mínimas respecto de los componentes vivos como aparece en la Tabla 1-6.2 y la Gráfica 1-6.2.

Para efectos de esta norma, “distancia” es la distancia entre los equipos, incluyendo tubería y boquillas, y los componentes eléctricos vivos no encerrados o no aislados que no estén conectados a tierra. Las distancias mínimas que aparecen en la Tabla 1-6.2 son para separación eléctrica bajo condiciones normales; no para ser usadas como distancias “seguras” durante la operación de sistemas fijos.

Las distancias dadas en la Tabla 1-6.2 y la Gráfica 1-6.2 son para altitudes de 3300 pies (1000 m) o menos. A altitudes mayores de 3300 pies (1000m) la distancia debe aumentarse a

una tasa de 1 por ciento por cada 330 pies (100 m) de aumento en la altitud en exceso de 3300 pies (1000 m).

Las distancias están basadas en las prácticas generales mínimas relacionadas con el nivel de valor del nivel de aislamiento básico (BIL). Para coordinar la distancia requerida con el diseño eléctrico, el BIL de diseño del equipo que se está protegiendo debe usarse como base, aunque esto no es de importancia a voltajes nominales de línea de 161 kv. o menos.

Hasta voltajes de sistemas eléctricos de 161 kv. los kilovoltios de BIL de diseño y las correspondientes distancias mínimas, de fase a tierra, han sido establecidas a través del uso prolongado.

A voltajes mayores de 161 kv., la uniformidad en la relación entre los kilovoltios del BIL de diseño y los varios voltajes del sistema eléctrico no se han establecido en la práctica. Para estos voltajes de sistema mayores se ha convertido en práctica común utilizar los niveles de BIL dependiendo del grado de protección que se va a obtener. Por ejemplo, en sistemas de 230kv, se han utilizado BILs de 1050, 900, 825, 750 y 650 kv.

Tabla 1-6.2 Distancias para Equipos de Dióxido de Carbono hasta Componentes Eléctricos Vivos No Aislados

Voltaje Nominal del Sistema (kV)	Voltaje Máximo del Sistema (kV)	BIL de Diseño (kV)	Mínimo* Espacio Libre	
			Pulg.	mm.
a ≤13.8	14.5	110	7	178
≤23.0	24.3	150	10	254
≤34.5	36.5	200	13	330
≤46.0	48.3	250	17	432
≤69.0	72.5	350	25	635
≤115.0	121.0	550	42	1067
≤138.0	145.0	650	50	1270
≤161.0	169.0	750	58	1473
≤230.0	242.0	900	76	1930
		1050	84	2134
≤345.0	362.0	1050	84	2134
		1300	104	2642
≤500.0	550.0	1500	124	3150
		1800	144	3658
≤765.0	800.0	2050	167	4242

Nota: Los valores de BIL están representados en kilovoltios (kv.), el número es el valor cresta completo de la prueba completa de impulso de la onda que el equipo eléctrico está diseñado a soportar. Para los valores de BIL que no están listados en la tabla, se pueden encontrar los espacios por interpolación.

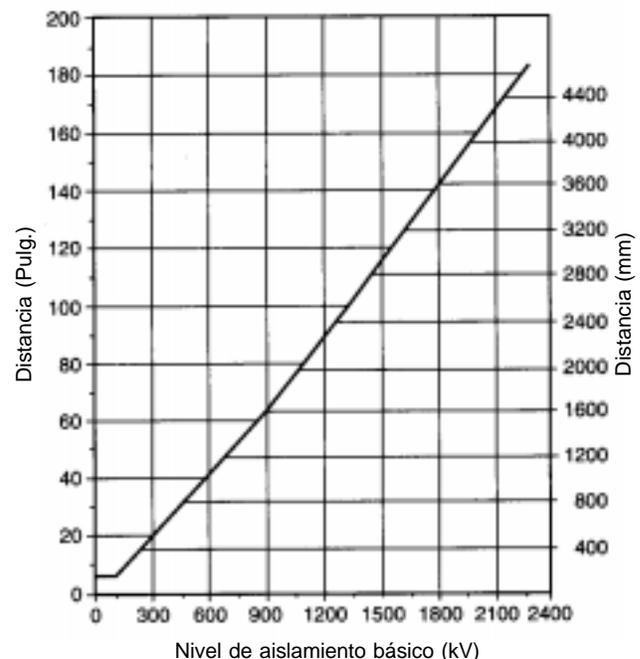
*Para voltajes hasta de 161 kv., los espacios están tomados de la NFPA 70, *National Electrical Code*. Para voltajes de 230 kv. y mayores, los espacios fueron tomados de la Tabla 124 de la ANSI/IEEE C 2, *National Electrical Safety Code*. En Canada, referirse al CSA c22.1, *Canadian Electrical Code*, Part 1.

La distancia requerida a tierra también puede ser afectada por el régimen de sobretensión transitoria de conmutación, un

factor de diseño de la red de energía que junto con el BIL debe correlacionarse con las distancias mínimas seleccionadas. Los ingenieros de diseño eléctrico pueden suministrar distancias dictadas por el régimen de sobretensión transitoria de conmutación. La Tabla 1-6.2 y el Gráfico 1-6.2 tratan solamente distancias requeridas por el BIL de diseño. La distancia a tierra seleccionada debe satisfacer el mayor régimen de sobretensión transitoria de conmutación, en lugar de basarse en la tensión nominal.

Las posibles variaciones de diseño en las distancias requeridas a tensiones más altas pueden apreciarse en la Tabla 1-6.2 donde se indica una gama de valores de BIL frente a los varios voltajes en la parte de alto voltaje de la tabla. Sin embargo, la distancia entre las partes electrizadas no aisladas del equipo del sistema eléctrico y cualquier parte del sistema de dióxido de carbono no debe ser menor que la distancia mínima proporcionada en otras partes para aislamientos de sistemas eléctricos de cualquier componente individual.

GRAFICO 1-6.2 Distancia del Equipo de Dióxido de Carbono a los Componentes Eléctricos Vivos no Aislados.



1-6.2.1 Cuando el BIL de diseño no está disponible, y cuando la tensión nominal se usa como criterio de diseño, debe usarse la distancia mínima más alta listada para este grupo.

1-7 Especificaciones, Planos y Aprobaciones.

1-7.1 Especificaciones. Las especificaciones para los sistemas de extinción de incendio de dióxido de carbono deben prepararse bajo la supervisión de una persona totalmente experimentada y calificada en el diseño de sistemas de extinción de dióxido de carbono y con el consejo de la autoridad competente. Las especificaciones deben incluir todos los ítems perti-

nentes necesarios para el diseño adecuado del sistema tales como la designación de la autoridad competente, variaciones de la norma que permitirá la autoridad competente y el tipo y alcance de las pruebas de aprobación a realizarse después de la instalación del sistema.

1-7.2 Planos. Deben someterse planos y cálculos a la aprobación de la autoridad competente antes de empezar la instalación. Los planos y cálculos deben ser preparados por personal completamente calificado en el diseño de sistemas de extinción de incendio de dióxido de carbono.

1-7.2.1 Estos planos deben ser dibujados a una escala indicada o estar convenientemente dimensionados. Los planos deben estar hechos de manera que puedan reproducirse fácilmente.

1-7.2.2 Estos planos deben contener suficiente detalle para que la autoridad competente pueda evaluar el riesgo o riesgos y evaluar la efectividad del sistema. Los detalles deben incluir lo siguiente:

- (1) Materiales involucrados en los riesgos protegidos
- (2) Localización de los riesgos
- (3) Cerramiento o límites y aislamiento de los riesgos
- (4) Área alrededor que podría afectar los riesgos protegidos

1-7.2.3 Los detalles del sistema deben incluir lo siguiente:

- (1) Información y cálculos sobre la cantidad de dióxido de carbono
- (2) Localización y velocidad de circulación de cada boquilla incluyendo el área del orificio equivalente
- (3) Localización, tamaño y longitudes equivalentes de la tubería, accesorios y manguera
- (4) Localización y tamaño del sitio de almacenamiento del dióxido de carbono

Los detalles del método de reducción del tamaño de la tubería (conectores de reducción "Bushing" o casquillos reductores) y orientación de las Tes deben estar claramente indicados. Debe presentarse información sobre la localización y funcionamiento de los dispositivos de detección, dispositivos de operación, equipos auxiliares y circuitos eléctricos, si se utilizan. Debe darse suficiente información para identificar adecuadamente los aparatos y dispositivos utilizados. Cualquier característica especial debe ser debidamente explicada.

1-7.2.4 Cuando las condiciones de servicio requieran cualquier cambio sustancial de los planos aprobados, los cambios deben ser sometidos a la autoridad competente para aprobación.

1-7.2.5 Cuando se hagan cambios en los planos aprobados, los planos corregidos "como están instalados" deben suministrarse al propietario y a la autoridad competente.

1-7.2.6 El propietario del sistema debe mantener un manual de instrucción y mantenimiento que incluya una secuencia

completa de la operación, y un juego completo de planos y cálculos del sistema debe guardarse en un gabinete protegido.

1-7.3* Aprobación de Instalaciones. El sistema terminado debe ser inspeccionado y probado por personal calificado para que reciba la aprobación de la autoridad competente. Solamente equipos y artefactos listados o aprobados se usarán en el sistema. Para determinar que el sistema ha sido adecuadamente instalado y funcionará como se especifica, se debe realizar lo siguiente:

(a) Una inspección visual completa del sistema instalado y el área de riesgo. Las tuberías, equipo operacional y boquillas de descarga deben ser inspeccionados para verificar su tamaño y localización correctos. Las localizaciones de las alarmas e interruptores manuales de emergencia deben verificarse. Debe compararse la configuración del riesgo con la especificación original del riesgo. El riesgo debe inspeccionarse minuciosamente para detectar aberturas que no cierren y fuentes de pérdida de agentes que podrían haber sido pasadas por alto en la especificación original.

(b) La revisión de la rotulación de los artefactos para verificar el señalamiento e instrucciones apropiados. La información en las placas de los contenedores de almacenamiento debe compararse con las especificaciones.

(c) Pruebas operacionales no destructivas de todos los artefactos necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema, incluyendo los aparatos de detección y accionamiento.

(d) Se debe realizar una prueba completa de descarga en todos los sistemas. Donde estén protegidos riesgos múltiples de un suministro común, se debe realizar una prueba completa de descarga para cada riesgo.

Antes de las pruebas, se deben revisar los procedimientos de seguridad adecuados. (*Ver Sección 1-6*)

1-7.4 Prueba de Sistemas. Los sistemas se deben probar como sigue.

(a) *Aplicación Local.* Descarga completa de la cantidad diseñada de dióxido de carbono a través de las tuberías del sistema para verificar que el dióxido de carbono cubre efectivamente el resgo por el período completo de tiempo requerido en las especificaciones de diseño y que todos los aparatos operados a presión funcionen como es debido.

(b) *Inundación Total.* Descarga completa de toda la cantidad diseñada de dióxido de carbono a través de las tuberías del sistema para verificar que el dióxido de carbono se descargue al peligro y se obtenga y mantenga la concentración en el período de tiempo requerido por las especificaciones de diseño y que todos los aparatos operados a presión funcionen como es debido.

(c) *Líneas de Manguera Manuales.* Pruebas de descarga completas de los sistemas de mangueras manuales. Requiere evidencia del flujo del líquido de cada boquilla con el patrón adecuado de cobertura.

1-8 Detección, Actuación y Control.

1-8.1 Los sistemas se clasificarán como automáticos o manuales de acuerdo con los siguientes métodos de accionamiento.

(a) *Operación Automática.* Operación que no requiere ninguna acción humana.

(b) *Operación Manual Normal.* Operación del sistema que requiere acción humana cuando la localización del aparato usado para causar la operación hace fácil el acceso al riesgo en todo momento (ver 1-8.3.4). La operación de un control será todo lo que se requiere para poner el sistema en funcionamiento.

(c) **Operación Manual de Emergencia.* La operación del sistema por medios humanos cuando el aparato usado para causar la operación es de naturaleza totalmente mecánica y está situado en o cerca del aparato que se está controlando. Un aparato totalmente mecánico puede incluir el uso de presión del sistema para completar la operación del aparato. (Ver 1-8.3.5)

1-8.1.1 Se debe usar detección y accionamiento automáticos.

Excepción No. 1: Puede usarse solamente accionamiento manual si es aceptable para la autoridad competente cuando la liberación automática pudiera incrementar el riesgo.

Excepción No. 2: Esto no se aplica a la línea de mangueras manuales y el sistema de tuberías verticales.

Excepción No. 3: Esto no se aplica a los sistemas marítimos (ver Capítulo 6).

1-8.2* Detección Automática. La detección automática debe ser por cualquier método o aparato listado o aprobado que sea capaz de detectar e indicar calor, llama, humo, vapores combustibles, o una situación anormal en el área de riesgo tal como problemas en el proceso que puedan producir un incendio.

1-8.3 Dispositivos de Operación. Los dispositivos de operación deben incluir artefactos o válvulas de liberación del dióxido de carbono, controles de descarga y aparatos de cierre de los equipos, todos los cuales son necesarios para el desempeño satisfactorio del sistema.

1-8.3.1 La operación debe ser por medios mecánicos, eléctricos o neumáticos listados o aprobados. El equipo de control debe estar específicamente listado o aprobado para el número y tipo de aparatos de accionamiento utilizados y su compatibilidad debe haber sido listada o aprobada.

1-8.3.2 Todos los aparatos deben ser diseñados para el servicio que encontrarán y no deberán quedar fácilmente inoperantes o susceptibles a operación accidental. Los aparatos deben ser diseñados normalmente para funcionar efectivamente de -20°F a 150°F (-29°C a 66°C) o marcados para indicar las limitaciones de temperatura.

1-8.3.3 Todos los aparatos deben estar situados, instalados, o debidamente protegidos para que no estén sujetos a daños

mecánicos, químicos, u otros que los puedan dejar inoperantes.

1-8.3.4* Los controles manuales normales de accionamiento deben estar localizados para fácil acceso en todo momento incluyendo el momento del incendio. El control o controles manuales deben ser de apariencia distintiva y claramente reconocibles para el uso destinado. Este control debe provocar la operación completa del sistema en su forma normal. La operación de este aparato no debe causar un reciclaje del temporizador. (Ver 1-6.1.4).

1-8.3.5* Todas las válvulas que controlan la descarga y distribución del dióxido de carbono deben estar provistas de un control manual de emergencia. Esto no se aplica a los cilindros secundarios de alta presión.

Los medios de emergencia deben ser fácilmente accesibles y situados cerca de las válvulas que controlan.

Debe determinarse si se requieren alarmas de retardo y predescarga para control manual de emergencia basado en la naturaleza del riesgo y requisitos de seguridad. Cuando no haya alarma de retardo y predescarga con método de emergencia de accionamiento manual, debe asegurarse de que el área de riesgo y las áreas adyacentes donde pueda acumularse el dióxido de carbono estén libres de todo el personal antes de la operación de este aparato. Estos aparatos deben estar claramente marcados para indicar este concepto con una placa de advertencia.

1-8.3.6* Cuando la presión del gas de los cilindros pilotos alimentados a través del tubo múltiple de descarga (ej. , usar presión posterior en lugar de una línea piloto separada) se usa para liberar los cilindros secundarios restantes y el suministro consiste de menos de tres cilindros, un cilindro se debe usar para esta operación. Cuando el suministro consiste de tres cilindros o más, deberá haber un cilindro piloto más que el mínimo requerido para accionar el sistema. Durante la prueba de aceptación de descarga total, el cilindro piloto extra deberá estar dispuesto para operar como cilindro secundario.

1-8.3.7 Los controles manuales no deben requerir un tiro de más de 40 libras (fuerza) (178 N) ni un movimiento de más de 14 pulgadas (356 mm) para asegurar su operación. Por lo menos un control manual de activación debe estar situado a no más de 4 pies (1.2 m) sobre el piso.

1-8.3.8 Cuando la operación continua del equipo asociado con el riesgo que se está protegiendo pudiera contribuir a sustentar el incendio en ese riesgo, la fuente de energía o combustible debe ser cerrada automáticamente. Todos los aparatos de cierre deben considerarse parte integral del sistema y funcionar con la operación del sistema.

Excepción: Este requisito no se aplicará a los sistemas de aceite lubricante asociado con grandes equipos de rotación, donde se provee un sistema extenso de descarga diseñado para operar para el período de desaceleración/enfriamiento.

1-8.3.9 Todos los aparatos de operación manual deben estar identificados para el riesgo que protegen, la función que desempeñan y su método de operación.

1-8.3.10 No deben usarse interruptores de aborto en los sistemas de dióxido de carbono.

1-8.4 Válvulas de Supervisión y Cierre. Debe proveerse supervisión de los sistemas automáticos y válvulas manuales de cierre a menos que haya sido específicamente excusado por la autoridad competente. Debe proveerse supervisión de los sistemas automáticos y el cierre requerido por 1-6.1.7 debe supervisarse tanto para los sistemas automáticos como manuales a menos que sean específicamente excusados por la autoridad competente. Las interconexiones entre los componentes necesarios para el control del sistema y seguridad de vida (ej., detección, accionamiento, alarmas, fuentes de energía, válvula de cierre del tanque principal, válvula piloto de suministro de vapor, aparatos de bloqueo, etc.) deben estar supervisadas. Un circuito abierto, condición de falla de puesta a tierra, o pérdida de integridad en las líneas neumáticas de control que pudiera dañar la operación del sistema completo debe originar una señal de avería. Las señales de alarma y avería deben ser transmitidas por uno de los métodos descritos en la NFPA 72, "National Fire Alarm Code".

Excepción: Las conexiones de cilindros secundarios de alta presión operados neumáticamente inmediatamente adyacentes a los cilindros pilotos no necesitan ser supervisadas.

1-8.5* Alarmas de Predescarga. Las alarmas de predescarga deben estar provistas para dar advertencia positiva de una descarga donde pudiera existir riesgo para el personal, excepto como se anota en 1-8.1 (c) y 1-8.3.5. Estas alarmas deben funcionar para advertir al personal contra la entrada a áreas peligrosas mientras existan tales riesgos o hasta que dichos riesgos sean debidamente reconocidos. (Ver Sección 1-6).

Las alarmas audibles de predescarga deben ser por lo menos de 15 decibeles sobre el nivel de ruido ambiental o 5 decibeles sobre el nivel máximo de ruido, el que sea mayor, medido a 5 pies (1.5 m) sobre el piso del área ocupable. Los aparatos de señal audible deben tener un nivel de sonido no mayor de 120 decibeles a la distancia mínima de escucha del aparato audible. La alarma de predescarga debe tener una potencial mínimo de decibeles de 90 decibeles ajustados a 10 pies (3 m).

1-8.5.1 Debe proveerse una alarma o indicador para mostrar que el sistema ha operado y necesita recargarse.

1-8.5.2* Debe proveerse una alarma para indicar la operación de los sistemas automáticos y que se requiere respuesta inmediata del personal.

1-8.5.3 Las alarmas indicadoras de fallas de los aparatos o equipos supervisados deben dar indicación pronta y positiva de cualquier falla y deben diferenciarse de las alarmas indicadoras de operación o condiciones peligrosas.

1-8.6 Fuentes de Energía. La fuente principal de energía para la operación y control del sistema debe tener la capacidad para el servicio previsto y debe ser confiable. Donde la falla de la fuente principal de energía pudiera arriesgar la protección del riesgo, la seguridad de vida, o ambos, una fuente de energía secundaria independiente (de reserva) debe suministrar la energía al sistema en caso de falla total o bajo voltaje (menos del 85 por ciento de los voltajes dados en las placas) de la fuente de energía primaria (principal). El suministro secundario (de reserva) deberá ser capaz de operar el sistema bajo la carga máxima normal por 24 horas y después ser capaz de operar el sistema continuamente por el período completo de diseño de descarga. La fuente de energía secundaria (de reserva) debe transferirse automáticamente a operar el sistema dentro de los 30 segundos de la pérdida de la fuente de energía primaria (principal).

1-8.6.1 Todos los aparatos eléctricos deben ser operables entre 85 por ciento y 105 por ciento de la tensión nominal.

1-9 Suministro de Dióxido de Carbono.

1-9.1* Cantidades. La cantidad del suministro principal de dióxido de carbono en el sistema debe ser por lo menos suficiente para el riesgo individual mayor protegido o grupo de riesgos que se protegen simultáneamente.

1-9.1.1 Cuando se proveen líneas de mangueras manuales para uso en un riesgo protegido por un sistema fijo, se deben proveer suministros separados a menos que se provea suficiente dióxido de carbono para asegurar que la protección fija para el riesgo individual mayor sobre el cual se pueden usar las líneas de mangueras no sea puesto en peligro. (Ver Sección 4-4 y A-4-1.1)

1-9.1.2 Cuando la autoridad competente determine que se requiere protección continua, la cantidad de suministro de reserva debe ser de tantos múltiplos de las cantidades requeridas en 1-9.1 y 1-9.1.1 como la autoridad competente considere necesario.

1-9.1.3 Ambos, el suministro principal y el de reserva, para sistemas de almacenamiento fijos deben estar permanentemente conectados a las tuberías y dispuestos para fácil recambio, excepto cuando la autoridad competente permita una reserva no conectada.

1-9.2 Recarga. El tiempo necesario para obtener dióxido de carbono de recarga para restablecer el sistema a condiciones de operación debe considerarse como un factor importante para determinar el suministro de reserva que se necesita.

1-9.3* Calidad. El dióxido de carbono debe tener las siguientes propiedades mínimas:

(1) La fase de vapor debe ser no menor de 99.5 por ciento de dióxido de carbono sin olor o gusto perceptibles.

(2) El contenido de agua de la fase líquida debe estar de acuerdo con la CGA G6.2, "Especificación del Producto para el Dióxido de Carbono".

(3) El contenido de aceite no debe ser más de 10 ppm por peso.

1-9.4 Contenedores de Almacenamiento. Los contenedores de almacenamiento y accesorios deben estar situados y dispuestos para facilitar la inspección, mantenimiento y recarga. La interrupción de la protección debe mantenerse al mínimo.

1-9.4.1 Los contenedores de almacenamiento deben estar situados lo más cerca posible del riesgo o riesgos que protegen, pero no deben situarse donde estén expuestos a un incendio o explosión en estas áreas de riesgo.

1-9.4.2 Los contenedores de almacenamiento no deben situarse donde estén sujetos a condiciones climáticas severas o a daño mecánico, químico o de otra clase.

1-9.4.3 Donde se esperan exposiciones climáticas o mecánicas severas, debe proveerse cerramientos o protección adecuadas.

1-9.5* Cilindros de Alta Presión. El suministro de dióxido de carbono puede almacenarse en cilindros recargables diseñados para contener dióxido de carbono en forma líquida a temperaturas ambiente. (*Ver 1-3.1.*)

1-9.5.1* Los cilindros de alta presión usados en sistemas de extinción de incendios no deben recargarse sin una prueba hidrostática (y vuelta a marcar) si han pasado más de 5 años desde la fecha de la última prueba. Los cilindros en servicio continuo sin descargar deben permitirse permanecer en servicio por un tiempo máximo de 12 años desde la fecha de la última prueba hidrostática. Al final de los 12 años, deben ser descargados y probados de nuevo antes de volverse a poner en servicio

1-9.5.2 Cada cilindro debe proveerse con un aparato limitador de presión del tipo disco de ruptura. El aparato limitador de presión debe tener un tamaño e instalación de acuerdo con los requerimientos especificados en la norma 49 CFR 173.34(d) del Departamento de Transporte (DOT).

1-9.5.3 Cuando descargan a una flauta o cabezal de descarga, los cilindros deben estar adecuadamente montados y debidamente sostenidos en un bastidor provisto para este propósito, incluyendo facilidades para el servicio individual y pesaje del contenido. Debe proveerse medios automáticos para evitar la pérdida del dióxido de carbono del cabezal de descarga si el sistema es operado cuando un cilindro haya sido retirado para mantenimiento.

1-9.5.4 Deben usarse cilindros individuales con una capacidad de peso standard de 5, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 75, 100 o 120 lbs. (2.3, 4.5, 6.8, 9.1, 11.4, 15.9, 22.7, 34.1, 45.4 o 54.4 Kg) de contenido de dióxido de carbono excepto para cargas de temperaturas especiales (*ver 1-9.5.5*). En un sistema de cilindros múltiples, todos los cilindros que alimentan el mismo cabezal o tubo múltiple para distribución del agente deben ser intercambiables y de un tamaño seleccionado.

1-9.5.5 Las temperaturas ambiente de almacenamiento para sistemas de aplicación local no deben exceder los 120°F (49°C) ni ser menores de 32°F (0°C). Para sistemas de inundación total, no deben exceder los 130°F (54°C) ni ser menores de 0°F (-18°C) a menos que el sistema esté diseñado para operación adecuada con temperaturas de almacenamiento fuera de este margen. Se permite el uso de calentamiento o enfriamiento externo para mantener la temperatura dentro de este margen. Cuando se usan cargas especiales de cilindro para compensar las temperaturas de almacenamiento fuera de los márgenes indicados en este párrafo, los cilindros deben estar adecuadamente marcados de forma permanente.

1-9.6* Contenedores de Almacenamiento de Baja Presión. Los contenedores de almacenamiento de baja presión deben diseñarse para mantener el suministro de dióxido de carbono a una presión nominal de 300 psi (2068 kPa) correspondiendo a una temperatura de aproximadamente 0°F (-18°C).

1-9.6.1 El contenedor a presión debe estar hecho, probado, aprobado, equipado y marcado de acuerdo con las especificaciones de la norma "*Code for Unfired Pressure Vessels for Petroleum Liquids and Gases*" de la American Society of Mechanical Engineers (ASME), o, en el caso de contenedores de suministro móviles, si es aplicable, los requisitos de la norma DOT 49 CFR 171-190, o ambas. La presión de diseño debe ser por lo menos de 325 psi (2241 kPa).

1-9.6.2* Además de los requisitos de los códigos ASME y DOT, cada contenedor a presión debe estar equipado con un indicador de nivel de líquido, un indicador de presión, y un juego de alarma supervisora de alta-baja presión ajustada para dar alarma a no más del 90 por ciento de la máxima presión de diseño de trabajo máxima permisible del contenedor a presión (MAWP) y no menor de 250 psi (1724 kPa).

1-9.6.3 El contenedor a presión debe estar aislado y equipado con refrigeración o calefacción automáticamente controlada, o ambas, si es necesario.

1-9.6.4 El sistema de refrigeración debe ser capaz de mantener 300 psi (2068 kPa) en el contenedor a presión bajo la temperatura ambiente más alta esperada. No necesita proveerse calentamiento a menos que la información meteorológica conocida indique la posible ocurrencia de temperaturas ambiente que enfríen el contenido del tanque suficientemente para reducir la presión por debajo de 250 psi (1724 kPa) [aproximadamente -10°F (-23°C)]

1-9.6.5 El sistema de calefacción, cuando se requiera, debe ser capaz de mantener 0°F (-18°C) en el contenedor bajo la temperatura ambiente más baja esperada.

1-10 Sistemas de Distribución.

1-10.1* Las tuberías deben ser de material metálico no combustible con características físicas y químicas tales que su deterioro por fatiga pueda predecirse con precisión. Cuando la tubería esté instalada en atmósferas altamente corrosivas, de-

berá usarse materiales o revestimientos especiales resistentes a la corrosión. Los siguientes son ejemplos de materiales para las tuberías y las normas que cubren estos materiales.

Las tuberías de acero negro o galvanizado deben ser ASTM A 53 sin costura o de soldadura eléctrica, Grado A o B; o ASTM A 106, Grado A, B o C. No se deberá usar ASTM A 120 o tubería ordinaria de hierro fundido. El acero inoxidable debe ser TP304 o TP316 para conexiones roscadas o TP304, TP 316, TP304L, o TP316L para conexiones soldadas.

En sistemas que utilizan suministro a alta presión, se permiten tuberías de $\frac{3}{4}$ de pulgada y menores con calibre o cédula 40. Las tuberías que sean de 1 pulgada hasta 4 pulgadas deben ser mínimo de calibre 80. No se debe usar tubería ASTM 53 de soldadura de tope (con costura).

En sistemas que usen suministro a baja presión, la tubería debe ser mínimo de calibre 40. Se permite usar tubería ASTM 53 de soldadura de tope. Debe instalarse al final de cada tramo de tubería una trampa de sedimentos consistente de una tee con un niple con tapa, por lo menos de 2 pulgadas de largo (51 mm).

Excepción: Las secciones de tubería no normalmente abiertas a la atmósfera no necesitan tener acabado anticorrosivo en el interior.

1-10.1.1* Los componentes de sistemas de tubería flexibles no específicamente cubiertos en esta norma deben tener una presión mínima de rotura de 5000 psi (34,474 kPa) para sistemas de alta presión o 1800 psi (12,411 kPa) para sistemas de baja presión.

1-10.1.2 No deben usarse conexiones Clase 150 y de hierro fundido. A continuación se indica el criterio para conexiones para sistemas de alta y baja presión.

(a) *Sistemas de Alta Presión.* Deben usarse conexiones de hierro Clase 300 maleable o dúctil en la tubería de dimensión interna hasta de 2 pulgadas (IPS) y conexiones de acero forjado en los tamaños mayores. Las uniones bridadas corriente arriba de cualquier válvula de cierre deben ser Clase 600. Las uniones bridadas corriente abajo en válvulas de cierre o en sistemas sin válvulas de cierre se permite que sean Clase 300. Las conexiones de acero inoxidable deben ser tipo 304 o 316, forjado/fraguado (según ASTM A 182 “*Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service*”), Bridas Clase 3000, roscada o de cuello soldada, para todos los tamaños, de $\frac{1}{8}$ de pulgada hasta 4 pulgadas.

(b) *Sistemas de Baja Presión.* Se usarán conexiones de hierro maleable o dúctil Clase 300 en las tuberías de dimensión (IPS) de 3 pulgadas y conexiones de hierro dúctil de 1000 lbs o acero forjado en los tamaños mayores. Las uniones bridadas deben ser Clase 300. Las conexiones de acero inoxidable deben ser tipo 304 o 316 para conexiones bridadas, o tipo 304, 316, 304L, o 316L para conexiones soldadas, forja-

do/fraguado (según ASTM A 182, “*Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High Temperature Service*”), Bridas Clase 2000, roscada o de cuello soldada, para todos los tamaños, de $\frac{1}{8}$ de pulgada hasta 4 pulgadas.

