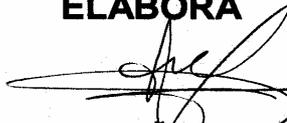


| | |
|--|---|
| Número de Documento NRF-102-PEMEX-2005 |  COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS |
| 12 - MAYO - 2005 | |
| PAGINA 1 DE 50 | SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN |

SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN A BASE DE BIÓXIDO DE CARBONO

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA



ING. INDOLFO PEÑALOZA TORRES
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE



DR. TOMÁS LIMÓN HERNÁNDEZ
VICEPRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA



ING. VÍCTOR RAGASOL BARBEY

PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

México, D. F., a de 14 de mayo de 2005

| CAPÍTULO | CONTENIDO | PÁGINA |
|-------------|---|--------|
| 0. | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1. | OBJETIVO | 4 |
| 2. | ALCANCE..... | 5 |
| 3. | CAMPO DE APLICACIÓN | 5 |
| 4. | ACTUALIZACIÓN | 5 |
| 5. | REFERENCIAS | 5 |
| 6. | DEFINICIONES | 6 |
| 7. | SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS..... | 7 |
| 8. | DESARROLLO | 8 |
| 8.1 | Generalidades de los sistemas de extinción | 8 |
| 8.2 | Requisitos generales de diseño | 11 |
| 8.3 | Requisitos particulares de diseño..... | 19 |
| 8.3.1 | Sistemas de inundación total..... | 19 |
| 8.3.2 | Sistemas de aplicación local..... | 27 |
| 8.4 | Sistemas de manguera..... | 30 |
| 8.5 | Sistemas para uso marino | 31 |
| 8.6 | Instalación..... | 32 |
| 8.7 | Inspección..... | 34 |
| 8.8 | Pruebas | 37 |
| 8.9 | Entrega - recepción de los sistemas | 39 |
| 8.10 | Información mínima que el contratista debe entregar a Pemex..... | 39 |
| 9. | RESPONSABILIDADES..... | 41 |
| 10. | CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES | 41 |
| 11. | BIBLIOGRAFÍA | 41 |
| 12. | ANEXOS | 43 |
| 12.1 | Presentación de documentos equivalentes..... | 43 |
| 12.2 | Figuras, tablas y gráficas..... | 44 |
| Figura A-1 | Instalación típica de almacenamiento de alta presión..... | 44 |
| Figura A-2 | Localización de boquillas..... | 44 |
| Tabla A-1 | Valores de Y y Z para una presión inicial de almacenamiento de 750 psia..... | 45 |
| Gráfica A-1 | Caída de presión en la tubería a una presión de almacenamiento de 5 171 kPa (750 psia)..... | 46 |
| Tabla A-2 | Valores de $D^{1.25}$ y D^2 para varios tamaños (diámetros) de tubería..... | 47 |
| Tabla A-3 | Longitud equivalente en pies para accesorios de tubería roscada | 47 |
| Tabla A-4 | Longitud equivalente en pies de tubería para accesorios soldables | 48 |
| Tabla A-5 | Factores de corrección por elevación para sistemas de alta presión..... | 48 |
| Tabla A-6a | Protección de descarga prolongada para equipo eléctrico de recirculación rotatorio encabinado (pies cúbicos de protección por tiempo de desaceleración)..... | 49 |
| Tabla A-6b | Descarga prolongada para equipo eléctrico de recirculación encabinado (metros cúbicos protegidos por tiempo de desaceleración)..... | 50 |

0. INTRODUCCIÓN.

De las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, se encuentra el diseño, instalación, pruebas y operación de los sistemas de protección contra incendio de las instalaciones para la extracción, recolección, almacenamiento, medición, transporte y procesamiento de hidrocarburos.

Por consiguiente los contratistas y proveedores que construyan y suministren sistemas de extinción de fuego a base de bióxido de carbono de alta presión, deben cumplir, con lo establecido en este documento, el cual debe formar parte integral de los contratos correspondientes.

La presente norma de referencia no exenta a los contratistas y proveedores de dar cumplimiento a las regulaciones nacionales e internacionales en la materia.

Este documento se realizó en atención y cumplimiento a:

Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su reglamento.

Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y su reglamento.

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su reglamento.

CNPMOS-001 Guía para la Emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (26.julio.2001).

En la elaboración de esta norma de referencia participaron:

Petróleos Mexicanos.

Pemex Exploración y Producción.

Pemex Petroquímica

Pemex Gas y Petroquímica Básica.

Pemex Refinación.

Instituto Mexicano del Petróleo.

National Fire Equipos, S.A. de C.V.

Kidde de México, S. A. de C.V.

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos mínimos de calidad para la contratación o adquisición del diseño e instalación de sistemas fijos de extinción de fuego, a base de bióxido de carbono.

2. ALCANCE.

La presente norma de referencia cubre los requisitos de diseño, instalación, inspección y pruebas de funcionamiento en sitio para el desempeño seguro y eficiente de los sistemas fijos de extinción a base de bióxido de carbono de inundación total, aplicación local, sistemas de aplicación con mangueras, requeridos en instalaciones terrestres, costa afuera, y embarcaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. No aplica en los casos indicados en 8.1.7.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios en las adquisiciones, arrendamientos, o contrataciones para el diseño e instalación de sistemas fijos de extinción a base de bióxido de carbono, para la seguridad de las instalaciones terrestres o marinas. Por lo tanto, debe ser incluida en los procedimientos de adquisición y/o contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas, o por adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

4. ACTUALIZACIÓN.

Esta norma se debe revisar y actualizar por lo menos cada cinco años, o antes si las sugerencias de cambio o recomendaciones lo ameritan. Las sugerencias para la revisión y modificación de la presente norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Exploración y Producción, quien debe programar y realizar la actualización de la norma de ser procedentes las modificaciones, y en su caso, a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, inscribirla en el programa anual de normalización de Pemex.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Pemex Exploración y Producción.

Subcomité Técnico de Normalización.

Bahía de Ballenas N° 5, Edificio "D" PB.

Col. Verónica Anzures, México D.F. C.P. 11300

Teléfono directo: 19-44-92-86, conmutador: 19-44-25-00, extensión 3-80-80, fax: 3-26-54

Correo electrónico: mpachecop@pep.pemex.com

5. REFERENCIAS.

- 5.1** NOM-002-STPS-2000.- Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

- 5.2 NOM-008-SCFI-2002,- Sistema General de Unidades de Medida.
- 5.3 NOM-025-SCT4-1995.- Detección, Identificación, prevención y sistemas contraincendio para embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos de alto riesgo.
- 5.4 NOM-026-STPS-1998,- Colores y Señales de Seguridad e Higiene, e Identificación de Riesgos por Fluidos Conducidos en Tuberías.
- 5.5 NRF- 011-PEMEX-2002.- Sistemas Automáticos de Alarma por Detección de Fuego y/o por Atmósferas Riesgosas (SAFAAR).
- 5.6 NRF-019-PEMEX-2001.- Sistemas de Protección Contraincendio en Cuartos de Control que contienen Equipo Electrónico.
- 5.7 NRF-028-PEMEX-2004.- Diseño y Construcción de Recipientes a Presión.
- 5.8 NRF-036-PEMEX-2003.- Clasificación de Areas Peligrosas para la Selección de Equipo Eléctrico.

6. DEFINICIONES.

- 6.1 **Alarmas.** Es un dispositivo que provee una indicación, señal audible o visual la cual es capaz de generar un estado de alerta y de acción inmediata (ver 6.1 de la NRF-011-PEMEX-2002).
- 6.2 **Alta presión.** Indica que el bióxido de carbono está almacenado en recipientes a presión a una temperatura ambiente de 21 °C (70 °F), a esta temperatura en este tipo de almacenamiento la presión es de 5 860 kPa (850 psi).
- 6.3 **Bióxido de carbono.** Es un gas inerte, incoloro, inodoro.
- 6.4 **Equivalente:** Es aquel documento que no sea Norma Oficial Mexicana (NOM), Norma Mexicana (NMX), Norma Internacional (ISO o IEC), que demuestre cumplir como mínimo con los requisitos y/o características físicas, químicas, mecánicas o de cualquier naturaleza que establece el documento normativo citado en esta Norma de Referencia.
- 6.5 **Espacios eléctricos libres.** Es el espacio libre entre equipos mecánicos y/o eléctricos, incluyendo tubería y boquillas y componentes eléctricos vivos no aislados o sin protección de otros con menos potencial de tierra.
- 6.6 **Espacios para carga.** Es un espacio para el transporte o almacenamiento de artículos o productos que son transportados por barco.
- 6.7 **Espacios para equipo eléctrico.** Es un espacio que contiene equipo para propulsión eléctrica, generación de energía o distribución de energía.
- 6.8 **Espacios para maquinaria.** Es un espacio que contiene equipo mecánico para manejo, bombeo, o transferencia de líquidos combustibles o inflamables, como gasolina o diesel.

6.9 Memoria descriptiva. Documento en el cual se deben indicar las razones de porque fueron seleccionados los criterios para determinar el tipo de protección que se va a utilizar en el área de riesgo correspondiente.

6.10 NBA (BIL). Nivel básico de aislamiento (Basic Insulation Level). Es el valor en kilovoltios de la cresta que se tiene en la prueba completa del impulso de la onda.

6.11 Sistema de aplicación local. Es un sistema el cual consiste de un suministro de agente extinguidor, que lleva a cabo la descarga del agente directamente sobre el material que se esta quemando.

6.12 Sistema de inundación total. Es un sistema fijo diseñado para descargar un volumen de agente extinguidor y llenar, con la concentración adecuada, el espacio de riesgo o alrededor del riesgo.

6.13 Sistema estacionario de manguera. Es un equipo de accionamiento manual que consta de boquilla, manguera y carrete conectado a un banco de cilindros.

6.14 Sistemas para uso marino. Son los sistemas instalados en barcos, barcazas, plataformas costa-afuera, botes con motor.

6.15 Válvula de corte. Es una válvula operada manualmente, ubicada en la tubería de descarga entre las boquillas y los tanques o cilindros de bióxido de carbono, la cual se puede colocar en posición cerrada para cortar y con ello prevenir el flujo de bióxido de carbono hacia el área protegida.

7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.

| | | |
|-----------------|---|---|
| CO ₂ | = | bióxido de carbono |
| D | = | diámetro interior real de la tubería (en pulgadas) |
| dB | = | Decibeles |
| K | = | temperatura termodinámica Kelvin |
| kPa | = | kilo Pascales |
| L | = | longitud equivalente de la tubería (en pies) |
| N | = | Newtons |
| Q | = | valor del flujo en lb/min (kg/min) |
| ANSI | = | Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standard Institute) |
| CGA | = | Asociación para el Gas Comprimido (Compressed Gas Association). |
| CSA | = | Asociación de Estándares Canadiense (Canadian Standard Association). |
| EMA | = | Entidad Mexicana de Acreditación |
| FM | = | Asociación Mutualista de Compañías de Seguros (Factory Mutual). |
| IEEE | = | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electric and Electronic Engineers). |
| NBA | = | Nivel Básico de Aislamiento (BIL = Basic Insulation Level). |
| NEC | = | Código Nacional Eléctrico (National Electric Code). |
| SCADA | = | Sistema de Adquisición de Datos y Control Supervisorio. |
| SNMM | = | Sobre el Nivel Medio del Mar |
| UL | = | Laboratorios para empresas aseguradoras (Laboratories Underwriters) |

8. DESARROLLO.

8.1 Generalidades de los sistemas de extinción.

8.1.1 Sistemas de inundación total.

8.1.1.1 Descripción. Un sistema de inundación total, consiste de un suministro fijo de bióxido de carbono permanentemente conectado a un sistema de tubería, con boquillas fijas para descargar el bióxido de carbono en un espacio cerrado o confinado alrededor del riesgo (para el cálculo de este sistema ver 8.3).

8.1.1.2 Usos. Este tipo de sistema, se debe usar en riesgos enclaustrados, para mantener la concentración requerida de bióxido de carbono durante el tiempo requerido, para asegurar la extinción del incendio. Los tipos de incendios que se pueden extinguir mediante este sistema, son los superficiales y los profundamente arraigados (ver 8.1.4 a y b).

8.1.2 Sistemas de aplicación local.

8.1.2.1 Descripción. Un sistema de aplicación local consiste de un suministro fijo de bióxido de carbono conectado permanentemente a un sistema de tubería, con boquillas direccionadas para descargar directamente sobre el área de riesgo sujeta a incendio (para los requisitos específicos de diseño ver 8.3.2).

8.1.2.2 Usos. Los sistemas de aplicación local, se deben usar, donde el riesgo no se encuentre confinado o el enclaustramiento no cumpla con los requerimientos para la inundación total. Estos sistemas se deben aplicar en incendios superficiales (ver 8.1.4 a).

8.1.3 Sistemas manuales de manguera.

8.1.3.1 Descripción. Los sistemas manuales de manguera, consisten de un carrete manguera y una boquilla de descarga conectados a la red o sistema de tuberías y a un cilindro o banco de cilindros para el suministro de bióxido de carbono.

8.1.3.2 Usos. Para la protección de riesgos específicos, se deben usar sistemas manuales con manguera, como complemento de los sistemas fijos o para complementar la primera línea de ayuda de extintores manuales, Estos sistemas, no se deben usar como sustitutos de los sistemas fijos de extinción.

8.1.4 Tipos de incendios.

- a) Superficiales, involucran líquidos inflamables, gases y sólidos delgados planos.
- b) Profundamente arraigados, involucran a sólidos sujetos a fuegos lentos con producción de humo y sin llama.