1-10.1.3 Se permite usar uniones soldadas y conexiones roscadas o bridadas (de hierro maleable o hierro dúctil). Se permite el uso de uniones y conexiones mecánicas ranuradas si están específicamente listadas para el servicio de dióxido de carbono. No se deben usar bujes al ras (bushings). Cuando se usan bujes hexagonales para la reducción de tubería de un tamaño, se debe proveer un buje de acero de 3000 lbs para mantener la resistencia adecuada. Cuando se usan bujes hexagonales (bushings) para la reducción de tuberías de más de un tamaño, ver 1-10.1.2, se deben usar conexiones adecuadas, acampanadas, de tipo de compresión, o de soldadura con bronce con los tubos compatibles. Cuando se usan uniones bronceadas, la aleación del bronce debe tener un punto de fusión de 1000°F (538°C) o mayor.

1-10.1.4 En sistemas que usan suministro a alta presión con tuberías diferentes a las especificadas en 1-10.1, el espesor o calibre de la tubería debe ser calculado de acuerdo con ANSI B31.1, “*Power Piping Code*”. La presión interna para este cálculo debe ser 2800 psi (19,306 kPa).

1-10.1.5 En sistemas que usan suministro a baja presión con tuberías diferentes a las especificadas en 1-10.1, el espesor o calibre de la tubería debe ser calculado de acuerdo con ANSI B31.1, “*Power Piping Code*”. La presión interna para este cálculo debe ser 450 psi (3103 kPa).

1-10.2* La tubería debe estar sostenida seguramente con la correspondiente tolerancia para las fuerzas de presión del agente y expansión o contracción térmicas, y no deben estar sujetas a daño mecánico, químico y de otro tipo. Cuando hay posibilidad de explosión, la tubería debe estar colgada de soportes que sean lo menos susceptibles al desplazamiento.

1-10.2.1 La tubería debe estar escariada y limpia antes de armarla, y después de armada todo el sistema de tubería debe limpiarse internamente con aire comprimido antes de instalar las boquillas o aparatos de descarga.

1-10.2.2 En sistemas donde la distribución de las válvulas introduce secciones de tubería cerrada, dichas secciones debe estar equipadas con aparatos de alivio de presión o las válvulas deben estar diseñadas para evitar el atrapamiento de dióxido de carbono líquido. Los aparatos de alivio de presión deben operar entre 2400 psi y 3000 psi (16,547 kPa y 20,684 kPa) en sistemas alimentados por almacenamiento a baja presión. Cuando se usan válvulas de cilindro accionadas a presión, debe proveerse el medio para ventilar cualquier filtración de gas del cilindro desde el tubo múltiple, pero este medio debe también evitar la pérdida de gas cuando el sistema está en funcionamiento.

1-10-2.3 Todos los aparatos de alivio de presión deben estar diseñados y localizados de manera que la descarga de dióxido de carbono no lesione al personal.

1-10.3 Válvulas. Todas las válvulas deben ser apropiadas para el uso previsto, especialmente en lo referente a la capacidad de flujo y operación. Estas deben usarse solamente bajo las temperaturas y otras condiciones para las cuales están listadas o aprobadas.

1-10.3.1 Las válvulas usadas en sistemas con almacenamiento a alta presión y constantemente bajo presión deben tener una presión mínima de rotura de 6000 psi (41,369 kPa) mientras aquellas que no están bajo constante presión deben tener una presión mínima de rotura de por lo menos 5000 psi (34,474 kPa).

1-10.3.2 Las válvulas usadas en sistemas que usan almacenamiento de baja presión deben soportar una prueba hidrostática a 1800 psi (12,411 kPa) sin distorsión permanente.

1-10.3.3 Las válvulas deben estar situadas, instaladas, o debidamente protegidas de manera que no estén sujetas a daños mecánicos, químicos, o de otro tipo que las pueda volver inoperantes.

1-10.3.4 Las válvulas deben clasificarse para la longitud equivalente en términos del tamaño de la tubería con la cual se va a usar. La longitud equivalente de las válvulas de cilindro debe incluir el tubo sifón, válvula, cabeza de descarga, y conector flexible.

1-10.4 Boquillas de Descarga. Las boquillas de descarga deben ser las adecuadas para el uso previsto y deben estar listadas o aprobadas para sus características de descarga. La boquilla de descarga consiste del orificio y cualquier corneta, cubierta o conducto relacionado.

1-10.4.1 Las boquillas de descarga deben ser de resistencia adecuada para usar con las presiones de trabajo esperadas, deben ser capaces de resistir el abuso mecánico nominal, y deben estar construidas para resistir las temperaturas esperadas sin deformarse.

1-10.4.2 Los orificios de descarga deben ser de metal resistente a la corrosión.

1-10.4.3 Las boquillas de descarga utilizadas en sistemas de aplicación local deben estar conectadas y sostenidas de manera que no se desajusten fácilmente.

1-10.4.4* Las boquillas de descarga deben estar marcadas permanentemente para identificar la boquilla y mostrar el diámetro equivalente del orificio único sin importar la forma y número de orificios. Este diámetro equivalente se debe referir al diámetro del orificio de la boquilla de tipo "estándar" de un solo orificio que tenga la misma velocidad de circulación que la boquilla en cuestión. La marca debe ser fácilmente discernible después de la instalación. El orificio estándar es un orificio con una entrada redonda con un coeficiente de descar-

ga no menor de 0.98 y características de flujo dados en las Tablas 1-10.5.2 y 1-10.5.3.

Para ejemplos de diámetros equivalentes de orificios ver la Tabla 1-10.4.4. Los números de código de los orificios indican el diámetro equivalente del orificio único en incrementos de 1/32 de pulgada (0.8 mm). Se debe permitir el uso de los tamaños de los orificios diferentes a aquellos de la Tabla 1-10.4.4 y pueden marcarse como equipo de orificios decimales.

1-10.4.5 Las boquillas de descarga deben proveerse con discos de rotura o casquetes de seguridad cuando existe la posibilidad de obstrucción por materias extrañas. Estos aparatos deben tener una abertura despejada a la operación del sistema.

1-10.5* Determinación del Tamaño de la Tubería y Orificio. Los tamaños de la tubería y áreas de orificios deben escogerse basándose en los cálculos para rendir el caudal requerido en cada boquilla.

Tabla 1-10.4.4 Tamaños de los Orificios del Equipo

No. de Código de Orificio	Diámetro Equivalente Orificio Único		Área Equivalente Orificio Único	
	Pulg.	mm	Pulg. ²	mm ²
1	1/32	0.79	0.0008	0.49
1.5	3/64	1.19	0.0017	1.11
2	1/16	1.59	0.0031	1.98
2.5	5/64	1.98	0.0047	3.09
3	3/32	2.38	0.0069	4.45
3.5	7/64	2.78	0.0094	6.06
4	1/8	3.18	0.0123	7.94
4.5	9/64	3.57	0.0155	10.00
5	5/32	3.97	0.0192	12.39
5.5	11/64	4.37	0.0232	14.97
6	3/16	4.76	0.0276	17.81
6.5	13/64	5.16	0.0324	20.90
7	7/32	5.56	0.0376	24.26
7.5	15/64	5.95	0.0431	27.81
8	1/4	6.35	0.0491	31.68
8.5	17/64	6.75	0.0554	35.74
9	9/32	7.14	0.0621	40.06
9.5	19/64	7.54	0.0692	44.65
10	5/16	7.94	0.0767	49.48
11	11/32	8.73	0.0928	59.87
12	3/8	9.53	0.1105	71.29
13	13/32	10.32	0.1296	83.61
14	7/16	11.11	0.1503	96.97
15	15/32	11.91	0.1725	111.29
16	1/2	12.70	0.1964	126.71
18	9/16	14.29	0.2485	160.32
20	5/8	15.88	0.3068	197.94
22	11/16	17.46	0.3712	239.48
24	3/4	19.05	0.4418	285.03
32	1	25.40	0.785	506.45
48	1 1/2	38.40	1.765	1138.71
64	2	50.80	3.14	2025.80

1-10.5.1* La siguiente ecuación o curvas desarrolladas de ella deben usarse para determinar la caída de presión en la línea de tubería:

$$Q^2 = \frac{(3647) (D^{5.25}Y)}{L+8.08(D^{1.25}Z)}$$

donde:

- Q = velocidad de circulación (lbs/min.)
- D = diámetro interior real del tubo (pulgadas)
- L = longitud equivalente de la línea de tubería (pies)
- Y y Z = factores dependientes de la presión de almacenamiento y en la línea

1-10.5.2 Para sistemas con almacenamiento de baja presión, la circulación debe calcularse basándose en una presión de almacenamiento promedio de 300 psia (2068 kPa) durante la descarga. La velocidad de descarga para orificios equivalentes debe estar basada en los valores dados en la Tabla 1-10.5.2. Las presiones de diseño de las boquillas no deben ser menores de 150 psia (1034 kPa).

Tabla 1-10.5.2 Velocidad de Descarga por Pulgada Cuadrada de Area Equivalente de Orificio para Almacenamiento a Baja Presión [300 psia (2068 kPa)]

Presión en el Orificio		Velocidad de Descarga	
psia	kPa	lb/min-in. ²	kg/min-mm ²
300	2068	4220	2.970
290	1999	2900	2.041
280	1931	2375	1.671
270	1862	2050	1.443
260	1793	1825	1.284
250	1724	1655	1.165
240	1655	1525	1.073
230	1586	1410	0.992
220	1517	1305	0.918
210	1448	1210	0.851
200	1379	1125	0.792
190	1310	1048	0.737
180	1241	977	0.688
170	1172	912	0.642
160	1103	852	0.600
150	1034	795	0.559

1-10.5.3 Para sistemas con almacenamiento de alta presión, la velocidad debe ser calculada sobre la base de una presión de almacenamiento promedio de 750 psia (5171 kPa) durante la descarga para almacenamiento normal a 70°F (21°C). La velocidad de descarga a través de orificios equivalentes debe basarse en los valores dados en la Tabla 1-10.5.3. La presión de diseño de la boquilla a almacenamiento de 70°F (21°C) debe ser mayor o igual a 300 psia (2068 kPa).

1-11 Inspección, Mantenimiento e Instrucción.

1-11.1* Inspección. Por lo menos cada 30 días, debe realizarse una inspección para evaluar la condición operacional del sistema.

Tabla 1-10.5.3 Velocidad de Descarga por Pulgada Cuadrada de Area Equivalente de Orificio para Almacenamiento a Alta Presión [750 psia (5171 kPa)]

Presión en el Orificio		Velocidad de Descarga	
psia	kPa	lb/min-in. ²	kg/min-mm ²
750	5171	4630	3.258
725	4999	3845	2.706
700	4826	3415	2.403
675	4654	3090	2.174
650	4481	2835	1.995
625	4309	2615	1.840
600	4137	2425	1.706
575	3964	2260	1.590
550	3792	2115	1.488
525	3620	1985	1.397
500	3447	1860	1.309
475	3275	1740	1.224
450	3103	1620	1.140
425	2930	1510	1.063
400	2758	1400	0.985
375	2586	1290	0.908
350	2413	1180	0.830
325	2241	1080	0.760
300	2068	980	0.690

1-11.2 Pruebas de Mangueras. Todas las mangueras del sistema, incluyendo aquellas usadas como conectores flexibles, deben ser probadas a 2500 psi (17.239 kPa) para los sistemas de alta presión, y a 900 psi (6205 kPa) para sistemas a baja presión. Las mangueras se probarán como sigue:

- (1) La manguera debe ser retirada de cualquier accesorio.
- (2) Las mangueras de líneas de mano deben ser revisadas para verificar la continuidad eléctrica entre acoplamientos.
- (3) El conjunto de la manguera debe colocarse en un recinto protector diseñado para permitir la observación visual de la prueba.
- (4) La manguera debe estar completamente llena de agua antes de probarse.
- (5) Entonces se debe aplicar presión a un ritmo de elevación de presión para alcanzar la presión de prueba en un minuto. El procedimiento de la prueba debe mantenerse por un minuto completo. Debe hacerse observaciones para notar cualquier distorsión o filtración.
- (6) Si la presión de prueba no ha bajado y si los acoplamientos no se han movido, la presión debe liberarse. Debe considerarse entonces que el conjunto de la manguera ha pasado la prueba hidrostática si no ha ocurrido distorsión permanente.
- (7) Los conjuntos de manguera que pasen la prueba deben secarse internamente por completo. Si se utiliza calor para secar, la temperatura no debe exceder 150°F (66°C).

- (8) Los conjuntos de manguera que fallen la prueba se deben marcar y destruir. Estos deben reemplazarse con nuevos conjuntos.
- (9) Los conjuntos de mangueras que pasen esta prueba deben marcarse adecuadamente con la fecha de la prueba en la manguera.

1-11.2.1 Todas las mangueras del sistema incluyendo aquellas usadas como conectores flexibles deben probarse cada 5 años de acuerdo con 1-11.2.

1-11.3* Mantenimiento

1-11.3.1 El fabricante debe suministrar al propietario los procedimientos de prueba y mantenimiento del sistema. Este procedimiento debe servir como prueba inicial del equipo lo mismo que para inspecciones de prueba periódicas y mantenimiento del sistema.

1-11.3.2 Lo siguiente deberá ser revisado por personal competente por lo menos anualmente utilizando la documentación disponible requerida en 1-7.2.6.

- (1) Revisar y probar el sistema de dióxido de carbono para verificar su operación adecuada.
- (2) Revisar que no haya habido cambios en el tamaño, tipo y configuración del riesgo y del sistema.

1-11.3.2.1 El objeto de este mantenimiento y pruebas debe ser no solo asegurarse de que el sistema esta en total condición de operación, sino que debe indicar la continuación probable de esa condición hasta la siguiente inspección.

1-11.3.2.2 Se deben hacer las pruebas de descarga apropiadas cuando el mantenimiento indique su conveniencia.

Antes de la prueba se deben revisar los procedimientos de seguridad. (*Ver la Sección 1-6 y A-1-6*)

1-11.3.3 Se debe presentar al propietario el reporte de mantenimiento con las recomendaciones debidas.

1-11.3.4 Entre las pruebas regulares del contrato de servicio de mantenimiento o pruebas, el sistema debe ser inspeccionado visualmente o de otra manera por personal aprobado o competente, siguiendo un programa aprobado.

1-11.3.5 Por lo menos dos veces al año, todos los cilindros de alta presión deben pesarse y anotarse la fecha de la prueba hidrostática (*ver 1-9.5.1*). Si en cualquier momento, un contenedor muestra pérdida del contenido neto de más de 10 por ciento, éste debe rellenarse o reemplazarse.

1-11.3.6 Por lo menos semanalmente, los indicadores de nivel líquido de los contenedores de alta presión deben someterse a observación. Si en cualquier momento un contenedor muestra una pérdida de más de 10 por ciento, éste debe rellenarse, a menos que existan todavía los requisitos mínimos del gas.

1-11.3.7* Las pruebas de los detectores de calor, humo y llama deben hacerse de acuerdo con el Capítulo 7 de la NFPA 72, “*National Fire Alarm Code*”.

1-11.3.8 Estos sistemas deben mantenerse en condiciones operativas óptimas en todo momento. El uso, desperfecto y restauración de esta protección debe reportarse rápidamente a la autoridad competente. Cualquier problema de desperfectos debe ser corregido inmediatamente por personal competente.

1-11.4 Instrucción. Las personas que inspeccionan, prueban, dan mantenimiento, u operan los sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono deben estar minuciosamente entrenadas en las funciones que desempeñan.

Capítulo 2 Sistemas de Inundación Total

2-1* Información General.

2-1.1 Descripción. El sistema de inundación total consiste en un suministro fijo de dióxido de carbono permanentemente conectado a tubería fija, con boquillas fijas distribuidas para descargar dióxido de carbono en un espacio o recinto cerrado alrededor del riesgo.

2.1.2 Usos. Este tipo de sistema debe usarse cuando hay un cerramiento permanente alrededor del riesgo que permita acumularse y mantenerse adecuadamente la concentración de dióxido de carbono por el período requerido. Esto asegura la extinción completa y permanente del incendio del material o materiales combustibles específicos involucrados.

2-1.3 Requisitos Generales. Los sistemas de inundación total deben ser diseñados, instalados y mantenidos de acuerdo con los requisitos aplicables en el capítulo anterior y con los requisitos adicionales expuestos en este capítulo.

2-1.4 Requisitos de Seguridad. Ver Sección 1-6 y 1-8.5.

2-2 Especificaciones del Riego.

2-2.1 Cerramiento. Bajo esta clase de protección, se asume un espacio razonablemente bien encerrado con el fin de minimizar la pérdida del agente extintor. El área de aberturas sin cierre, permitidas, depende del tipo de combustibles comprometidos.

2-2.1.1* Para incendios de tipo fogonazo “flash” o fuegos superficiales, tales como los que se presentan con líquidos inflamables, cualquier abertura sin cierre debe compensarse con una provisión de dióxido de carbono adicional como se especifica en 2-3.5.1. Si la cantidad de dióxido de carbono requerido para compensación de fuerzas excede las cantidades básicas requeridas para la inundación sin filtraciones, se permite el diseño del sistema para aplicación local de acuerdo al Capítulo 3.

2-2.1.2* Para incendios arraigados profundamente, como los que involucran sólidos, las aberturas sin cierre deben restringirse a los perimetrales o en el cielo raso, si el tamaño

de esas aberturas excede los requisitos de ventilación de alivio de la presión establecidos en 2-6.2.1.

2-2.1.3 Para evitar que el incendio se propague a través de las aberturas hacia los riesgos adyacentes o a las áreas de trabajo que puedan ser posibles fuentes de reignición, estas aberturas deben proveerse de cierres automáticos o boquillas de aplicación local. El gas requerido para esta protección debe ser adicional al requisito normal para inundación total (*ver 3-4.3.6*). Donde ninguno de estos métodos sea práctico, la protección debe extenderse para que incluya estas áreas de riesgo adyacentes o áreas de trabajo.

2-2.1.4 En el caso de tanques de proceso y almacenamiento donde no se pueda realizar el alivio o el venteo seguro de gases y vapores inflamables, se requiere el uso de sistemas de aplicación local externa detallados en 3-4.3.6.

2-2.2 Filtración y Ventilación. Ya que la eficiencia de los sistemas de dióxido de carbono depende del mantenimiento de la concentración extintora del dióxido de carbono, la filtración de gas del espacio se debe mantener al mínimo y compensarse aplicando gas adicional.

2-2.2.1 Donde sea posible, las aberturas como los vanos de puertas, ventanas, etc., deben estar dispuestas para cerrarse automáticamente antes o simultáneamente con el comienzo de la descarga de dióxido de carbono, o se debe seguir lo especificado en 2-3.5.1 y 2-4.4.1. (*Para la seguridad del personal, ver Sección 1-6*).

2-2.2.2 Donde estén involucrados sistemas de ventilación de aire forzado, deben preferiblemente apagarse o cerrarse, o ambas cosas, antes o simultáneamente con el comienzo de la descarga de dióxido de carbono, o se debe proveer gas adicional de compensación. (*Ver 2-3.5.2*).

2-2.3* Tipos de Incendios. Los incendios que pueden ser extinguidos por métodos de inundación total se dividen en las dos categorías siguientes:

- (1) Incendios de superficie involucrando líquidos, gases y sólidos inflamables
- (2) Incendios profundos que involucran sólidos sujetos a arder en rescoldo

2-2.3.1 Los fuegos superficiales son el riesgo más común particularmente adaptables a la extinción por sistemas de inundación total. Estos están sujetos a rápida extinción cuando el dióxido de carbono se introduce rápidamente en el recinto cerrado en cantidad suficiente para superar la filtración y proporcionar la concentración de extinción para los materiales específicos involucrados.

2-2.3.2 Para incendios profundos, la concentración de extinción requerida debe mantenerse por tiempo suficiente para permitir que se extinga el rescoldo y el material se enfríe hasta un punto al cual no ocurra la reignición cuando se disipe la atmósfera inerte. En cualquier caso, es necesario inspeccionar

el área de riesgo inmediatamente después para cerciorarse de que la extinción sea completa y retirar cualquier material comprometido en el incendio.

2-3* Requerimientos del Dióxido de Carbono para Fuegos Superficiales.

2-3.1 General. La cantidad de dióxido de carbono para fuegos superficiales debe estar basada en las condiciones promedio asumiendo una extinción rápida. Aunque en los factores básicos de volumen se incluye un margen razonable para la filtración normal, se debe hacer correcciones para el tipo de material involucrado y cualquiera otra condición especial.

2-3.2 Materiales Inflamables. Debe darse la debida consideración a la determinación de la concentración de diseño del dióxido de carbono requerido para el tipo de material inflamable involucrado en el peligro. La concentración de diseño debe determinarse añadiendo un factor adecuado (20 por ciento) a la concentración mínima efectiva. En ningún caso se debe usar una concentración menor al 34 por ciento.

2-3.2-1 La Tabla 2-3.2.1 se debe usar para determinar las concentraciones mínimas de dióxido de carbono para los siguientes líquidos y gases. La concentración teórica mínima de dióxido de carbono y la concentración mínima de diseño de dióxido de carbono para evitar la ignición de algunos líquidos y gases comunes se dan en la Tabla 2-3.2.1.

2-3.2.2 Para materiales no dados en la Tabla 2-3.2.1, la concentración teórica mínima de dióxido de carbono se debe obtener de alguna fuente reconocida o determinarse por prueba. Si están disponibles los valores máximos residuales de oxígeno, la concentración teórica de dióxido de carbono se debe calcular usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{CO}_2 = \frac{21 - \text{O}_2}{21} (100)$$

2-3.3 Factor de Volumen. El factor de volumen usado para determinar la cantidad básica de dióxido de carbono para proteger un recinto que contenga material que requiera una concentración de diseño de 34 por ciento debe estar de acuerdo con las Tablas 2-3.3(a) y 2-3.3(b).

2-3.3.1 Para calcular la capacidad cúbica neta a protegerse, se debe tener en cuenta un margen suficiente para estructuras impermeables permanentes no removibles que reducen materialmente el volumen.

2-3.3.2 Como un espacio pequeño promedio tiene proporcionalmente más área límite por volumen encerrado que un espacio mayor, mayores filtraciones proporcionales se esperan y se tienen en cuenta en los factores progresivos de volumen en las Tablas 2-3.3(a) y 2-3.3(b).

2-3.3.3 Las menores cantidades de gas para los volúmenes más pequeños están tabuladas para clarificar el propósito de la Columna B y evitar así posibles sobreposiciones en los volúmenes límites.

Tabla 2-3.2.1 Concentraciones Mínimas de Dióxido de Carbono para Extinción

Material	Concentración Teórica	Concentración Teórica
	Mínima de CO ₂ %	Mínima de Diseño de CO ₂ %
Acetileno	55	66
Acetona	27*	34
Gasolina de Aviación Grados 115/145	30	36
Benzol, Benzeno	31	37
Butadieno	34	41
Butano	28	34
Butano-I	31	37
Bisulfuro de Carbono	60	72
Monóxido de Carbn	53	64
Gas Natural o de Carbón	31*	37
Ciclopropano	31	37
Eter Dietílico	33	40
Eter Dimetílico	33	40
Aceite de calentamiento	38*	46
Etanol	33	40
Alcohol Etlíco	36	43
Eter Etlíco	38*	46
Etileno	41	49
Dicloruro de Etileno	21	34
Oxido de Etileno	44	53
Gasolina	28	34
Hexano	29	35
Hidrocarburos parafínicos superiores $C_n H_{2m} + 2m - 5$	28	34
Hidrógeno	62	75
Sulfuro de Hidrógeno	30	36
Isobutano	30*	36
Isobutileno	26	34
Formato Isobutílico	26	34
JP-4	30	36
Keroseno	28	34
Metano	25	34
Acetato de Metilo	29	35
Alcohol Metílico	33	40
Metil Butano-I	30	36
Metil Etil Cetona	33	40
Formato Metílico	32	39
Pentano	29	35
Propano	30	36
Propileno	30	36
Aceites de Temple	28	34

Nota: Las concentraciones teóricas mínimas de extinción en el aire para los materiales de la tabla se obtuvieron de una compilación de los "Límites de Inflamabilidad de Gases y Vapores", (Boletines 503 y 627), del Departamento de Minas (Bureau of Mines)

*Calculado de los valores aceptados de oxígeno residual.

Tabla 2-3.3.(a) Factores de Inundación

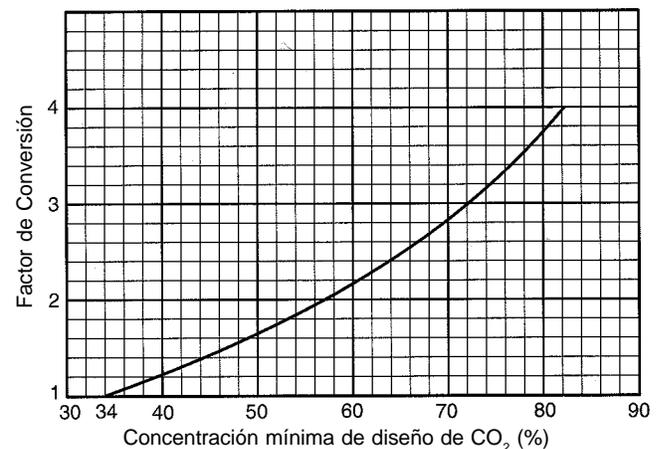
(A) Volumen del Espacio (pies ³)	(B) Factor de Volumen		(C) Cantidad Calculada (lb) (No menos de)
	pie ³ /lb CO ₂	lb CO ₂ /pie ³	
Menos de 140	14	0.072	—
141-500	15	0.067	10
501-1600	16	0.063	35
1601-4500	18	0.056	100
4501-50,000	20	0.050	250
Más de 50,000	22	0.046	2500

Tabla 2-3.3.(b) Factores de Inundación (Unidades SI)

(A) Volumen del Espacio (m ³)	(B) Factor de Volumen		(C) Cantidad Calculada (kg) (No menos de)
	m ³ /kg CO ₂	kg CO ₂ /m ³	
Menos de 3.96	0.86	1.15	—
3.97-14.15	0.93	1.07	4.5
14.16-45.28	0.99	1.01	15.1
45.29-127.35	1.11	0.90	45.4
127.36-1415.0	1.25	0.80	113.5
Más de 1415.0	1.38	0.77	1135.0

2-3.3.4 En dos o más volúmenes interconectados donde puede tener lugar un "flujo libre" de dióxido de carbono, la cantidad de dióxido de carbono debe ser la suma de las cantidades calculadas para cada volumen, usando su respectivo factor de volumen de las Tablas 2-3.3(a) o 2-3.3(b) (unidades SI). Si un volumen requiere una concentración mayor de la normal, (ver 2-3.4), debe usarse la concentración más alta en todos los volúmenes interconectados.

2-3.4 Factor de Conversión de Materiales. Para materiales que requieren una concentración de diseño mayor de 34 por ciento, la cantidad básica de dióxido de carbono calculada del factor de volumen dado en las Tablas 2-3.3(a) y 2-3.3(b) debe aumentarse multiplicando esta cantidad por el factor de conversión apropiado dado en la Gráfica 2-3.4.

GRAFICA 2-3.4 Factor de conversión de material.

2-3.5 Condiciones especiales. Se debe proveer cantidades adicionales de dióxido de carbono para compensar cualquier condición especial que pueda afectar adversamente la eficiencia de extinción.

2-3.5.1* Cualquier abertura que no pueda cerrarse en el momento de la extinción debe compensarse con la adición de una cantidad de dióxido de carbono igual a la pérdida esperada en la concentración de diseño durante un período de 1 minuto. Esta cantidad de dióxido de carbono debe aplicarse a través del sistema de distribución regular. (Ver 2-2.1.1 y A-2-5.2).

2-3.5.2 En sistemas de ventilación que no pueden cerrarse, se debe añadir dióxido de carbono adicional al espacio a través del sistema regular de distribución en la cantidad calculada dividiendo el volumen desplazado durante el período de descargue líquido por el factor de inundación. Esto se debe multiplicar por el factor de conversión material (determinado en la Gráfica 2-3.4) cuando el diseño de concentración es mayor de 34 por ciento.

2-3.5.3* Para aplicaciones donde la temperatura normal del recinto cerrado es mayor de 200°F (93°C), debe proveerse un aumento de 1 por ciento en la cantidad total calculada de dióxido de carbono por cada 5°F (-15°C) por encima de 200°F (93°C).

2-3.5.4 Para aplicaciones donde la temperatura normal del recinto cerrado es menos de 0°F (-18°C), se debe proveer un aumento de 1 por ciento en la cantidad total de dióxido de carbono calculada por cada grado Fahrenheit por debajo de 0°F (-18°C).

2-3.5.5 Bajo condiciones normales, los incendios de superficie generalmente son extinguidos durante el período de descarga. Excepto casos extraordinarios, no será necesario proveer dióxido de carbono extra para mantener la concentración.

2-3.5.6 Si el área de riesgo contiene un líquido que tenga una temperatura de autoignición por debajo de su punto de ebullición, entonces la concentración de dióxido de carbono debe mantenerse por un período suficiente para que la temperatura del líquido de enfríe por debajo de su temperatura de autoignición. (Ver 3-3.3.2).

2-3.5.7* Debe usarse un factor de inundación de 8 pies³/lb (0.22 m³/kg) en conductos y canales cubiertos. Si los combustibles representan un incendio profundo, entonces debe manejarse como se describe en la Sección 2-4.

2-4 Requerimientos de Dióxido de Carbono para Fuegos Profundos.

2-4.1.* General. La cantidad de dióxido de carbono para incendios profundos se basa en recintos totalmente cerrados. Después de haber alcanzado la concentración de diseño, debe mantenerse por un período substancial de tiempo, pero no menos de 20 minutos. Se debe considerar la posibilidad de cualquier filtración porque no se ha incluido ninguna tolerancia en los factores básicos de inundación.

2-4.2 Materiales Combustibles. Para los materiales combustibles capaces de producir incendios profundos, las concentraciones requeridas de dióxido de carbono no se pueden determinar con la misma exactitud que es posible con los materiales de incendio superficial. La concentración de extinción variará según la masa de material presente debido a los efectos de aislamiento térmico. Los factores de inundación han sido por lo tanto determinados sobre la base de condiciones prácticas de prueba.

2-4.2.1* Se deben obtener las concentraciones de diseño relacionadas en la Tabla 2-4.2.1 para los riesgos indicados. Generalmente, se ha encontrado que los factores de inundación proporcionan las concentraciones de diseño apropiadas para los cuartos y recintos cerrados relacionados.

2-4.2.2 Antes de usar factores de inundación para otros incendios profundos ellos deben justificarse para la aceptación de la autoridad competente. Se debe considerar debidamente la masa de material que se va a proteger porque los efectos de aislamiento térmico reducen la velocidad de enfriamiento.

2-4.3 Consideración del Volumen. El volumen del espacio debe determinarse de acuerdo con 2-3.3.1. La cantidad básica de dióxido de carbono requerida para proteger el recinto debe obtenerse tratando el volumen del recinto por el factor de inundación aproximado dado en 2-4.2.

Tabla 2-4.2.1 Factores de Inundación para Riesgos Específicos

Concentración de Diseño	Factor de Volumen				Peligro Específico
	pie ³ /lb CO ₂	m ³ /kg CO ₂	lb CO ₂ /pie ³	kg CO ₂ /m ³	
50	10	0.62	0.100	1.60	Peligros de electricidad seca en general [Espacio 0-2000 pies ³ (56.6 m ³)]
50	12	0.75	0.083 (200 lb) mínimo	1.33 (91 kg) mínimo	[Espacios mayores de 2000 pies ³ (56.6m ³)]
65	8	0.50	0.125	2.00	Almacenamiento de archivos (papel en volumen), ductos, fosos cubiertos, bóvedas para almacenar pieles, Recolectores de polvo.
75	6	0.38	0.166	2.66	

2-4.4 Condiciones Especiales. Se debe proveer cantidades adicionales de dióxido de carbono para compensar cualquier condición especial que pueda afectar adversamente la eficiencia de la extinción. (Ver 2-3.5.2, 2-3.5.3 y 2-3.5.4).

2-4.4.1 Cualquier abertura que no pueda cerrarse en el momento de la extinción debe ser compensada con la adición de dióxido de carbono igual en volumen al volumen de filtración esperado durante el período de extinción. Si la filtración es considerable, se debe considerar un sistema de descarga extendida según lo indicado en 2-5.3 (Ver también 2-2.1.2).

2-5 Sistema de Distribución.

2-5.1 General. El sistema de distribución para aplicar dióxido de carbono a riesgos confinados se debe diseñar con la debida consideración de los materiales implicados y la naturaleza del encierro, porque estos factores pueden requerir diferentes tiempos de descarga y velocidades de aplicación.

2-5.2* Velocidad de Aplicación. La velocidad de diseño mínima de aplicación se debe basar en la cantidad de dióxido de carbono y el tiempo máximo para alcanzar la concentración de diseño.

2-5.2.1* Para incendios de superficie, la concentración de diseño se debe obtener dentro de un minuto del comienzo de la descarga.

2-5.2.2 Para sistemas de alta presión, si se va a proteger una parte del riesgo con inundación total, la velocidad de descarga para la porción de inundación total se debe calcular como se especifica en 3-3.2.3.

2-5.2.3 Para incendios profundos, se debe alcanzar la concentración de diseño dentro de 7 minutos, pero el flujo no debe ser menor que el requerido para desarrollar una concentración de 30 por ciento en 2 minutos.

2-5.3* Equipos Eléctricos Giratorios Encerrados. Para los equipos eléctricos giratorios encerrados, se debe mantener una concentración mínima de 30 por ciento para el período de desaceleración, pero por lo menos durante 20 minutos.

2-5.4 Sistemas de Tubería. La tubería debe ser diseñada de acuerdo con 1-10.5 para descargar la tasa de aplicación requerida para cada boquilla.

2-5.4.1* Debe permitirse que las temperaturas de almacenamiento de alta presión vayan desde 0°F (-18°C) hasta 130°F (54°C) sin requerir métodos especiales de compensación para las variaciones de velocidad de flujo. (Ver 1-9.5.5).

2-5.5 Tamaño y Distribución de Boquillas. Las boquillas utilizadas en conexión con los sistemas de inundación total ya sean de suministro de alta o baja presión deben ser del tipo apropiado para el propósito deseado y deben estar localizadas para obtener los mejores resultados.

2-5.5.1 Los tipos de boquillas seleccionados y su localización deben ser tales que la descarga no salpique indebidamente lí-

quidos inflamables o cree nubes de polvo que puedan extender el incendio, causar una explosión, o afectar adversamente de alguna otra manera los contenidos del recinto. Las boquillas varían en diseño y características de descarga y deben escogerse basándose en que sean apropiadas para el uso deseado.

2-5.5.2 El espaciamiento y tamaño de las boquillas en la red de tuberías depende de muchos factores tales como la velocidad en el conducto, localización y eficacia de las compuertas de tiro, posible carga de las paredes del conducto con depósitos de combustible, longitud del conducto y dimensiones de los cortes transversales. La localización y tamaño de las boquillas se debe seleccionar para asegurar la distribución del dióxido de carbono por toda la longitud de la red de tubería. Se deben proveer compuertas automáticas de tiro para cerrar sobre la operación del sistema. No se necesita tolerancia para las aberturas de entrada y salida de los conductos que tengan riesgos de superficie solamente. (Ver Tablas 2-4.2.1 y 2-3.5.7).

2-6 Consideración de la Ventilación.

2-6.1 General. Debe tomarse en cuenta la ventilación (desahogo) de vapores inflamables y acumulación de presión de las cantidades de descarga de dióxido de carbono dentro de espacios encerrados (Ver 2-2.1.4). La consideración del desfogue o ventilación de la presión abarca variables como resistencia del cerramiento y velocidad de inyección.

2-6.2 Ventilación de Desahogo. La porosidad y filtraciones como las que se presentan en puertas, ventanas y compuertas, aunque no fácilmente aparentes o calculables, han probado que suministran suficiente alivio para los sistemas de inundación de dióxido de carbono normales sin necesidad de ventilación adicional. También se ha encontrado que los cuartos de almacenamiento de archivos, espacios refrigerados, y redes de tuberías no necesitan ventilación adicional cuando se han probado bajo las condiciones promedio de sistema.

2-6.2.1 Para cerramientos muy herméticos, el área necesaria de ventilación libre se debe calcular basándose en la siguiente ecuación. Se obtendrán resultados satisfactorios asumiendo que la expansión del dióxido de carbono sea 9 pies³/lb (0.56 m³/kg).

$$X = \frac{Q}{1.3\sqrt{P}}$$

Donde:

X = área de ventilación libre (pulg²)

Q = Velocidad calculada de flujo del dióxido de carbono (lbs/min.)

P = Margen de resistencia del cerramiento (lb/pie²)

Para unidades SI, se aplica la siguiente ecuación:

$$X = \frac{239 Q}{\sqrt{P}}$$

Donde:

X = área de ventilación libre (mm²)

Q = Velocidad calculada de flujo del dióxido de carbono (Kg/min.)

P = Margen de resistencia del cerramiento (calibre de kPa)

2-6.2.2 En muchos casos, especialmente cuando hay materiales peligrosos involucrados, ya han sido provistas las aberturas de alivio para explosiones. Estas y otras aberturas disponibles generalmente proporcionan el desahogo adecuado.

2-6.2.3 Las prácticas generales de construcción proporcionan una guía en la Tabla 2-6.2.3 para calcular la resistencia normal y presiones permitidas de los recintos promedio.

Tabla 2-6.2.3 Resistencia y Presión Permisibles para Cerramientos Promedio

Tipo de Construcción	Viento (mph)	Presión (lb/pie ²)	Pulg. Agua	psi	kPa Manométrico
Edificio liviano	100	25*	5	0.175	1.2
Edificio normal	140	50*	10	0.35	2.4
Edificio bóveda	200	100	20	0.70	4.8

*La banda de ventilación permanece cerrada

**Banda de ventilación diseñada para abrirse libremente.

Capítulo 3 Sistemas de Aplicación Local

3-1* Información General.

3-1.1 Descripción. Un sistema de aplicación local consiste de un suministro fijo de dióxido de carbono conectado permanentemente a un sistema de tubería fija con boquillas distribuidas para descargar directamente en el incendio.

3-1.2* Usos. Los sistemas de aplicación local se deben usar para la extinción de incendios de superficie en líquidos, gases y sólidos inflamables de poca profundidad donde el riesgo no está encerrado o donde el cerramiento no se ajusta a los requisitos para inundación total.

3-1.3 Requisitos Generales. Los sistemas de aplicación local deben ser diseñados, instalados, probados y mantenidos de acuerdo con los requisitos aplicables en los capítulos anteriores y con los requisitos adicionales expuestos en este capítulo.

3-1.4 Requisitos de Seguridad. Se deben consultar las Secciones 1-6, 1-8.5 y A-16 en relación con los riesgos para el personal debidos al oscurecimiento de la visión y reducción de concentración de oxígeno por debajo de la necesaria para sostener la vida, no solamente en el área inmediata de descarga, sino en las áreas adyacentes adonde el gas puede migrar.

3-2 Especificaciones de Riesgos.

3-2.1 Extensión del Peligro. El riesgo debe estar aislado de otros riesgos o combustibles de tal manera que el incendio no se propague fuera del área protegida. El riesgo total debe estar protegido. El riesgo debe incluir todas las áreas que estén o puedan estar cubiertas por líquidos combustibles o revestimientos sólidos de poco espesor, tales como áreas sujetas a derramamientos, filtraciones, goteo, salpicadura o condensación. El riesgo también incluye todos los materiales o

equipos asociados, tales como artículos recién pintados, tablas de escurrir, campanas, ductos, etc., que puedan extender el incendio hacia afuera o llevar el incendio dentro del área protegida.

3-2.1.1 Se permite subdividir una serie de riesgos con exposición mutua en grupos o secciones más pequeñas con la aprobación de la autoridad competente. Los sistemas para dichos riesgos deben estar diseñados para dar protección independiente, inmediata a los grupos o secciones adyacentes según se necesite.

3-2.2 Localización de Riesgos. El riesgo puede ser interior, parcialmente cubierto, o completamente exterior; es esencial que la descarga de dióxido de carbono sea tal que el viento o corrientes fuertes de aire no perjudiquen la protección.

3-3 Requerimientos del Dióxido de Carbono.

3-3.1* General. La cantidad de dióxido de carbono requerida para sistemas de aplicación local debe estar basada en la velocidad total de descarga necesaria para cubrir el área o volumen protegido y el tiempo que debe mantenerse la descarga para asegurar la extinción completa.

3-3.1.1* Para sistemas con almacenamiento de alta presión, la cantidad calculada de dióxido de carbono debe incrementarse en 40 por ciento para determinar la capacidad nominal de almacenamiento del cilindro porque solamente la porción líquida de la descarga es efectiva. Este aumento en la capacidad de almacenamiento del cilindro no se requiere para la porción de inundación total de los sistemas combinados de aplicación local e inundación total.

3-3.1.2* La cantidad de dióxido de carbono en almacenamiento debe ser aumentada en una cantidad suficiente para compensar por el líquido evaporado en el enfriamiento de la tubería.

3-3.2 Capacidad de Descarga. Los regímenes de descarga de las boquillas deben determinarse ya sea por el método de superficie o el método de volumen cubiertos en las Secciones 3-4 y 3-5.

3-3.2.1 La capacidad total de descarga para el sistema debe ser la suma de las capacidades individuales de todas las boquillas o artefactos de descarga utilizados en el sistema.

3-3.2.2 Para sistemas de baja presión, si parte del riesgo se va a proteger por inundación total, la capacidad de descarga para la porción de inundación total debe ser suficiente para desarrollar la concentración requerida en un tiempo de descarga no mayor al usado en la aplicación local del sistema.

3-3.2.3 Para sistemas de alta presión, si parte del riesgo se va a proteger con inundación total, la capacidad de descarga de la parte de inundación total se debe calcular dividiendo la cantidad requerida para la inundación total por el factor 1.4, y por el tiempo de descarga de aplicación local en minutos.

$$Q_F = \frac{W_F}{1.4 T_L}$$

donde:

Q_F = velocidad de circulación para la porción de inundación total [lbs/min. (Kg/min.)]

W_F = cantidad total de dióxido de carbono para la parte de inundación total [lbs (Kg)]

T_L = Tiempo de descarga de líquido para la porción de aplicación local (min.)

3-3.3* Duración de la Descarga. El tiempo mínimo efectivo de descarga para calcular la cantidad debe ser 30 segundos. El tiempo mínimo debe incrementarse para compensar cualquier condición de riesgo que pueda requerir un período de enfriamiento más largo para asegurar la extinción completa.

3-3.3.1 Donde exista la posibilidad de que el metal u otro material pueda calentarse por encima de la temperatura de ignición del combustible, el tiempo efectivo de descarga se debe aumentar para permitir un tiempo adecuado de enfriamiento.

3-3.3.2* Cuando el combustible tiene un punto de autoignición por debajo de su punto de ebullición, como la cera de parafina y los aceites de cocinar, el tiempo efectivo de descarga debe aumentarse para permitir el enfriamiento del combustible y evitar la reignición. El tiempo mínimo de descarga del líquido debe ser 3 minutos.

3-4 Método Basado en flujo según el Area.

3-4.1. General. El método de diseño del sistema por área se debe usar cuando el peligro de incendio consiste principalmente de superficies planas u objetos de bajo nivel asociados con superficies horizontales.

3-4.1.1 El diseño del sistema se debe basar en información listada o aprobada para las boquillas individuales. No se permite la extrapolación de tal información por encima o debajo de los límites superiores o inferiores.

3-4.2 Régimen de Descarga de las Boquillas. El régimen de diseño de descarga de las boquillas individuales se debe determinar basándose en la localización o distancia de proyección de acuerdo con las aprobaciones o listados específicos.

3-4.2.1* El régimen de descarga de las boquillas de tipo aéreo se debe determinar solamente sobre la base de la distancia desde la superficie protegida por boquilla.

3-4.2.2* El régimen de descarga para boquillas al lado de los tanques se debe determinar solamente basándose en el tiro o proyección requerido para cubrir la superficie que protege cada boquilla.

3-4.3 Area por Boquilla. El área máxima protegida por cada boquilla se debe determinar basada en la localización o distancia de proyección y el régimen de descarga de diseño de acuerdo con las aprobaciones o listados específicos.

3-4.3.1 Los mismos factores utilizados para determinar el régimen de descarga de diseño deben usarse para determinar el área máxima a ser protegida por cada boquilla.

3-4.3.2 La porción del riesgo protegida por boquillas individuales de tipo aéreo se debe considerar como un área cuadrada.

3-4.3.3 La porción del riesgo protegida por boquillas individuales al lado de tanques o lineales es un área rectangular o cuadrada de acuerdo con las limitaciones de espaciamiento y de descarga indicadas en los listados o aprobaciones específicos.

3-4.3.4* Donde se van a proteger rodillos revestidos u otras formas irregulares similares, se debe usar el área humedecida proyectada para determinar la cobertura de la boquilla.

3-4.3.5 Cuando se van a proteger áreas revestidas, se permite el aumento de área por boquilla hasta un máximo de 40 por ciento sobre las áreas dadas en los listados o aprobaciones específicas. Las áreas revestidas se definen como aquellas diseñadas para drenaje construidas y mantenidas de manera tal que no se acumulen pozos de líquido sobre un área que en total no exceda el 10 por ciento de la superficie protegida. Esta subdivisión no se aplica cuando hay una acumulación grande de residuo pesado. (Ver 3-1.2).

3-4.3.6 Cuando se usan boquillas de aplicación local para protección sobre aberturas como se define en 2-2.1.3 y 2-2.1.4, se permite incrementar el área por boquilla dada por listados o aprobaciones específicas hasta un máximo de 20 por ciento.

3-4.3.7 Donde se van a proteger incendios de capas profundas de líquidos inflamables, se debe proporcionar un reborde libre de 6 pulgadas (152 mm) a menos que se especifique de otra manera en las aprobaciones o listados de las boquillas.

3-4.4 Localización y Número de Boquillas. Se debe usar un número suficiente de boquillas para cubrir adecuadamente el área de riesgo completa basado en las áreas unitarias protegidas por cada boquilla.

3-4.4.1 Las boquillas al lado de tanques o lineales deben estar localizadas de acuerdo con las limitaciones de espaciamiento y capacidad de descarga indicadas en las aprobaciones o listados específicos.

3-4.4.2 Las boquillas de tipo aéreo deben instalarse perpendicularmente al riesgo y centrarse sobre el área protegida por la boquilla. También se permite que se instalen a ángulos entre 45 grados y 90 grados del plano de la superficie del riesgo como se prescribe en 3-4.4.3. La altura usada para determinar la capacidad de descarga y de cobertura de área será la distancia desde el punto de aplicación sobre la superficie protegida hasta la cara de la boquilla medida a lo largo del eje o línea central de la boquilla.

3-4.4.3 Cuando las boquillas sean instaladas en ángulo, deben apuntar, dirigirse a un punto medido desde el lado cercano del área protegida por la boquilla. Esta localización se calcula multiplicando el factor fraccionario de la Tabla 3-4.4.3 por el ancho del área protegida por la boquilla.

Tabla 3-4.4.3 Factores de Direccionamiento para Localización Angular de las Boquillas, Basados en un Margen Libre de 6 pulgadas (152 mm).

Angulo de Descarga ¹	Factores de Direccionamiento ²
45-60	1/2
60-75	1/4-3/8
75-90	3/8-1/2
90 (perpendicular)	1/2 (centro)

¹Grados desde el plano de la superficie del peligro.

²Cantidad fraccionaria del área de cobertura de la boquilla.

3-4.4.4 Las boquillas deben localizarse de tal manera que estén libres de posibles obstrucciones que puedan interferir con la proyección adecuada del dióxido de carbono descargado.

3-4.4.5 Las boquillas deben estar localizadas de manera que desarrollen una atmósfera de extinción sobre el material revestido que se extienda por arriba de la superficie protegida. Se puede requerir boquillas adicionales para este propósito específico, especialmente si el material se extiende más de 2 pies (0.6 m) arriba de la superficie protegida.

3-4.4.6 Los efectos posibles de corrientes de aire, vientos y corrientes forzadas deben compensarse colocando las boquillas adecuadamente o suministrando boquillas adicionales para proteger debidamente las áreas exteriores del riesgo.

3-5 Método Basado en Flujo según el Volumen.

3-5.1 General. El método de diseño del sistema por volumen debe usarse cuando el riesgo de incendio consiste de objetos

irregulares tridimensionales que no pueden reducirse fácilmente a áreas de superficie equivalentes.

3.5.2 Cerramiento Supuesto. La capacidad total de descarga del sistema debe estar basada en el volumen del cerramiento asumiendo que rodea totalmente el riesgo.

3-5.2.1 El cerramiento asumido debe basarse en un piso real cerrado a menos que se hagan provisiones especiales para encargarse de las condiciones del fondo.

3-5.2.2 Las paredes y cielo raso supuestos de este recinto deben estar por lo menos a 2 pies (0.6 m) del riesgo principal a menos que existan paredes reales, y éstas deben encerrar todas las áreas de posible filtración, salpicadura o derrame.

3-5.2.3 No deben hacerse deducciones para objetos sólidos dentro de este volumen.

3-5.2.4 Debe usarse una dimensión mínima de 4 pies (1.2 m) para calcular el volumen supuestos del recinto.

3-5.2.5 Si el riesgo puede estar sujeto a vientos o corrientes forzadas, el volumen supuesto debe aumentarse para compensar por las pérdidas en el lado de viento arriba o barlovento.

3-5.3 Capacidad de Descarga del Sistema. La capacidad total de descarga para el sistema básico debe ser igual a 1 lbs/min·pie³ (16 Kg/min·m³) del volumen asumido.

3-5.3.1* Si el recinto supuesto tiene un piso cerrado y está parcialmente definido por paredes continuas permanentes que se extiendan por lo menos 2 pies (0.6 m) por encima del riesgo (cuando las paredes no son normalmente parte del riesgo), debe permitirse que la capacidad de descarga sea proporcionalmente reducida a no menos de 0.25 lbs/min·pie³ (4 Kg/min·m³) para las paredes reales que rodeen completamente el recinto.

3-5.4 Localización y Número de Boquillas. Debe usarse un número suficiente de boquillas para cubrir adecuadamente el volumen completo del riesgo basado en la capacidad de descarga del sistema determinada por el volumen supuesto.

3-5.4.1 Las boquillas deben estar localizadas y dirigidas para conservar el dióxido de carbono descargado dentro del volumen del riesgo por medio de la adecuada cooperación entre boquillas y objetos en el volumen del riesgo.

3-5.4.2 Las boquillas deben estar localizadas para compensar cualquier posible efecto de corrientes de aire, vientos o tiros forzados.

3-5.4.3 Las capacidades de descarga de diseño en las boquillas individuales deben determinarse basándose en la localización o distancia de proyección de acuerdo con las aprobaciones o listados específicos para incendios superficiales.

3-6 Sistema de Distribución.

3-6.1 General. El sistema debe ser diseñado para proporcionar rápidamente una descarga efectiva de dióxido de carbono

antes de que cantidades excesivas de calor puedan ser absorbidas por los materiales dentro del área de riesgo.

3-6.1.1 El suministro de dióxido de carbono debe estar situado tan cerca del peligro como sea posible sin estar expuesto al incendio, y la tubería debe ser lo más directa posible con un número mínimo de recodos para llevar el dióxido de carbono al incendio con prontitud.

3-6.1.2 El sistema debe estar diseñado para operación automática excepto cuando las autoridades competentes permitan la operación manual.

3-6.2 Sistemas de Tubería. Las tuberías deben ser diseñadas de acuerdo con 1-10.5 para rendir la capacidad de aplicación requerida en cada boquilla.

3-6.2.1* Las temperaturas de almacenamiento a alta presión entre 32°F y 120°F (0°C a 49°C) no requieren métodos especiales de compensación para cambios en las tasas de flujo.

3-6.3 Boquillas de Descarga. Las boquillas usadas deben estar listadas o aprobadas para capacidad de descarga, margen efectivo y patrón de descarga o cobertura de área.

3-6.3.1 El tamaño equivalente de orificio usado en cada boquilla debe determinarse de acuerdo con 1-10.5 para igualar la capacidad de descarga de diseño.

3-6.3.2. Las boquillas deben estar exactamente colocadas y dirigidas de acuerdo con los requisitos de diseño del sistema cubiertos en las Secciones 3-4 y 3-5.

Capítulo 4 Sistemas de Líneas Manuales de Mangueras

4-1 Información General.

4-1.1* Descripción. Los sistemas de línea de mangueras consisten de un conjunto de bastidor o carrete, manguera y boquilla de descarga conectado por tubería fija a un suministro de dióxido de carbono.

4-1.2 Usos. Se permite el uso de los sistemas de línea de mangueras de mano para complementar los sistemas fijos de protección de incendios o para complementar los extintores de incendio de primeros auxilios para la protección de riesgos específicos para los cuales el dióxido de carbono es un agente de extinción apropiado. Estos sistemas no deben usarse como sustituto de otros sistemas fijos de dióxido de carbono equipados con boquillas fijas, excepto cuando el riesgo no se puede dotar adecuada y económicamente con protección fija. La decisión de si las líneas de manguera son aplicables a un riesgo particular debe dejarse a la autoridad competente.

4-1.3 Requisitos Generales. Los sistemas de mangueras de mano deben instalarse y mantenerse de acuerdo con los requisitos aplicables de los Capítulos 1, 2 y 3, excepto por lo indicado en las Secciones 4-2 a 4-6.

4-1.4 Requisitos de Seguridad. Deben consultarse las Secciones 1-6.1 y A-1-6 en relación con los peligros para el personal debido al oscurecimiento de la visión y reducción de la

concentración de oxígeno por debajo de las que sustentan la vida, no solo en el área inmediata de descarga sino en las áreas adyacentes a las cuales pueda migrar el gas.

4-2 Especificaciones del Riesgo. Los sistemas de mangueras de mano pueden usarse para combatir incendios en todos los riesgos cubiertos bajo el Capítulo 1, excepto aquellos que son inaccesibles y más allá del alcance del combate manual de incendios.

4-3 Localización y Espaciamiento.

4-3.1 Localización. Las estaciones de líneas de mangueras de mano deben estar situadas de tal manera que sean fácilmente accesibles y al alcance de los riesgos más distantes que se espera proteger. En general, no deben estar situadas de modo que estén expuestas al riesgo ni dentro de ninguna área de riesgo protegida por un sistema de inundación total.

4-3.2 Espaciamiento. Si se usan estaciones múltiples de mangueras, estas deben estar espaciadas de manera que cualquier área dentro del riesgo pueda cubrirse por una o más líneas de mangueras.

4-4 Requerimientos del Dióxido de Carbono.

4-4.1 Capacidad y Duración de Descarga. La capacidad y duración de descarga y consecuentemente la cantidad de dióxido de carbono deben determinarse por el tipo y tamaño potencial del peligro. La línea de manguera de mano debe tener suficiente cantidad de dióxido de carbono para permitir su uso por lo menos durante 1 minuto.

4-4.2 Provisión para Uso por Personal sin Experiencia.

4-4.3 Uso Simultáneo. Cuando es posible el uso simultáneo de dos o más líneas de mangueras, debe haber una cantidad suficiente de dióxido de carbono disponible para alimentar el número máximo de boquillas que posiblemente se usarán en cualquier momento por lo menos durante 1 minuto. El tamaño de toda la tubería de suministro debe estar diseñado para la operación simultánea del número de boquillas que probablemente se usarán.

4-5 Especificaciones del Equipo.

4-5.1 Mangueras. Las líneas de mangueras en los sistemas con suministro de alta presión deben tener una presión de rotura mínima de 5000 psi (34,474 kPa), y las líneas de manguera con suministro de baja presión deben tener una presión de rotura mínima de 1800 psi (12,411 kPa). (Ver 1-11.2)

4-5.2 Montaje de las Boquillas de Descarga. Las líneas de mangueras deben estar equipadas con un conjunto de boquillas de descarga que puedan ser manejadas fácilmente por un operador y que contengan una válvula de cierre de apertura rápida para controlar el flujo del dióxido de carbono a través de la boquilla y un mango adecuado para dirigir la descarga. Es deseable la unión del conjunto de boquilla de descarga a la manguera por medio de una conexión giratoria para proporcionar más facilidad de manipulación.

4-5.3 Almacenamiento de las Líneas de Mangueras. Las mangueras deben estar enrolladas en un bastidor o carrete para mangueras de manera que estén listas para uso inmediato sin necesidad de acoplar y que puedan ser desenrolladas con el mínimo de demora. Si están instaladas al aire libre, deben estar protegidas contra los elementos.

4-5.4 Carga de la Línea de Mangueras. La operación de los sistemas de manguera de mano depende de la activación y manipulación manuales de la boquilla de descarga. La velocidad y simplicidad de la operación son por lo tanto esenciales para una extinción exitosa.

4-5.4.1 Todos los controles para la activación del sistema deben estar situados en la vecindad inmediata del carrete de las mangueras.

4-5.4.2* El suministro de dióxido de carbono debe estar situado tan cerca del carrete de la manguera como sea posible de manera que el dióxido de carbono líquido se suministre a la línea de manguera con una demora mínima después de su activación.

4-5.4.3 Excepto cuando están en uso, no debe permitirse que haya presión en la línea de la manguera.

4-6 Entrenamiento. La extinción exitosa de un incendio con mangueras de mano depende en alto grado de la habilidad individual y técnica del operador. Todo el personal que probablemente va a usar este equipo en el momento de un incendio debe estar debidamente entrenado en su operación y en las técnicas de combate de incendios aplicables a este equipo.

Capítulo 5 - Sistemas de Tubería Vertical y Suministro Móvil

5-1 Información General.

5-1.1 Descripción. Un sistema de tubería vertical o columna es un sistema fijo de inundación total, aplicación local, o línea de manguera de mano sin suministro de dióxido de carbono conectado permanentemente. El suministro de dióxido de carbono está montado sobre un vehículo móvil que puede ser remolcado o conducido a la escena del incendio y rápidamente conectado al sistema de tubería vertical que protege el riesgo involucrado. El suministro móvil es principalmente equipo de la brigada de incendios o del departamento de bomberos que requiere personal entrenado para su uso adecuado.

5-1.2* Usos. Los sistemas de tubería vertical deben ser instalados solamente con la aprobación de la autoridad competente.

5-1.3 Requisitos Generales. Los sistemas de tubería vertical y suministro móvil deben instalarse y mantenerse de acuerdo con los requisitos de los Capítulos 1, 2, 3 y 4, además de los detallados en las Secciones 5-2 a 5-5. La tubería debe ser instalada de acuerdo con los requisitos aplicables al sistema si se

usa un suministro permanentemente conectado. Debe considerarse una apreciable longitud de tubería para el suministro portátil.

5-2 Especificaciones del Riesgo. Debe permitirse el uso de sistemas de tubería vertical y suministro móvil para proteger los riesgos descritos en los capítulos 1, 2, 3 y 4, donde la extinción no será afectada adversamente por la demora en obtener la descarga efectiva del dióxido de carbono mientras el suministro móvil es traído a la escena y conectado al sistema de tubería vertical.

5-3 Especificaciones de la Tubería Vertical. La tubería de suministro de los sistemas verticales debe estar equipada con acoples rápidos, y debe terminar en un lugar fácilmente accesible y bien marcado para la conexión al suministro móvil. Este lugar también debe estar marcado con la cantidad de dióxido de carbono y la duración de descarga requeridas.

5-4 Especificaciones del Suministro Móvil.

5-4.1 Capacidad. El suministro móvil debe tener una capacidad de acuerdo con lo previsto en los Capítulos 1, 2, 3 y 4. Pueden requerirse cantidades extras para compensar por demoras en llevar el suministro móvil al área de riesgo.

5-4.2 Acoples. El suministro móvil debe estar equipado con un medio adecuado para transferir el dióxido de carbono al sistema de tubería vertical. Debe proveerse acoples de cambio rápidos para permitir que estas conexiones se hagan lo más rápidamente posible.

5-4.3 Movilidad. El contenedor o contenedores de almacenamiento del dióxido de carbono deben estar montados sobre un vehículo móvil que pueda ser llevado a la escena del incendio por medios manuales, por un vehículo automotor separado, o bajo su propia propulsión. El medio de transporte del suministro móvil debe ser confiable y capaz de llegar al incendio con una demora mínima.

5-4.4 Localización. El suministro móvil debe mantenerse cerca de los peligros que debe proteger de manera que la extinción del incendio pueda iniciarse lo más pronto posible después del comienzo del incendio.

5-4.5 Accesorios. El suministro móvil para sistemas de tubería vertical puede equiparse con líneas de mangueras de mano como equipo accesorio para la protección de pequeños riesgos diseminados o como un complemento a los sistemas de tubería vertical u otra protección fija.

5-5 Entrenamiento. La eficacia de la protección contra incendios provista por los sistemas de tubería vertical y suministro móvil depende de la eficiencia y habilidad del personal que maneja el suministro móvil. Es imperativo que aquellas personas asignadas a las unidades estén adecuadamente entrenadas en su uso y mantenimiento. Generalmente, este equipo está en la categoría de equipo para brigadas de incendio o departamentos de bomberos y requiere normalmente personal asignado.

Capítulo 6 Sistemas Marítimos

6-1 General.

6-1.1* Este capítulo define las modificaciones necesarias para los sistemas marítimos. Todos los otros requisitos de esta norma deben aplicarse a los sistemas marítimos excepto los modificados por este capítulo.