8.1.5 Formas de operación de los sistemas.

- a) Automática: Operación que no requiere intervención o acción humana.
- b) Manual Normal: Operación que requiere la acción o intervención humana.
La localización del dispositivo para llevar a cabo la operación, debe ser fácilmente accesible (ver 8.2.3.2.3) y capaz de llevar a cabo la descarga completa del sistema.
- c) Manual de Emergencia: Operación por medios humanos, donde el dispositivo usado para generar la descarga, es de accionamiento completamente mecánico y esta integrado al dispositivo que controla la

descarga del sistema. Al dispositivo completamente mecánico, se le puede incorporar un sistema neumático para optimizar su operación (ver 8.2.3.2.4).

8.1.6 Aplicaciones. Los sistemas fijos de extinción a base de bióxido de carbono, aplican en:

- a) Donde se requiera que el medio de extinción sea inerte y eléctricamente no conductor.
- b) Donde los efectos de otros agentes extinguidores presenten problemas, tales como residuos indeseables que deterioren equipos o sistemas diversos.
- c) Donde existan riesgos eléctricos tales como transformadores, interruptores y equipo electrónico.
- d) Donde se almacenen y/o manejen líquidos inflamables, materiales combustibles tales como papel, madera y textiles.
- e) Donde se almacenen y/o manejen materiales químicos sólidos peligrosos (sodio metálico).

Los sistemas de extinción de incendios a base de bióxido de carbono, que protejan áreas de riesgo donde existan atmósferas explosivas, deben utilizar boquillas metálicas, y se deben aterrizar eléctricamente; así como los equipos mecánicos y eléctricos expuestos a la descarga de las boquillas, para disipar las posibles cargas electrostáticas.

8.1.7 Restricciones. El bióxido de carbono **no se debe aplicar** en cuartos de control que estén permanentemente tripulados (las 24 horas) y en casos donde los siguientes materiales, se pudieran involucrar activamente en el proceso de la combustión:

- a) Productos químicos que contengan su propio suministro de oxígeno, tal como el nitrato de celulosa.
- b) Metales reactivos, tales como sodio, potasio, magnesio, titanio y circonio.
- c) Hidruros metálicos.

8.1.8 Señalización de seguridad. Se debe colocar la siguiente señalización de seguridad y advertencia en sitios visibles, los colores y dimensiones deben cumplir con los requisitos de la NOM-026-STPS-1998.

- a) Aviso para espacios protegidos con un sistema de bióxido de carbono.

CUIDADO

BIOXIDO DE CARBONO

CUANDO OPERE LA ALARMA EVACUE INMEDIATAMENTE

- b) Aviso para entradas a cuartos protegidos con bióxido de carbono.

CUIDADO

GAS BIOXIDO DE CARBONO

CUANDO OPERE LA ALARMA NO ENTRE

- c) Aviso localizado en áreas cercanas, donde la concentración de bióxido de carbono, pueda alcanzar niveles peligrosos.

PRECAUCION

LA DESCARGA DE BIOXIDO DE CARBONO EN UN AREA CERCANA,
SE PUEDE ACUMULAR EN ESTE LUGAR.

CUANDO LA ALARMA OPERE, EVACUE INMEDIATAMENTE

- d) Aviso exterior, que se coloca en la entrada de los lugares de almacenamiento de bióxido de carbono.

PRECAUCION

GAS BIOXIDO DE CARBONO

VENTILAR EL AREA ANTES DE ENTRAR, SE PUEDE GENERAR UNA GRAN CONCENTRACION DE
BIOXIDO DE CARBONO EN ESTA AREA Y PUEDE CAUSAR SOFOCACION

8.1.8.1 Se deben colocar letreros con avisos de seguridad en los lugares donde se pueda operar manualmente un sistema. En cada estación manual de disparo, se debe poner un letrero que diga lo siguiente:

CUIDADO

LA OPERACION DE ESTE DISPOSITIVO CAUSARA LA DESCARGA DE BIOXIDO DE CARBONO.

ANTES DE OPERARLO ASEGÚRESE QUE NO HAYA PERSONAL EN EL ÁREA

8.2 Requisitos generales de diseño.

8.2.1 Alarmas. Se deben proveer alarmas audibles y visibles, para funcionamiento continuo, en las entradas de los espacios cerrados. Para requisitos de las alarmas ver 8.5 de la NRF-011-PEMEX-2002, así como 8.1.2.8.5, 8.1.9.2, 8.1.9.2.1 y 8.1.9.2.2 de la NRF-019-PEMEX-2001.

La señal de alarma de predescarga, se debe proveer con un retardador de tiempo para permitir la evacuación aún en las peores condiciones, excepto como se indica en 8.1.5 c y 8.2.3.4.

8.2.2 Espacios eléctricos libres. Todos los componentes del sistema, se deben localizar alejados de las partes eléctricas vivas, como se muestra en la Tabla 1.

Las distancias libres o claros, dados en la Tabla 1, son para condiciones normales [altitudes de 1 000 m (3 300 pies) o menores, SNMM]. En altitudes que excedan los 1 000 m (3 300 pies), el espacio libre o claro, se debe incrementar en 1 (uno) por ciento por cada 100 m (330 pies) de incremento de altitud.

| Voltaje Nominal del Sistema (kV) | Voltaje Máximo del Sistema (kV) | NBA (BIL) de Diseño (kV) | Espacio Libre (o claro) Mínimo | |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------|
| | | | pulg. | mm. |
| Para $\leq 13,8$ | 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 | 1 067 |
| 138,0 | 145,0 | 650 | 50 | 1 270 |
| 161,0 | 169,0 | 750 | 58 | 1 473 |
| 230,0 | 242,0 | 900 | 76 | 1 930 |

Tabla 1 Espacio libre (o claro) entre los equipos de bióxido de carbono y los componentes eléctricos vivos sin aislar.

Nota: Para los valores de NBA(BIL) que no se encuentren listados en la tabla 1, los espacios libres (o claros) se pueden determinar por interpolación.

8.2.3 Detección, operación y control.

8.2.3.1 Detección automática. La detección automática, se debe hacer por cualquier dispositivo aprobado por UL, FM o equivalente, que sea capaz de detectar e indicar la presencia de calor, flama, humo, vapores combustibles, o tóxicos (ver el capítulo 8.4 de la NRF- 011-PEMEX-2002 y para cuartos de control ver. 8.1.2.8.2.1, y 8.1.9.1 de la NRF-019-PEMEX-2001), o condiciones de temperatura o presión anormales en el proceso que puedan provocar un incendio

8.2.3.1.1 Siempre se deben utilizar detección y operación automática, con excepción de los siguientes casos:

- Cuando el sistema automático de descarga pudiera incrementar el riesgo.
- En los sistemas estacionarios de manguera y los sistemas fijos de tubería que no cuenten con suministro móvil.

c) En los sistemas para uso marino (ver 8.5).

Nota: Para los incisos a, b y c los sistemas deben ser manuales.

8.2.3.2 Mecanismos de operación del sistema. Incluyen las válvulas y los controles de descarga de los cilindros de bióxido de carbono y los dispositivos de paro por emergencia.

8.2.3.2.1 Los mecanismos mecánicos, eléctricos o neumáticos utilizados para la operación del sistema, así como el equipo de control, deben estar aprobados por UL o FM, o equivalentes.

8.2.3.2.2 Los dispositivos, se deben diseñar para funcionar en el rango de -29 °C a 66 °C (-20 °F a 150 °F).

Los controles manuales, normales para operación, deben estar localizados en lugares de fácil acceso permanentemente, inclusive en el momento de un incendio. El (los) control(es) manual(es) de operación, debe (n) tener apariencia distinta y de fácil reconocimiento. Este control, debe generar la operación completa del sistema.

8.2.3.2.4 Todas las válvulas que controlan la descarga y distribución del bióxido de carbono, se deben suministrar con un control manual de emergencia adicional al disparo automático. Esto no se debe aplicar a los cilindros esclavos de alta presión (National Fire, NFPA 12, pág.12-8, párrafo 1-8.3.5*, edición 2000 ó equivalente).

Los controles manuales de emergencia, deben ser de fácil acceso y localizados entre 1,00 y 5,00 m de las válvulas de descarga y estar claramente marcados.

8.2.3.2.5 Cuando el suministro de bióxido de carbono conste de menos de tres cilindros, la presión del gas de los cilindros piloto, se debe usar para disparar los cilindros esclavos restantes. Donde se tenga un suministro de bióxido de carbono que consista de tres cilindros o más, debe haber una cabeza de control eléctrica, mecánica o neumática, adicional para actuar el sistema. Durante la prueba de aceptación de descarga total, la cabeza de control adicional, se debe arreglar de tal manera que opere como cilindro esclavo (National Fire, NFPA 12, párrafo 1-8.3.6, edición 2000 ó equivalente).

8.2.3.2.6 Los controles manuales (estación manual, de servicio y de leva ó palanca, entre otras), no deben requerir una fuerza para su operación mayor a 178 N (40 lb_f), ni un movimiento mayor de 356 mm (14 pulgadas), para asegurar la operación. El control manual (estación manual) debe estar localizado a una altura no mayor de 1,2 m (4 pies) .

8.2.3.2.7 Se debe cerrar automáticamente la fuente de energía o de combustible, donde la operación continua de equipo asociado a un riesgo que se está protegiendo, pudiera contribuir a sostener el incendio. Todos los dispositivos de paro por emergencia, son parte integral del sistema para su funcionamiento, por lo que el diseñador debe incluir esta acción en la filosofía de operación del sistema, así como en la matriz de causa y efecto.

Nota: Este requerimiento, no debe aplicar a los sistemas de lubricación de aceite asociados con equipos rotatorios, tales como turbinas o motores eléctricos, donde el sistema de descarga prolongada, se debe diseñar para operar durante el período de desaceleración y de enfriamiento (ver tablas A-6a y A-6b del apéndice).

8.2.3.2.8 Los dispositivos de operación manuales, deben estar identificados con placas de acero inoxidable y la leyenda en idioma español y conforme a la NOM-008 SCFI-2002 de acuerdo al riesgo que están protegiendo, la función que desempeñan, y su método de operación.

8.2.3.2.9 Los interruptores de aborto, no se deben utilizar en sistemas de bióxido de carbono.

8.2.3.3 Válvulas de corte con sistema supervisorio. El proveedor o contratista debe proveer un sistema supervisorio para los sistemas automáticos y de las válvulas de corte; así como para los requerimientos de 8.2.5.2.4, tanto para los sistemas automáticos, como manuales. Se deben supervisar las interconexiones (cableado) entre los componentes para el control del sistema y de seguridad del personal (detección, actuación, alarmas, fuentes de energía, válvula de corte del tanque principal, dispositivos de cierre, entre otros). Se debe generar una señal del problema cuando haya un circuito abierto, una condición de falla de tierra, o la pérdida de la integridad en las líneas de control neumático, que dañarían la operación total del sistema. La alarma y las señales, se deben transmitir por cualquiera de los métodos descritos en NFPA 72 Código Nacional de Alarma Contra incendio (National Fire Alarm Code) o equivalente.

Nota: No se requiere supervisión del cilindro esclavo que debe operar neumáticamente por alta presión, y que normalmente se encuentra ubicado al lado de los cilindros piloto.

8.2.3.4 Alarmas de predescarga. Se deben proveer alarmas de predescarga, para alertar al personal que no entre en las áreas de riesgo, excepto como se indica en 8.1.5 c y 8.2.3.2.4).

Las alarmas audibles de predescarga deben generar al menos 15 dB por arriba del nivel de ruido ambiental ó 5 dB por encima del nivel de ruido máximo, y de los dos el que resulte mayor, medido a una distancia de 1,5 m (5 pies) arriba del nivel de piso del área. Los dispositivos que generen señal audible, deben tener un nivel de sonoridad no mayor a los 120 dB, a la mínima distancia auditiva tomada desde el dispositivo de alarma. La alarma de predescarga debe tener una clasificación mínima de 90 dB a 3 m (10 pies) en exteriores. En el interior de cuartos de control el nivel máximo permitido es de 80 dB.

8.2.3.4.1 Se debe proveer una alarma visible y/o audible ó indicador visual local, para mostrar que el sistema ha operado y necesita recargarse.

Se debe proveer un sistema de pesado continuo para indicar cuando el sistema ha operado o ha tenido fugas, esto en los casos críticos cuando Pemex lo solicite. Se deben proveer alarmas visibles y audibles para indicar la operación de los sistemas automáticos.

8.2.3.4.2 Las alarmas que indiquen falla de los dispositivos o equipos supervisados, deben dar una señal rápida de alarma, y deben ser distintas de las alarmas que indiquen la operación del (de los) sistema(s) o condiciones riesgosas del lugar.

8.2.3.5 Fuentes de energía El proveedor o contratista debe verificar que la fuente primaria de energía, tenga la capacidad para el servicio, que sea confiable (debe tener una tensión de corriente alterna de 120 V \pm 10 por ciento), y garantice la operación del sistema. Se debe contar con un suministro secundario e independiente (relevó), que debe suministrar energía al sistema, en el caso de una falla total, o baja de voltaje (menos del 85 por ciento de los voltajes indicados en la placa del fabricante) del suministro principal (primario). El suministro secundario, debe ser capaz de operar el sistema, bajo la carga normal máxima por un período de 24 horas y de operar el sistema en forma continua durante el periodo que dure la descarga total por diseño. El suministro secundario de energía, debe hacer la transferencia automática inmediata, para operar el sistema, dentro de los 3 segundos a partir de la pérdida del suministro primario.

8.2.3.5.1 Todos los dispositivos eléctricos, deben ser operables dentro del rango de voltaje nominal, comprendido entre el 85 y el 105 por ciento.

8.2.3.6 Tablero de control. Cuando por necesidades del diseño se requiera un tablero de control, éste debe estar aprobado por UL ó FM ó equivalentes y cumplir con el NFPA-72 - Código Nacional de Alarma Contra incendio (National Fire Alarm Code), última edición, o equivalente.(Ver 8.3.2 de la NRF-011-PEMEX-2002 y de 8.1.2 hasta 8.1.2.8 de la NRF-019-PEMEX-2001).

8.2.4 Suministro del bióxido de carbono.

8.2.4.1 Cantidades. La cantidad del suministro de bióxido de carbono en el sistema, debe ser al menos la cantidad calculada en el diseño para proteger el riesgo mayor o grupo de riesgos, que se protejan simultáneamente.

8.2.4.1.1 Cuando aplique, el diseñador debe considerar y justificar un suministro independiente, con la cantidad indicada en 8.2.4.1, de bióxido de carbono donde se tenga un sistema estacionario de manguera a base de bióxido de carbono para la protección de un riesgo que tenga un sistema fijo de extinción; a menos que se trate de varios riesgos, para lo cual, se permite que el sistema estacionario esté conectado al suministro del sistema fijo, siempre y cuando se asegure que el suministro de bióxido de carbono, tenga la cantidad requerida de acuerdo al diseño, para la protección del riesgo mayor (ver 8.4.4).

8.2.4.1.2 El diseñador debe determinar y justificar, cuándo se requiera que la protección sea continua, y que la cantidad de la reserva, debe ser por lo menos el 100 por ciento de la cantidad requerida en 8.2.4.1, dependiendo de la frecuencia de la descarga esperada y de la disponibilidad de recarga.

Tanto el suministro principal como el de reserva, para sistemas de almacenamiento fijos, deben estar conectados permanentemente a la tubería, de tal manera que se pueda efectuar el cambio fácilmente, del sistema principal al de reserva.

8.2.4.2 Cilindros de alta presión. El bióxido de carbono, debe ser almacenado en cilindros recargables, diseñados para mantenerlo en forma líquida a temperatura ambiente (ver definición 6.2).

Los cilindros de almacenamiento, se deben diseñar y probar de acuerdo a 8.1.2 y 8.1.4 de la NRF-028-PEMEX-2004 e instalarse en lugares donde no estén expuestos a incendios o explosiones.

8.2.4.2.1 Los cilindros no se deben localizar a la intemperie ni donde puedan estar expuestos a daño mecánico, químico o de cualquier otra índole. Se deben poner guardas, protecciones o instalarlos dentro de gabinetes diseñados para cada caso en particular, sin candados o cerraduras (ver 8.2.4.2.5).

8.2.4.2.2 Cada cilindro debe ser reemplazable y contar con un dispositivo de liberación de presión del tipo disco de ruptura. El proveedor o contratista, debe entregar a Pemex la hoja de datos del disco de ruptura, con la especificación del material y las características del disco de ruptura, con la aprobación de UL, FM o equivalente.

Se debe instalar una válvula de no retorno en cada tubería que conecta la válvula del cilindro al cabezal.

8.2.4.2.3 Los cilindros y componentes que se encuentren conectados a un cabezal, se deben montar en un bastidor, para fijarlos de forma segura. Para detectar fugas de bióxido de carbono, que se manifiestan por la pérdida de peso de algún cilindro, el bastidor debe contar con un mecanismo de pesado manual o con un soporte de pesaje, tipo contrapeso automático para pesado continuo, capaz de soportar el peso total de los cilindros, y reportar en forma automática en el tablero de control, la existencia de fuga del agente extinguidor.

8.2.4.2.4 En un sistema que tenga varios cilindros, donde todos descarguen al mismo cabezal, éste debe ser intercambiable y de diámetro adecuado, para la distribución del agente.

8.2.4.2.5 Las temperaturas ambientales de almacenamiento para los sistemas, no debe exceder los 49 °C (120 °F), ni debe ser menor a 0 °C (32 °F). Para los sistemas de inundación total, no deben exceder los 54 °C (130 °F), ni ser menores a los -18 °C (0 °F), a menos que el sistema esté diseñado, para una operación con temperaturas de almacenamiento fuera de este rango. Se permite el uso de calentamiento o enfriamiento externo, para mantener la temperatura dentro de estos rangos.

8.2.5 Sistemas de distribución.

8.2.5.1 Tubería. La tubería debe ser de material metálico no combustible, con características físicas y químicas adecuadas para resistir su deterioro bajo condiciones de esfuerzo y atmósferas corrosivas.

Tubería y especificaciones que cubren estos requisitos. Tubería negra o de acero galvanizado, ASTM A 53 sin costura o soldada eléctricamente, Grados A o B; o ASTM A 106 Grados A, B o C. No se debe usar tubería ASTM A 120, ni tubería de hierro fundido. El acero inoxidable, debe ser TP304 ó TP316 para conexiones roscadas; para conexiones soldables TP304, TP316, TP304L ó TP316L.

Para los sistemas que cuenten con suministro de alta presión, se debe usar tubería de 19 mm (3/4 de pulg) y menor en cédula 40. La tubería de 25 a 101 mm (1 a 4 pulg), debe ser cédula 80. No se debe usar tubería ASTM A53 de fundición para soldar a tope.

8.2.5.1.1 Los componentes de tubería flexible del sistema de alta presión, deben tener una presión de ruptura mínima de 34 474 kPa (5 000 psi).

8.2.5.1.2 El sistema de tubería debe soportarse de acuerdo al cálculo de análisis de flexibilidad, realizado de acuerdo al Capítulo II, Parte 5, sección 319, del Código ASME B31.3, última edición, o equivalente, con la debida tolerancia para la fuerza de empuje del agente, así como la expansión y contracción térmica. No debe estar sujeto a daños químicos, mecánicos o de otra índole. Donde se considere que pueda haber una explosión, el sistema de tubería debe ser colgado en soportes, que tengan poca probabilidad de ser desplazados.

8.2.5.2 Accesorios. Se deben usar accesorios de embutir para soldar, de acero forjado 3 000 lb, hasta 38 mm (1 1/2 pulg) de diámetro, y accesorios soldables a tope de acero al carbón para diámetros mayores. Las juntas bridadas colocadas corriente arriba de cualquier válvula de bloqueo o direccional, deben ser Clase 600. Las juntas bridadas colocadas corriente abajo de las válvulas de bloqueo o direccionales, o en sistemas que no cuenten con éstas válvulas, deben ser de 600 lb. Los accesorios de acero inoxidable forjado /maleable, deben ser del tipo 304 ó 316 de acuerdo al ASTM A182 3 000 lb, roscados o inserto soldable o inserto tipo caja, para todos los tamaños desde 1/8 de pulgada hasta 4 pulgadas de diámetro. No se deben usar accesorios de hierro fundido ni Clase 150.

8.2.5.2.1 En los sistemas donde el arreglo de válvulas, presente secciones de tubería cerrada, se deben equipar con válvulas de seguridad que permitan la despresurización completa de la línea. El arreglo para la ubicación de las válvulas, se debe diseñar para prevenir la acumulación o entrapamiento del bióxido de carbono líquido. Los dispositivos de liberación (relevo) de presión, deben operar entre 16 547 y 20 684 kPa (2 400 y 3 000 psi), en los sistemas con suministro de almacenamiento de alta presión. Donde se usen válvulas para cilindros operadas por presión, se debe asegurar que el sitio este debidamente ventilado, para disipar cualquier posible fuga de gas en los cilindros del cabezal.

8.2.5.2.2 Todos los dispositivos de liberación (válvulas de alivio) o relevo de presión del sistema, se deben instalar y orientar de tal manera, que la descarga del bióxido de carbono no afecte al personal.

8.2.5.2.3 Las válvulas que se usen en los sistemas de almacenamiento de alta presión y se encuentren constantemente sujetas a presión, deben tener una presión mínima de falla de 41 369 kPa (6 000 psi), y donde éstas no se encuentren bajo presión constante, deben tener una presión mínima de falla de cuando menos 34 474 kPa (5 000 psi).

8.2.5.2.4 Para prevenir descargas accidentales o deliberadas, se debe instalar una válvula de corte entre el banco de cilindros y las boquillas, la cual debe ser operada manualmente.

8.2.5.2.5 Las válvulas se deben localizar, instalar o proteger, de tal manera que no estén sujetas a daño mecánico, químico o de cualquier otra índole.

8.2.5.2.6 La longitud equivalente de la válvula del cilindro, debe incluir al tubo sifón, cabeza de descarga y el conector flexible o manguera.

8.2.5.3 Boquillas de descarga. Las especificaciones de las boquillas se obtienen del resultado del diseño y del cálculo, al tipo de aplicación, y el medio en el cual van a operar.

8.2.5.3.1 Las boquillas de descarga, deben tener las características para soportar las presiones de trabajo esperadas, deben tener resistencia mecánica de acuerdo a las condiciones de operación, y se deben construir para soportar las temperaturas críticas que se esperan, sin deformarse.

8.2.5.3.2 El cuerpo de las boquillas debe ser de lámina de acero rolado en frío o aluminio; el orificio de descarga o garganta de las boquillas, debe ser de bronce, el filtro de monel todos ellos resistentes a la corrosión. Cuando se tenga contaminación externa, las boquillas deben ser de material resistente a ese ambiente y protegidas para evitar su obstrucción.

8.2.5.3.3 Las boquillas de descarga que se usen en los sistemas de aplicación local, se deben conectar y soportar, de tal manera que no puedan ser movidas fácilmente de su orientación y colocación original.

8.2.5.3.4 Las boquillas de descarga, deben ser marcadas permanentemente, para su identificación con el diámetro equivalente del orificio. El marcado, debe ser fácilmente visible después de ser instaladas.

Se permite el uso de otros tamaños de orificio, diferentes a los mostrados en la Tabla 2 en función de los resultados que se obtengan del cálculo.

| No. Del Código de Orificio | Diámetro Equivalente del Orificio | | Área Equivalente del Orificio | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | 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 | 1 138,71 |
| 64 | 2 | 50,80 | 3,14 | 2 025,80 |

Tabla 2 Tamaños de orificio de boquillas

8.2.5.4 Determinación del tamaño de orificio y diámetro de la tubería. Los diámetros de la tubería y las áreas de los orificios, se deben seleccionar basándose en los cálculos para descargar el flujo requerido en cada boquilla.

8.2.5.4.1 La siguiente ecuación o curvas desarrolladas, se deben usar para determinar la caída de presión en la tubería (ver gráfica A-1, tabla A-1, A-2 y/o A-3):

$$Q^2 = \frac{(3647)(D^{5.25}Y)}{L + 8,08(D^{1.25}Z)}$$

Donde:

Q = flujo (lb/min).

D = diámetro interior real de la tubería (en pulgadas).

L = longitud equivalente de la tubería (en pies).

Y y Z = factores que dependen del almacenamiento y de la presión de la línea.

Para los sistemas de almacenamiento de alta presión, el flujo se debe calcular basándose en el promedio de la presión de almacenamiento de 5 171 kPa (750 psia), durante la descarga normal a la temperatura de 21 °C (70 °F). El valor de la descarga a través de los orificios equivalentes, se debe basar en los valores dados en la Tabla 3. La presión de diseño de la boquilla de descarga para una temperatura de almacenamiento de 21 °C (70 °F), debe ser mayor o igual a 2 068 kPa (300 psia).

| Presión del Orificio | | Valor de Descarga | |
|----------------------|-------|----------------------------|--------------------------|
| psia | kPa | lb/min x pulg ² | kg/min x mm ² |
| 750 | 5 171 | 4 630 | 3,258 |
| 725 | 4 999 | 3 845 | 2,706 |
| 700 | 4 826 | 3 415 | 2,403 |
| 675 | 4 654 | 3 090 | 2,174 |
| 650 | 4 481 | 2 835 | 1,995 |
| 625 | 4 309 | 2 615 | 1,840 |
| 600 | 4 137 | 2 425 | 1,706 |
| 575 | 3 964 | 2 260 | 1,590 |
| 550 | 3 792 | 2 115 | 1,488 |
| 525 | 3 620 | 1 985 | 1,397 |
| 500 | 3 447 | 1 860 | 1,309 |
| 475 | 3 275 | 1 740 | 1,224 |
| 450 | 3 103 | 1 620 | 1,140 |
| 425 | 2 930 | 1 510 | 1,063 |
| 400 | 2 758 | 1 400 | 0,985 |
| 375 | 2 586 | 1 290 | 0,908 |
| 350 | 2 413 | 1 180 | 0,830 |
| 325 | 2 241 | 1 080 | 0,760 |
| 300 | 2 068 | 980 | 0,690 |

Tabla 3 Valor de la descarga por pulgada cuadrada del orificio equivalente para almacenamiento de alta presión 5 171 kPa (750 psia).

8.3 Requisitos particulares de diseño.

8.3.1 Sistemas de inundación total.

8.3.1.1 Requerimientos de seguridad. Ver 8.1.8, 8.2.1 y 8.2.3.4.

8.3.1.2 Especificaciones del riesgo.

8.3.1.2.1 Enclaustramiento o encabinado. El proveedor debe verificar y asegurarse de que los enclaustramientos o encabinados a ser protegidos por un sistema de bióxido de carbono de inundación total, sean cerrados, de tal manera que el bióxido de carbono no pueda escapar. Las paredes y puertas deben soportar los efectos del fuego sin quemarse ni deteriorarse a fin de que la descarga de bióxido de carbono se mantenga a la concentración de diseño durante el tiempo de extinción. El área de las aberturas que no se puedan cerrar, dependen del tipo de combustibles involucrados en el área de riesgo, para evitar de esta manera, concentraciones peligrosas de vapores combustibles o explosivos.

8.3.1.2.1.1 Para fuegos tipo superficial, tales como los que se presentan con líquidos inflamables, cualquier abertura que no se pueda cerrar, se debe compensar con una cantidad adicional de bióxido de carbono, como se especifica en 8.3.1.3.5. Si la cantidad de bióxido de carbono requerida para compensación, excede las cantidades básicas requeridas para inundación sin fugas, escapes o filtraciones, se debe permitir que ese sistema sea diseñado para aplicación local de acuerdo con 8.3.2.