6-1.2 Definiciones Especiales.

6-1.2.1 Espacio para Carga. Espacio para llevar o almacenar el material o productos que son transportados por el barco.

6-1.2.2* Espacio para Maquinaria. El espacio que contiene equipo mecánico para el manejo, bombeo, o transferencia de líquidos combustibles o inflamables usados como combustible.

6-1.2.3* Espacio para Vehículo. Espacio diseñado para llevar automóviles u otros vehículos automotores.

6-1.2.4 Espacio para Equipo Eléctrico. Espacio que contiene equipos de propulsión eléctrica, generación de energía, o distribución de energía.

6-1.2.5 Sistemas Marítimos. Sistemas instalados en barcos, barcasas, plataformas marinas, botes de motor, y embarcaciones de placer.

6-2 Requerimientos del Sistema.

6-2.1 Componentes. Los componentes del sistema deben estar específicamente listados o aprobados para aplicaciones marítimas del sistema de dióxido de carbono.

6-2.2 Instrucciones para Operación.

6-2.2.1 Las instrucciones para la operación del sistema deben estar situadas en un lugar visible en o cerca de los controles manuales, y en la sala de almacenamiento del dióxido de carbono.

6-2.2.2 Para aquellos sistemas en los cuales el almacenamiento de dióxido de carbono no esté dentro de un espacio protegido, las instrucciones de operación deben incluir un diagrama indicando la localización del control de emergencia a usarse si los controles normales fallan.

6-2.3 Activación del Sistema.

6-2.3.1 Deben proveerse dos válvulas separadas para liberar el dióxido de carbono dentro de cualquier espacio protegido. Una válvula debe controlar la descarga desde el almacenamiento del dióxido de carbono. La segunda válvula debe controlar la descarga del dióxido de carbono dentro del espacio(s) protegido(s). (Ver 1-8.3.6).

Excepción: Para sistemas que contengan 300lb (136 Kg) o menos de almacenamiento de dióxido de carbono, sólo necesita usarse una válvula para la liberación del sistema siempre y cuando el espacio protegido esté normalmente desocupado y tenga salida horizontal.

6-2.3.2* Debe proveerse un control separado operado manualmente para operar cada válvula requerida por 6-2.3.1. Un juego de controles debe situarse fuera de, por lo menos, uno de los medios principales de egreso de cada espacio protegido.

6-2.3.3* Además de los controles manuales requeridos por 6-2.3.2, cada una de las válvulas requeridas por 6-2.3.1 debe estar equipada con su propio control manual de emergencia.

6-2.3.4 Los controles del disparo para las válvulas requeridas por 6-2.3.2 deben estar colocados en una caja disparadora claramente identificada para el espacio protegido. Si la caja que contiene los controles va a estar con cerradura, una llave de la caja debe proporcionarse en un gabinete con "vidrio de romper" visiblemente colocado enseguida de la caja.

6-2.3.5* Además de los requisitos de 1-6.1.5, deben proveerse alarmas audibles de predescarga que no dependan de ninguna fuente de energía diferente a la presión del dióxido de carbono. La temporización requerida por 1-6.1.4 debe ser un mínimo de 20 segundos y no depender de ninguna fuente de energía diferente a la presión del dióxido de carbono.

6-2.4 Almacenamiento de Dióxido de Carbono.

6-2.4.1 Debe permitirse el almacenamiento del dióxido de carbono dentro de espacios protegidos, normalmente no habitados para aquellos sistemas que contengan no más de 300 lbs (136 Kg) de almacenamiento de dióxido de carbono y estén equipados para activación automática.

6-2.4.2 Los sistemas de baja presión deben dotarse con unidades dobles de refrigeración y deben estar construidas de acuerdo el título 46 del Código de Regulaciones Federales (CFR) 58.20, US Government Publications.

6-2.4.3 Cuando los contenedores de dióxido de carbono están situados fuera de un espacio protegido, deben ser almacenados en un cuarto que debe estar situado en un lugar seguro, fácilmente accesible y debidamente ventilado para que los contenedores del agente no estén expuestos a temperaturas ambientes como las detalladas en 1-9.5.5. Las cubiertas y mamparos comunes situados entre cuartos de almacenamiento de contenedores del agente y espacios protegidos deben tener un aislamiento estructural clase A-60 como se define en el título 46 del CFR 72. Las puertas y otros medios de cerrar cualquier abertura que forme los límites entre tales cuartos y los espacios protegidos adyacentes, deben ser herméticos al gas. Los cuartos de almacenamiento de los contenedores del agente deben ser accesibles sin tener que pasar a través del espacio protegido. Las puertas de acceso deben abrir hacia fuera. Para sistemas que contengan 300 lbs (136 Kg) o menos de almacenamiento de dióxido de carbono, sólo necesita usarse una válvula para la liberación del sistema siempre y cuando el espacio protegido esté normalmente desocupado y tenga salida horizontal.

6-2.5 Tubería del Sistema

6-2.5.1* Donde sea necesario, debe proveerse desagües para eliminar la humedad acumulada.

6-2.5.2 No se deben instalar desagües u otras aberturas a las tuberías de dióxido de carbono que estén dentro de viviendas.

6-2.5.3 Las tuberías de dióxido de carbono no deben usarse para otras finalidades.

Excepción: Se permite el uso de las tuberías de dióxido de carbono en un sistema de detección de humo de tipo de muestreo de aire.

6-2.6 Diseño del Sistema. El diseño del sistema debe ser de acuerdo a los Capítulos 2, 3 y 4, excepto lo siguiente:

(a) *Espacios de las Máquinas.* Los espacios para las máquinas deben ser diseñados a una concentración de 34 por ciento basada en el volumen bruto. Ochenta y cinco por ciento de esta concentración se debe alcanzar dentro de dos minutos después del comienzo de la descarga. El volumen bruto debe incluir la carcasa.

(b) **Espacios para Carga.* Los espacios para carga que no sean espacios para vehículos deben proveerse con dióxido de carbono basado en 1 lb/30 pies³ (0.533 kg/m³), basado en el volumen bruto. La cantidad inicial de dióxido de carbono descargada debe basarse en el volumen neto del espacio determinado por la cantidad de carga en el espacio de carga. Debe descargarse el dióxido de carbono adicional que sea necesario para mantener el control del incendio. Deben fijarse instrucciones claras dentro del cuarto de almacenamiento del dióxido de carbono detallando el procedimiento de liberación del dióxido de carbono.

(c) *Espacios para Vehículos.* Los espacios para vehículos donde los vehículos contengan más de 5 galones de combustible (gasolina o diesel) deben ser diseñados a una concentración de 34 por ciento basada en el volumen bruto. El ochenta y cinco por ciento de esta concentración debe alcanzarse dentro de 2 minutos después del comienzo de la descarga.

(d) *Espacios para Vehículos.* Los espacios para vehículos donde los vehículos contengan 5 galones o menos de combustible (gasolina o diesel) deben ser diseñados a una concentración de 34 por ciento basado en el volumen bruto. Dos terceras partes de esta concentración deben alcanzarse dentro de 10 minutos del comienzo de la descarga.

6-2.6.1 Espacios de los Equipos Eléctricos. Los espacios de los equipos eléctricos deben ser tratados como riesgos eléctricos secos, de acuerdo con el Capítulo 2.

6-3 Inspección y Mantenimiento. La inspección y mantenimiento de sistemas de CO₂ deben cumplir con 1-11.3 y esta Sección.

6-3.1 General. Antes de la prueba o mantenimiento de un sistema fijo de dióxido de carbono, todo el personal debe ser evacuado del espacio protegido (*Ver Sección 1-6*).

6-3.2 Aprobación de las Instalaciones. Deben realizarse las siguientes pruebas de aprobación antes de las pruebas requeridas por 1-7.3. Las pruebas de presión de las tuberías se deben

hacer para cumplir los requerimientos de los siguientes párrafos. El medio para la prueba debe ser un gas seco, no corrosivo como el nitrógeno o el dióxido de carbono. Al presurizar la tubería, la presión debe aumentarse en incrementos de 50 psi (3.5 bar). Una vez la presión en la tubería ha alcanzado la presión de prueba requerida, la fuente de la presión debe ser cerrada y desconectada de la tubería.

ADVERTENCIA

La prueba con presión neumática crea un riesgo potencial de lesión para el personal en el área, resultante de los proyectiles lanzados a través del aire, si llega a presentarse rotura de las tuberías. Antes de realizar una prueba de presión neumática, el área en la cual está localizada la tubería debe ser evacuada y debe proveerse la protección apropiada para el personal que hace la prueba.

6-3.2.1 Sistemas de Alta Presión.

6-3.2.1.1 Sistemas con Válvulas de Cierre. Toda la tubería desde el suministro de dióxido de carbono hasta las válvulas de cierre debe estar sujeta a una presión mínima de 1000 psig (6895 KPa). La fuga durante un período de 2 minutos no debe exceder una caída de presión de 10 por ciento.

Todas las tuberías entre las válvulas de cierre y las boquillas deben estar sujetas a una presión mínima de 600 psig (4137 KPa). La filtración durante un período de 2 minutos no debe exceder una caída de presión de 10 por ciento.

6-3.2.1.2 Sistemas sin Válvulas de Cierre. Todas las tuberías desde el suministro de dióxido de carbono hasta las boquillas deben estar sujetas a una presión mínima de 600 psig (4137 KPa). La fuga durante un período de 2 minutos no debe exceder una caída de presión de 10 por ciento.

6-3.2.2 Sistemas de Baja Presión.

6-3.2.2.1 Toda la tubería que sea normalmente presurizada debe someterse a una prueba de presión mínima de 300 psig (2068 KPa). No se permite fugas en la tubería durante la prueba de 2 minutos.

6-3.2.2.2 Toda la tubería entre la válvula de cierre del tanque y las boquillas debe someterse a una prueba de presión mínima de 300 psig (2068 KPa). La filtración durante un período de 2 minutos no debe exceder una caída de presión de 10 por ciento.

6-3.3 Retardos de Predescarga, Alarmas y Cierres. Los retardos y alarmas de predescarga y cierres de ventilación deben probarse con el dióxido de carbono circulando dentro del sistema. Los retardos de predescarga que no sean exactos dentro de +20%/-0% a 70°F (21°C) de su rateo deben ser reemplazados.

6-3.4 Verificación. Se debe verificar el cumplimiento con 6-2.2.

Capítulo 7 Publicaciones Mencionadas

7-1 Los siguientes documentos o partes de ellos están mencionados dentro de esta norma como requisitos obligatorios y deben considerarse parte de los requisitos de esta norma. La edición indicada para cada documento obligatorio mencionado es la edición corriente a la fecha de publicación de esta norma por la NFPA. Algunos de estos documentos pueden también ser mencionados en esta norma para efectos informativos específicos, y por lo tanto, también están relacionados en el Anexo C.

7.1.1 Publicaciones de la NFPA. National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, P. O.Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

NFPA 70, *Código Nacional Eléctrico*, edición 1999.

NFPA 72, *Código Nacional de Alarmas de Incendio*, edición 1999.

7-1.2 Otras Publicaciones.

7-1.2.1 Publicaciones ANSI. American National Standards Institute, Inc., 11 West 42nd Street, 13th floor, New York, N. Y. 10036.

ANSI B 31.1, *Código de Tuberías de Potencia*, 1989.

ANSI/IEEE C 2, *Código Nacional de Seguridad Eléctrica*, 1993.

7-1.2.2 Publicación de la API. American Petroleum Institute, 1220 L Street, Washington, DC 20005.

API/ASME, "*Code for Unfired Pressure Vessels for Petroleum Liquids and Gases*", antes de Julio 1, 1961.

7-1.2.3 Publicaciones de la ASTM. American Society for Testing and Materials, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959.

ASTM A 53, "*Especificación Estándar para Tuberías, Acero, Negro y Bañado en Caliente, Galvanizado, Soldado y Sin Costura*", 1999.

ASTM A 106, "*Especificación Estándar para Tubería de Acero al Carbono Sin Costura para Servicio a Alta Temperatura*", 1999

ASTM A 120, "*Especificaciones para Tubería Soldada y de Acero*", 1984

ASTM A 182, "*Especificación Estándar para Platinas para Tubería de Acero Forjado o Laminado, Accesorios Forjados, y Válvulas y Partes para Servicio de Alta Temperatura*", 1998.

ASTM SI 10, "*Norma para el Uso de Sistema Internacional de Unidades (SI): El Sistema Métrico Moderno*", 1997.

7-1.2.4 Publicación de la CGA. Compressed Gas Association, 1725 Jefferson Davis Highway, Arlington, VA 22202-4100.

CGA G6.2, "*Especificación de Producto para Dióxido de Carbono*", 1994.

7-1.2.5 Publicación de la CSA. Canadian Standards Association, 178 Rexdale Boulevard, Rexdale, Ontario, Canada M9W 1R3.

CSA C22.1, "*Código Eléctrico Canadiense*", 1986.

7-1.2.6 Publicaciones del Gobierno de Estados Unidos. U. S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Título 46, "*Código de Regulaciones Federales*", Parte 72.

Título 46, "*Código de Regulaciones Federales*", Parte 58.20.

DOT Título 49, "*Código de Regulaciones Federales*", Partes 171-190.

(DOT) Agencia de Minas (Bureau of Mines) 503 y 627, "*Límites de Inflamabilidad de Gases y Vapores*", 1962.

Anexo A Material Aclaratorio

El Anexo A no es parte de los requisitos de este documento de la NFPA pero se incluye con fines informativos solamente. Este anexo contiene material aclaratorio, numerado para corresponder con los párrafos de texto aplicables.

A-1-1 Los equipos portátiles de dióxido de carbono están cubiertos en la NFPA 10, "*Norma para Extintores de Incendio Portátiles*". El uso de dióxido de carbono para inertizar está cubierto en la NFPA 69, "*Norma Sobre Sistemas de Prevención de Explosiones*".

A-1-3.2 Aprobado. La National Fire Protection Association no aprueba, inspecciona o certifica ninguna instalación, procedimiento, equipo o materiales; ni aprueba o evalúa laboratorios de prueba. Para determinar la aceptabilidad de instalaciones, procedimientos, equipo o materiales, la autoridad competente puede basar su aceptación en el cumplimiento de las normas de la NFPA u otras normas apropiadas. En la ausencia de tales normas, dicha autoridad puede requerir evidencia de la correcta instalación, procedimiento o uso. La autoridad competente también puede consultar los listados o prácticas de aprobación de una organización que esté encargada de evaluaciones de productos y esté por lo tanto en posición de determinar el cumplimiento con las normas apropiadas para la producción corriente de los productos aprobados.

A-1-3.3 Autoridad Competente. La frase "autoridad competente" se usa en los documentos de la NFPA de manera amplia, ya que las jurisdicciones y agencias de aprobación varían y así también sus responsabilidades. Donde la seguridad pública es primordial, la autoridad competente puede ser un departamento o individuo federal, estatal, local o regional, tales como un jefe de bomberos; comandante de bomberos; jefe u oficina de prevención de incendios; departamento de trabajo o departamento de salud; oficial de la construcción; inspector eléctrico; u otros con autoridad estatutaria. Para asuntos de seguros, el departamento de inspección de seguros, oficina de tasación, u otro representante de la compañía de seguros puede ser la autoridad competente. En muchos casos, el

dueño de la propiedad o su agente designado asume el papel de autoridad competente; en instalaciones del gobierno, el oficial comandante u oficial departamental pueden ser la autoridad competente.

A-1-3.6 Listado. Los medios para identificar equipos listados varían para cada organización encargada de la evaluación de productos; algunas organizaciones no reconocen equipo como listado a menos que esté también aprobado. La autoridad competente debe utilizar el sistema empleado por la organización que maneja la catalogación o listados para identificar un producto listado.

A-1-3.16 Sistemas Prefabricados. Los sistemas prefabricados pueden incorporar boquillas especiales, velocidades de gasto, métodos de aplicación, localización de boquillas y cantidades de dióxido de carbono que pueden diferir de aquellas detalladas en otro lugar de esta norma porque están diseñados para riesgos muy específicos. Todos los otros requisitos de la norma deben aplicarse. Es posible que el control manual normal califique como control manual de emergencia si se cumplen las estipulaciones de 1-8.1.

A-1-5.1 El dióxido de carbono está presente en la atmósfera en una concentración promedio de más o menos 0.03 por ciento por volumen. También es el producto final normal del metabolismo humano y animal. El dióxido de carbono influye en ciertas funciones vitales de varias maneras importantes, incluyendo el control de la respiración, dilatación y constricción del sistema vascular (especialmente el cerebro) y el pH de los fluidos corporales. La concentración de dióxido de carbono en el aire gobierna la velocidad a la cual el dióxido de carbono es liberado de los pulmones y por lo tanto afecta la concentración de dióxido de carbono en la sangre y los tejidos. Una concentración creciente de dióxido de carbono en el aire puede, por lo tanto, volverse peligrosa debido a la reducción en la velocidad de liberación de dióxido de carbono de los pulmones y reducción en la aspiración de oxígeno. [Se puede obtener más detalles sobre la exposición al dióxido de carbono de La Publicación No. 76-194 de la HEW (NIOSH).] En la Sección 1-6 están cubiertas las consideraciones sobre seguridad del personal.

El dióxido de carbono es un producto comercial estándar con muchos usos. Es tal vez más conocido como el gas que le da el "hormigueo" a las gaseosas y otras bebidas carbonatadas. En otras aplicaciones comerciales puede usarse por sus propiedades químicas, por sus propiedades mecánicas como agente presurizante, o por sus propiedades refrigerantes como el hielo seco.

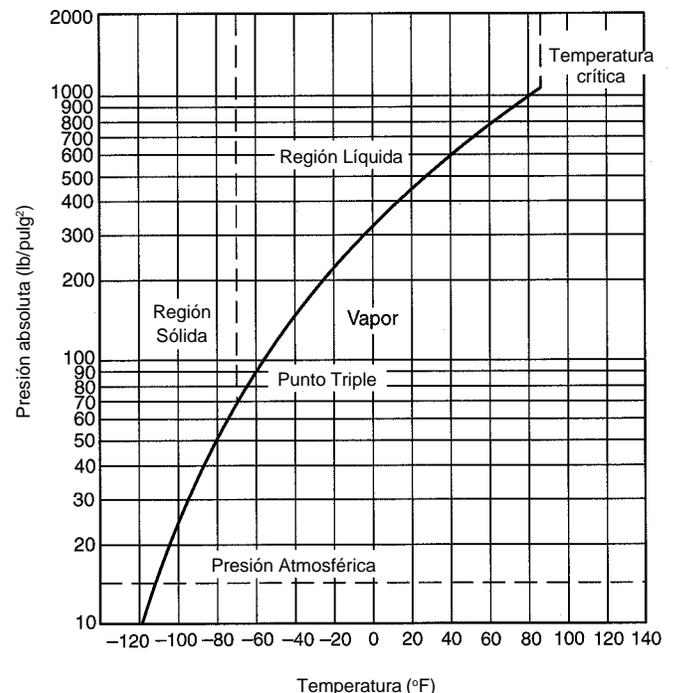
Para aplicaciones en la extinción de incendios, el dióxido de carbono tiene un número de propiedades deseables. No es corrosivo, no causa daño y no deja residuos para limpiar después del incendio. Proporciona su propia presión para descarga a través de tubería y boquillas. Porque es un gas, penetra y se extiende a todas partes del riesgo. No conduce la electricidad

y puede por lo tanto usarse en riesgos eléctricos vivos. Puede usarse eficazmente sobre prácticamente todos los materiales combustibles excepto unos pocos metales activos e hidruros de metal y materiales tales como nitrato de celulosa, que contienen oxígeno disponible.

Bajo condiciones normales el dióxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, con una densidad aproximada 50 por ciento mayor que la densidad del aire. Muchas personas insisten en que pueden detectar un olor en el dióxido de carbono, pero esto puede deberse a impurezas o efectos químicos en las ventanas de la nariz. El dióxido de carbono se licúa fácilmente por compresión y enfriamiento. Puede convertirse a un estado sólido por mayor enfriamiento y expansión.

La relación entre la temperatura y la presión del dióxido de carbono líquido puede apreciarse en la curva dada en el Gráfico A-1-5.1. Debe notarse que, a medida que aumenta la temperatura del líquido, la presión también aumenta. A medida que aumenta la presión, la densidad del vapor sobre el líquido aumenta. Además, el líquido se expande a medida que la temperatura aumenta y su densidad disminuye. A 87.8°F (31°C) el líquido y el vapor tienen la misma densidad y lógicamente la fase líquida desaparece. Esto se conoce como la temperatura crítica del dióxido de carbono.

Gráfico A-1-5.1 Variación de la presión del dióxido de carbono con el cambio en la temperatura (volumen constante). Por debajo de la temperatura crítica [87.8°F (31°C)], el dióxido de carbono en un contenedor cerrado es parte líquido y parte gas. Por encima de la temperatura crítica es completamente un gas.



Para unidades SI, 1 psi = 6.89 kPa; °C = 5/9 (°F-32)

Una propiedad inusual del dióxido de carbono es el hecho de no poder existir como líquido a presiones por debajo de 60.4 psi [75 psi absoluto (517 kPa)]. Esta es la presión del punto triple donde el dióxido de carbono podría estar presente como sólido, líquido o vapor. Por debajo de esta presión debe ser ya sea sólido o gas, dependiendo de la temperatura.

Si la presión en el envase de almacenamiento se reduce por escape o liberación del vapor, algo del líquido se vaporizará y el líquido restante se hará más frío. A 60.4 psi [75 psi absoluto (517 kPa)] el líquido restante se convertirá en hielo seco a una temperatura de -69.9°F (-57°C). La reducción de la presión a la atmosférica bajará la temperatura del hielo seco a la normal, -109.3°F (-79°C).

El mismo proceso tiene lugar cuando se descarga dióxido de carbono líquido en la atmósfera. Una gran parte del líquido se convierte en vapor con un considerable aumento en volumen. El resto se convierte en partículas finas de hielo seco a -109.3°F (-79°C). Es este hielo seco o nieve el que le da a la descarga su apariencia blanca nebulosa típica. La baja temperatura también causa la condensación de agua del aire arrastrado de manera que una niebla de agua ordinaria tiende a persistir por un tiempo después de que el hielo seco se ha sublimado.

A-1-5.2.2 La descarga de dióxido de carbono líquido se ha conocido que produce cargas electrostáticas, que bajo ciertas condiciones podrían causar una chispa. (*Ver NFPA 77, "Prácticas Recomendadas en Electricidad Estática"*.)

A-1-5.2.3 Aunque el dióxido de carbono no extingue estos incendios, no reaccionará peligrosamente con estos materiales ni aumentará su velocidad de combustión. El dióxido de carbono, si se usa en este tipo de situación en un sistema de inundación total, proporcionará protección para los combustibles adyacentes o puede usarse exitosamente si los metales reactivos o hidruros se cubren primero con otro material. Los siguientes son ejemplos de esta última condición:

- (1) Sodio almacenado o usado bajo kerosene
- (2) Nitrato de celulosa en solución de diluyente de laca
- (3) Virutas de magnesio cubiertas con aceite pesado

No deberían usarse los sistemas de aplicación local acompañado de descarga de alta velocidad dirigida.

A-1-6 Los pasos y medidas de seguridad necesarios para evitar lesiones o muerte al personal en las áreas cuyas atmósferas se vuelven peligrosas por la descarga de dióxido de carbono pueden incluir las siguientes provisiones:

- (1) Pasillos y rutas de salida adecuados y mantenerlos despejados todo el tiempo
- (2) Iluminación necesaria adicional o de emergencia, o ambas, y avisos direccionales para asegurar una evacuación rápida y segura.

(3) Alarmas dentro de las áreas que funcionen inmediatamente se active el sistema de detección de incendio, de la descarga del dióxido de carbono y de la activación de cierres automáticos de puertas, retardados por un tiempo suficiente para evacuar el área antes de que empiece la descarga.

(4) Puertas solamente de vaivén hacia afuera, de ajuste automático en las salidas de las áreas de peligro, y, cuando estas puertas estén con pestillo, provisión de accesorios anti pánico.

(5) Alarmas continuas en las entradas de las áreas hasta que la atmósfera se haya restaurado a normal.

(6) Olor, que se agrega al dióxido de carbono de manera que se puedan reconocer las atmósferas peligrosas.

(7) Avisos de advertencia e instrucción en las entradas y dentro de las áreas.

(8) Descubrimiento y pronto rescate de personas que queden inconscientes en estas áreas (Esto se puede lograr haciendo revisar estas áreas por personal entrenado equipado con equipo de respiración adecuado inmediatamente después de que termine la descarga del dióxido de carbono. Las personas que han perdido el sentido por el dióxido de carbono pueden recuperarse sin daño permanente con respiración artificial, si son retiradas rápidamente de la atmósfera peligrosa. Deben estar disponibles equipos de respiración autónomos y personal entrenado en su uso y en prácticas de rescate incluyendo respiración artificial).

(9) Instrucción y maniobras a todo el personal dentro o en la vecindad de estas áreas, incluyendo las personas de mantenimiento o construcción que pueden traerse al área, para asegurar su acción correcta cuando funcione el equipo de protección de dióxido de carbono.

(10) Medios para la pronta ventilación de las áreas (Se necesitará con frecuencia la ventilación forzada. Debe tenerse cuidado de disipar realmente las atmósferas peligrosas y no limitarse a moverlas hacia otro lugar. El dióxido de carbono es más pesado que el aire).

(11) Otros pasos y salvaguardias que sean necesarios para evitar lesiones o muerte, de acuerdo al estudio cuidadoso de cada situación particular.

A-1-6.1.1 Se recomienda proveer equipos autónomos de respiración para usar en rescates.

A-1-6.1.7 Ejemplos de situaciones que podrían requerir el bloqueo de todo el sistema de inundación son aquellos donde hay personas presentes en los espacios sobre escaleras o andamios o trabajando de forma que estén físicamente debajo o dentro del equipo. Si las personas están situadas donde no puedan salir fácilmente del espacio protegido dentro del período de retardo del sistema, el sistema debería bloquearse.

A-1-6.1.8 Las bocas de salida de los cilindros deberían estar equipadas con tapas de seguridad o dispositivos anti-retroceso cuando el cilindro no está conectado a la tubería del sistema.

A-1-7.3 Cuando la tubería no esté normalmente bajo presión, posiblemente no está a prueba de burbujas. Sin embargo, cuando se trata de una descarga lenta, o si está bajo presión continua, estar a prueba de fugas debería ser un requisito. Se espera que las pruebas de descarga total no sean requeridas por la autoridad competente solamente bajo condiciones extremadamente inusuales. Factores como costos extraordinarios e interrupciones de la producción o de las operaciones del negocio no se consideran razones válidas para excusarse de las pruebas de descarga completas.

A-1-8.1(c) El control manual de emergencia es para usarse solamente en el caso de falla de la activación automática o manual.

A-1-8.2 Los detectores instalados con el espaciamiento máximo listado o aprobado para la alarma de incendio pueden causar una demora excesiva en la liberación del agente.

Para información adicional sobre detectores, remitirse a la NFPA 72, “Código Nacional de Alarmas de Incendio”.

A-1-8.3.4 Se espera que el accionamiento inicial de un sistema por medio de un control manual normal causará una secuencia completa de retardo de tiempo antes de la descarga del sistema. Si el accionamiento del sistema se inicia por medios automáticos, la operación subsecuente de un control manual normal no debería reiniciar la secuencia de retardo de tiempo.

A-1-8.3.5 Es posible que el control manual normal califique como control manual de emergencia si se cumplen las provisiones de 1-8.1. Si es posible, el sistema debería estar diseñado de modo que la activación de emergencia pueda lograrse desde un sitio.

A-1-8.3.6 No es el propósito de esta norma prohibir el uso de más cilindros pilotos que el número mínimo requerido en este párrafo.

En sistemas que usan presión de descarga de cilindros pilotos (contrapresión en el múltiple de descarga) para activar los cilindros secundarios, se instala un cilindro piloto más que el mínimo requerido para activar el sistema. Este requisito proporciona la seguridad de que el sistema se descargará completamente aún si uno de los cilindros pilotos ha tenido fugas.

A-1-8.5 Remitirse al capítulo sobre las señales visuales de la NFPA 72, “Código Nacional de Alarma de Incendio” para guiarse en la instalación de las alarmas visuales mencionadas. Se debería usar el “modo público” para la operación de aparatos visuales.

A-1-8.5.2 Se debería conectar alarma(s) al sistema existente de señalización (alarma de incendio) para agregar seguridad de vida y protección de la propiedad de acuerdo a la NFPA 72, “Código Nacional de Alarma de Incendio”, y NFPA 101, “Código de Seguridad de Humana”.

A-1-9.1 No todo el dióxido de carbono en un recipiente a baja presión puede ser descargado rápidamente. A medida que el recipiente queda vacío, una cantidad de vapor de dióxido de

carbono frío permanecerá en el recipiente. La cantidad de este vapor residual variará de acuerdo a la configuración física del recipiente. Este vapor residual debería tenerse en cuenta al determinar la capacidad de almacenamiento.

A-1-9.3 El dióxido de carbono, como se fabrica normalmente, es un producto extremadamente puro. Generalmente, la industria produce solamente un grado de calidad. Este grado se considera adecuado para todas las aplicaciones, incluyendo usos en alimentos y medicina.

El gas seco o líquido de dióxido de carbono es totalmente no corrosivo para los envases. El dióxido de carbono que contiene exceso de agua puede causar alguna corrosión en los cilindros de alta presión, especialmente en los cilindros de peso liviano que están bajo alta tensión. El exceso de agua se presenta cuando la cantidad excede la solubilidad normal en el dióxido de carbono líquido, de tal manera que se pueda condensar agua real sobre las paredes del envase.

El dióxido de carbono producido en modernas plantas a baja presión debe necesariamente tener un contenido de agua muy bajo para evitar dificultades de operación. La práctica normal es mantener el contenido de agua más o menos por debajo de 0.03 por ciento (32 ppm) por peso. Si este producto seco se almacena y transporta en equipos limpios de baja presión para carga, la calidad se mantendrá hasta el momento de su uso.

El hielo seco normalmente contiene más agua y aceite que el dióxido de carbono líquido. También tiende a congelar la humedad y otras impurezas de la atmósfera, debido a su temperatura muy baja de -109.3°F (-79°C). Cuando el hielo seco es colocado en un convertidor y se deja calentar hasta que se convierta en dióxido de carbono líquido, el líquido producido obviamente contendrá una excesiva cantidad de agua. Este líquido no se debe usar para cargar cilindros para extinción de incendios, a menos que se procese en de una unidad deshidratadora para extraerle el exceso de agua. Debe mencionarse que tales unidades deshidratadoras pueden volverse ineficaces a menos que el agente secador sea renovado o reactivado cuando sea necesario para mantener su habilidad secadora.