8.3.1.2.1.2 Para los incendios profundamente arraigados, tales como los generados por materiales sólidos, se deben restringir las aberturas en el techo y/o los lados del cuarto que no se puedan cerrar. Si los requerimientos de la presión de venteo de las aberturas, exceden la capacidad de venteo, ver 8.3.1.6.2.1.

8.3.1.2.1.3 Para prevenir que un incendio se extienda a través de las aberturas hacia los riesgos adyacentes o a las áreas de trabajo, que puedan ser fuentes posibles de reignición, se les debe proveer con cierres automáticos o con boquillas de aplicación local. El gas requerido para tal protección, debe ser un 20 por ciento adicional al requerimiento normal para la inundación total (ver 8.3.2.4.3.6). Donde ninguno de los métodos anteriores sea práctico, la protección se debe extender para incluir las áreas adyacentes o áreas de trabajo.

8.3.1.2.1.4 En el caso de tanques de proceso y de almacenamiento, donde la ventilación de seguridad de los gases y vapores inflamables, no se pueda llevar a cabo, se requiere el uso de sistemas de aplicación local indicados en 8.3.2.4.3.6.

8.3.1.2.2 Fugas y ventilación. Ya que la eficiencia de los sistemas de bióxido de carbono, depende de mantener una concentración de bióxido de carbono, preestablecida de acuerdo a los requisitos de diseño de ésta norma. La fuga del gas del recinto, se debe compensar por medio de la aplicación de una cantidad adicional de gas determinada por el cálculo.

8.3.1.2.2.1 Donde sea posible, las aberturas y ventanas, se deben arreglar para que se cierren automáticamente antes o simultáneamente con el arranque de la descarga del bióxido de carbono, o se debe seguir lo indicado en 8.3.1.3.5 y 8.3.1.4.4.1.

8.3.1.2.2.2. Donde estén instalados sistemas de ventilación forzada de aire, éstos deben parar inmediatamente o cerrarse o ambas cosas, antes o simultáneamente con el arranque de la descarga del bióxido de carbono, o se debe suministrar gas adicional para compensación (ver 8.3.1.3.5.1).

8.3.1.3 Requerimientos de bióxido de carbono para incendios superficiales.

8.3.1.3.1 Generalidades. La cantidad de bióxido de carbono para incendios superficiales, se debe basar en las condiciones del área del riesgo; suponiendo una extinción rápida y completa. Aunque se incluya en los factores básicos de volumen una cantidad extra de agente, debido a las fugas normales; se deben hacer correcciones debido al tipo de material involucrado y cualquier otra condición especial (sistemas de ventilación forzada, aberturas que no se puedan cerrar, por mencionar algunas).

8.3.1.3.2 Materiales inflamables. Se deben hacer todas las consideraciones necesarias para determinar la concentración de diseño del bióxido de carbono requerida por el tipo de material inflamable involucrado en el área de riesgo. La concentración de diseño, se debe determinar adicionando un factor de 20 por ciento a la concentración mínima efectiva (ver 8.3.1.3.2.1). En ningún caso la concentración, debe ser menor al 34 por ciento.

8.3.1.3.2.1 La Tabla 4, se debe usar para determinar las concentraciones mínimas para prevenir la ignición de algunos líquidos y gases comunes.

La concentración teórica mínima de bióxido de carbono y la concentración mínima de diseño de bióxido de carbono están dadas en la Tabla 4.

8.3.1.3.2.2 Para los materiales que no aparecen en las Tabla 4, la concentración teórica mínima de bióxido de carbono, se debe obtener de alguna fuente reconocida o determinada en base a pruebas. Si se encuentran disponibles los valores máximos de oxígeno residual, la concentración teórica de bióxido de carbono, se debe calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\%CO_2 = \left(\frac{21 - O_2}{21} \right) (100)$$

8.3.1.3.3 Factor de volumen. El factor de volumen que se use para determinar la cantidad básica de bióxido de carbono para proteger un cuarto o instalación que contenga material inflamable y/o combustible que requiera una concentración de diseño del 34 por ciento, debe estar de acuerdo con las Tablas 5a y 5b.

| Material | Factor del material | Concentración Teórica Mínima de CO ₂ (%) | Concentración de Diseño Mínima de CO ₂ (%) |
|---|---------------------|---|---|
| A (fuegos que involucran gases y líquidos) | | | |
| Acetileno | 2,57 | 55 | 66 |
| Acetona | 1 | 27* | 34 |
| Gas Avión Grados 115/145 | 1,06 | 30 | 36 |
| Benzol, Benceno | 1,1 | 31 | 37 |
| Butadieno | 1,26 | 34 | 41 |
| Butano | 1 | 28 | 34 |
| Butano-I | 1,1 | 31 | 37 |
| Disulfuro de Carbono | 3,03 | 60 | 72 |
| Monóxido de Carbono | 2,43 | 53 | 64 |
| Carbón o Gas Natural | 1,1 | 31* | 37 |
| Ciclopropano | 1,1 | 31 | 37 |
| Diesel | 1 | | 34 |
| Eter dietílico | | 33 | 40 |
| Eter dimetilico | 1,22 | 33 | 40 |
| Dow Therm | 1,47 | 38* | 46 |
| Etano | 1,22 | 33 | 40 |
| Alcohol etílico | 1,34 | 36 | 43 |
| Eter etílico | 1,47 | 38* | 46 |
| Etileno | 1,6 | 41 | 49 |
| Dicloruro de Etileno | 1 | 21 | 34 |
| Oxido de Etileno | 1,8 | 44 | 53 |
| Gasolina | 1 | 28 | 34 |
| Hexáno | 1,03 | 29 | 35 |
| n-heptano | 3,3 | | 35 |
| Hidrocarburos con Alto contenido de Parafinas | | 28 | 34 |
| C _n H _{2m} + 2m -5 | | | |
| Hidrógeno | 3,3 | 62 | 75 |
| Sulfuro de Hidrógeno | 1,06 | 30 | 36 |
| Isobutano | 1,06 | 30* | 36 |
| Isobutileno | 1 | 26 | 34 |
| Formiato de Isobutil | 1 | 26 | 34 |
| JP-4 | 1,06 | 30 | 36 |
| Keroseno | 1 | 28 | 34 |
| Metano | 1 | 25 | 34 |
| Acetato Metílico | 1,03 | 29 | 35 |
| Alcohol Metílico | 1,22 | 33 | 40 |
| Metil Butano-I | 1,06 | 30 | 36 |
| Metil-Etil-Cetona | 1,22 | 33 | 40 |
| Formiato Metílico | 1,18 | 32 | 39 |
| n-octano | 1,03 | | 35 |
| Pentano | 1,03 | 29 | 35 |
| Propano | 1,06 | 30 | 36 |
| Propileno | 1,06 | 30 | 36 |
| Aceites lubricantes para enfriamiento | 1 | 28 | 34 |

*Calculados a partir de los valores aceptados del oxígeno residual.

Tabla 4 Concentraciones mínimas de bióxido de carbono para extinción.

| Material | Factor del material | Concentración de Diseño Mínima de CO ₂ (%) | Tiempo de inhibición o restricción en minutos |
|---|---------------------|---|---|
| B (fuegos que involucran materiales sólidos) | | | |
| Material celulósico | 2,25 | 62 | 20 |
| Algodón | 2 | 58 | 20 |
| Papel, cartón (papel corrugado) | 2,25 | 62 | 20 |
| Material granulado para plásticos | 2 | 58 | 20 |
| Poliestireno | 1 | 34 | - |
| Solamente poliuretano curado | 1 | 34 | - |
| C (casos especiales) | | | |
| Cuartos de transferencia y ductos para cables | 1,5 | 47 | 10 |
| Áreas de manejo de datos | 2,25 | 62 | 20 |
| Instalaciones eléctricas para computadoras | 1,5 | 47 | 10 |
| Interruptores eléctricos y cuartos de distribución | 1,2 | 40 | 10 |
| Generadores, incluyendo sistemas de enfriamiento | 2 | 58 | hasta que se detengan |
| Transformadores llenos de aceite | 2 | 58 | - |
| Áreas de imprentas | 2,25 | 62 | 20 |
| Instalaciones de pintura por aspersión y secado | 1,2 | 40 | - |
| Máquinas rotatorias | 2 | 58 | - |

*Calculados a partir de los valores aceptados del oxígeno residual.

Tabla 4 Concentraciones mínimas de bióxido de carbono para extinción (continuación).

8.3.1.3.3.1 El cálculo del volumen neto del área que se va a proteger, debe considerar las estructuras impermeables permanentes no removibles, que reducen el volumen.

8.3.1.3.3.2 Como el espacio pequeño promedio, tiene proporcionalmente más límite perimetral interior de área por volumen encerrado, que un espacio mayor, se pueden esperar en proporción, fugas mayores que se deben estimar por medio de los factores de volumen clasificados en las Tablas 5a y 5b.

8.3.1.3.3.3 Las cantidades menores de gas para los volúmenes más pequeños, se encuentran tabuladas para poner en claro el significado de la Columna B y así evitar en lo posible los traslapes en los volúmenes límite o de frontera.

8.3.1.3.3.4 Donde exista la posibilidad de que se lleve a cabo el flujo libre de bióxido de carbono entre dos o más volúmenes interconectados, la cantidad de bióxido de carbono, debe ser la suma de las cantidades calculadas para cada volumen, utilizando su respectivo factor de volumen tomado de las Tablas 5 a ó 5 b (en Unidades del Sistema Internacional). Si un volumen necesita una concentración mayor de la normal (ver 8.3.1.3.4), la mayor concentración, se debe usar en todos los volúmenes interconectados.

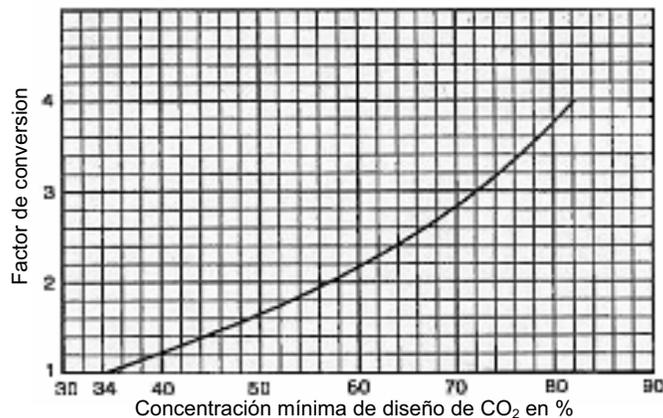
| | (A) Volumen del Espacio en (pies ³) | (B) Factor de Volumen | | (C) Cantidad Calculada en (lb) (No menor a) |
|-----------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| | | pies ³ /lb CO ₂ | lb CO ₂ /pie ³ | |
| Hasta | 140 | 14 | 0,072 | – |
| 141 | 500 | 15 | 0,067 | 10 |
| 501 | 1 600 | 16 | 0,063 | 35 |
| 1 601 | 4 500 | 18 | 0,056 | 100 |
| 4 501 | 50 000 | 20 | 0,050 | 250 |
| Arriba de | 50 000 | 22 | 0,046 | 2 500 |

Tabla 5a Factores de Inundación.

| | (A) Volumen del Espacio en (m ³) | (B) Factor de Volumen | | (C) Cantidad Calculada en (kg) (No menor a) |
|-----------|---|------------------------------------|------------------------------------|--|
| | | m ³ /kg CO ₂ | kg CO ₂ /m ³ | |
| Hasta | 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 | 1 415,00 | 1,25 | 0,80 | 113,5 |
| Arriba de | 1 415,00 | 1,38 | 0,77 | 1 135,0 |

Tabla 5b Factores de Inundación (Unidades del SI).

8.3.1.3.4 Factor de conversión del material. Para materiales que requieran una concentración de diseño por arriba del 34 por ciento, la cantidad básica de bióxido de carbono calculada del factor de volumen dado en las Tablas 5 a y 5 b, se debe incrementar multiplicando esta cantidad por el factor de conversión apropiado, dado en la Gráfica 1.



Gráfica 1 Factor de conversión del material

8.3.1.3.5 Condiciones especiales. Cualquier abertura que no se pueda cerrar al momento de la extinción, se debe compensar por medio de la adición de una cantidad de bióxido de carbono igual a la pérdida esperada en función de la concentración de diseño calculada en el lapso de 1 (un) minuto. Esta cantidad de bióxido de carbono, se debe aplicar y distribuir por medio del sistema de extinción de forma proporcional en el riesgo, (ver 8.3.1.2.1.1).

8.3.1.3.5.1 Para los sistemas de ventilación que no se puedan cerrar, se debe adicionar bióxido de carbono en forma proporcional en el espacio del riesgo, dividiendo el volumen removido durante el período de descarga líquida entre el factor de inundación. Este se debe multiplicar por el factor de conversión del material (que se determina en la Gráfica 1), cuando la concentración de diseño sea mayor al 34 por ciento.

8.3.1.3.5.2 Para aplicaciones donde la temperatura normal del recinto esté arriba de los 93 °C (200 °F), un 1 (uno) por ciento de incremento en la cantidad total de bióxido de carbono, se debe suministrar por cada 2,7 °C (5 °F) adicionales arriba de los 93 °C (200 °F).

8.3.1.3.5.3 Cuando se vaya a aplicar bióxido de carbono a un recinto donde la temperatura normal este abajo de los -18 °C (0 °F), se debe suministrar un 1 (uno) por ciento adicional sobre la cantidad total calculada de bióxido de carbono por cada grado centígrado abajo de los -18 °C (0 °F).