Todavía existen unas pocas plantas de producción de dióxido de carbono a alta presión en servicio. El dióxido de carbono producido en estas plantas también puede contener exceso de agua, a menos que el equipo deshidratador se mantenga en buenas condiciones. La única manera positiva de asegurarse de una calidad adecuada es analizar periódicamente el suministro de dióxido de carbono que se usa para cargar los sistemas de protección contra incendios.

A-1-9.5 En sistemas de almacenamiento de alta presión la temperatura del dióxido de carbono contenido dependerá de la temperatura ambiente en el lugar de almacenamiento. Los recipientes deben por lo tanto ser capaces de resistir las presiones desarrolladas a la temperatura más alta esperada.

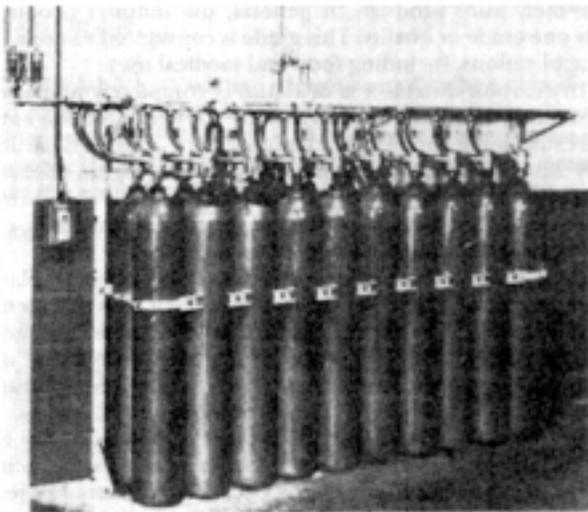
La presión máxima en el cilindro también es afectada por la densidad de llenado o porcentaje de llenado. Esto es la proporción expresada en porcentaje del peso del dióxido de carbono en relación con la capacidad de agua en libras. La densidad de llenado comúnmente usada está entre 60 y 68 por ciento, siendo la última la máxima permitida por el 49 CFR 171-190 del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT), Secciones 178.36 y 178.37. El llenado correcto se determina por el peso estampado en el cuerpo de la válvula.

A-1-9.5.1 Los cilindros de alta presión pueden ser construidos, probados y marcados de acuerdo con las especificaciones del Departamento de Transporte de los Estados Unidos o las especificaciones del Transporte de Canadá.

El transporte de un cilindro cargado podría ser ilegal cuando el cilindro ha sido dañado o expuesto al fuego. Debería consultarse las regulaciones Federales o locales.

La Ilustración A-1-9.5.1 muestra una instalación típica de almacenamiento de alta presión utilizando un número de cilindros. Se usan conexiones flexibles entre cada cilindro y el tubo múltiple común. Esto es para facilitar el problema de comprobar los cilindros por peso y reemplazarlos después de su uso. Cada cilindro está provisto con su propia válvula y un tubo de inmersión (tubo sifón) que se extiende hasta el fondo. Algunos cilindros viejos no tienen tubos de inmersión (tubo sifón) y son instalados invertidos para asegurar la descarga del dióxido de carbono líquido.

ILUSTRACION A-1-9.5.1 Una instalación típica de almacenamiento de alta presión.

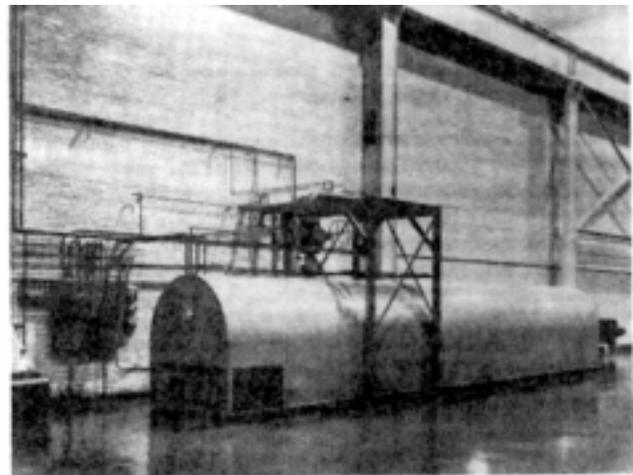


A-1-9.6 En los sistemas de almacenamiento de baja presión la temperatura del dióxido de carbono contenido se controla aproximadamente a 0°F (-18°C) por medio de aislamiento y refrigeración. La presión normal se mantiene entonces aproximadamente a 300 psi (2068 kPa). Se usan recipientes a presión soldados para este servicio, y no hay limitación especial en relación con el tamaño.

La densidad de llenado no tendrá efecto en la presión siempre y cuando haya suficiente espacio para el vapor que permita la expansión del líquido a la temperatura y presión máximas de almacenamiento. Esto se determinaría por la lectura del indicador o las válvulas de seguridad. En general, la densidad de llenado puede ir de 90 a 95 por ciento. El nivel máximo de líquido se controla, al llenar, por medio de un tubo corto de inmersión que regresa el líquido en exceso a la unidad de suministro cuando el líquido alcanza el nivel máximo de llenado en la unidad de almacenamiento. También se provee un medidor del nivel de líquido para indicar la cantidad de dióxido de carbono en almacenamiento.

La Ilustración A-1-9.6 muestra una instalación típica de almacenamiento a baja presión. En esta unidad el recipiente a presión termo-aislado está cubierto con una caja exterior de metal que está sellada para no dejar entrar la humedad del agua. Una unidad de refrigeración estándar enfriada por aire está montada a un extremo, con sus serpentines refrigerantes montados dentro del recipiente a presión. Esta unidad está movida por energía eléctrica y controlada automáticamente por medio de un interruptor de presión.

ILUSTRACION A-1-9.6 Una instalación típica de almacenamiento a baja presión



A-1-9.6.2 Se puede proveer una válvula de desfogue especial (además de los requisitos del código) para purga controlada a una presión por debajo del ajuste o calibración de la válvula principal de seguridad.

A-1-10.1 La tubería debe instalarse de acuerdo a las prácticas comerciales correctas y a las recomendaciones del fabricante.

Toda la tubería debe ser tendida buscando reducir las pérdidas por fricción a un mínimo razonable y debe tenerse cuidado en evitar posibles restricciones debido a materias extrañas o fabricación defectuosa.

Son ejemplos las galvanizadas bañadas en caliente dentro y fuera, o el acero inoxidable.

A-1-10.1.1 El uso de tuberías flexibles o mangueras en un sistema de dióxido de carbono introduce un número de cosas para tener en consideración que no afectan las tuberías rígidas. Una de estas es la naturaleza de cualquier cambio de dirección. El radio mínimo de curvatura para cualquier manguera flexible a usarse en un sistema de dióxido de carbono no debe ser menor que el indicado en la información del fabricante, generalmente mostrado en la información del listado para un sistema determinado. Otras áreas de preocupación son la resistencia a los efectos de la vibración, flexión, tensión, torsión, temperatura, llamas, compresión y dobladura. También es necesario que la manguera tenga la resistencia para contener el dióxido de carbono durante la descarga y que sea hecha de materiales resistentes a la corrosión atmosférica.

A-1-10.2 Debe consultarse la ANSI B31.1 "Power Piping Code", para guiarse en este asunto.

A-1-10.4.4 Anteriormente, un signo más después del número de código del orificio indicaba los diámetros equivalentes mayores en 1/64 de pulgada (0.4 mm) que los indicados en el sistema de numeración [Ej., el número 4 indicaba un diámetro equivalente de 4/32 de pulgada (3.18 mm); un número 4+ un diámetro de 9/64 de pulgada (3.57 mm)].

A-1-10.5 El problema del cálculo de los tamaños de las tuberías para sistemas de dióxido de carbono se complica por el hecho de que la caída de presión no es lineal con respecto a la tubería. El dióxido de carbono sale de los recipientes de almacenamiento como un líquido a la presión de saturación. Cuando la presión cae debido a la fricción de la tubería, el líquido hierve hasta producir una mezcla de líquido y vapor. Debido a esto el volumen de la mezcla en circulación aumenta y la velocidad de la circulación también debe aumentar. Entonces, la caída de presión por unidad de longitud de tubería es mayor cerca al final de la tubería que al principio.

La información de la caída de presión para diseñar sistemas de tubería puede obtenerse mejor de curvas de presión versus longitud equivalente para varias ratas de flujo o caudal y tamaños de tubos. Tales curvas se pueden dibujar usando la ecuación teórica que se da en 1-10.5.1. Los factores Y y Z en la ecuación dependen de la presión de almacenamiento y presión de la tubería. Estas se pueden evaluar de las siguientes ecuaciones:

$$Y = - \int_{P_1}^P \rho dP$$

$$Z = \int_{\rho_1}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho} = \text{Pulg} \frac{\rho_1}{\rho}$$

donde:

- P_1 = presión de almacenamiento (psia)
- P = presión al final de la tubería (psia)
- ρ_1 = densidad a la presión P_1 (lb/pe³)
- ρ = densidad a la presión P (lb/pe³)
- ln = logaritmo natural

Para unidades SI, aplica la siguiente ecuación:

$$Y = - \int_{P_1}^P \rho dP$$

$$Z = \int_{\rho_1}^{\rho} \frac{d\rho}{\rho} = \text{Pulg} \frac{\rho_1}{\rho}$$

donde:

- P_1 = presión de almacenamiento
- P = presión al final de la tubería (kPa)
- ρ_1 = densidad a la presión P_1 (kg/m³)
- ρ = densidad a la presión P (kg/m³)
- ln = logaritmo natural

En las ecuaciones anteriores, Z es una razón no dimensional. El factor Y tiene unidades de presión multiplicada por densidad y por lo tanto cambiará el sistema de unidades.

La presión de almacenamiento es un factor importante en el caudal del dióxido de carbono. En almacenamiento a baja presión la presión inicial en el recipiente de almacenamiento retrocederá a un nivel más bajo dependiendo de si todo o sólo una parte del suministro es descargada. Debido a esto, la presión promedio durante la descarga será aproximadamente 285 psi (1965 kPa). La ecuación de caudal está basada en presión absoluta; por lo tanto, se usa 300 psia (2068 kPa) para cálculos que involucran sistemas de baja presión.

En sistemas de alta presión, la presión de almacenamiento depende de la temperatura ambiente. La temperatura ambiente normal se asume que sea 70°F (21°C). Para esta condición la presión promedio en el cilindro durante la descarga de la porción líquida será aproximadamente 750 psia (5171 kPa). Esta presión ha sido por lo tanto seleccionada para cálculos que involucran sistemas de alta presión.

Usando las presiones base de 300 psia (2068 kPa) y 750 psia (5171 kPa), se han determinado los valores para los factores Y y Z de la ecuación de caudal. Estos están relacionados en las Tablas A-1-10.5(a) y A-1-10.5(b).

Tabla A-1-10.5(a) Valores de Y y Z para Presión Inicial de Almacenamiento de 300 psia.

Presión (psia)	Z	Y									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	0.135	596	540	483	426	367	308	248	187	126	63
280	0.264	1119	1070	1020	969	918	866	814	760	706	652
270	0.387	1580	1536	1492	1448	1402	1357	1310	1263	1216	1168
260	0.505	1989	1950	1911	1871	1831	1790	1749	1708	1666	1623
250	0.620	2352	2318	2283	2248	2212	2176	2139	2102	2065	2027
240	0.732	2677	2646	2615	2583	2552	2519	2487	2454	2420	2386
230	0.841	2968	2940	2912	2884	2855	2826	2797	2768	2738	2708
220	0.950	3228	3204	3179	3153	3128	3102	3075	3049	3022	2995
210	1.057	3462	3440	3418	3395	3372	3349	3325	3301	3277	3253
200	1.165	3673	3653	3632	3612	3591	3570	3549	3528	3506	3485
190	1.274	3861	3843	3825	3807	3788	3769	3750	3731	3712	3692
180	1.384	4030	4014	3998	3981	3965	3948	3931	3914	3896	3879
170	1.497	4181	4167	4152	4138	4123	4108	4093	4077	4062	4046
160	1.612	4316	4303	4291	4277	4264	4251	4237	4223	4210	4196
150	1.731	4436	4425	4413	4402	4390	4378	4366	4354	4351	4329

Para aplicación práctica es deseable trazar las curvas para cada tamaño que se puede usar. Sin embargo, debe anotarse que la ecuación de caudal se puede reordenar como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{D^{1.25}} = \frac{3647Y}{\left(\frac{Q}{D^2}\right)^2}$$

De modo que trazando los valores de $L/D^{1.25}$ y Q/D^2 , es posible usar una familia de curvas para cualquier tamaño de tubería. La Gráfica A-1-10.5(a) da la información del caudal para temperatura de almacenamiento de 0°F (-18°C) sobre esta base. La Gráfica A-1-10.5(b) da información similar para temperatura de almacenamiento a alta presión a 70°F (21°C). Para diámetros interiores de tubería de exactamente 1 pulgada, D^2 y $D^{1.25}$ reducen la unidad y se anulan. Para otros tamaños de tubería es necesario convertir la rata de flujo o caudal y la longitud equivalente dividiendo o multiplicando por estos factores. La Tabla A-1-10.5(c) da los valores para D .

Estas curvas pueden usarse para diseñar sistemas o para verificar posibles velocidades de caudal. Por ejemplo, asumir que el problema es determinar la presión terminal para un sistema de baja presión consistente de una línea de tubería sencilla de 2 pulgadas calibre 40 con una longitud equivalente de 500 pies y una rata de flujo o caudal de 1000 lbs/min. La rata de flujo o caudal y la longitud equivalente deben convertirse a los términos de la Gráfica A-1-10.5(a) como sigue:

$$\frac{Q}{D^2} = \frac{1000}{4.28} = 234 \text{ lb/min} \cdot D^2$$

$$\frac{L}{D^{1.25}} = \frac{500}{2.48} = 201 \text{ ft} \cdot D^{1.25}$$

De la Gráfica A-1-10.5(a) encontramos que la presión terminal es aproximadamente 228 psia en el punto donde la rata de flujo o caudal interpolada de 234 lbs/min. intercepta la escala de longitud equivalente a 201 pies.

Si esta línea termina en una sola boquilla, el área equivalente de orificio debe ser igualada a la presión terminal para controlar la rata de flujo o caudal al nivel deseado de 1000 lbs/min. Consultando la Tabla 1-10.5.2, se puede observar que la velocidad de descarga será de 1410 lbs/min.pulg² de área equivalente de orificio donde la presión del orificio es 230 psia. El área equivalente de orificio requerida de la boquilla es por tanto igual al caudal total dividido por la velocidad por pulgada cuadrada.

$$\text{Área equivalente de orificio} = \frac{1000 \text{ lb/min}}{1410 \text{ lb/min} \cdot \text{pulg}^2} = 0.709 \text{ Pulg}^2$$

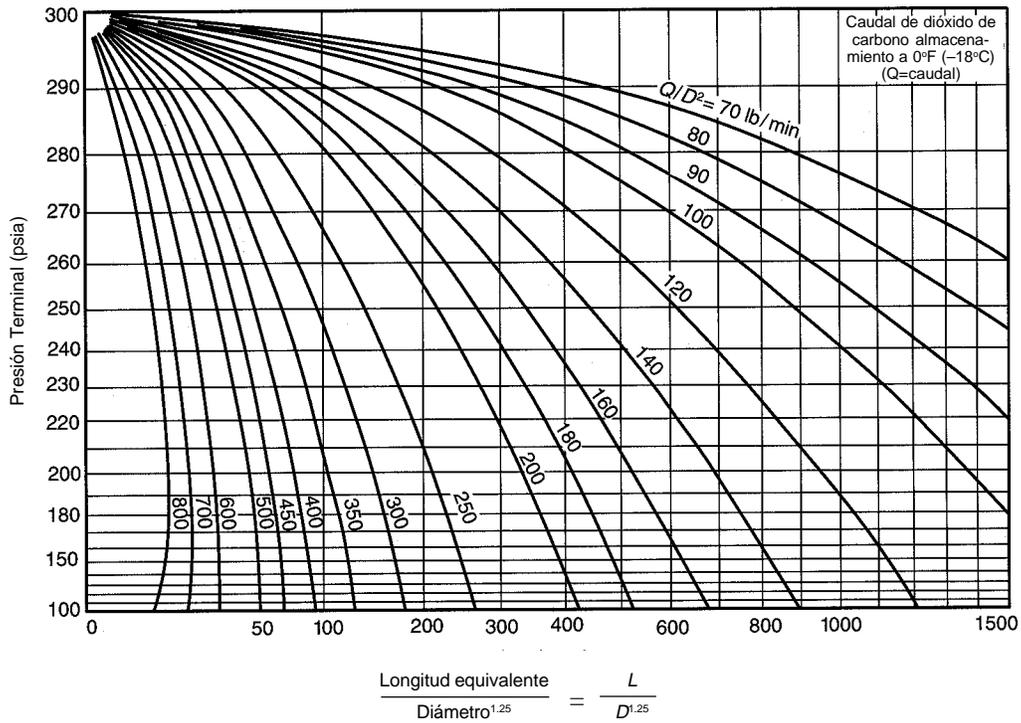
Desde un punto de vista práctico el diseñador seleccionaría una boquilla estándar con el área equivalente más cercana al área calculada. Si el área del orificio resultó ser un poco mayor, el flujo real de caudal sería algo más alto y la presión terminal sería un poco más baja que los 228 psia (1572 kPa) estimados.

Si, en el ejemplo anterior, en lugar de terminar con una boquilla grande, la tubería se divide en dos tuberías más pequeñas, será necesario determinar la presión al final de cada línea de la bifurcación. Para ilustrar este procedimiento, asumimos que las líneas bifurcadas son iguales y consisten de tubería de 1½ pulg. cédula 40 con longitudes equivalentes de 200 pies (61 m) y el caudal en cada sección va a ser 500 lbs/min. (227 Kg/min.). Convirtiéndolo a los términos utilizados en la Gráfica A-1-10.5(a):

Tabla A-1-10.5(b) Valores de Y y Z para Presión Inicial de Almacenamiento de 750 psia.

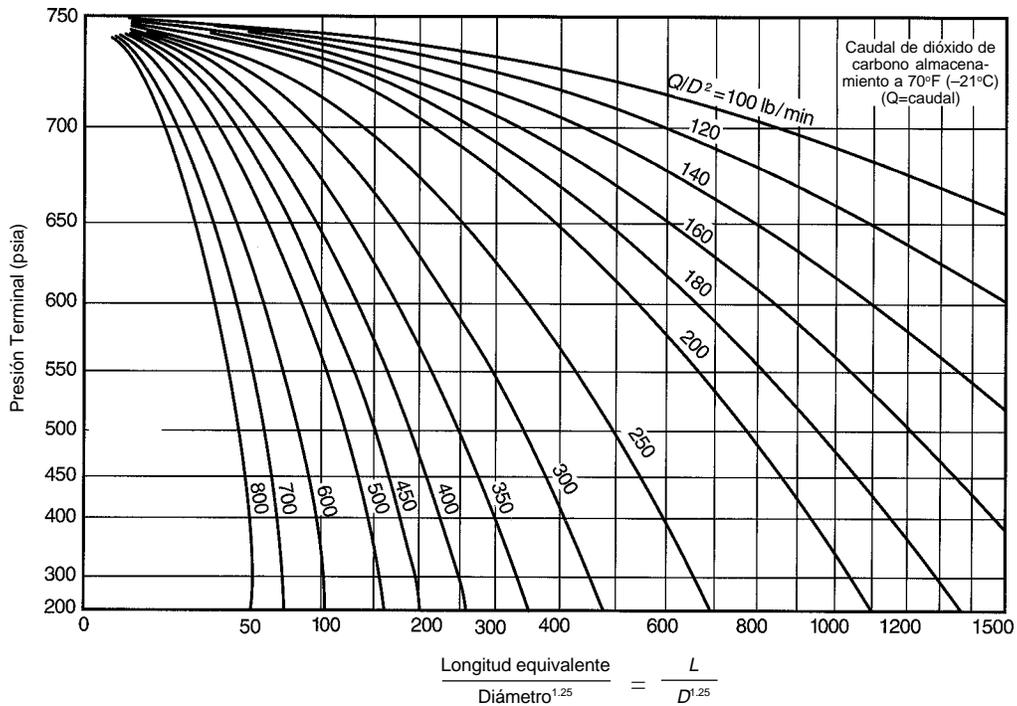
Presión (psia)	Z	Y									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
750	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
740	0.038	497	448	399	350	300	251	201	151	101	51
730	0.075	975	928	881	833	786	738	690	642	594	545
720	0.110	1436	1391	1345	1299	1254	1208	1161	1115	1068	1022
710	0.143	1882	1838	1794	1750	1706	1661	1616	1572	1527	1481
700	0.174	2314	2271	2229	2186	2143	2100	2057	2013	1970	1926
690	0.205	2733	2691	2650	2608	2567	2525	2483	2441	2399	2357
680	0.235	3139	3099	3059	3018	2978	2937	2897	2856	2815	2774
670	0.265	3533	3494	3455	3416	3377	3338	3298	3259	3219	3179
660	0.296	3916	3878	3840	3802	3764	3726	3688	3649	3611	3572
650	0.327	4286	4250	4213	4176	4139	4102	4065	4028	3991	3953
640	0.360	4645	4610	4575	4539	4503	4467	4431	4395	4359	4323
630	0.393	4993	4959	4924	4890	4855	4821	4786	4751	4716	4681
620	0.427	5329	5296	5263	5229	5196	5162	5129	5095	5061	5027
610	0.462	5653	5621	5589	5557	5525	5493	5460	5427	5395	5362
600	0.498	5967	5936	5905	5874	5843	5811	5780	5749	5717	5685
590	0.535	6268	6239	6209	6179	6149	6119	6089	6058	6028	5997
580	0.572	6560	6531	6502	6473	6444	6415	6386	6357	6328	6298
570	0.609	6840	6812	6785	6757	6729	6701	6673	6645	6616	6588
560	0.646	7110	7084	7057	7030	7003	6976	6949	6922	6895	6868
550	0.683	7371	7345	7320	7294	7268	7242	7216	7190	7163	7137
540	0.719	7622	7597	7572	7548	7523	7498	7472	7447	7422	7396
530	0.756	7864	7840	7816	7792	7768	7744	7720	7696	7671	7647
520	0.792	8098	8075	8052	8028	8005	7982	7958	7935	7911	7888
510	0.827	8323	8301	8278	8256	8234	8211	8189	8166	8143	8120
500	0.893	8540	8519	8497	8476	8454	8433	8411	8389	8367	8345
490	0.898	8750	8730	8709	8688	8667	8646	8625	8604	8583	8562
480	0.933	8953	8933	8913	8893	8873	8852	8832	8812	8791	8771
470	0.967	9149	9129	9110	9091	9071	9052	9032	9012	8993	8973
460	1.002	9338	9319	9301	9282	9263	9244	9225	9206	9187	9168
450	1.038	9520	9502	9484	9466	9448	9430	9412	9393	9375	9356
440	1.073	9697	9697	9662	9644	9627	9609	9592	9574	9556	9538
430	1.109	9866	9850	9833	9816	9799	9782	9765	9748	9731	9714
420	1.146	10030	10014	9998	9982	9966	9949	9933	9916	9900	9883
410	1.184	10188	10173	10157	10141	10126	10110	10094	10078	10062	10046
400	1.222	10340	10325	10310	10295	10280	10265	10250	10234	10219	10204
390	1.262	10486	10472	10458	10443	10429	10414	10399	10385	10370	10355
380	1.302	10627	10613	10599	10585	10571	10557	10543	10529	10515	10501
370	1.344	10762	10749	10735	10722	10708	10695	10681	10668	10654	10641
360	1.386	10891	10878	10866	10853	10840	10827	10814	10801	10788	10775
350	1.429	11015	11003	10991	10978	10966	10954	10941	10929	10916	10904
340	1.473	11134	11122	11110	11099	11087	11075	11063	11051	11039	11027
330	1.518	11247	11236	11225	11214	11202	11191	11180	11168	11157	11145
320	1.564	11356	11345	11334	11323	11313	11302	11291	11280	11269	11258
310	1.610	11459	11449	11439	11428	11418	11408	11398	11387	11377	11366
300	1.657	11558	11548	11539	11529	11519	11509	11499	11489	11469	11469

GRAFICA A-1-10.5(a) Caída de presión en la tubería para presión de almacenamiento de 300psia (2068 kPa).



Para unidades SI, 1 psia = 6.89 kPa; 1 lb/min = 0.454 kg/min

GRAFICA A-1-10.5(b) Caída de presión en la tubería para presión de almacenamiento de 750 psia (5171 kPa).



Para unidades SI, 1 psia = 6.89 kPa; 1 lb/min = 0.454 kg/min

Tabla A-1-10.5(c) Valores de $D^{1.25}$ y D^2 para Varios Tamaños de Tubería

Tipo y Tamaño de Tubería	Diámetro Interior (Pulg.)	$D^{1.25}$	D^2
1/2 Std	0.622	0.5521	0.3869
1/4 Std.	0.824	0.785	0.679
1 Std.	1.049	1.0615	1.100
1 XH	0.957	0.9465	0.9158
1 1/4 Std.	1.380	1.496	1.904
1 1/4 XH	1.278	1.359	1.633
1 1/2 Std.	1.610	1.813	2.592
1 1/2 XH	1.500	1.660	2.250
2 Std.	2.067	2.475	4.272
2 XH	1.939	2.288	3.760
2 1/2 Std.	2.469	3.09	6.096
2 1/2 XH	2.323	2.865	5.396
3 Std.	3.068	4.06	9.413
3 XH	2.900	3.79	8.410
4 Std.	4.026	5.71	16.21
4 XH	3.826	5.34	14.64
5 Std.	5.047	7.54	25.47
5 XH	4.813	7.14	23.16
6 Std.	6.065	9.50	36.78
6 XH	5.761	8.92	33.19

$$\frac{Q}{D^2} = \frac{500}{2.592} = 193 \text{ lb/min} \cdot D^2$$

$$\frac{L}{D^{1.25}} = \frac{200}{1.813} = 110 \text{ ft}/D^{1.25}$$

De la Gráfica A-1-10.5(a) la presión inicial de 228 psia (1572 kPa) (presión terminal de la línea principal) intercepta la línea de caudal [193 lbs/min. (87.6 kg./min.)] a una longitud equivalente aproximada de 300 pies (91.4 m). En otras palabras, si la línea derivada empezara en el recipiente de almacenamiento, el dióxido de carbono líquido tendría que circular a través de 300 pies (91.4 m) de tubería antes de que la presión caiga a 228 psia (1572 kPa). Esta longitud se convierte entonces en el punto inicial de la longitud equivalente de la línea derivada. Entonces se encuentra que la presión terminal de la línea derivada es de 165 psia (1138 kPa) en el punto donde la línea de velocidad de caudal de 193 lbs/min. (87.6 kg./min.) intercepta la línea de longitud equivalente de 410 pies (125 m) (300 pies + 110 pies). Con esta nueva presión terminal [165 psia (1138 kPa)] y caudal [500 lbs/min. (227 kg./min.)] el área de boquilla requerida al final de cada línea derivada será aproximadamente 0.567 pulg² (366 mm²). Se observará que esto es más o menos lo mismo que el ejemplo de la boquilla grande sencilla, excepto que la velocidad de descarga se reduce a la mitad debido a la presión reducida.

El diseño del sistema de distribución de la tubería está basado en el caudal deseado en cada boquilla. Esto a su vez determina el caudal en las líneas derivadas y la línea principal de la tubería. Es posible estimar por la experiencia práctica los tamaños aproximados de tubería requeridos. La presión en cada boquilla puede entonces determinarse con las curvas de caudal apropiadas. Los tamaños de orificio de las Boquillas se escogen entonces basado en la presión de la boquilla, de la información que se da en 1-10.5.2.

En sistemas de alta presión el colector principal está alimentado por un número de cilindros separados. Entonces el caudal total se divide por el número de cilindros para obtener la rata de flujo o caudal de cada cilindro. La capacidad de conducción de la válvula del cilindro y el conector al tubo principal varían con cada fabricante, dependiendo del diseño y tamaño. Se puede determinar el largo equivalente de cada válvula particular, tubo de inmersión y conjunto de conectores, en términos de pies de tamaño de tubería estándar. Con esta información se puede usar la ecuación de caudal para preparar una curva de flujo o caudal versus caída de presión. Esto proporciona un método conveniente de determinar la presión del cabezal o colector principal para una combinación de válvula y conector específicos.

Las Tablas A-1-10.5(d) y A-1-10.5(e) relacionan las longitudes equivalentes de los conectores de tubos para determinar la longitud equivalente de los sistemas de tubería. La Tabla A-1-10.5(d) es para uniones roscadas, y la Tabla A-1-10.5(e) para uniones soldadas. Ambas tablas fueron calculadas para tamaños de tubería de cédula 40; sin embargo, para fines prácticos las mismas cifras se pueden usar también para tamaños de tubería de cédula 80.

Tabla A-1-10.5(d) Longitud Equivalente en Pies de Uniones de Tubería Roscadas

Tamaño de Tubería (Pulg.)	Codo Std. 45°	Codo Std. 90°	Codo de radio de 90° y T de flujo pasante	Lado de la T	Acople de unión o válvula de compuerta
3/8	0.6	1.3	0.8	2.7	0.3
1/2	0.8	1.7	1.0	3.4	0.4
3/4	1.0	2.2	1.4	4.5	0.5
1	1.3	2.8	1.8	5.7	0.6
1 1/4	1.7	3.7	2.3	7.5	0.8
1 1/2	2.0	4.3	2.7	8.7	0.9
2	2.6	5.5	3.5	11.2	1.2
2 1/2	3.1	6.6	4.1	13.4	1.4
3	3.8	8.2	5.1	16.6	1.8
4	5.0	10.7	6.7	21.8	2.4
5	6.3	13.4	8.4	27.4	3.0
6	7.6	16.2	10.1	32.8	3.5

Para unidades SI, 1 pie = 0.3048 m.

Tabla A-1-10.5 (e) Longitud Equivalente en Pies para Uniones de Tubería Soldadas

Tamaño de Tubería (Pulg.)	Codo Std. 45°	Codo Std. 90°	Codo de radio de 90° y T de flujo pasante	Lado de la T	Válvula de compuerta
1/2	0.3	0.8	0.7	2.1	0.4
3/4	0.4	1.1	0.9	2.8	0.5
1	0.5	1.4	1.1	3.5	0.6
1 1/4	0.7	1.8	1.5	4.6	0.8
1 1/2	0.8	2.1	1.7	5.4	0.9
2	1.0	2.8	2.2	6.9	1.2
2 1/2	1.2	3.3	2.7	8.2	1.4
3	3.8	4.1	3.3	10.2	1.8
4	2.0	5.4	4.4	13.4	2.4
5	2.5	6.7	5.5	16.8	3.0
6	3.0	8.1	6.6	20.2	3.5

Para unidades SI, 1 pie = 0.3048 m.

Para cambios nominales en la elevación de la tubería, el cambio en la presión de carga es insignificante. Sin embargo, si hay un cambio sustancial en elevación, este factor debe tenerse en cuenta. La corrección de presión de carga por pie de elevación depende de la presión promedio de la línea donde tiene lugar la elevación debido a los cambios de densidad con la presión. Los factores de corrección se dan en las tablas A-1-10.5(f) y A-1-10.5(g) para sistemas de baja presión y alta presión respectivamente.

La corrección se resta de la presión terminal cuando el caudal es ascendente y se suma a la presión terminal cuando el caudal es descendente.

Tabla A-1-10.5(f) Factores de Corrección de Elevación para Sistemas de Baja Presión

Presión promedio de la línea		Corrección de elevación	
psia	kPa	psi/pie	kPa/m
300	2068	0.443	10.00
280	1930	0.343	7.76
260	1792	0.265	5.99
240	1655	0.207	4.68
220	1517	0.167	3.78
200	1379	0.134	3.03
180	1241	0.107	2.42
160	1103	0.085	1.92
140	965	0.067	1.52

A-1-10.5.1 Para mayores explicaciones vea A-1-10.5.

A-1-11.1 Una inspección es una "revisión rápida" para dar seguridad razonable de que el sistema de extinción está debidamente cargado y operable y se hace viendo que el sistema esté en su lugar, que no ha sido activado o manipulado indebi-

Tabla A-1-10.5(g) Factores de Corrección de Elevación para Sistemas de Alta Presión

Presión promedio de la línea		Corrección de elevación	
psia	kPa	psi/pie	kPa
750	5171	0.352	7.96
700	4826	0.300	6.79
650	4482	0.255	5.77
600	4137	0.215	4.86
550	3792	0.177	4.00
500	3447	0.150	3.39
450	3103	0.125	2.83
400	2758	0.105	2.38
350	2413	0.085	1.92
300	2068	0.070	1.58

damente, y que no hay daño físico obvio o alguna condición que impida su operación. Como mínimo, la inspección debe determinar lo siguiente:

- (1) Que los cilindros de alta presión estén en su lugar y debidamente asegurados.
- (2) Para la unidad de almacenamiento a baja presión, que el indicador de presión muestre una presión normal, que la válvula de cierre del tanque esté abierta, y que la válvula piloto de suministro de presión esté abierta. Se debe observar el indicador de nivel del líquido. Si en cualquier momento el recipiente muestra una pérdida de más de 10 por ciento, éste debe volverse a llenar, a menos que los requisitos mínimos de gas todavía se cumplan.
- (3) Que el almacenamiento de dióxido de carbono esté conectado a la tubería de descarga y a los accionadores.
- (4) Que todos los accionadores manuales estén en su lugar y los sellos contra manipulaciones estén intactos.
- (5) Que las boquillas estén conectadas, debidamente alineadas libres de obstrucciones y materias extrañas.
- (6) Que los detectores estén en su lugar y libres de materias extrañas y obstrucciones.
- (7) Que el tablero de control del sistema esté conectado y mostrando el estado "normal-listo".

A-1-11.3 El procedimiento de mantenimiento del fabricante debería guiarse por las siguientes pautas:

(a) Sistema

- (1) Revisar toda la apariencia física general
- (2) Desarmar el sistema antes de la prueba

(b) Riesgo

- (1) Magnitud
- (2) Configuración
- (3) Aberturas sin cierre
- (4) Combustibles
- (5) Otros aspectos que pudiesen afectar la efectividad de los sistemas de extinción

- (c) Circuitos supervisados
 - (1) Que ejerzan todas sus funciones
 - (2) Verificar la debida operación de todos los circuitos de supervisión eléctricos o neumáticos.
- (d) Panel de Control
 - (1) Ensayar todas sus funciones
 - (2) Verificar la supervisión de cada circuito, si es el caso, (incluyendo los mecanismos disparadores) según las recomendaciones del fabricante
- (e) Suministro de energía
 - (1) Verificar el recorrido, cortacircuitos, fusibles, desconectores
 - (f) Energía de emergencia
 - (1) Verificar el estado de las baterías
 - (2) Revisar la operación del cargador; revisar el fusible
 - (3) Revisar la conmutación automática
 - (4) Revisar el mantenimiento del generador (si lo hay)
 - (g) Detectores
 - (1) Probar cada detector usando calor o humo o el aparato para prueba aprobado por el fabricante (*Ver NFPA 72, "National Fire Alarm Code"*)
 - (2) Tipo eléctrico
 - a. Limpiar y ajustar el detector de humo y verificar su sensibilidad
 - b. Revisar el estado del cableado
 - (3) Tipo neumático
 - a. Revisar el ajuste de la tubería y la operación de los verificadores de mercurio, usando un manómetro
 - (h) Mecanismos de retardo
 - (1) Ejercitar las funciones
 - (2) Verificar el límite de tiempo
 - (3) Revisar que el contador de tiempo complete su ciclo aunque el cableado entre éste y el circuito detector esté interrumpido
 - (i) Alarmas
 - (1) Verificar la operación (audible y visual)
 - (2) Verificar que las señales de advertencia se muestren adecuadamente
 - (j) Válvulas selectoras (direccionales)
 - (1) Ejercitar funciones
 - (2) Reponer adecuadamente
 - (k) Mecanismos disparadores
 - (1) Revisar que las compuertas de tiro (dampers) cierren completamente
 - (2) Revisar puertas; buscar puertas que se hayan bloqueado abiertas
 - (l) Cierre del equipo
 - (1) Probar la función de cierre
 - (2) Revisar la suficiencia (incluyendo todo el equipo necesario)
 - (m) Disparadores manuales
 - (1) Tipo mecánico
 - a. Revisar tirador, fuerza y longitud de tracción requerida
 - b. Operar y ajustar todos los aparatos
 - c. Revisar el ajuste de los conectores
 - d. Revisar el estado de los conductos
 - e. Revisar el estado y operación de las poleas de codo
 - (2) Tipo eléctrico
 - a. Probar el interruptor manual
 - b. Verificar que las tapas estén en su lugar
 - (3) Revisar los interruptores neumáticos
 - (4) Verificar la accesibilidad durante un incendio
 - (5) Separar los tiradores manuales principales y de reserva que requieren solamente una operación, para obtener descarga del gas, ya sea del suministro principal o de reserva
 - (6) Marcar e identificar claramente todos los interruptores manuales
 - (n) Tubería
 - (1) Revisar la seguridad; verificar que la tubería esté adecuadamente sostenida
 - (2) Revisar el estado; buscar cualquier corrosión
 - (o) Boquillas
 - (1) Revisar la orientación y el tamaño de los orificios; verificar que no se ha cambiado el diseño original
 - (2) Revisar la limpieza
 - (3) Revisar la seguridad
 - (4) Revisar los sellos donde sea necesario
 - (p) Envases
 - (1) Revisar condición física; buscar cualquier señal de corrosión
 - (2) Revisar el peso de los contenidos por los métodos aceptables para cada cilindro o tanque de baja presión (si los contenidos están más de 10 por ciento por debajo de la capacidad normal, se requiere volver a llenar. Debe verificarse la operación adecuada del medidor del nivel líquido).
 - (3) Revisar que los cilindros estén asegurados firmemente en su sitio
 - (4) Revisar la fecha de la prueba hidrostática
 - (5) Chequear la integridad y condición de los conectores de los cilindros
 - (6) Revisar las pesas y cables del sistema de disparadores mecánicos
 - (7) Mecanismos disparadores; verificar distribución y seguridad adecuadas
 - (8) Revisar los mecanismos disparadores explosivos; verificar fecha de reemplazo y estado
 - (q) Prueba

- (1) Efectuar las pruebas de descarga recomendadas cuando haya alguna duda sobre la efectividad del sistema
- (2) Efectuar la prueba completa de descarga recomendada cuando se requiera la prueba hidrostática del cilindro
 - (r) Restaurar todas las partes del sistema a su condición de servicio completa
 - (s) Dar el Certificado de Inspección al propietario

Se recomienda contratos regulares de servicio con el fabricante o compañía instaladora. El trabajo debe ser realizado por personal totalmente entrenado y que esté dedicado regularmente a prestar este servicio.

A-1-11.3.7 Según la naturaleza del peligro o condiciones ambientales, podría ser necesario hacer pruebas más frecuentes.

A-2-1 Desde el punto de vista del desempeño, el sistema de inundación total está diseñado para desarrollar una concentración de dióxido de carbono que extinga los incendios en materiales combustibles localizados en un espacio encerrado. Este sistema también debería mantener una concentración efectiva hasta que la temperatura máxima se haya reducido por debajo del punto de reignición.

Para muchos materiales puede ser necesario mantener una concentración de dióxido de carbono que permita el enfriamiento. Los ductos en lámina metálica que se puedan calentar rápida y sustancialmente son un ejemplo donde puede ser necesario mantener la concentración para enfriamiento.

La concentración de dióxido de carbono requerida dependerá del tipo de material combustible involucrado. Esto ha sido comprobado en la mayoría de los incendios de superficie, especialmente aquellos que involucran líquidos y gases. La mayor parte de esta información ha sido obtenida por la Agencia de Minas de los Estados Unidos. Para incendios profundos, la concentración crítica requerida para la extinción está menos definida y se ha establecido en general por medio de pruebas prácticas.

El volumen de dióxido de carbono requerido para desarrollar determinada concentración será mayor que el volumen final que queda en el espacio encerrado. En la mayoría de los casos el dióxido de carbono debería aplicarse de manera que promueva su mezcla progresiva en la atmósfera. La atmósfera desplazada sale espontáneamente del recinto cerrado a través de pequeñas aberturas o a través de respiraderos o desfogues especiales, a medida que se inyecta el dióxido de carbono. Por lo tanto, se perderá alguna cantidad de dióxido de carbono con la atmósfera ventilada. Esta pérdida se hace mayor a altas concentraciones. Este método de aplicación se conoce como inundación por "emisión libre".

Bajo las condiciones arriba indicadas el volumen de dióxido de carbono requerido para desarrollar determinada concentración en la atmósfera está expresado en las siguientes ecuaciones:

$$e^x = \frac{100}{100 - \% \text{ CO}_2}$$

o

$$X = 2.303 \log_{10} \frac{100}{100 - \% \text{ CO}_2}$$

donde:

X = volumen de dióxido de carbono agregado por volumen de espacio

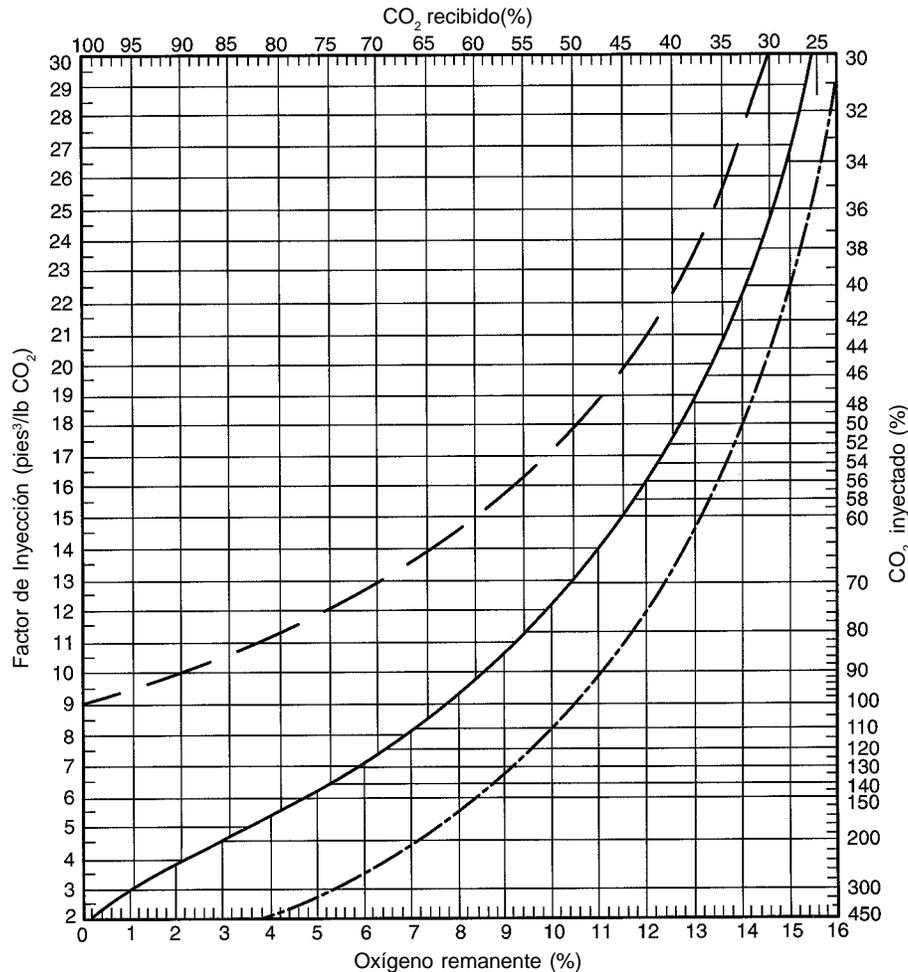
$$e = 2.718 \text{ (base de logaritmo natural)}$$

Se puede calcular el volumen de dióxido de carbono requerido para desarrollar una concentración determinada de la fórmula anterior. Esta cantidad de dióxido de carbono puede expresarse en términos de pies cúbicos de espacio protegido por libra de dióxido de carbono, o libras de dióxido de carbono por 100 pies³ (0.28 m³). Estos resultados han sido calculados y diagramados para consulta rápida.

Una de estas curvas se muestra en el Diagrama A-2-1 (a). En esta curva se asumió que el dióxido de carbono se expandiría a un volumen de 9 pies³/lb. (0.56 m³/kg.) a una temperatura de 86°F (30°C). Información similar se da también en el Diagrama A-2-1(b) en forma de nomograma. En este caso, se asumió que la temperatura final sería aproximadamente 50°F (10°C), dando un volumen de 8.35 pies³/lb. (0.52 m³/kg.) de dióxido de carbono. El nomograma indicará por lo tanto cantidades algo mayores de dióxido de carbono para la misma concentración. La información en los Capítulos 1 a 5 está basada en una expansión de 9 pies³/lb. (0.56 m³/kg.) de dióxido de carbono. Debe notarse que en algunos recintos cerrados bien aislados, tales como congeladores y cámaras de pruebas anecoicas, puede no ocurrir la vaporización completa y rápida del dióxido de carbono. Para casos inusuales como estos, debe consultarse al fabricante.

El tiempo requerido para enfriamiento por debajo del punto de reignición depende del tipo de incendio y el efecto aislador del material combustible. Para incendios de superficie, se puede asumir que el incendio se extinguirá casi tan pronto como se obtenga la concentración deseada. El recinto debería, naturalmente, retener una concentración razonable por algún tiempo después de que se haya inyectado el dióxido de carbono. Esto proporciona un factor de seguridad adicional. Para incendios profundos, la concentración debe mantenerse por un período más largo porque la materia caliente se enfriará lentamente. El tiempo de enfriamiento variará considerablemente, dependiendo de la naturaleza del material. Como el tiempo de enfriamiento tenderá a ser largo, es necesario prestar mucha atención al problema de mantener la concentración de extinción. Los incendios de superficie y los incendios profundos son por lo tanto básicamente diferentes y deben ser enfrentados con objetivos algo diferentes en mente.

GRAFICA A-2-1(a) Requisitos de dióxido de carbono para atmósferas inertes [basado en una expansión del dióxido de carbono de 9 pies³/lb. (0.56 m³/kg.)]. La curva superior (desplazamiento completo) y la curva inferior (no-emisión) son extremos teóricos diagramados con fines comparativos solamente. La curva del centro (emisión libre), es la curva a usarse, debe ser moderada por los factores de seguridad apropiados.



Para unidades SI, 1 pie³/lb = 0.0624 m³/kg.

Ejemplos de riesgos protegidos por sistemas de inundación total: cuartos, bóvedas, máquinas encerradas, ductos, hornos, contenedores y sus contenidos.

A-2-2.1.1 Donde se espera que dos o más riesgos sean involucrados simultáneamente en un incendio, por razón de su proximidad, cada peligro debe estar protegido, ya sea con un sistema individual, con una combinación arreglada para operar simultáneamente, o protegidos con un solo sistema que debería ser medido o valuado y preparado para descargar simultáneamente en todos los riesgos potencialmente involucrados.

A-2-2.1.2 Para incendios profundos, se debería evitar las aberturas a nivel bajo sin importar los requisitos de alivio para poder mantener la concentración por el tiempo necesario. Las aberturas de alivio bajo estas condiciones deberían estar tan altas dentro del recinto como sea posible.

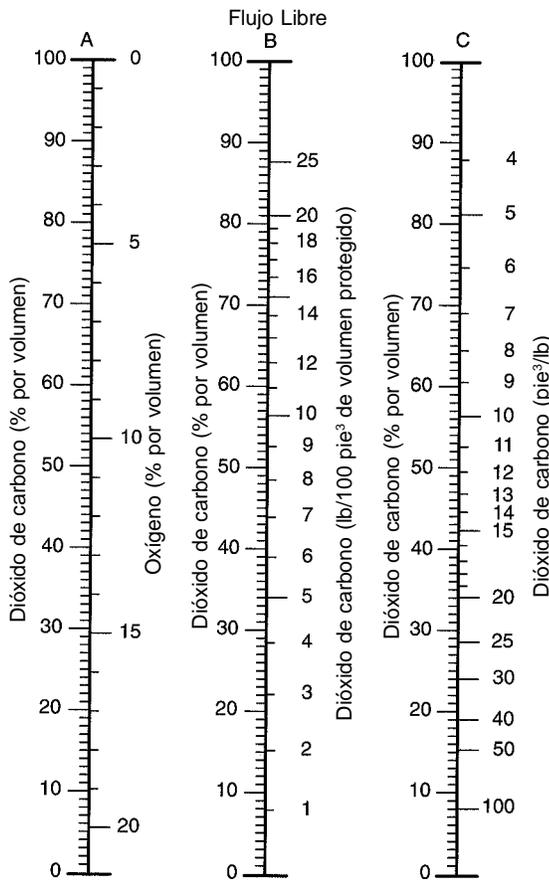
A-2-2.3 Prácticamente todos los riesgos que contienen materiales que producen incendios de superficie pueden contener cantidades variables de materiales que podrían producir incendios profundos. La selección adecuada del tipo de incendio a extinguir para el cual debería diseñarse el sistema es importante y, en muchos casos, requerirá un juicio sólido después de considerar cuidadosamente todos los diferentes factores involucrados.

Básicamente, esta decisión debe estar fundada en las respuestas a las siguientes preguntas:

(a) Se desarrollará un incendio profundo, considerando la velocidad de detección y la aplicación del sistema contemplado?

(b) Si se desarrolla el incendio profundo, será de naturaleza menor, serán las circunstancias tales que no causará la

GRAFICA A-2-1(b) Requisitos de dióxido de carbono para atmósferas inertes [basado en una expansión del dióxido de carbono de 8.35 pies³/lb. (0.52 m³/kg.)] La columna A muestra el contenido de oxígeno de las mezclas de aire y dióxido de carbono; la columna B muestra el peso del dióxido de carbono en las mezclas de aire y dióxido de carbono; y la columna C muestra los pies³/lb. de dióxido de carbono en las mezclas de aire y dióxido de carbono.



Para unidades SI, 1 lb/pie³ = 16.018 kg/m³; 1 pie³/lb = 0.0624 m³/kg.

reignición del material que produjo el incendio de superficie y pueden hacerse arreglos para apagarlo manualmente después de la descarga de dióxido de carbono, antes de que cause problemas?

(c) Los valores involucrados, o la importancia del equipo comprometido son tales que la protección extrema se justifica sin importar los costos extras de proveer un sistema para extinguir los incendios profundos?

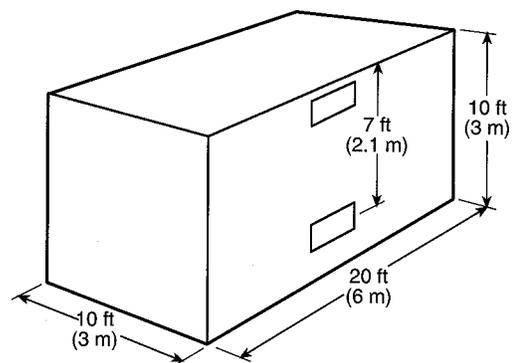
Se podrá ver que, con una remota posibilidad de que un incendio profundo cause problemas, hay muchos casos donde puede justificarse el asumir este riesgo remoto, y se puede seleccionar adecuadamente un sistema para extinguir incendios de superficie. Por ejemplo, los transformadores eléctricos y otros equipos eléctricos de aceite han sido comúnmente tratados como productores de incendios de superficie, aunque pue-

de haber el riesgo de que un núcleo recalentado produzca un incendio profundo en el aislamiento eléctrico. Por otro lado, la importancia de algunos equipos eléctricos para producción puede ser tal que se justifique tratar el riesgo como un incendio profundo.

Frecuentemente, la decisión involucrará la consulta con la autoridad competente y con el propietario y los ingenieros de la compañía que suministra el equipo. La comparación de costos entre un sistema diseñado para extinguir un incendio de superficie y uno diseñado para extinguir incendios profundos puede ser un factor decisivo. En todos los casos, es aconsejable que todas las partes interesadas estén totalmente conscientes de los riesgos involucrados si el sistema es diseñado para extinguir solamente incendios de superficie y de los costos adicionales que representa diseñar el sistema para extinguir incendios profundos.

A-2-3 Los requisitos dados en la Sección 2-3 tienen en cuenta los varios factores que podrían afectar el desempeño del sistema. La cuestión de limitación de aberturas sin cierre se encuentra frecuentemente y es difícil responder en términos precisos. Como los incendios de superficie son normalmente del tipo que puede ser extinguido con métodos de aplicación local, puede tomarse la decisión entre inundación total o aplicación local basándose en la cantidad de dióxido de carbono requerida. Esto se ilustra en los siguientes ejemplos para el encerramiento diagramado en la Gráfica A-2-3(a).

GRAFICA A-2-3(a) Diagrama de cerramiento para los Ejemplos 1 y 2.



Ejemplo 1

Volumen del espacio	2000 pies ³
Tipo de combustible	Gasolina
Aberturas de ventilación	
Salida de aire cerca del cielo raso	5 pies ²
Entrada de aire centrada a 7 pies debajo del cielo raso	5 pies ²
Concentración de diseño (ver Tabla 2-3.2.1)	34% CO ₂
Factor de volumen [ver Tabla 2-3.3(a)]	18 pies ³ /lb. CO ₂
Cantidad básica de CO ₂	$\frac{2000}{18} = 111 \text{ lbs.}$

Factor de conversión de material (ver 2-3-4): Como la concentración de diseño no es más de 34 por ciento, no se necesita conversión.

Condiciones especiales (ver 2-3.5): El dióxido de carbono se perderá a través de la abertura inferior cuando el aire entre por la abertura superior. Según la Gráfica A-2-3(b) la relación de pérdida será de 17 lb/min/pie² para una concentración de 34 por ciento a 7 pies.

Dióxido de carbono adicional para las aberturas (ver 2-3.5.1):

$$17 \times 5 = 85 \text{ lbs.}$$

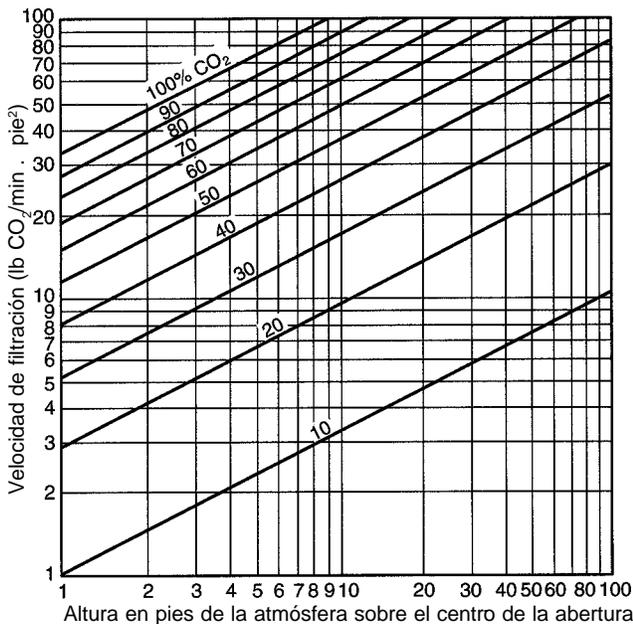
Total dióxido de carbono requerido:

$$111 + 85 = 196 \text{ lbs.}$$

Ejemplo 1 (unidades SI)

Volumen de espacio	54 m ³
Tipo de combustible	Gasolina
Aberturas de ventilación	
Salida de aire cerca al cielo raso	0.5 m ²
Entrada de aire centrada a 2.1 m debajo del cielo raso	0.5 m ²
Concentración de diseño (ver tabla 2-3.2.1)	34% CO ₂
Factor de volumen [ver Tabla 2-3.3(a)]	1.11 m ³ /kg CO ₂
Cantidad básica de CO ₂	$\frac{54}{1.11} = 48.6 \text{ Kg}$

GRAFICA A-2-3(b) Tasa de pérdida de CO₂ calculada basada en una temperatura supuesta de 70°F (21°C) dentro del recinto y 70°F (21°C) ambiente afuera.



Factor de conversión material (ver 2-3.4): Como la concentración de diseño no es mayor de 34 por ciento no es necesaria la conversión.

Condiciones especiales (ver 2-3.5): El dióxido de carbono se perderá a través de la abertura inferior mientras el aire entra por la abertura superior. Según la Gráfica A-2-3(b), la tasa de pérdida será de 85 kg./min/m² para una concentración de 34 por ciento, a 2.1m.

Dióxido de carbono adicional para las aberturas (ver 2-3.5.1):

$$85 \times 0.5 = 42.5 \text{ Kg}$$

Total dióxido de carbono requerido:

$$48.6 + 52.5 = 91.1 \text{ Kg}$$

Ejemplo 2

Volumen del espacio	2000 pies ³
Tipo de combustible	Gasolina
Aberturas de ventilación	
Salida de aire cerca del cielo raso	10 pies ²
Entrada de aire centrada a 7 pies debajo del cielo raso	10 pies ²
Concentración de diseño (ver Tabla 2-3.2.1)	34% CO ₂
Cantidad básica de CO ₂	$\frac{2000}{18} = 111 \text{ lbs.}$

Dióxido de carbono adicional para aberturas (ver 2-3.5.1):

$$17 \times 10 = 170 \text{ lbs.}$$

Total dióxido de carbono requerido:

$$111 + 170 = 281 \text{ lbs.}$$

Como la compensación excede los requisitos básicos de inundación (ver 2-2.1.1), referirse al Capítulo 3. Usando el método de capacidad por volumen, 3-5.3.1 indica que la capacidad de descarga puede ser reducida a no menos que 0.25 lbs/min · pie³ para las paredes reales que rodean completamente el recinto del peligro. Las aberturas pueden calcularse como un porcentaje del cerramiento de paredes para determinar la velocidad de descarga apropiada. El área total de abertura es 20 pies².

Area total de paredes:

$$(10 + 10 + 20 + 20) \times 10 = 600 \text{ pies}^2$$

Velocidad de descarga:

$$\frac{20}{600} \times (1 - 0.25) + 0.25 = 0.27 \text{ lbs./min. · pie}^3$$

Velocidad total de descarga:

$$0.27 \times 2000 = 540 \text{ lb./min.}$$

Cantidad de dióxido de carbono:

$$\frac{54}{1.11} = 270 \text{ lbs.}$$

La aplicación local requiere una descarga líquida por 30 segundos. En el caso de almacenamiento a alta presión, la cantidad de dióxido de carbono debe aumentarse en 40 por ciento (ver 3-3.1.1) para asegurar una descarga de líquido de 30 segundos. Cuando las aberturas se aumentan a 20 pies² cada una, las técnicas de aplicación local requerirán menos dióxido de carbono que la inundación total para almacenamiento, tanto a baja presión como a alta presión.

Ejemplo 2 (unidades SI)

Volumen de espacio	54 m ³
Tipo de combustible	Gasolina
Aberturas de ventilación	
Salida de aire cerca al cielo raso	1.0 m ²
Entrada de aire centrada a 2.1 m debajo del cielo raso	1.0 m ²
Concentración de diseño (ver tabla 2-3.2.1)	34% CO ₂
Cantidad básica de CO ₂	$\frac{54}{1.11} = 48.6 \text{ Kg}$

Dióxido de carbono adicional para las aberturas (ver 2-3.5.1):

$$85 \times 1.0 = 85 \text{ kg.}$$

Total dióxido de carbono requerido:

$$48.6 + 85 = 133.6 \text{ kg.}$$

Como la compensación excede los requisitos básicos de inundación (ver 2-2.1.1), referirse al Capítulo 3. Usando el método de capacidad por volumen, 3-5.3.1 indica que la capacidad de descarga puede ser reducida a no menos de 4 kg./min·m³ para las paredes reales que rodean completamente el recinto del peligro. Las aberturas se pueden calcular como un porcentaje del cerramiento de paredes para determinar la velocidad de descarga apropiada. El área total de aberturas es 2.0 m².

Area total de paredes:

$$(3 + 3 + 6 + 6) \times 3 = 54 \text{ m}^2$$

Capacidad de descarga:

$$\frac{20}{54} \times (16 - 4) + 4 = 4.4 \text{ kg./min} \cdot \text{m}^3$$

Capacidad total de descarga:

$$4.4 \times 54 = 237.6 \text{ kg/min} \cdot \text{m}^3$$

Cantidad de dióxido de carbono:

$$\frac{237.6}{1.11} = 118.8 \text{ Kg}$$

La aplicación local requiere una descarga líquida por 30 segundos. En el caso de almacenamiento a alta presión, la cantidad de dióxido de carbono debe aumentarse en 40 por ciento (ver 3-3.1.1) para asegurar una descarga de líquido de 30 segundos. Cuando las aberturas se aumentan a 2.0 m² cada una, las técnicas de aplicación local requerirán menos dióxido de carbono que la inundación total para almacenamiento, tanto a baja presión como a alta presión.