8.3.1.3.5.4 Bajo condiciones normales, los fuegos superficiales se extinguen durante el período de la descarga. A excepción de que existan condiciones anormales, no será necesario suministrar bióxido de carbono extra para mantener la concentración.

8.3.1.3.5.5 Si un riesgo contiene un líquido que tenga una temperatura de autoignición abajo de su punto de ebullición, entonces la concentración del bióxido de carbono, se debe mantener por un período de tiempo no menor a tres minutos para que la temperatura del líquido se enfríe abajo de su temperatura de autoignición. (ver 8.3.2.3.3.2).

8.3.1.3.5.6 Se debe usar un factor de inundación 0,50 m³/kg (8 pies³/lb) en ductos y en trincheras cubiertas. Si los combustibles representan la probabilidad de un fuego profundamente arraigado, este debe ser tratado de acuerdo con lo descrito en 8.3.1.4.

8.3.1.4 Requerimientos de bióxido de carbono para incendios profundamente arraigados.

8.3.1.4.1 Generalidades. La cantidad de bióxido de carbono para incendios profundamente arraigados, se basa en la premisa de que los recintos son completamente cerrados. Después de que la concentración de diseño se alcanza, ésta se debe mantener por un período de tiempo no menor a 20 minutos. A cualquier posible fuga, se le debe dar una consideración especial (ver 8.3.1.3.5), debido a que ninguna tolerancia está incluida en los factores básicos de inundación.

8.3.1.4.2 Materiales combustibles. Las concentraciones de diseño listadas en la Tabla 6, se deben alcanzar para los riesgos descritos. Generalmente, los factores de inundación han sido determinados, para suministrar las concentraciones adecuadas de diseño, para los espacios y lugares indicados.

| Concentración de Diseño | Factor de Volumen | | | | Riesgo Especifico |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| | pies 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 | Riesgos eléctricos en general [Espacios de 0 hasta 56,6 m ³ (de 0 a 2 000 pies ³)] |
| 50 | 12 | 0,75 | 0,083 (200 lb) mínimo | 1,33 (91 kg) mínimo | [(Espacios mayores a 56,6 m ³ (2 000 pies ³)] |
| 65 | 8 | 0,50 | 0,125 | 2,00 | Almacenamiento de Documentos-archivos(bultos de papel), ductos y trincheras cubiertas |
| 75 | 6 | 0,38 | 0,166 | 2,66 | Bodegas de almacenamiento de pieles, colectores de polvo |

Tabla 6 Factores de Inundación para riesgos específicos.

8.3.1.4.3 Consideración del volumen. El volumen del espacio, se debe determinar de acuerdo con 8.3.1.3.3.1. La cantidad básica de bióxido de carbono, para proteger un cuarto, se debe obtener tratando el volumen del cuarto con el factor de inundación que se debe obtener de acuerdo a 8.3.1.4.2.

8.3.1.4.4 Condiciones especiales. Se deben suministrar las cantidades adicionales de bióxido de carbono para compensar alguna condición, que pueda afectar en forma adversa la eficiencia de la extinción (ver 8.3.1.3.5.1, 8.3.1.3.5.2, 8.3.1.3.5.3).

8.3.1.4.4.1 Cualquier abertura que no se pueda cerrar en el momento de la extinción, se debe compensar con la adición de bióxido de carbono igual al volumen que se espera se fugue durante el período de la extinción. Si la fuga es apreciable, se deben aplicar las consideraciones para un sistema de descarga prolongada, como se describe en 8.3.1.5.2 (ver también 8.3.1.2.1.2).

8.3.1.5 Sistemas de distribución.

8.3.1.5.1 Generalidades. Para incendios superficiales, la concentración de diseño, debe ser alcanzada dentro del primer minuto, a partir del inicio de la descarga.

8.3.1.5.1.1 Para los sistemas de alta presión, si una parte del riesgo se va a proteger con inundación total, el valor de la descarga para la porción correspondiente a la inundación total, se debe calcular como está especificado en 8.3.2.3.2.2.

8.3.1.5.1.2 Para los fuegos profundamente arraigados, la concentración de diseño, se debe alcanzar en los 7 minutos iniciales a partir de la descarga. El valor de la descarga no debe ser menor del requerido para desarrollar una concentración del 30 por ciento en 2 minutos.

8.3.1.5.2 Equipo electromecánico rotatorio encabinado. Se debe mantener una concentración mínima del 30 por ciento para los equipos electromecánicos rotatorios encabinados, durante el período de desaceleración, por un tiempo no menor a 20 minutos (ver tablas A-6a y A-6b del apéndice).

8.3.1.5.3 Sistemas de tubería. La tubería se debe diseñar de acuerdo a 8.2.5.4.

8.3.1.5.3.1 Las altas temperaturas de almacenamiento se permiten en un rango de -18 °C (0 °F) a 54 °C (130 °F), sin requerir de métodos especiales de compensación para los cambios de los valores de flujo (ver 8.2.4.2.5).

8.3.1.5.4 Dimensionamiento y distribución de las boquillas. La descarga de las boquillas seleccionadas y su localización, no deben salpicar excesivamente los líquidos inflamables o generar nubes de polvo que pudieran extender el fuego, creando una explosión, o afectar los contenidos del cuarto o encabinado. Las boquillas varían en sus características de diseño y descarga y, se deben seleccionar sobre la base de su desempeño para el uso y propósito que se requiere.

8.3.1.5.4.1 El espaciamiento y dimensionamiento de las boquillas en un ducto, dependen de factores, tales como, la velocidad del aire dentro del ducto, localización y la efectividad de las compuertas de tiro, la posible carga de las paredes del ducto con depósitos de combustible, la longitud del ducto, las dimensiones de la sección transversal. La localización de las boquillas, se debe seleccionar para asegurar la distribución del bióxido de carbono a través de toda la longitud del ducto. Se deben suministrar compuertas de tiro automáticas, para cerrarlas durante la operación del sistema. No se requiere tolerancia, para la salida o entrada de las aberturas de los ductos que tienen solamente riesgos superficiales, (ver 8.3.1.3.5.6 y la Tabla 6).

8.3.1.6 Consideraciones para el desfogue.

8.3.1.6.1 Generalidades. Para determinar el punto de ajuste del venteo de espacios cerrados, se debe considerar la ventilación de los vapores inflamables y la presión que se genere de la descarga del bióxido de carbono en espacios cerrados, (ver 8.3.1.2.1.4)

8.3.1.6.2 Desfogue para el relevo de presión. La porosidad y fugas en puertas, ventanas y compuertas de tiro, permiten el desfogue suficiente para los sistemas normales de inundación total de bióxido de carbono, sin la necesidad de desfogue adicional. Así mismo, los cuartos de almacenamiento de archivos, espacios de control de refrigeración y ductos, no requieren desfogues o respiraderos adicionales, si los sistemas fueron diseñados en condiciones normales de operación.

8.3.1.6.2.1 Para cuartos cerrados, el área necesaria de desfogue de presión, se debe calcular a partir de la siguiente ecuación. Se lograrán resultados satisfactorios, suponiendo que la expansión del bióxido de carbono es de 0,56 m³/kg (9 pies³/lb).

$$X=Q / 1,3 \sqrt{P}$$

Donde:

- X = área de desfogue o venteo libre (pulg²).
- Q = flujo calculado de bióxido de carbono (en lb/min).
- P = esfuerzo permisible del cuarto (en lb/pie²).

Para el Sistema de Unidades Internacionales, aplica la siguiente ecuación:

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

Donde:

- X = área de desfogue o venteo libre (en mm²).
- Q = flujo calculado de bióxido de carbono (en kg/min).
- P = esfuerzo permisible del cuarto (en kPa manométricos).

8.3.1.6.2.2 Cuando se tengan involucrados materiales peligrosos, se deben suministrar dispositivos de relevo.

8.3.1.6.2.3 Las prácticas de construcción en general se dan en la Tabla 7, para considerar el esfuerzo normal y las tolerancias de presión (presiones permisibles) de cuartos o enclaustramientos.

| Tipo de Construcción | Velocidad del Viento (mph) | Presión (lb/pie ²) | | pulgadas de agua | psi | kPa manométricos |
|----------------------|----------------------------|--------------------------------|----|------------------|-------|------------------|
| Ligera | 100 | 25 | * | 5 | 0,175 | 1,2 |
| Normal | 140 | 50 | ** | 10 | 0,35 | 2,4 |
| Bóveda | 200 | 100 | | 20 | 0,70 | 4,8 |

* Ventana de desfogue que permanece cerrada.

** Ventana de desfogue diseñada para abrirse libremente.

Tabla 7 Esfuerzo y tolerancia de presiones para cuartos por tipo de construcción.

8.3.2 Sistemas de aplicación local.

8.3.2.1 Requerimientos de seguridad. Ver 8.1.8

8.3.2.2 Especificaciones del riesgo.

8.3.2.2.1 Extensión del riesgo. El área de riesgo se debe aislar de otros riesgos, para que el incendio no se extienda fuera del área protegida. El riesgo debe incluir todas las áreas que son, o pueden llegar a estar cubiertas por líquidos combustibles, áreas sujetas a derrames, fugas, goteo, salpicaduras, o condensación. El riesgo también incluye los materiales asociados o equipo, tales como drenajes, campanas de extracción, ductos, que pudieran extender el incendio hacia afuera, o hacer que el fuego regrese dentro del área protegida.

8.3.2.2.1.1 Las áreas de riesgo se deben subdividir en grupos más pequeños o secciones. Los sistemas para tales riesgos, se deben diseñar para dar una protección independiente e inmediata a los grupos adyacentes o secciones, según se necesite.

8.3.2.2.2 Localización del riesgo. El riesgo puede estar en interiores, una parte protegido o resguardado, o completamente en exteriores, es esencial que la descarga de bióxido de carbono, deba ser tal que los vientos o las corrientes de aire, no impidan la protección.

8.3.2.3 Requerimientos para el bióxido de carbono.

8.3.2.3.1 Generalidades. Para los sistemas con almacenamiento de alta presión, la cantidad calculada de bióxido de carbono, se debe incrementar en un 40 por ciento para determinar la capacidad total del cilindro de almacenamiento, debido a que, solamente la porción de líquido de la descarga es efectiva. Este incremento en la capacidad de almacenamiento del cilindro, no se requiere para la porción de la inundación total para los sistemas combinados de aplicación local y de inundación total.

8.3.2.3.1.1 La cantidad de bióxido de carbono almacenada, se debe incrementar para compensar el líquido vaporizado en el enfriamiento de la tubería.

8.3.2.3.2 Valor de la descarga. Los valores de descarga de las boquillas, se deben determinar por el método del área o el método del volumen, como esta cubierto en 8.3.2.4 y 8.3.2.5.

8.3.2.3.2.1 El valor total de la descarga para los sistemas, debe ser la suma de los valores individuales de todas las boquillas o de los dispositivos de descarga utilizados en el sistema.

8.3.2.3.2.2 Para sistemas de alta presión, si una parte del riesgo se va a proteger con inundación total, el valor de la descarga para la parte de inundación total, se debe calcular dividiendo la cantidad requerida, entre un factor de 1,4, y entre el tiempo de la descarga de la aplicación local en minutos.

$$Q_F = \frac{W_F}{1,4 T_L}$$

Donde:

- Q_F = flujo para la porción de inundación total en kg/ min (lb/min).
 W_F = cantidad total de bióxido de carbono para la porción de la inundación total en kg (lb).
 T_L = tiempo de descarga del líquido para la porción de la aplicación local en minutos.

8.3.2.3.3 Duración de la descarga. El tiempo de descarga efectivo para calcular la cantidad de bióxido de carbono, debe ser de 30 segundos. El tiempo, se debe incrementar para compensar cualquier condición de riesgo de cada caso en particular (cuyos parámetros pueden ser el tipo de material y la temperatura de operación por mencionar algunos) que requeriría un período mayor de enfriamiento, para asegurar la extinción total.

8.3.2.3.3.1 Donde exista la posibilidad de que un metal u otro material se llegue a calentar por arriba de la temperatura de ignición del combustible, el tiempo efectivo de descarga dependiendo de cada caso en particular se debe incrementar para permitir un tiempo adecuado de enfriamiento

8.3.2.3.3.2 Cuando el combustible tenga un punto de auto ignición por debajo de su punto de ebullición, como la cera de parafina, y los aceites para cocinar, el tiempo de descarga efectiva, se debe incrementar para permitir el enfriamiento del combustible y prevenir su reignición. El tiempo mínimo de descarga de líquido, debe ser de 3 minutos.

8.3.2.4 Valor por el método del área.

8.3.2.4.1 Generalidades. El diseño del sistema por el método del área, se debe usar donde el riesgo de incendio consista principalmente de superficies planas u objetos de baja altura, asociados con superficies horizontales.

8.3.2.4.1.1 El diseño del sistema, se debe basar en datos aprobados para las boquillas. No se debe permitir la extrapolación de tales datos por arriba o abajo de los límites inferiores o superiores.

8.3.2.4.2 Valores de descarga de las boquillas. El valor de la descarga de diseño a través de las boquillas, se debe determinar en base a la localización o la distancia de proyección de la boquilla al riesgo de acuerdo con las aprobaciones específicas o listados.

8.3.2.4.2.1 El valor de la descarga para boquillas que se colocan arriba del riesgo, se debe determinar únicamente basándose en la distancia entre la superficie del riesgo y cada boquilla que ésta protege.

8.3.2.4.2.2 El valor de la descarga para las boquillas laterales, se debe determinar basándose únicamente en la descarga requerida, para cubrir la superficie que cada boquilla protege.

8.3.2.4.3 Área por boquilla. El área máxima protegida por cada boquilla, se debe determinar basándose en la localización o distancia de proyección y el valor de la descarga de diseño, de acuerdo con los listados y/o aprobaciones de UL, FM o equivalente.

8.3.2.4.3.1 Los mismos factores utilizados para determinar el valor de la descarga de diseño, se deben usar para determinar el área máxima de cobertura de cada boquilla.

8.3.2.4.3.2 La porción del riesgo protegido por boquillas que se coloquen arriba del riesgo, se debe considerar como área cuadrada.

8.3.2.4.3.3 La porción del riesgo protegido por boquillas laterales o lineales para tanques, es área rectangular o cuadrada de acuerdo con el espaciamiento y las limitaciones de descarga establecido en listados o aprobaciones de UL o FM o equivalente.

8.3.2.4.3.4 Donde se vayan a proteger rodillos de superficie sólida u otras formas irregulares similares, la proyección del área húmeda, se debe usar para determinar la cobertura de la boquilla.

8.3.2.4.3.5 Donde se vayan a proteger superficies cubiertas, se permite que el área por boquilla se incremente hasta un máximo de 40 por ciento sobre las áreas dadas en los listados o aprobaciones de UL o FM o equivalente. Las superficies cubiertas para drenajes, se diseñan y construyen con el fin de evitar la acumulación de depósitos o charcos de líquido que excedan el 10 por ciento del área total de la superficie protegida. Este párrafo, no debe aplicar donde exista acumulación de residuos. (ver 8.1.2.2).

8.3.2.4.3.6 Donde se usen boquillas de aplicación local para aberturas como se define 8.3.1.2.1.3 y 8.3.1.2.1.4, el área por boquilla dada por las aprobaciones de UL, FM o equivalente, se debe incrementar hasta un máximo de 20 por ciento.

8.3.2.5 Valor por el método del volumen.

8.3.2.5.1 Generalidades. El método del volumen para el diseño de un sistema de aplicación local, debe usarse cuando el riesgo de incendio consiste de objetos irregulares de tres dimensiones, que no pueden ser reducidos fácilmente a áreas equivalentes de superficie.

8.3.2.5.2 Enclaustramiento supuesto. El valor de la descarga total del sistema, se debe basar en un volumen supuesto que encierra completamente al riesgo.

8.3.2.5.2.1 El cálculo del volumen supuesto, se debe basar en que el piso es completamente cerrado.

8.3.2.5.2.2 Las paredes y el techo de este volumen supuesto deben estar cuando menos a 0,6 m (2 pies) del riesgo principal a menos que existan paredes reales, y deben encerrar todas las áreas de posibles derrames, fugas o salpicaduras.

8.3.2.5.2.3 No se deben hacer reducciones de la cantidad de bióxido de carbono debido a los objetos sólidos que se encuentran dentro del volumen del recinto.

8.3.2.5.2.4 Se debe usar una dimensión mínima de 1,2 m (4 pies), para calcular el volumen supuesto.

8.3.2.5.2.5 Si el riesgo está sujeto a vientos o a ventilación de tiro forzado, el volumen supuesto se debe incrementar para compensar las pérdidas en los lados expuestos al viento, de acuerdo a las condiciones de cada caso en especial.

8.3.2.5.3 Valor de la descarga del sistema. El valor total de la descarga para un sistema básico, debe ser cuando menos igual a $16 \text{ kg/min} \cdot \text{x m}^3$ ($1 \text{ lb/min} \cdot \text{pie}^3$) de volumen supuesto.

8.3.2.5.3.1 Si el volumen supuesto tiene un piso cerrado y está parcialmente definido por paredes continuas permanentes que se extienden cuando menos a 0,6 m (2 pies) por arriba del riesgo (donde las paredes no son normalmente parte del riesgo), el valor de la descarga se puede reducir proporcionalmente hasta $4 \text{ kg/min} \cdot \text{x m}^3$ ($0,25 \text{ lb/min} \cdot \text{pie}^3$), para las paredes reales que circundan completamente al volumen supuesto.

8.3.2.6 Sistemas de tubería. La tubería se debe diseñar de acuerdo con 8.2.5.4 y debe ser tan recta su trayectoria como sea posible, de tal manera que se minimicen las pérdidas de presión por fricción.

8.3.2.6.1 Las clasificaciones de las temperaturas de almacenamiento de alta presión de 0 °C a 49 °C (32 °F a 120 °F), no requieren métodos especiales de compensación por los cambios en los valores de flujo.

8.3.2.6.2 Boquillas de descarga. Las boquillas deben estar aprobadas, para el valor de descarga, rango efectivo, y patrón o área de cobertura.

8.3.2.6.2.1 El tamaño del orificio equivalente usado en cada boquilla, se debe determinar de acuerdo a 8.2.5.4 para igualar el valor de descarga de diseño.

8.3.2.6.2.2 Las boquillas se deben colocar y orientar, de acuerdo con los requerimientos de diseño del sistema como se indica en 8.6.2, hasta 8.6.2.2, de 8.6.3 hasta 8.6.3.6 y de 8.6.4 hasta 8.6.4.4.

8.4 Sistemas de manguera.

8.4.1 Requerimientos generales. Los sistemas manuales de manguera, se deben diseñar de acuerdo a 8.1.3, e instalar de acuerdo a 8.6.5.1 y 8.6.5.2, excepto como se indica en 8.4.3 y 8.4.6.3.2.

8.4.2 Requerimientos de seguridad. Ver 8.1.8

8.4.3 Especificaciones del riesgo. Los sistemas manuales de mangueras, se pueden usar para combatir los incendios descritos en 8.1.4.

8.4.4 Requerimientos.

8.4.4.1 Cantidad y duración de la descarga. La cantidad y duración de la descarga y consecuentemente la cantidad de bióxido de carbono, se deben determinar por el tipo y el tamaño potencial del riesgo. Una manguera manual, debe tener la suficiente cantidad de bióxido de carbono, para aplicación al menos para 1 (un) minuto.

8.4.5 Uso Simultáneo. Cuando sea posible el uso simultáneo de dos o más mangueras, se debe tener una cantidad suficiente disponible de bióxido de carbono, para mantener el máximo número de boquillas, que sea probable se usen al menos 1 (un) minuto. La tubería, se debe dimensionar tomando en cuenta una operación simultánea del total de boquillas que probablemente se utilicen.

8.4.6 Especificaciones del equipo.

8.4.6.1 Mangueras. Las mangueras en los sistemas con suministro de alta presión, deben tener una presión mínima de ruptura de 34 474 kPa (5 000 psi). (Ver 8.8.5 c)

8.4.6.2 Boquilla de descarga. Las mangueras se deben equipar con boquillas de descarga y con una válvula de apertura y cierre rápidos, para controlar el flujo de bióxido de carbono a través de la boquilla. El dispositivo de ensamble entre la boquilla de descarga y la manguera, debe ser una conexión giratoria, que ofrezca facilidad en su manejo.

8.4.6.3 Almacenamiento de las mangueras. Las mangueras se deben colocar en un carrete, de tal manera que se puedan utilizar sin necesidad de acoplamientos. Si se encuentran instaladas en el exterior, se deben proteger de la intemperie colocándolas en gabinetes diseñados especialmente para este fin.

8.4.6.3.1 Los controles y el suministro de bióxido de carbono, se deben localizar lo más cerca posible al carrete, para facilitar la operación.

8.4.6.3.2 La manguera sólo se debe mantener presurizada, cuando esté operando.

8.5 Sistemas para uso marino.

8.5.1 Generalidades.

8.5.1.1 Este capítulo establece requisitos adicionales específicos para los sistemas de uso marino; sin embargo todos los otros requerimientos anteriores y posteriores de esta norma también aplican. Para detalles no contemplados en este capítulo, ver la NOM-025-SCT4-1995, detección, identificación, prevención y sistemas contraincendio para embarcaciones que transportan hidrocarburos, químicos y petroquímicos de alto riesgo, así como la NOM-002-STPS-2000, Condiciones de seguridad prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

8.5.2 Requerimientos del sistema.

8.5.2.1 Componentes. Los componentes del sistema para uso marino, deben estar específicamente aprobados y listados por UL, FM U.S. Coast Guard o equivalente.

8.5.2.2 Instrucciones de operación.

8.5.2.2.1 Las instrucciones para la operación del sistema, deben estar en idioma español y se deben localizar en un lugar visible, o junto a los controles manuales, y en el cuarto de almacenamiento del bióxido de carbono.

8.5.2.2.2 Para los sistemas, en los cuales el almacenamiento del bióxido de carbono, no se encuentre dentro del espacio protegido, las instrucciones de operación, se deben incluir en un documento, en el cual se indique la localización del control de emergencia que se debe operar, cuando los controles normales fallen.

8.5.3 Operación del Sistema.

8.5.3.1 Se deben suministrar dos válvulas por separado, para liberar el bióxido de carbono dentro del espacio protegido. Una válvula, debe controlar la descarga del bióxido de carbono. La segunda válvula, debe controlar el bióxido de carbono dentro de el (los) espacios que se va (n) a proteger (ver 8.2.3.2.5).

Nota: Para los sistemas de almacenamiento de bióxido de carbono que contengan 136 kg (300 lb), o menos, se necesita usar solamente una válvula para la liberación del sistema, siempre que, el espacio protegido esté normalmente desocupado y tenga salidas horizontales.

8.5.3.2 Se debe suministrar por separado un control manual de operación, para operar cada válvula requerida por 8.5.3.1. Se debe localizar un juego de controles afuera de cuando menos en una de las salidas principales de cada espacio protegido.

8.5.3.3 Adicionalmente a los controles manuales, requeridos por 8.5.3.2, se deben suministrar cada una de las válvulas requeridas por 8.5.3.1 con su propio control manual de emergencia.

8.5.3.4 Los controles para las válvulas, requeridos por 8.5.3.2, se deben localizar dentro de una estación manual de descarga claramente identificada para el riesgo que se va a proteger. Si la caja que contiene los controles de la estación manual va a estar cerrada, se debe suministrar una llave la cual debe estar guardada en otra caja que tenga un vidrio para romperse en caso de emergencia, localizada visiblemente y adyacente a la caja que contenga la estación manual.

8.5.3.5 Adicionalmente a los requerimientos de 8.1.8 y 8.2.1, se deben suministrar alarmas de predescarga del tipo neumático; también denominadas sirenas actuadas por presión que dependan únicamente de la energía de la presión del bióxido de carbono. El tiempo debe ser como mínimo de 20 segundos y debe depender únicamente de la energía de la presión del bióxido de carbono.

8.5.4 Almacenamiento del Bióxido de Carbono.

8.5.4.1 El almacenamiento del bióxido de carbono, se debe hacer dentro de los espacios que se van a proteger y que no estén normalmente ocupados, esto, para sistemas que no contengan más de 136 kg (300 lb) de almacenamiento de bióxido de carbono y estén equipados para actuar automáticamente.

8.5.4.2 Cuando los cilindros de bióxido de carbono, estén localizados fuera del espacio protegido, se deben almacenar en un lugar donde no puedan estar expuestos a incendios o explosiones y ser de fácil acceso, deben estar ventilados de tal manera, que los contenedores del agente no estén expuestos a las temperaturas mencionadas en 8.2.4.2.5. Las mamparas comunes, muros divisorios y niveles localizados entre los cuartos de almacenamiento de los recipientes contenedores del agente, se deben proteger con aislamiento estructural clase A-60. Las puertas y cualquier otro medio de cierre (interior), que formen los límites entre los cuartos y los espacios adyacentes protegidos, deben ser cerrados, a prueba de fuga de gas. Las puertas de acceso deben abrir hacia fuera y operarse desde el interior, aun cuando estén cerradas con llave desde el exterior. Los sistemas que contengan menos de 136 kg (300 lb) de almacenamiento de bióxido de carbono, deben usar una sola válvula para la descarga del sistema, siempre que el espacio protegido esté normalmente desocupado y tenga salidas horizontales.

8.5.5 Sistema de tubería.

8.5.5.1 Donde sea necesario, se deben proveer drenajes para purgar la humedad que se pueda acumular en la tubería de bióxido de carbono; pero no se debe acoplar a drenajes u otras instalaciones dentro de cuartos habitados.

8.5.6 Diseño del sistema. El diseño del sistema debe cumplir con 8.3.1, 8.3.2 Y 8.4, excepto como se indica a continuación:

- a) Espacios para Maquinaria: Los espacios para maquinaria, se deben diseñar a un 34 por ciento de concentración, con base en el volumen total. El 85 por ciento de esta concentración, se debe lograr dentro de los 2 minutos a partir del inicio de la descarga, el volumen total incluye la envolvente.
- b) Espacios para carga: Los espacios para carga, se deben equipar con sistemas de bióxido de carbono basados en $0,454 \text{ kg}/0,85 \text{ m}^3$ ($1 \text{ lb}/30 \text{ pies}^3$), del volumen total bruto. La cantidad inicial de bióxido de carbono descargado, debe tomar en cuenta el volumen neto del espacio, como se determinó para la cantidad de la carga de bióxido de carbono en este espacio. Se debe liberar bióxido de carbono adicional, tanto como sea necesario para mantener el control del incendio. Se deben colocar letreros con instrucciones dentro del cuarto que almacene los cilindros de bióxido de carbono, detallando el procedimiento de disparo u operación del sistema.

NOTA: Para ejemplos de cálculo ver el apéndice de la Especificación Técnica de Seguridad Industrial P.9.1011.01 Sistemas Fijos de Extinción a Base de Bióxido de Carbono de octubre de 2002 o los apéndices A, B y C de la NFPA 12 última edición o equivalente.

8.6 Instalación.

8.6.1 En la instalación de sistemas, se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Colocar los controles y alarmas manuales en sitios visibles y de fácil acceso, libres de obstáculos, protegidos de la intemperie y señalar su ubicación de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998
- b) Las mangueras deben estar en un gabinete cubierto por un cristal de hasta 4 mm de espesor, y que cuente en su exterior con una herramienta, dispositivo o mecanismo de fácil apertura que permita romperlo o abrirlo y acceder fácilmente para su operación en caso de emergencia.