A-2-3.5.1 Donde la ventilación forzada no tiene importancia, la filtración de la mezcla de dióxido de carbono y aire de un recinto encerrado dependerá de uno o más de los siguientes parámetros:

(a) *Temperatura del Recinto.* El dióxido de carbono no se expandirá tanto a una temperatura baja y será más denso; por lo tanto, una cantidad mayor se filtrará si las aberturas están en la parte baja del recinto.

(b) *Volumen del Recinto.* El porcentaje del volumen total del dióxido de carbono perdido a través de cualquier abertura en un recinto pequeño será mucho mayor que aquel de la misma abertura en un recinto grande.

(c) *Desfogue o Alivio.* Generalmente es conveniente una abertura en o cerca del cielo raso para permitir la salida de los gases más livianos del recinto durante la descarga.

(d) *Localización de las Aberturas.* Como el dióxido de carbono es más pesado que el aire, podría haber muy poca o ninguna pérdida de dióxido de carbono en las aberturas cerca del cielo raso, mientras que la pérdida a nivel del piso podría ser sustancial.

A-2-3.5.3 Los peligros localizados en recintos que están normalmente a temperaturas sobre 200°F (93°C) pueden ser más susceptibles de reignición. Por lo tanto, se aconseja dióxido de carbono adicional para mantener las concentraciones de extinción por un período de tiempo más largo, permitiendo al material extinguido enfriarse y en consecuencia reducir las posibilidades de reignición cuando el gas se disipa.

A-2-3.5.7 Las pruebas han demostrado que puede ser necesario el dióxido de carbono aplicado directamente a la superficie líquida por medio de boquillas para aplicación local para proporcionar el enfriamiento necesario evitando la reignición después de terminada la descarga de dióxido de carbono.

A-2-4.1 Aunque no se tiene información específica de pruebas, está reconocido que ciertos tipos de incendio profundo pueden requerir tiempos de retención de más de 20 minutos.

A-2-4.2.1 Para mayor información, ver A-2-1.

Dependiendo de la combustibilidad, estos riesgos pueden no involucrar incendios profundos (ver 2-3.5.6)

A-2-5.2 Las ratas mínimas establecidas son consideradas adecuadas respectivamente para los incendios usuales de superfi-

cie o profundos. Sin embargo, donde la propagación del incendio pueda ser más rápida que lo normal para ese tipo de incendios, o donde estén involucrados grandes valores o maquinaria vital, pueden usarse, y en muchos casos deberían usarse, capacidades mayores, y donde el área de riesgo contenga material que produzca incendios tanto de superficie como profundos, la rata de aplicación debería ser por lo menos la mínima requerida para incendios de superficie. Habiendo elegido una velocidad adecuada para el riesgo, debería usarse las tablas e información que siguen en la norma, o aplicarse la técnica especial que se requiera para obtener la combinación adecuada de descarga de los envases, tubería de suministro, y tamaños de orificios que produzcan esta velocidad deseada.

El volumen de filtraciones de un recinto en ausencia de ventilación forzada depende principalmente de la diferencia en densidad entre la atmósfera dentro del recinto y el aire que rodea el recinto. La siguiente ecuación puede usarse para calcular el volumen de pérdida de dióxido de carbono, suponiendo que hay suficiente filtración en la parte superior del recinto para permitir la entrada libre de aire:

$$R = 60 C p A \sqrt{\frac{2_g(\rho_1 - \rho_2)h}{\rho_1}}$$

donde:

- R = volumen de CO_2 (lbs/min.)
- C = fracción de concentración de CO_2
- p = densidad de vapor de CO_2 (lb/pie³)
- A^* = área de abertura [pies² (coeficiente de caudal incluido)]
- g = constante de gravitación (32.2 pies²/seg.)
- P_1 = densidad de la atmósfera (lbs/pie³)
- P_2 = densidad del aire circundante (lbs/pie³)
- h = carga estática entre la abertura y la parte superior del recinto (pies)

Para unidades SI aplica la siguiente ecuación:

$$R = 60 C p A \sqrt{\frac{2_g(\rho_1 - \rho_2)h}{\rho_1}}$$

donde:

- R = Velocidad de CO_2 (kg/min.)
- C = fracción de concentración de CO_2
- p = densidad de vapor de CO_2 (kg/m³)
- A^* = área de abertura [m² (coeficiente de caudal incluido)]
- g = constante de gravitación (9.81 m/seg²)
- P_1 = densidad de la atmósfera (kg/m³)

P_2 = densidad del aire circundante (kg/m³)

h = carga estática entre la abertura y la parte superior del recinto (m)

Si hay aberturas en las paredes solamente, el área de las aberturas de paredes puede dividirse por 2 para los cálculos porque se supone que puede entrar aire fresco a través de la mitad de las aberturas y el gas protector saldrá a través de la otra mitad.

La gráfica A-2-3(b) puede usarse como guía para calcular las capacidades para sistemas prolongados de descarga. Las curvas se calcularon usando la ecuación anterior suponiendo una temperatura de 70°F (21°C) dentro y fuera del recinto. En un sistema real la temperatura interior será normalmente reducida por la descarga, aumentando así el volumen de pérdida. Debido a las muchas variables involucradas, podría necesitarse una prueba del sistema instalado para asegurar el desempeño adecuado.

Velocidad de Aplicación Prolongada. Donde la filtración es notable, debe alcanzarse rápidamente la concentración de diseño y mantenerse por un período de tiempo prolongado. El dióxido de carbono provisto para compensar la filtración debe aplicarse a una velocidad reducida. La velocidad prolongada de descarga debe ser suficiente para mantener la concentración mínima.

A-2-5.2.1 Normalmente el tiempo de descarga medido se considera como el tiempo cuando el aparato medidor empieza a registrar la presencia de dióxido de carbono hasta que se alcanza la concentración de diseño.

A-2-5.3 Para equipos eléctricos encerrados de recirculación, la cantidad de descarga inicial no debería ser menor de 1 lbs de gas por cada 10 pies³ (1.6 Kg/m³) de volumen encerrado hasta 2000 pies³ (56.6 m³). Para volúmenes grandes, debe usarse 1 lb. de gas por cada 12 pies³ (1.3 m³) o un mínimo de 200 lbs. (90.8 kg.). La Tabla A-2-5.3 puede usarse como guía para calcular la cantidad de gas necesario para que la descarga prolongada mantenga una concentración mínima de 30 por ciento durante el tiempo de desaceleración. La cantidad está basada en el volumen interno de la máquina y el tiempo de desaceleración, suponiendo una filtración promedio. Para máquinas con compuertas que no son de recirculación, añadir 35 por ciento a las cantidades indicadas en las Tablas A-2-5.3(a) y A-2-5.3(b) para protección de la descarga prolongada.

A-2-5.4.1 Los métodos disponibles para compensar por exposiciones a temperaturas incluyen la densidad de llenado reducida para altas temperaturas y super-presurización con nitrógeno combinada con densidad de llenado reducida para bajas temperaturas. Debe consultarse a los fabricantes para que den su consejo.

A-3-1 El sistema de aplicación local de dióxido de carbono está diseñado para aplicar dióxido de carbono directamente a un incendio que pueda ocurrir en un área o espacio que esen-

cialmente no tenga un cerramiento alrededor. Tales sistemas deberían ser diseñados para descargar dióxido de carbono al riesgo protegido de manera que cubra o rodee con dióxido de carbono todas las superficies incendiadas durante la operación del sistema.

La rata de flujo o caudal y tiempo de aplicación requeridos dependerá del tipo de material combustible involucrado, la naturaleza del peligro (sea ésta una superficie líquida como un tanque de inmersión o tanque enfriador o una maquinaria complicada como una máquina de imprimir, etc.) y la localización y espaciamento de las boquillas de dióxido de carbono con respecto al riesgo.

Los factores importantes a tenerse en cuenta en el diseño de un sistema de aplicación local son el caudal, y las limitaciones de altura y área de las boquillas usadas, la cantidad de dióxido de carbono necesaria y el sistema de tubería. Los siguientes pasos son necesarios para proyectar un sistema:

(a) Establecer el área de riesgo que se va a proteger. Para determinar esta área, es importante dibujar a escala el riesgo real mostrando todas las dimensiones y limitaciones en relación con la localización de las boquillas. Los límites del riesgo deberían ser claramente definidos para incluir todos los combustibles que pueden estar involucrados en el riesgo, y la posibilidad de mercancías u otras obstrucciones que pueden estar en o cerca del riesgo se deben estudiar cuidadosamente.

(b) Para boquillas elevadas, basado en las limitaciones de altura del riesgo a protegerse, diseñar las boquillas para cubrirlo usando varias boquillas dentro de las limitaciones de altura y área que están expresadas en los listados y aprobaciones de estas boquillas. Los límites de cobertura de área de una boquilla para determinada altura se definirán de la información de los listados, que está presentada de modo similar al que se muestra en la gráfica A-3-1(b). Al estudiar el área cubierta por determinada boquilla, es importante recordar que toda la cobertura de la boquilla está diseñada basándose en cuadrados aproximados. Omitir este paso para boquillas laterales de tanques o de tipo lineal.

(c) Basado en la altura de cada boquilla por encima del riesgo, determinar el caudal óptimo a la cual cada boquilla debería descargar para extinguir el riesgo protegido. Esto se podrá determinar por una curva como la que aparece en la Gráfica A-3-1(c) (1), que se darán en los listados o aprobaciones individuales de boquillas.

Para boquillas laterales de tanques o lineales, basado en la configuración del área de riesgo, diagramar las boquillas para cubrir el riesgo dentro de las limitaciones expresadas en los listados o aprobaciones. Basado en el espaciamento o cobertura del área, seleccionar una velocidad de caudal apropiada de una curva de listado o aprobación como la que se muestra en las Gráficas A-3-1(c) (2) y A-3-1(c) (3). Omitir este paso para las boquillas de tipo elevado.

Tabla A-2-5.3(a) Protección de Descarga Prolongada para Equipos Eléctricos Rotatorios de Recirculación Encerrados (Pies Cúbicos Protegidos durante el Tiempo de Desaceleración)

lb (CO ₂)	Tiempo (minutos)							
	5	10	15	20	30	40	50	60
100	1,200	1,000	800	600	500	400	300	200
150	1,800	1,500	1,200	1,000	750	600	500	400
200	2,400	1,950	1,600	1,300	1,000	850	650	500
250	3,300	2,450	2,000	1,650	1,300	1,050	800	600
300	4,600	3,100	2,400	2,000	1,650	1,300	1,000	700
350	6,100	4,100	3,000	2,500	2,000	1,650	1,200	900
400	7,700	5,400	3,800	3,150	2,500	2,000	1,600	1,200
450	9,250	6,800	4,900	4,000	3,100	2,600	2,100	1,600
500	10,800	8,100	6,100	5,000	3,900	3,300	2,800	2,200
550	12,300	9,500	7,400	6,100	4,900	4,200	3,600	3,100
600	13,900	10,900	8,600	7,200	6,000	5,200	4,500	3,900
650	15,400	12,300	9,850	8,300	7,050	6,200	5,500	4,800
700	16,900	13,600	11,100	9,400	8,100	7,200	6,400	5,600
750	18,500	15,000	12,350	10,500	9,150	8,200	7,300	6,500
800	20,000	16,400	13,600	11,600	10,200	9,200	8,200	7,300
850	21,500	17,750	14,850	12,700	11,300	10,200	9,100	8,100
900	23,000	19,100	16,100	13,800	12,350	11,200	10,050	9,000
950	24,600	20,500	17,350	14,900	13,400	12,200	11,000	9,800
1,000	26,100	21,900	18,600	16,000	14,500	13,200	11,900	10,700
1,050	27,600	23,300	19,900	17,100	15,600	14,200	12,850	11,500
1,100	29,100	24,600	21,050	18,200	16,600	15,200	13,750	12,400
1,150	30,600	26,000	22,300	19,300	17,700	16,200	14,700	13,200
1,200	32,200	27,300	23,550	20,400	18,800	17,200	15,600	14,100
1,250	33,700	28,700	24,800	21,500	19,850	18,200	16,500	14,900
1,300	35,300	30,100	26,050	22,650	20,900	19,200	17,450	15,800
1,350	36,800	31,400	27,300	23,750	22,000	20,200	18,400	16,650
1,400	38,400	32,800	28,550	24,900	23,100	21,200	19,350	17,500
1,450	39,900	34,200	29,800	26,000	24,200	22,200	20,300	18,350
1,500	41,400	35,600	31,050	27,100	25,250	23,200	21,200	19,200

Tabla A-2-5.3(b) Descarga Prolongada para Equipos Eléctricos Rotatorios de Recirculación Encerrados (Metros Cúbicos Protegidos durante el Tiempo de Desaceleración) (Unidades SI)

kg (CO ₂)	Tiempo (minutos)							
	5	10	15	20	30	40	50	60
45.4	34.0	28.3	22.6	17.0	14.2	11.3	8.5	5.7
68.1	50.9	42.5	34.0	28.3	21.2	17.0	14.2	11.3
90.8	67.9	55.2	45.3	36.8	28.3	24.1	18.4	14.2
113.5	93.4	69.3	56.6	46.7	36.8	29.7	22.6	17.0
136.2	130.2	87.7	67.9	56.6	46.7	36.8	28.3	19.8
158.9	172.6	116.0	84.9	70.8	56.6	46.7	34.0	25.5
181.6	217.9	152.8	107.5	89.1	70.8	56.6	45.3	34.0
204.3	261.8	192.4	138.7	113.2	87.7	73.6	59.4	45.3
227.0	305.6	229.2	172.6	141.5	110.4	93.4	79.2	62.3
249.7	348.1	268.9	209.4	172.6	138.7	118.9	101.9	87.7
272.4	393.4	308.5	243.4	203.8	169.8	147.2	127.4	110.4
295.1	435.8	348.1	278.8	234.9	199.5	175.5	155.7	135.8
317.8	478.3	384.9	314.1	266.0	229.2	203.8	181.1	158.5
340.5	523.6	424.5	349.5	297.2	258.9	232.1	206.6	184.0
363.2	586.0	464.1	384.9	328.3	288.7	260.4	232.1	206.6
385.9	608.4	502.3	420.3	359.4	319.8	288.7	257.5	229.2
408.6	650.9	540.5	455.6	390.5	349.5	317.0	284.4	254.7
431.3	696.2	580.2	491.0	421.7	379.2	345.3	311.3	277.3
454.0	738.6	619.8	526.4	452.8	410.4	373.6	336.8	302.8
476.7	781.1	659.4	563.2	483.9	441.5	401.9	363.7	325.5
499.4	823.5	696.2	595.7	515.1	469.8	430.2	389.1	350.9
522.1	866.0	735.8	631.1	546.2	500.9	458.5	416.0	373.6
544.8	911.3	772.6	666.5	577.3	532.0	486.8	441.5	399.0
567.5	953.7	812.2	701.8	609.4	561.8	515.1	467.0	421.7
590.2	999.0	851.8	737.2	641.0	591.5	543.4	493.8	447.1
612.9	1041.4	888.6	772.6	672.1	622.6	571.7	520.7	471.2
635.6	1086.7	928.2	808.0	704.7	653.7	600.0	547.6	495.3
658.3	1129.2	967.9	843.3	735.8	684.9	628.3	574.5	519.3
681.0	1171.6	1007.5	878.7	766.9	713.2	656.6	600.0	543.4

(d) Defina el tiempo de descarga para el riesgo. Este será siempre un mínimo de 30 segundos pero puede ser más largo, dependiendo de factores como la naturaleza del material en el área de riesgo y la posibilidad de que algunos puntos calientes puedan requerir enfriamiento más largo.

(e) Sume los flujos o caudales de las boquillas individuales para determinar la velocidad de caudal total y multiplique esto por la duración de la descarga para determinar la cantidad total de dióxido de carbono necesaria para proteger el riesgo. Multiplique esta cifra por 1.4 (para sistemas de alta presión) para obtener la capacidad total de los cilindros de almacenamiento.

(f) Localice el tanque de almacenamiento o los cilindros y proyecte la tubería para conectar las boquillas y los envases de almacenamiento.

(g) Empezando desde los cilindros de almacenamiento, calcular la caída de presión a través de la tubería del sistema hasta cada boquilla para obtener la presión terminal en cada boquilla (*ver A-1-10.5*). Asegúrese de dar un margen para longitudes equivalentes de tubería para varias conexiones y componentes del sistema. Las longitudes equivalentes de los componentes del sistema se encontrarán en las aprobaciones y listados individuales de estos componentes. Suponga condicio-

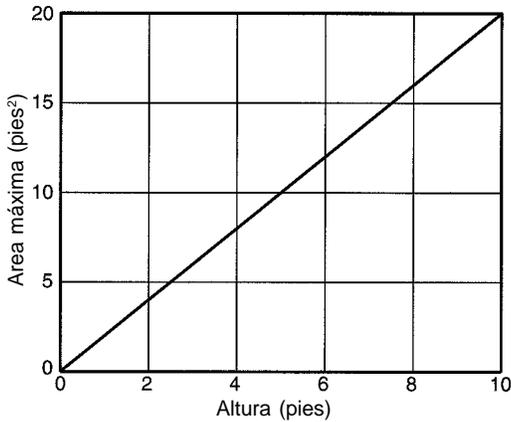
nes de almacenamiento de 750 psia (5171 kPa) para almacenamiento a alta presión y 300 psia (2068 kPa) para almacenamiento a baja presión de dióxido de carbono. Para el proyecto inicial será necesario suponer los tamaños de la tubería en varios puntos del sistema. Después de revisar los cálculos para determinar las presiones de las boquillas, podría ser necesario ajustar estos tamaños de las tuberías para obtener presiones de boquilla mayores o menores y así poder obtener el caudal adecuado.

(h) Basado en las presiones en boquillas del Paso (g) y las tasas de flujo o caudal de las boquillas individuales del Paso (c), seleccionar el orificio equivalente que esté más cerca al área que produzca el flujo de diseño utilizando las tablas 1-10.4.4, 1-10.5.2 y 1-10.5.3 de esta norma.

A-3-1.2 Los ejemplos de riesgos que son protegidos con sistemas de aplicación local incluyen tanques de inmersión, tanques de temple, cabinas de rociado, transformadores eléctricos de aceite, desfuegos de vapor, talleres de laminación, talleres de imprenta, etc.

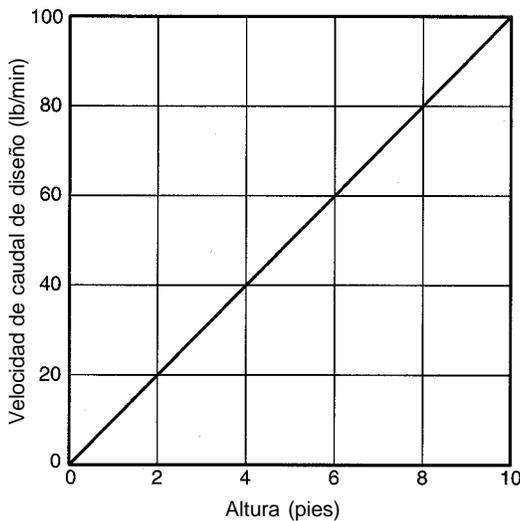
A-3-3.1 Para calcular la cantidad total de dióxido de carbono requerida para un sistema de aplicación local, se debe sumar la tasa de flujo o caudal total de todas las boquillas para obtener el caudal para la protección del riesgo particular. Este flujo debe multiplicarse por el tiempo de descarga.

GRAFICA A-3-1(b) Curva de listado o aprobación de una boquilla típica mostrando el área máxima versus altura o distancia de la superficie líquida.



Para unidades SI, 1 pie = 0.305 m; 1 pie² = 0.0929 m²

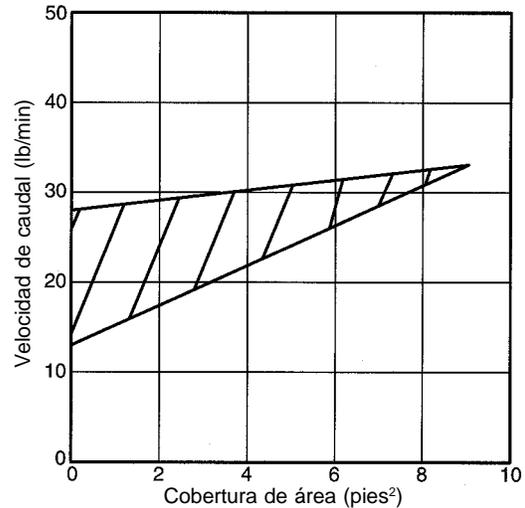
GRAFICA A-3-1(c) (1) Curva de listado o aprobación de una boquilla típica mostrando la velocidad de caudal de diseño versus altura o distancia de la superficie líquida.



Para unidades SI, 1 pie = 0.305 m; 1 lb/min = 0.454 kg/min

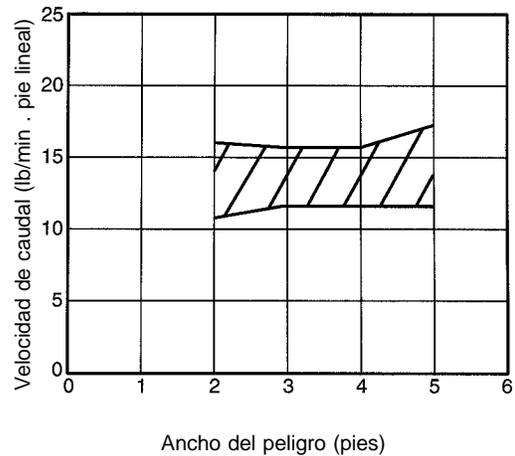
A-3-3.1.1 Estos cilindros están normalmente clasificados en capacidades nominales de 50 lb., 75 lb. y 100 lb. (22.7 Kg, 34.1 Kg y 45.4 Kg) de dióxido de carbono. Cuando los cilindros son llenados con dióxido de carbono a una densidad normal de llenado no mayor de 68 por ciento, una parte de la descarga de los cilindros será dióxido de carbono líquido y el resto será vapor de CO₂. Para efectos de diseño, la descarga de vapor es considerada inefectiva para la extinción de un incendio. Se ha comprobado que la cantidad de dióxido de carbono que es descargada de la boquilla como dióxido de carbono líquido varía de 70 a 75 por ciento de la cantidad total de dióxido de carbono contenida en el cilindro, y por lo tanto es neces-

GRAFICA A-3-1(c) (2) Curva de listado o aprobación de una boquilla típica lateral en tanque mostrando la rata de flujo o caudal versus cobertura de área.



Para unidades SI, 1 pie² = 0.0929 m²; 1 lb/min = 0.454 kg/min

GRAFICA A-3-1(c) (3) Curva de listado o aprobación de una boquilla típica lineal mostrando la rata de flujo o caudal versus ancho del riesgo.



Para unidades SI, 1 pie² = 0.0929 m²; 1 lb/min = 0.454 kg/min

rio aumentar la capacidad nominal del cilindro para determinado sistema en 40 por ciento para compensar la porción de vapor del dióxido de carbono. Por ejemplo, un cilindro de 50 lb. (22.7 Kg) se puede esperar que descargue entre 35 lb. y 37.5 lb. (15.9 Kg y 17.0 Kg) de dióxido de carbono como líquido que es parte de la descarga efectiva para la extinción del incendio.

A-3-3.1.2 Cuando el dióxido de carbono líquido fluye a través de una tubería tibia, el líquido se evaporará rápidamente hasta que la tubería se haya enfriando hasta la temperatura de saturación del dióxido de carbono. La cantidad de dióxido de

carbónico líquido evaporado de esta manera depende de la cantidad total de calor que debería eliminarse de la tubería y el calor de evaporación latente del dióxido de carbono. Para el dióxido de carbono de alta presión el calor de evaporación latente será aproximadamente 64 Btu/lb (149 kJ/kg), y para dióxido de carbono de baja presión el calor de evaporación latente será más o menos 120 Btu/lb (279 kJ/kg).

La cantidad de calor a eliminarse de la tubería es el producto del peso de la tubería por el calor específico del metal por el cambio promedio de temperatura de la tubería. Para tubería de acero el calor específico promedio será aproximadamente 0.11 Btu/lb·°F (0.46 kJ/kg·K) de cambio de temperatura. El cambio de temperatura promedio será la diferencia entre la temperatura al principio de la descarga y la temperatura promedio del líquido que fluye a través de la tubería. Para dióxido de carbono de alta presión, la temperatura promedio del líquido en la tubería puede tomarse como 60°F (16°C). Para dióxido de carbono de baja presión, la temperatura promedio puede tomarse como -5°F (-21°C). Estas temperaturas naturalmente variarían algo de acuerdo con las presiones promedio de las boquillas; sin embargo, tales pequeños ajustes no afectarían sustancialmente los resultados. La siguiente ecuación puede usarse para calcular la cantidad de dióxido de carbono evaporada en la tubería:

$$W = \frac{wC_p(T_1 - T_2)}{H}$$

donde:

- W = CO₂ evaporado (lbs)
- w = peso de la tubería (lbs)
- C_p = calor específico del metal en el tubo [Btu/lb·°F (0.11 para el acero)]
- T₁ = temperatura promedio del tubo antes de la descarga (°F)
- T₂ = temperatura promedio del CO₂ (°F)
- H = calor latente de evaporación del CO₂ líquido (Btu/lb)

Para unidades SI, se aplica la siguiente ecuación:

$$W = \frac{wC_p(T_1 - T_2)}{H}$$

donde:

- W = CO₂ evaporado (kgs)
- w = peso de la tubería (kgs)
- C_p = calor específico del metal en el tubo [kJ/kg · K (0.46 para el acero)]
- T₁ = temperatura promedio del tubo antes de la descarga (°C)
- T₂ = temperatura promedio del CO₂ (°C)
- H = calor latente de evaporación del CO₂ líquido (kJ/kg)

A-3-3.3 Como las pruebas efectuadas en los listados o aprobaciones de boquillas de dióxido de carbono requerirán que los incendios se extingan dentro de un límite de tiempo máximo de 20 segundos, se ha establecido una duración mínima de 30 segundos para esta norma. Este tiempo extra permite un factor de seguridad para condiciones que pueden ser impredecibles. Es importante reconocer que este tiempo de descarga es un mínimo y que condiciones como altas temperaturas y el enfriamiento de superficies inusualmente calientes dentro del área de riesgo pueden requerir un aumento en el tiempo de descarga para asegurar la extinción completa y efectiva.

A-3-3.3.2 La temperatura máxima de un combustible líquido incendiado está limitada por su punto de ebullición donde el enfriamiento por la evaporación iguala la absorción de calor. En la mayoría de los líquidos la temperatura de auto ignición es mucho más alta que la temperatura de ebullición de manera que la reignición después de la extinción puede ser causada únicamente por una fuente externa de ignición. Sin embargo, unos pocos líquidos singulares tienen temperaturas de auto ignición que son mucho más bajas que sus temperaturas de ebullición. Los aceites comunes de cocinar y la cera de parafina derretida tienen esta propiedad. Para evitar la reignición de estos materiales es necesario mantener la atmósfera de extinción hasta que el combustible se haya enfriado por debajo de su temperatura de auto ignición. Un tiempo de descarga de 3 minutos es adecuado para unidades pequeñas, pero podría necesitarse un tiempo más largo para unidades de capacidad mayor.

A-3-4.2.1 En los listados o aprobaciones individuales de boquillas elevadas se realizan pruebas para determinar la rata óptima de flujo o caudal de diseño a la cual debe usarse la boquilla para la altura a la cual está instalada sobre la superficie del líquido. Las pruebas se realizan de la siguiente manera:

(a) Se realizan pruebas de incendio para boquillas elevadas para desarrollar una curva que indique la rata de flujo o caudal máximo a la cual puede ser usada la boquilla a diferentes alturas. La prueba a varias alturas establece una curva de salpique, que puede ser trazada como una función de línea recta de altura versus velocidad de caudal. En la conducción de estas pruebas, los caudales usados se calculan sobre la base de condiciones de almacenamiento de alta presión de 70°F (21°C) [presión promedio de 750 psia (5171 kPa)] y condiciones de almacenamiento de baja presión de 0°F (-18°C) [300 psia (2068 kPa)]. En el caso de las pruebas de alta presión, las pruebas de incendio se realizaron con los cilindros acondicionados a una temperatura de 120°F (49°C), lo cual da un poco mayor que el flujo calculado.

(b) Siguiendo la A-3-4.2.1(a), se supone un caudal mínimo para varias alturas a un caudal calculado que es el 75 por ciento del flujo máximo previamente establecida. De nuevo, se puede trazar una curva de línea recta de caudal versus altura.

(c) Siguiendo la A-3-4.2.1(b), se realizan pruebas en las que el área del incendio se varía para determinar el área máxima que puede ser extinguida por una boquilla particular a diferentes alturas cuando se aplica a un caudal igual a 75 por ciento del flujo o caudal máximo. En la conducción de estas pruebas para cilindros de almacenamiento a alta presión, los caudales para los diferentes incendios se calculan basados a una temperatura de almacenamiento de 70°F (21°C) [750 psia (5171 kPa)] y los cilindros de prueba son acondicionados a una temperatura de 32°F (0°C).

(d) De la información en A-3-4.2.1(a) hasta A-3-4.2.1(c), se han trazado dos curvas. La primera es una curva de flujo versus altura, y la segunda es una curva de área versus altura. El trazo final de la curva de flujo a caudal versus altura muestra una sola curva establecida a un caudal que es el 90 por ciento del flujo de caudal máximo. Entonces es posible utilizar esta boquilla para varias alturas al caudal de diseño indicada por esta curva, o un caudal un poco mayor o menor que esta curva para permitir diferencias entre los flujos calculados y las reales. En las gráficas A-2-1(a) y A-2-1(b) se muestran curvas típicas.

Como estas curvas están desarrolladas sobre la base de pruebas de incendio utilizando cuencos cuadrados, es importante recordar que la cobertura de área para boquillas a diferentes alturas mostrada por la segunda curva debería ser basada en áreas cuadradas aproximadas. También es importante recordar que estas dos curvas representan las limitaciones de cobertura de una sola boquilla.

En sistemas de boquillas múltiples, estas limitaciones se usan para la parte del área de riesgo cubierta por cada boquilla individual.

A-3-4.2.2 Para boquillas al lado de tanques o lineales, se conducen pruebas de incendio para desarrollar curvas relacionando los caudales máximos y mínimos a las cuales puede usarse la boquilla en el área de incendio que la boquilla es capaz de extinguir, con limitaciones adicionales relacionadas con el ancho máximo del área de riesgo y los requisitos de espaciamiento entre boquillas y la distancia hasta la esquina más cercana al riesgo. En estas pruebas, las boquillas están normalmente instaladas a una distancia de 6 pulgadas (152 mm) sobre la superficie líquida, eliminando por lo tanto el parámetro de altura. Estas pruebas se realizan de la siguiente manera.