8.6.2 Localización de boquillas (sistemas de inundación total)

8.6.2.1 Las boquillas, se deben localizar de tal manera, que la descarga no salpique los líquidos inflamables, o generen nubes de polvo, que pudieran extender el fuego creando una explosión o afectar los contenidos del cuarto o encabinado.

8.6.2.2 La localización y espaciamiento de las boquillas en un ducto, depende de factores tales como: la velocidad del aire dentro del ducto, localización y efectividad de las compuertas de tiro, la longitud del ducto y las dimensiones de la sección transversal entre otras. La localización de las boquillas debe asegurar la distribución del bióxido de carbono a través de toda la longitud del ducto (ver 8.3.1.3.5.6 y la Tabla 6).

8.6.3 Localización de boquillas (sistemas de aplicación local - valor por el método del área)

8.6.3.1 Se debe utilizar la cantidad suficiente de boquillas, para cubrir el área total del riesgo, en base a las áreas unitarias protegidas por cada boquilla.

8.6.3.2 Las boquillas de cuello de ganso o lineales, se deben localizar de acuerdo con el espaciamiento y las limitaciones del valor de la descarga, establecido en las aprobaciones específicas de UL o FM o equivalentes.

8.6.3.3 Las boquillas que se coloquen arriba del riesgo, se deben instalar perpendiculares al riesgo y centradas sobre el área a proteger por la boquilla. Así mismo se permite su instalación en ángulos entre los 45 y 90 grados respecto al plano de la superficie del riesgo, como se indica en 8.6.3.4. La altura que se use en la determinación del valor de flujo necesario y el área de cobertura, se debe considerar como la distancia desde el punto de direccionamiento de la superficie protegida hasta la cara de la boquilla medida a lo largo del eje de la boquilla.

8.6.3.4 Cuando las boquillas son instaladas en un determinado ángulo, éstas se deben direccionar hacia un punto medido desde el lado más cercano del área protegida por la boquilla. Esta localización, se calcula multiplicando la fracción del factor de direccionamiento que se encuentra en la Tabla 8 por el ancho del área protegida por la boquilla.

| Angulo de Descarga¹ | Factores de Direccionamiento² |
|---------------------------------------|---|
| de 45° a 60° | 1/4 |
| de 60° a 75° | de 1/4 a 3/8 |
| de 75° a 90° | de 3/8 a 1/2 |
| 90° (perpendicular) | 1/2 (al centro) |

¹ Grados a partir del plano de la superficie del riesgo.

² Cantidad fraccionaria de área de cobertura de la boquilla.

³ Ver figura A-3 en el apéndice.

Tabla 8 Factores de direccionamiento para localización angular de las boquillas basados en la tolerancia libre de 152 mm (6 pulgadas).

8.6.3.5 Las boquillas se deben colocar de tal manera que se encuentren libres de toda posible obstrucción, que pudiera interferir con la proyección adecuada de la descarga de bióxido de carbono.

8.6.3.6 Los posibles efectos de las corrientes de aire, vientos y tiros forzados, se deben compensar con una adecuada localización de las boquillas o con boquillas adicionales, para proteger las áreas exteriores del riesgo.

8.6.4 Localización de boquillas (sistemas de aplicación local - valor por el método del volumen).

8.6.4.1 Se debe usar un número suficiente de boquillas, para cubrir el volumen total del riesgo, basándose en el valor de la descarga del sistema, como se determinó por medio del volumen supuesto.

8.6.4.2 Las boquillas se deben localizar y dirigir de tal manera, que la descarga del bióxido de carbono se mantenga o sea retenida en el volumen del riesgo, tomando en cuenta la ayuda mutua que se pudieran dar las boquillas y objetos que se encuentran en el volumen del riesgo, de acuerdo a su localización y geometría.

8.6.4.3 Las boquillas se deben colocar de tal manera que compensen cualquier efecto adverso probable de las corrientes de aire, vientos o ventilación de tiro forzado.

8.6.4.4 Los valores de las descargas de diseño a través de las boquillas, se deben determinar basándose en la localización o de la distancia de proyección de acuerdo con las aprobaciones de UL o FM o equivalente para incendios superficiales.

8.6.5 Sistemas de manguera.

8.6.5.1 Localización. Las estaciones manuales de manguera, se deben localizar en lugares que sean de fácil acceso y con el alcance al riesgo más lejano que vaya a proteger. En general, no se deben localizar en lugares expuestos al riesgo ni se deben localizar dentro de cualquier área de riesgo protegida por un sistema de inundación total.

8.6.5.2 Espaciamiento. Si se usan varias estaciones de manguera, éstas se deben espaciar de tal manera, que cualquier área dentro del riesgo pueda ser cubierta por una o varias mangueras.

8.7 Inspección.

8.7.1 Inspección del sistema instalado.

El proveedor o contratista, debe entregar a Pemex los registros con los resultados de la inspección realizada al sistema, validados por el personal del contratista y la supervisión de Pemex.

Se debe verificar que el sistema ha sido instalado conforme al diseño y, que funcionará como se especificó, el contratista o proveedor y Pemex, deben llevar a cabo lo siguiente:

- a) Se debe inspeccionar el sistema instalado así como el área de riesgo: para comprobar que la tubería, el equipo y las boquillas de descarga tengan el tamaño, y códigos de orificio calculados; así mismo que se encuentren colocados y localizados en los lugares indicados en el plano correspondiente.
- b) Se debe confirmar que las alarmas y los disparos de emergencia manual se encuentren en el lugar indicado en los planos. La configuración del riesgo se debe comparar con la arquitectura del riesgo original aprobada previamente por Pemex. El riesgo debe ser inspeccionado minuciosamente en aquellas aberturas que no se pueden cerrar y lugares por donde el agente pueda escaparse y que se hayan podido pasar por alto en la especificación original.

- c) Revisar que los dispositivos estén debidamente identificados con placas y/o etiquetas en acero inoxidable e instrucciones en idioma español y conforme a la NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. Los datos de la placa de los recipientes de almacenamiento, se deben comparar con las especificaciones del diseño.

8.7.1.1 El proveedor o contratista, debe detallar para cada uno de los aspectos generales de los incisos siguientes el protocolo de inspección de los equipos del sistema, que de acuerdo al diseño se hayan suministrado.

- a) El sistema.
- Se debe revisar toda la apariencia física.
- b) El área de riesgo.
- Se deben revisar sus dimensiones.
 - Se debe revisar la configuración.
 - Se deben revisar las aberturas que no se pueden cerrar.
 - Se deben revisar los diferentes tipos de combustibles involucrados.
- c) Circuitos supervisados.
- Se deben probar todas las funciones.
 - Se debe revisar la adecuada operación de todos los circuitos de supervisión eléctricos o neumáticos.
- d) Tablero de control.
- Se deben probar todas las funciones.
 - Se debe revisar la supervisión, si es que aplica, de cada circuito (incluyendo los dispositivos de disparo o de descarga del agente), como lo recomienda el fabricante.
- e) Suministro de energía.
- Se debe revisar la ruta del cableado, interruptores del circuito, fusibles, desconexiones.
- f) Suministro eléctrico de emergencia.
- Se debe revisar en que condición se encuentra la batería.
 - Se debe revisar la operación del cargador; revisar los fusibles.
 - Se debe revisar que la fuente principal de energía cambie automáticamente a la fuente de reserva (suministro de baterías) cuando falle la principal.
- g) Detectores.
- Se deben probar cada uno de los detectores usando calor o humo o los dispositivos de prueba aprobados (*ver el NFPA 72, Código de Alarma Contra incendio*).
 - Tipo Eléctrico.
 - Se debe limpiar y ajustar el detector de humo y revisar su sensibilidad.
 - Se deben revisar las condiciones del cableado.
 - Tipo Neumático.
 - Se debe revisar la hermeticidad del tubing y cualquier otro elemento del sistema neumático utilizando un manómetro (columna de agua).
- h) Retardador de Tiempo.
- Se deben probar las funciones.
 - Se debe revisar el límite de tiempo.

- Se debe revisar que el contador de tiempo complete su ciclo, aún cuando el cableado del circuito de detección esté averiado o cortado.

- i) Alarmas.
 - Se debe probar la operación de las alarmas visibles y audibles.
 - Se debe revisar visualmente, que los signos de advertencia se instalen conforme al diseño aprobado para construcción.

- j) Selector (direccional) de las válvulas.
 - Se debe hacer una prueba general de funcionamiento.
 - Se debe restablecer para sus operación.

- k) Dispositivos de disparo.
 - Se debe revisar que las compuertas de tiro cierren completamente.
 - Se debe revisar que cualesquiera de las puertas que se encuentren bloqueadas se puedan abrir.

- l) Equipo de Paro por Emergencia.
 - Se deben revisar todas las funciones de paro por emergencia.
 - Verificar la capacidad de todo el equipo involucrado.

- m) Disparos manuales.
 - Tipo mecánico.
 - Se deben revisar los mecanismos de actuación.
 - Se deben operar y ajustar todos los dispositivos.
 - Se debe revisar el cierre hermético de los conectores.
 - Se debe revisar la condición del conduit.
 - Se debe revisar la condición y operación de las poleas para esquinas.
 - Se deben revisar las condiciones del disparador manual, interior y exteriormente.
 - Tipo eléctrico.
 - Se debe probar el disparo manual.
 - Se debe revisar que las cubiertas de seguridad estén en su lugar.

 - Tipo neumático.
 - Se deben revisar los disparos neumáticos.
 - Se debe revisar el cierre hermético de los conectores.
 - Se deben revisar las condiciones del disparador manual, interior y exteriormente.
 - Se debe revisar la hermeticidad del tubing y cualquier otro elemento del sistema neumático.
 - Se debe revisar la facilidad del acceso durante un incendio.
 - Se deben revisar por separado las palancas de los sistemas principal y manual, que requieren solo una operación, para obtener la descarga de cualesquiera de los suministros de bióxido de carbono, ya sea, el principal o el de reserva.
 - Se deben marcar claramente e identificar todas las estaciones de disparo manual.

- n) Tubería.
 - Se debe revisar que la tubería se encuentre soportada de acuerdo a los planos aprobados para construcción.
 - Se debe revisar su condición física, y si hay corrosión.

- o) Boquillas.
 - Se debe revisar la orientación y el tamaño de orificio, asegurarse que se haya instalado de acuerdo al diseño original.

- Se debe revisar que estén limpias.
- Se deben revisar que estén bien fijadas.
- Se deben revisar que los sellos se encuentren intactos donde se requiera debido a la posibilidad de obstrucción debido a insectos o vapores de hidrocarburo.

p) Cilindros.

- Se debe revisar la condición física y cualquier signo de corrosión.
- Se debe revisar el peso del contenido, para cada cilindro, si el contenido está 10 por ciento abajo de su capacidad normal, se debe pedir la instalación de un cilindro nuevo.
- Se debe revisar que los cilindros estén debidamente asegurados, apoyados y sujetos en su posición.
- Se debe revisar la fecha de la prueba hidrostática de aceptación del equipo.
- Se debe revisar que no estén dañados los conectores de los cilindros y su condición física en general.
- Se debe revisar que el arreglo de los dispositivos de disparo, este de acuerdo a los planos aprobados para construcción.

q) Todo el equipo, materiales e instalación del sistema, debe ser inspeccionado por el contratista o proveedor en presencia de personal supervisor de Pemex.

r) El proveedor debe entregar los registros de la inspección aprobados y debidamente validados por el personal supervisor de Pemex.

8.8 Pruebas.

El proveedor o contratista, debe entregar a Pemex los registros con los resultados de las pruebas hidrostáticas, neumáticas o hidroneumáticas realizadas al sistema, validados por el personal del contratista y la supervisión de Pemex.

8.8.1 Tubería de alta presión.

El medio que se debe usar para realizar la prueba, debe ser un gas inerte seco, tal como, nitrógeno o bióxido de carbono. Cuando se presurice la tubería, la presión se debe elevar en incrementos de 3,5 bares (50 psi) hasta alcanzar la presión de prueba.

8.8.2 Sistemas con válvulas de bloqueo. Toda la tubería desde el cilindro de bióxido de carbono, hasta la válvula de corte, se deben probar a una presión de 6 895 kPa (1 000 psig). No se debe presentar ninguna fuga durante un periodo de 2 minutos, la disminución en la presión del cilindro de almacenamiento no debe exceder del 10 por ciento.

Toda la tubería entre las válvulas de bloqueo y las boquillas, deben estar sujetas a una presión mínima de 4 137 kPa (600 psig). La fuga no debe exceder el 10 por ciento de la caída de presión durante un periodo de 2 minutos.

8.8.3 Retardadores de predescarga, alarmas, y paros. Los retardadores de tiempo, alarmas, y paros de los sistemas de ventilación, se deben probar haciendo fluir bióxido de carbono dentro del sistema. Se deben reemplazar los retardadores de tiempo de la predescarga que no sean exactos dentro del rango de + 20 % / - 0 % a 21 °C (70 °F) de su clasificación.

8.8.4 Verificación. Se debe verificar el cumplimiento con 8 5.2.2.

8.8.5 Prueba de los sistemas. Los sistemas, se deben probar como se describe a continuación:

- a) Aplicación Local. Descarga total de la cantidad de diseño del bióxido de carbono a través del sistema de tubería, para asegurarse de que el bióxido de carbono cubra efectivamente el riesgo en el período total de tiempo requerido, por las especificaciones de diseño, y que todos los dispositivos operados a presión funcionan de acuerdo a las especificaciones del diseño.
- b) Inundación Total. Descarga total de toda la cantidad de diseño de bióxido de carbono a través del sistema de tubería, para asegurarse, de que el bióxido de carbono es descargado en el riesgo y que la concentración se logra y se mantiene en el período de tiempo requerido, y que todos los dispositivos operados por presión funcionan como se esperaba de acuerdo a las especificaciones de diseño.
- c) Sistemas Estacionarios de Manguera. Prueba de descarga total de todos los sistemas estacionarios de manguera. Se requiere la evidencia del flujo de líquido de cada boquilla con un patrón predeterminado de cobertura.