Se montan boquillas sencillas o múltiples en la orilla de bandejas cuadradas o rectangulares. En las pruebas de boquillas múltiples, las boquillas se montan en un lado o en dos lados opuestos. Se realizan pruebas con diferentes tamaños de bandejas con varias disposiciones de espacio para establecer la velocidad máxima de la curva de salpique, que puede ser trazada como una función del caudal versus área cubierta o ancho del riesgo. Siguiendo este paso, se determina con una serie similar de pruebas la rata de flujo o caudal mínimo para

varias áreas o condiciones de ancho del riesgo (con otras limitaciones apropiadas de espaciamiento).

Para todas estas pruebas, los flujos se calculan basados en una temperatura de almacenamiento de 0°F (-18°C) para sistemas de baja presión [presión promedio de 300 psia (2068 kPa)] o 70°F (21°C) de temperatura de almacenamiento para sistemas de almacenamiento a alta presión [presión promedio de 750 psia (5171 kPa)]. En sistemas de alta presión, la temperatura de almacenamiento real puede variar entre 120°F (49°C) y 32°F (0°C). Por esta razón las pruebas de flujo máximo o flujo de salpique se hacen usando cilindros de almacenamiento acondicionados a 120°F (49°C), lo cual da un caudal un poco más alto que la rata calculada. Las pruebas de caudal mínimo se hacen usando cilindros de almacenamiento acondicionados a 32°F (0°C), lo cual da un flujo o caudal un poco más bajo que la rata calculada.

De la información desarrollada en estas pruebas, se grafica la rata de flujo versus cobertura de área o ancho del riesgo con la curva máxima o de salpique reducida por un factor de 10 por ciento y la velocidad mínima aumentada por un factor de 15 por ciento. La Gráfica A-3-1(c) (2) muestra una curva típica para una boquilla de lado del tanque y la Gráfica A-3-1(c) (3) muestra una curva para una boquilla lineal.

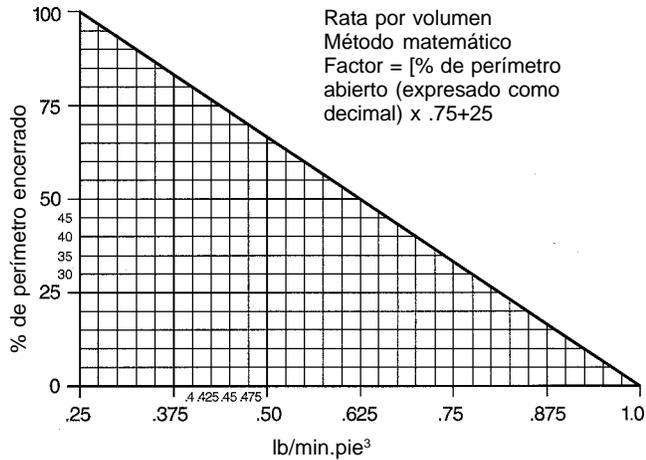
A-3-4.3.4 Para pruebas de listado y aprobación, las boquillas elevadas para aplicación local de dióxido de carbono se prueban en dos incendios de bandejas bi-dimensionales. (*Ver A-3-4.2.1*). Algunas boquillas tienen una excelente área de cobertura cuando se usan en esos incendios “planos”. Aunque el cono real de descarga puede chocar directamente sobre una pequeña área del incendio, el dióxido de carbono puede fluir lejos del área real de impacto y cubrir efectivamente un área mucho más grande de la bandeja incendiada.

Si la superficie sobre la cual golpea la descarga de dióxido de carbono es muy irregular, es posible que la descarga de la boquilla no pudiera cubrir efectivamente todas las partes del riesgo. Si las boquillas que se usan tienen pequeñas áreas de impacto comparadas con sus áreas listadas de cobertura, podrían ser necesarias boquillas adicionales para cubrir completamente los objetos de forma irregular. Donde hay que cubrir estos riesgos de forma irregular, el diseñador debe verificar que el número, tipo y localización de las boquillas sean suficientes para obtener cobertura completa de las superficies del riesgo. La verificación de la cobertura de las boquillas de aplicación local es parte importante de la prueba de descarga.

A-3-5.3.1 La Gráfica A-3-5.3.1 muestra la reducción de caudal permitida en 3-5.3.1.

A-3-6.2.1 Donde las temperaturas de un almacenamiento de alta presión pueden caer por debajo de 32°F (0°C) o elevarse sobre 120°F (49°C), podría ser necesario incorporar características especiales en el sistema para asegurar los caudales apropiados.

Gráfica A-3-5.3.1 Reducción de flujo o caudal de cerramientos parciales según 3-5-3-1



A-4-1.1 Puede tenerse un suministro separado de dióxido de carbono para uso de las mangueras de mano o se puede llevar el dióxido de carbono por tuberías desde una unidad central de almacenamiento que puede estar alimentando varias líneas de mangueras o sistemas manuales fijos o automáticos. (Ver 1-9.1.1)

A-4-5.4.2 Pueden utilizarse válvulas de extracción o aparatos similares para reducir la demora en obtener la descarga de líquido en sistemas de baja presión.

A-5-1.2 Pueden usarse sistemas de tubería vertical y de suministro móvil para complementar sistemas fijos completos de protección de incendios o se pueden usar solos para la protección de riesgos específicos como sigue:

- (1) Usar un suministro móvil como reserva para complementar un suministro fijo.
- (2) También puede dotarse el suministro móvil con líneas de mangueras de mano para la protección de riesgos diseminados.

A-6-1.1 La NFPA 12, incluyendo este capítulo tiene por objeto su uso como documento único para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas marítimos de dióxido de carbono. El Capítulo 6 se añadió en 1999 para ocuparse de las instalaciones marítimas. Tiene por objeto que se use en lugar de otras normas como la 46 CFR 119, "Instalaciones de Maquinaria".

A-6-1.2.2 Los ejemplos incluyen espacios conteniendo máquinas usadas para propulsión, máquinas que mueven generadores eléctricos, estaciones de llenado de aceite, bombas de carga, o maquinaria para calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.

A-6-1.2.3 Los sistemas de dióxido de carbono no son recomendables para espacios en vehículos que sean accesibles para los pasajeros.

A-6-2.3.2 Excepto para los espacios protegidos muy pequeños mencionados en la excepción de 6-2.3.1, es el propósito de esta norma requerir dos acciones manuales separadas para causar la descarga de un sistema marítimo. La provisión de un control separado activado manualmente para cada una de las válvulas de control de descarga requeridas por 6-2.3.1 cumple este propósito. Este requisito es una excepción a la "operación manual normal" definida en 1-8.1(b).

A-6-2.3.3 Para sistemas de dióxido de carbono de alta presión, el control manual de emergencia para el suministro es el accionador manual en el (los) cilindro(s) piloto(s).

A-6-2.3.5 Debería suministrarse suficiente dióxido de carbono para impulsar las alarmas a su presión nominal por el tiempo requerido.

A-6-2.5.1 Los puntos bajos de la tubería de dióxido de carbono que también son usados por el sistema de detección por muestreo de aire serían un ejemplo en donde se necesitarían drenajes.

A-6-2.6(b) Los incendios en espacios de carga no pueden ser completamente extinguidos por la descarga de dióxido de carbono. Que el incendio sea completamente extinguido o solamente sofocado dependerá de un número de factores incluyendo el tipo y cantidad de material incendiado. Es posible alguna filtración de atmósfera enriquecida con dióxido de carbono desde la bodega de carga. Por lo tanto, puede necesitarse descarga adicional de dióxido de carbono de manera intermitente para mantener la extinción del incendio en la bodega de carga hasta que la embarcación llegue a puerto. Una vez en puerto, antes de abrir la bodega de carga, una brigada de incendio debidamente equipada y entrenada debería estar en el sitio para efectuar la extinción completa del material incendiado.

Anexo B Ejemplos de Protección de Riesgos

Este anexo no es parte de los requisitos de este documento de la NFPA pero se incluye con fines informativos solamente.

El siguiente material anexo se da para mostrar ejemplos típicos de cómo varios riesgos de incendio se pueden proteger con sistemas fijos de extinción de dióxido de carbono. Debe anotarse que los métodos descritos no deben interpretarse como los únicos que se pueden usar. Estos tienen por objeto ayudar solamente en interpretar y profundizar sobre el propósito de la norma cuando pudiera existir interrogantes sobre la aplicación apropiada.

B-1 Calderas de Procesamiento Industrial o Comercial con Grasa (Aceite Caliente). Las grandes freidoras profundas que se usan para cocinar continuamente productos alimenticios como carne, pescado, bocadillos, etc., presentan un riesgo de incendio que requiere especial atención al diseñar el sistema de extinción de dióxido de carbono para protegerlas.

Si el aceite de cocina se recalienta, puede alcanzar su temperatura de auto ignición antes de que hierva. Por lo tanto, un

incendio que involucra vapores de aceite de cocina puede prenderse de nuevo después de la descarga inicial de dióxido de carbono debido a la alta temperatura del aceite caliente en la marmita, a menos que el aceite se enfríe por debajo de la temperatura de ignición. El diseño de ahorro de energía de las marmitas modernas hace que el proceso de enfriamiento sea lento.

La disposición del equipo que se va a proteger es una consideración primordial para el diseño apropiado del sistema.

Primero que todo, el uso de la caldera puede involucrar calentamiento externo del aceite con la recirculación del aceite por la marmita. Esto se puede considerar como una exposición mutua. (Ver 3-2.1)

Segundo, algunas marmitas están diseñadas de manera que la campana de humos y el transportador puedan ser levantados y bajados por un sistema hidráulico. Los fluidos hidráulicos compatibles con los alimentos compatibles usados que presentan otra área de protección y se pueden considerar una exposición mutua. (Ver 3-2.1)

Tercero, puede ser que la operación de alta producción tenga un sistema de descarga que incluya un sistema de remoción de vapor. Esto debería considerarse parte del riesgo. (Ver 3-2.1)

El tablán de desagüe, cuando se somete a goteo de aceite al extremo de salida de transportador, debería estar cubierto. (Ver 3-2.1)

Finalmente, la marmita presenta el área más grande a protegerse y la necesidad más grande de enfriamiento adecuado.

B-1.1 Resumen de la Protección. La siguiente es una referencia rápida del criterio de protección para el diseño del sistema.

B-1.1.1 Marmita. Cuando la marmita tiene una cubierta móvil, no está permitida la inundación total.

B-1.1.2 Cerramiento Permanente. La aplicación local debe diseñarse con la cubierta en posición totalmente “arriba”.

B-1.1.3 Tablán de Escurrir. Es apropiado un sistema de aplicación local utilizando el método de valuación según la Sección 3-4.

B-1.1.4 Sistema de Descarga y Remoción de Vapores. Es apropiada la inundación total diseñada a una concentración de 65 por ciento, según 2-4.2.1.

B-1.1.5 Calentador Externo de Aceite. Es apropiado el sistema de aplicación local para el equipo de recirculación y filtros utilizando el método de valuación por área (ver Sección 3-4) o el método de valuación por volumen (ver Sección 3-5) dependiendo de la configuración del equipo.

B-1.1.6 Sistema Hidráulico de Aceite. Es apropiado el sistema de aplicación local utilizando el método de valuación por área (ver Sección 3-4) o valuación por volumen (ver Sección 3-5), dependiendo de la configuración del equipo.

Como la marmita requiere una descarga de CO₂ líquido de 3 minutos (ver 3-3.3.2), el diseño del sistema de dióxido de carbono puede incorporar dos sistemas de tubería de descarga: uno para la marmita y uno para el resto de riesgos expuestos entre sí.

B-1.1.7 Apagado (Shutdown) del Equipo (ver 1-8.3.8). También debe tenerse en cuenta la seguridad personal (ver Sección 1-6) cuando se está diseñando el sistema.

B-2 Campanas de Estufas, Ductos Conectados y Riesgos Asociados en Restaurantes. La protección de las campanas de estufas y conductos de cocina se obtiene con una combinación de sistemas de inundación total y aplicación local. El bajante del conducto o chimenea y el área del pleno sobre los filtros pueden protegerse con inundación total. La parte bajo la superficie de los filtros y cualquier riesgo especial como freidoras profundas de aceite pueden protegerse con aplicación local. Podría necesitarse extender la protección de aplicación local a las superficies revestidas bajo de las campanas y superficies de las estufas si hay riesgo de acumulación de grasa de la campana o en los ductos durante un incendio.

En la protección del ducto con el factor de inundación recomendado de 1 lb/8pies³ (2kg/m³) de volumen de ducto, se considera esencial un regulador de tiro ya sea en la parte superior o inferior, con provisiones para cierre automático al comienzo de la descarga de dióxido de carbono. Para ductos que se elevan a alturas mayores a 20 pies (6.1 m) o tramos horizontales mayores a 50 pies (15.3 m), el gas se introduce en puntos intermedios para asegurar una distribución apropiada. Con un regulador de tiro en la parte superior del bajante debería instalarse una boquilla inmediatamente debajo, con boquillas adicionales instaladas arriba si el tramo del ducto se extiende más allá del regulador de tiro. Normalmente se requiere una boquilla en el área de pleno.

Se deben proveer boquillas para cubrir la parte inferior de los filtros y para descargar por 30 segundos sobre la superficie revestida a la rata especificada en 3-4.3.5. En lugar de eso, la cantidad de dióxido de carbono requerida y las ratas de aplicación pueden determinarse usando boquillas o métodos especiales que sean aprobados o listados para este propósito. Si la parte inferior de la campana está encerrada en su mayor parte por un deflector o colector de aceite, la protección puede ser dada por el método de inundación total usando un factor de 8 pies³/lb. (0.50 m³/kg.) y compensado por el área periférica (ver 2-3.5)

Las cantidades para la protección de freidoras profundas u otros riesgos específicos, o ambos, debajo de la campana deben ser considerarse como adicionales a los requisitos anteriores. Todos los riesgos que desfogan a través de un ducto común deben protegerse simultáneamente.

Se requiere detección de incendios y activación automática del sistema para espacios ocultos por encima del filtro y en el sistema del ducto. También se debe proveer detectores debajo de los filtros sobre cualquier freidora profunda.

Pueden ser aceptables la detección visual y la activación manual (*ver 1-8.3.4*) para partes expuestas del riesgo; sin embargo, la activación ya sea por medios automáticos o manuales debería descargar el sistema completo. Debe prestarse atención especial al seleccionar los detectores de calor, teniendo en cuenta el nivel de temperatura normal de operación y las condiciones de aumento de temperatura de la estufa.

La activación del sistema debería cerrar automáticamente los reguladores de tiro, cerrar los abanicos de ventilación forzada, y cerrar la válvula principal del combustible o interruptor de energía de todo el equipo de cocina asociado con la campana. Estos deberían ser del tipo que requiere reposición manual. (*Ver 1-8.3.8*)

Además del mantenimiento normal del sistema, debe tenerse cuidado especial para mantener los detectores de calor y boquillas de descarga limpias de acumulación de grasa. Generalmente, se requieren sellos o tapas para mantener los orificios de las boquillas libres de obstrucciones.

Para información adicional, ver NFPA 96, "Norma para Control de Ventilación y Protección contra Incendios de las Operaciones de Cocina Comercial".

B-3 Impresión de Periódicos y Prensas de Rotograbado.

Las prensas para periódicos, rotograbado y similares constituyen un riesgo sustancial debido al uso de solventes altamente inflamables en las tintas, presencia de recortes de papel o polvo saturados de tinta, lubricantes, etc. Además, de las unidades de prensa, puede haber ductos de extracción, equipo para mezclar tintas, y riesgos eléctricos asociados que requieran protección. Las prensas de rotograbado usan más tintas inflamables que las prensas de impresión de periódicos y están equipadas con tambores secadores calientes y otros medios de secado que constituyen un riesgo grave. Sin embargo, el método de protección básica para prensas de rotograbado y periódicos es el mismo.

Las prensas están generalmente organizadas en filas (líneas) con dobladoras intercaladas. El papel puede moverse por las unidades de prensa hacia la dobladora desde cualquier lado de la dobladora. Las chispas de electricidad estáticas son una fuente común de ignición. La propagación de las llamas puede ser desde las prensas a las dobladoras o de éstas a las prensas.

Las prensas están "abiertas" o "cerradas", dependiendo de si se usa protectores o cubiertas contra el vapor. Con las prensas de tipo abierto, generalmente se requiere un sistema de ventilación por aspiración en la disposición de las prensas para eliminar el vapor de la tinta, y este sistema de aspiración requiere protección simultánea.

Los cuartos de prensa pueden ser protegidos por sistemas de inundación total; sin embargo, se usan generalmente siste-

mas de aplicación local. Aunque las líneas y unidades individuales de prensas constituyen una serie de riesgos expuestos entre sí, la subdivisión por líneas o agrupación adecuada dentro de las líneas es una práctica común por razones económicas. Los ductos de ventilación, cuartos de almacenamiento de tintas, y cuartos de control se manejan generalmente por métodos de inundación total.

Se puede proteger líneas completas de prensas por métodos de aplicación local. Una línea de prensas se puede subdividir en grupos. En todos los casos, los sistemas deben ser capaces de dar protección automática simultánea e independiente a los grupos adyacentes de otras líneas y también a los grupos de la misma línea a los cuales pudiera propagarse el incendio. La protección debe estar diseñada de manera que, si ocurre un incendio cerca de la confluencia de grupos adyacentes, los sistemas que protegen ambos grupos se descarguen simultáneamente.

En grupos individuales de prensas, la rata de aplicación de dióxido de carbono puede basarse ya sea en el método de área o de volumen. (*Ver Secciones 3-4 y 3-5*)

Si se usa el método de área para las prensas, el área se basa en el largo total de los rodillos incluyendo los bastidores o armazones finales, y en la altura total del bajante del rodillo incluyendo el depósito de tinta. Deben incluirse ambos lados de los bajantes del rodillo. Las planchas de color también se deben calcular similarmente. Donde se usan depósitos de tinta exteriores, la protección se basa en el área horizontal del depósito. También debe protegerse el área del piso bajo la prensa. En prensas de rotograbado, los secadores y los ductos de conexión se protegen por inundación a 1 lb/8 pies³ (2 kg/m³) del volumen que se descargará en 30 segundos. Cuando se usa el método de área para determinar la cantidad de dióxido de carbono requerida para las dobladoras, el dióxido de carbono debería aplicarse tanto desde el lado de accionamiento como del lado de operación a dos niveles. Cada boquilla cubrirá un área de 4 pies (1.2 m) de ancho por 4 pies (1.2m) de altura.

Cuando se usa el método de valuación por volumen, el grupo completo de prensas a protegerse como una sección puede considerarse como un volumen. No es necesario añadir 2 pies (0.6 m) a los lados de cada prensa cuando el bastidor constituye una barrera natural. Puede incluirse una sola dobladora en este volumen; sin embargo, una dobladora de doble cubierta requerirá un bloque adicional de volumen para incluir la cubierta superior.

Las boquillas deberían estar situadas cubriendo las superficies revestidas; sin embargo, puede no ser posible el posicionamiento exacto de acuerdo a los listados o aprobaciones. Las boquillas deben estar localizadas para descargar desde ambos extremos de los rodillos de las prensas para mantener el dióxido de carbono dentro del volumen de la prensa. Lo mismo se aplica a las dobladoras. La protección debe distribuirse de manera que sea efectiva cuando los protectores de llovizna o niebla estén en su lugar o se hayan quitado.

La cantidad de dióxido de carbono requerido para un solo grupo se basa en la descarga a la velocidad calculada para 30 segundos. El suministro de reserva debería ser suficiente por lo menos para proteger todos los grupos adyacentes que pudieran involucrarse, incluyendo una reserva para el grupo en el cual se origina el incendio. En sistemas de alta presión, se puede usar un solo banco de reserva como reserva para varios bancos principales; sin embargo, el banco principal de un grupo no se puede usar como reserva para otro grupo a menos que esté específicamente aprobado por la autoridad competente.

Todos los sistemas deberían estar distribuidos para activación automática con medios de activación manual auxiliar. Por lo menos un detector de calor debería situarse en o por encima de cada unidad de prensa y dobladora, dependiendo del diseño de la unidad particular.

Debido a la vibración inherente asociada a las prensas, se debe prestar particular atención a los medios de montaje para eliminar el daño por vibración a las tuberías o cableados del sistema de detección.

La detección inmediata es especialmente importante en la protección por grupos para evitar la propagación del incendio más allá del grupo afectado. Debido a la necesidad de detección rápida para evitar la extensión del incendio los grupos adyacentes o la operación de detectores adyacentes, o ambas, el sistema de detección debe utilizar detectores de "actuación rápida" del tipo rata de aumento o rata compensada.

Es esencial el cierre completo de las prensas, ventilación, bombas y fuentes de calor simultáneamente con la operación del sistema.

Las alarmas audibles en la sala de prensas y en cualquier sótano, foso, o niveles inferiores donde pueda fluir el dióxido de carbono deberían sonar simultáneamente con la operación del sistema. (Ver A-1-6)

Además del mantenimiento normal del sistema, debe tenerse especial cuidado en asegurar la continuidad de la localización y alineación adecuadas de las boquillas durante los procedimientos de mantenimiento normal de las prensas. También debe prestarse atención especial a los efectos de la vibración de las prensas sobre los accionadores de calor y la tubería o cableado de conexión.

B-4 Fosos Abiertos. Los fosos abiertos hasta de 4 pies (1.2m) de profundidad o hasta una profundidad igual a una cuarta parte de su ancho, la que sea mayor, deben protegerse en base a la aplicación local. El área a tenerse en cuenta para determinar la cantidad de dióxido de carbono será el área total del piso del foso menos cualquier área cubierta por un tanque protegido simultáneamente u otro equipo para el cual la cantidad se calcula separadamente. Las boquillas se sitúan de manera que proporcionen cobertura del área protegida de acuerdo con la información de los listados o aprobaciones. Podría ser necesario por lo tanto situar boquillas adicionales en el centro del foso.

Los fosos abiertos que excedan 4 pies (1.2 m) de profundidad o de profundidad igual a un cuarto de su ancho, la que sea mayor, pueden protegerse basado en el área usando una rata de descarga de 4 lbs/min·pie² (19.5 Kg/min·m²) de área de piso y un tiempo de descarga de 30 segundos. Las boquillas pueden situarse alrededor de los lados del foso de manera que apliquen el dióxido de carbono uniformemente desde todos los lados. Debe tenerse cuidado en usar el número adecuado de boquillas que tengan suficiente proyección para que alcancen las áreas del centro de los fosos grandes. Alternativamente, podría ser preferible localizar algunas de las boquillas de manera tal que descarguen directamente sobre los equipos que requieren protección en los fosos, tales como bombas, motores, u otros ítems importantes. Los tanques de inmersión abiertos deben protegerse separadamente por aplicación local, especialmente donde la superficie del líquido sea menor a 4 pies (1.2m) o 1/4 del ancho del foso desde la parte abierta del foso. Las áreas de estos tanques protegidas separadamente que estén completamente dentro del foso pueden deducirse del área del foso. Los objetos que se extiendan por encima de la parte superior del foso deben protegerse usando los métodos de área de superficie o de cerramiento supuesto.

Si la parte superior del foso está parcialmente cubierta de manera que el área abierta sea menos del 3 por ciento del volumen de pies cúbicos expresado en pies cuadrados, la cantidad de dióxido de carbono requerida se puede determinar basado en la inundación total, usando una cantidad adicional de gas para compensación de fugas igual a 1 lb/pie² (5 kg/m²) para el área abierta.

Para los fosos que exceden la limitación de profundidad mínima especificada, las boquillas de descarga deberían estar situadas a un nivel de dos tercios sobre el piso, siempre y cuando no se exceda la rata de descarga versus el factor de distancia, de manera que no haya peligro de salpicar algún líquido que pueda estar presente. En cualquier caso, es preferible mantener las boquillas por debajo de la parte superior abierta para minimizar el arrastre de aire hacia abajo dentro del foso. Si el foso excede los 20 pies (6.1 m) de profundidad es aconsejable localizar las boquillas un poco por encima de dos tercios del nivel del piso para conseguir la mezcla adecuada dentro del foso. Cuando se calcula la cantidad de dióxido de carbono basado en las técnicas normales de inundación total, la boquilla debería tener suficiente velocidad y efectos de turbulencia para llenar completamente el volumen del foso con una atmósfera completamente mezclada de dióxido de carbono y aire.

B-5 Debajo de Pisos Elevados. El uso de sistemas de extinción de incendios de dióxido de carbono de inundación total para protección debajo de los pisos (pisos falsos) que se encuentran típicamente en salas de computación y tipos similares de instalaciones eléctricas, ha sido práctica común durante varias décadas.

La experiencia ha demostrado que hay un problema potencial de fugas excesivas, asociado con la protección debajo del

piso, que puede atribuirse a la combinación de baldosas de piso perforadas y turbulencia de la descarga. Por lo tanto es importante diseñar el sistema para compensar las fugas y proveer una descarga suave para minimizar la turbulencia. Se debería consultar al fabricante del sistema para instrucciones detalladas.

Como el dióxido de carbono es más pesado que el aire, tenderá a permanecer atrapado y podría presentar un riesgo para el personal que entra debajo del piso para realizar trabajos después del incendio. Después de la descarga del sistema será necesario extraer completamente el gas de CO₂ acumulado bajo el piso después de que se ha extinguido el incendio.

Además, si se realiza cualquier servicio o mantenimiento debajo del piso, el sistema de dióxido de carbono debe cerrarse para evitar descargas.

Anexo C Publicaciones Mencionadas

C-1 Los siguientes documentos o parte de ellos se mencionan dentro de esta norma con fines informativos solamente y por lo tanto no se consideran parte de los requisitos de esta norma a menos que también estén relacionados en el Capítulo 7. La edición indicada aquí para cada referencia es la edición corriente en la fecha de publicación de esta norma por la NFPA.

C-1.1 Publicaciones de la NFPA. National Fire Protection Association, 1 Battery march Park, P. O.Box 9101, Quincy, MA 02269-9101.

NFPA 10, “Norma para Extintores de Incendio Portátiles”, edición 1998.

NFPA 69, “Norma Sobre Sistemas de Prevención de Explosiones”, edición 1997.

NFPA 72, “Código Nacional de Alarmas de Incendio”, edición 1999.

NFPA 77, “Prácticas Recomendadas en Electricidad Estática”, edición 1993.

NFPA 96, “Norma para Control de Ventilación y Protección de Incendios de Operaciones de Cocina Comercial”, edición 1998.

NFPA 101®, “Código de Seguridad de Vida”®, edición 2000.

C-1.2 Otras Publicaciones.

C-1.2.1 Publicación de la ANSI. American National Standards Institute, Inc., 11 West 42nd Street, 13th Floor, New York, NY 10036.

ANSI B31, 1M “Código de Tuberías de Energía”, 1989.

C-1.2.2 Publicación del HEW. Department of Health and Human Services, National Institute of Safety and Health, Robert A. Taft Laboratory, 4676 Columbia Pkway., Cincinnati, OH 45226.

Publicación HEW (NIOSH) 76-194, “Criterio para la Norma Recomendada sobre Exposición Ocupacional al Dióxido de Carbono”.

C-1.2.3 Publicaciones del Gobiernos de Estados Unidos. U. S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.

Título 46, “Código de Regulaciones Federales”, Parte 119, “Instalaciones de Maquinaria.”

Título 49 DOT, “Código de Regulaciones Federales”, Partes 171-190.

Pruebas	1-7.4 (a)	Sistemas Marinos	Cap. 6
Rata de	3-3.2	Actuación	6-2.3, A-6-2.3.2, A-6-2.3.5
Descripciones	3-1.1	Almacenamiento de Dióxido de Carbono	6-2.4
Especificación de los Riesgos		Definición	6-1.2.5
Información General	3-1, A-3-1	Diseño	6-2.6, A-6-2.6(b)
Requerimientos de Dióxido de Carbono	3-3, A-3-3.1, A-3-3.3	Inspección y Mantenimiento	6-3
Requerimientos Generales	3-1.3	Instrucciones de Operación	6-2.2
Requerimientos de Seguridad	3-1.4	Tubería e Instrumentos	6-2, A-6-2
Sistemas de Distribución	3-6, A-3-6.2.1	Sistemas Prediseñados (Definición)	1-3.16, A-1-3.16
Usos	3-1.2, A-3-1.2	Suministro Móvil, Requerimientos	<i>Ver Sistemas Tubería Vertical</i>
Sistemas de Inundación Local	2-5.5	Supervisión de Sistemas	1-8.4
Sistemas de Inundación Total	Cap. 2		
Definiciones	1-3-17	T	
Descripción	2-1.1	Tubería y Accesorios	
Especificaciones de Riesgos	2-2, A-2-2	Disposición e Instalaciones	1-10.1 a 1-10.2, A-1-10.1 a A-1-10.2
Factores de Conversión de Materiales	2-3.4	Hermeticidad	A-1-7.3
Fuegos, Tipos de	2-2.3, A-2-2.3	Inspecciones	1-7.3(a), A-1-7.3
Prueba de Descarga	1-7.4(b)	Sistemas de Aplicación Local	3-6.2, A-3-6.2.1
Requerimientos de Dióxido de Carbono		Sistemas de Inundación Total	2-5.4, A-2-5.4.1
Para Fuegos Profundos	2-4, A-2-4.1, A-2-4, 2-1	Sistemas Marítimos	6-2.5, A-6-2.5.1
Para Fuegos Superficiales	2-3, A-2-3	Tamaño de	1-10.5, A-1-10.5, Tablas A-1-10.5(a) a (g)
Requerimientos Generales	2-1.3		
Sistema de Distribución	2-5, A-2-5.2 a A-2-5.4	U	
Usos	2-1.2, A-2-2.3	Uso de Sistemas	1-5.3, A-1-5.2 a A-1-5.2.3
Sistemas de Especificación ... <i>Vea Especificación de Riesgos</i>			
Sistemas de Operación y Control	1-8, A-1-8	V	
Sistemas Marinos	6-2.2 a 6-2.3, A-6-2.3.2 a A-6-2.3.5	Válvulas	1-10.3
Sistemas de Tubería Vertical y Suministro Móvil ... Cap. 5,		Vehículos, Espacios	
A-5-1.2		Definición	
Definiciones	1-3-13	Válvulas de Corte, Sistemas con	6-3.2.1.1
Descripción	5-1.1	Venteos	
Entrenamiento	5-5	Alivio de emergencia	2-6.2
Especificación de Riesgos	5-2	Sistema de Inundación Total	2-6
Requerimientos de Suministro Móvil	5-4	Ventilación	
Requerimientos de Tubería Vertical	5-3	Sistemas Marinos	
Requerimientos Generales	5-1.3	Parada	6-3.3
Usos	5-1.2, A-5-1.2	Sistemas de Inundación Total	6-2.2