Todo el sistema de mangueras, incluyendo aquellos que se usan como conectores flexibles, se deben probar a 17 237 kPa (2 500 psi) para sistemas de alta presión. La manguera, se debe probar como sigue:

- La manguera, se debe remover del lugar donde este conectada o colocada.
- A los sistemas estacionarios de mangueras, se les debe revisar la continuidad eléctrica entre acoplamientos o uniones.
- Todo el conjunto de la manguera, se debe colocar en un recinto diseñado con protecciones que permita la observación visual de la prueba.
- La manguera, se debe llenar completamente con agua antes de la prueba.
- La presión, se debe aplicar a un valor de elevación constante, para alcanzar la presión de prueba dentro del intervalo del primer minuto. La presión de prueba, se debe mantener completamente durante un minuto. Se deben hacer observaciones sobre las deformaciones o fugas.
- Si en la prueba de presión no ha habido goteos y si los coples no se han movido, se debe liberar la presión. El conjunto de todo el equipo con todo y manguera, se debe considerar que pasó la prueba hidrostática, si no se encontraron deformaciones permanentes.
- El conjunto del equipo con todo y manguera que haya pasado la prueba hidrostática, se debe drenar y secar interiormente en su totalidad. Si se usa calor para secarlo, la temperatura no debe exceder los 66°C (150 °F).
- Los equipos con todo y manguera, que no hayan pasado la prueba, deben ser marcados y destruidos. Deben ser reemplazados en su totalidad.
- Los acoplamientos de montaje de las mangueras que hayan pasado la prueba, se deben marcar en la manguera, con la fecha de la prueba.
- Una prueba a descarga total para todos los sistemas, se debe llevar a cabo, donde varios riesgos estén protegidos con un suministro común de agente, se debe hacer una prueba a descarga completa en cada uno de los riesgos.

- Todo el equipo, materiales e instalación del sistema, debe ser probado por el contratista o proveedor en presencia de personal supervisor de Pemex.

8.9 Entrega - recepción de los sistemas. El proveedor o contratista debe demostrar por medio de certificados de calidad emitidos por UL, FM o equivalente, que todos los equipos, dispositivos y materiales eléctricos utilizados en el sistema, cumplen con los requisitos de esta norma.

En el caso de que los equipos, dispositivos y materiales, se instalen en ambientes marinos, deben protegerse con tratamientos anticorrosivos; asimismo cuando estos sistemas se encuentren instalados en áreas clasificadas, deben cumplir con la NRF-036-PEMEX-2003.

Habiéndose concluido con los protocolos de la inspección y pruebas en sitio, de acuerdo a 8.7 y 8.8, y demostrado el cumplimiento de los requisitos de esta norma a través de los registros correspondientes, el proveedor o contratista y Pemex, deben proceder a levantar el acta de entrega - recepción de los sistemas.

8.10 Información mínima que el contratista debe entregar a Pemex.

8.10.1 Durante el proceso de licitación.

- a) Curriculum de la empresa (proyectos similares ejecutados).
- b) Curricula vitae del personal.
- c) Procedimientos técnico - operativos. Se deben incluir todos los procedimientos técnico-operativos que se emplean en las actividades de diseño, instalación, inspección y pruebas de los sistemas de extinción a base de bióxido de carbono.
- d) Plan de aseguramiento de calidad para el proyecto.
- e) Lista de equipo e infraestructura para instalación en campo.

8.10.2 Durante la ejecución del proyecto.

- a) Memoria descriptiva del proyecto.
- b) Filosofía de operación del proyecto.
- c) Hojas de datos de seguridad del bióxido de carbono.
- d) Hojas de datos y especificaciones de:
 - Equipos, materiales eléctricos y electrónicos:
 - Tablero.
 - Detectores.
 - Alarmas manuales, visibles y audibles.
 - Interruptores.
 - Retardadores de tiempo.
 - Equipos y materiales mecánicos:
 - Cilindros.
 - Válvulas de descarga.

- Válvulas de retención.
- Poleas y cables.
- Mangueras y boquillas.
- Tubería y sus accesorios (codos, tees, válvulas).

e) Manuales de instalación, inspección, pruebas, operación y mantenimiento del sistema.

f) Planos:

- Clasificación de áreas peligrosas.
- En planta y localización general del sistema.
- Diagrama de tubería e instrumentación.
- Diagrama de flujo mecánico de proceso.
- Lista de líneas.
- Planta y elevación de tuberías.
- Isométricos de tubería.
- Matriz lógica de causa y efecto.
- Diagramas de alambrado.
- Cédula de conductores.
- Planta y elevación de ruta conduit.
- Isométricos de tubería conduit.
- Típicos de instalación de instrumentos.
- Típicos de instalación del sistema (banco de cilindros, soportes de tubería, típicos de instalación, de alarmas, detectores y boquillas, entre otros).

Los planos se deben dibujar a escala, estar totalmente dimensionados y se deben entregar en archivo electrónico e impresos, con su respectiva maqueta electrónica.

g) Maqueta electrónica. Debe contener:

- Localización del área de riesgo y todos sus detalles.
- Arreglo general del sistema de extinción.
- Localización de los cilindros.
- Trayectoria de la tubería.
- Colocación y direccionamiento de las boquillas.
- Localización de las alarmas manuales, visibles y audibles.
- Trayectoria de tubería conduit.
- Encabinado, recinto o límites y el aislamiento de las áreas de riesgo.
- El área circundante que pudiera afectar las áreas de los riesgos protegidos.

De tal manera que Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios puedan evaluar el desempeño del sistema en el área del riesgo. Debe proporcionar un juego de planos y memorias de cálculo, concluidas las etapas de prueba y "como quedo construido" (As-Built).

h) Memorias de cálculo. Deben considerar lo siguiente:

- Cálculos sobre la cantidad de bióxido de carbono.
- La localización y el valor del flujo de cada boquilla, incluyendo el área del orificio equivalente.
- Localización, diámetros, y longitudes equivalentes de la tubería, accesorios y mangueras.
- Localización y tamaño del área para el almacenamiento del bióxido de carbono.
- El proveedor debe presentar el certificado del software utilizado para elaborar el cálculo debidamente acreditado por UL, FM o equivalente.

- i) Los planos y los cálculos aprobados para construcción, se deben someter a la consideración de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios para su verificación, antes de que se inicie la instalación.
- j) Posterior a la instalación el proveedor o contratista debe presentar los planos, memoria de cálculo y maqueta electrónica con los cambios correspondientes ocurridos en la instalación y entregar a Petróleos Mexicanos u Organismos Subsidiarios la versión de éstos de "cómo quedo construido" (As Built).

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 De Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Vigilar la aplicación de los requisitos y especificaciones de esta norma de referencia, en las actividades de: diseño, selección, cálculo, instalación y pruebas de los sistemas fijos de extinción a base de bióxido de carbono.

9.2 Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Verificar el cumplimiento de esta norma de referencia, en la contratación de servicios que tengan por objeto el diseño, Instalación, inspección y pruebas de funcionamiento en sitio para el desempeño seguro y eficiente de los sistemas fijos de extinción a base de bióxido de carbono de inundación total. Los encargados de realizar la adquisición deben indicar en las bases de licitación, el tipo de sistema requerido de acuerdo a sus necesidades. Verificar que los licitantes cuenten con personal técnico especializado y con la experiencia en el manejo e interpretación de lo que cita la norma de referencia.

9.3 Contratistas o proveedores. Cumplir con los requerimientos especificados en esta norma de referencia, para el diseño, selección, cálculo, instalación y pruebas del (de los) sistema (s) fijo (s) de extinción a base de bióxido de carbono.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.

Esta norma de referencia no coincide con Normas Mexicanas, Normas Oficiales Mexicanas o Internacionales.

11. BIBLIOGRAFÍA.

11.1 Publicaciones NFPA. Asociación Nacional de Protección Contra incendio (*National Fire Protection Association*).

NFPA-12, Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems, 2000 Edition.

NFPA 69, Estándar para Sistemas de Prevención de Explosión (*Standard on Explosion Prevention Systems*), edición 1997.

NFPA 70, Código Nacional Eléctrico (*National Electric Code*), edición 1999.

NFPA 72, Código Nacional de Alarma Contra incendio (*National Fire Alarm Code*), edición 1999

NFPA 77, Práctica Recomendada sobre Electricidad Estática (*Recommended Practice on Static Electricity*), edición 1993.

NFPA 101, Código para la Seguridad de la Vida (*Life Safety Code*), edición 2000.

11.2 Publicaciones ANSI. Instituto Nacional Americano de Estándares (*American National Standards Institute, Inc.*).

ANSI B 31.1, Código para Tuberías de Potencia (*Power Piping Code*), 1989.

ANSI/IEEE C 2, Código Nacional de Seguridad Eléctrica (*National Electrical Safety Code*), 1993.

11.3 Publicaciones API. Instituto Americano del Petróleo (*American Petroleum Institute*).

ASME Sección VIII, Código para Recipientes a Presión No Sujetos a Fuego para Líquidos y Gases del Petróleo (*Code for Unfired Pressure Vessel for Petroleum Liquids and Gases*), Julio 1, 1961.

11.4 Publicaciones ASTM. Sociedad Americana para la Prueba de Materiales (*American Society for Testing Materials*).

ASTM A 53 Especificación Estándar para Tubería de Acero, Negra, con Inmersión en Baño en Caliente, Recubierta de Zinc, Soldada y Sin Costura. (*Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless*), 1999.

ASTM A 106 Especificación Estándar para Tubería de Acero al Carbón, Sin Costura, para Servicio de Alta Temperatura (*Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service*), 1999.

ASTM A 120, Especificación para Tubería de Acero Soldada (*Specification for Welded and Steel Pipe*), 1984.

ASTM A 182 Especificación Estándar para Bridas de Tubería de Aleación de Acero Rolada o Forjada, Accesorios Forjados, y Válvulas y Partes para Servicio de Alta Temperatura (*Standard Specification for Forged or Rolled Alloy-Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for High-Temperature Service*), 1998.

ASTM SI 10, Estándar para el Uso del Sistema Internacional de Unidades (SI): El Moderno Sistema Métrico (*Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System*), 1997.

11.5 Publicaciones CGA. Asociación para el Gas Comprimido (*Compressed Gas Association*).

CGA G6.2 Especificación de Materiales para Bióxido de Carbono (*Commodity Specification for Carbon Dioxide*), 1994.

11.6 Publicaciones CSA. Asociación de Estándares Canadiense (*Canadian Standards Association*).

CSA C221.1, Código Eléctrico Canadiense (*Canadian Electric Code*), 1986.

11.7 Publicaciones del Gobierno de los Estados Unidos. (U.S. Government Printing Office).

Título 46, Código de Regulaciones Federales, Parte 72 (*Code of Federal Regulations, Part 72*).

Título 46, Código de Regulaciones Federales, Parte 58.20 (*Code of Federal Regulations Part 58.20*).

Título 46, *Código de Regulaciones Federales*, Parte 119, "Maquinaria e Instalaciones". (Title 46, *Code of Federal Regulations*, Part 119, "Machinery Installations".)

| | | |
|--|--|--|
|  <p>PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios</p> | <p>SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN A BASE DE BIÓXIDO DE CARBONO</p> | <p>NRF-102-PEMEX-2005 Rev.: 0 Página 43 de 50</p> |
|--|--|--|

Departamento de Transportación, Título 49, Código de Regulaciones Federales, Partes 171-190. (DOT, Title 49, *Code of Federal Regulations*, Parts 171-190).

(DOT) Oficina de Minas 503 y 627, Límites de Inflamabilidad de Gases y Vapores (*Bureau of Mines 503 and 627, Limits of Flammability of Gases and Vapors*), 1962.

11.8 Publicación HEW. Departamento de Salud y Servicios Humanos, Instituto Nacional de Seguridad y Salud (*Department of Health and Human Services, National Institute of Safety and Health*).

Publicación 76-194 de la HEW (NIOSH), Criterio para el Estándar Recomendado sobre Exposición Ocupacional al Bióxido de Carbono (*Criteria for Recommended Standard on Occupational Exposure to Carbon Dioxide*).

12. ANEXOS.

12.1 Presentación de documentos equivalentes.

Si el proveedor o contratista considera que un documento normativo es equivalente al documento normativo (Norma, Código, Especificación o Estándar) indicado en esta Norma de Referencia, puede solicitar por escrito a Pemex la revisión, para en su caso autorización, del documento presuntamente equivalente, anexando los antecedentes y argumentación en forma comparativa, concepto por concepto, demostrando que como mínimo se cumplen los requisitos de la Norma, Código, Especificación o Norma en cuestión. Pemex dará respuesta por escrito a dicha solicitud, indicando si es o no autorizado para utilizarse como documento normativo equivalente.

Los documentos equivalentes citados en el párrafo anterior, si no son de origen mexicano, deberán estar legalizados ante Cónsul mexicano o, cuando resulte aplicable, apostillados de conformidad con el Decreto de Promulgación de la Convención por la que se suprime el requisito de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros. Los documentos que se presenten en un idioma distinto al español deberán acompañarse con su traducción hecha por perito traductor.

En caso que Pemex no autorice el uso del documento normativo equivalente propuesto, el proveedor o contratista está obligado a cumplir con la normatividad establecida en esta norma de referencia.

12.2 Figuras, tablas y gráficas.

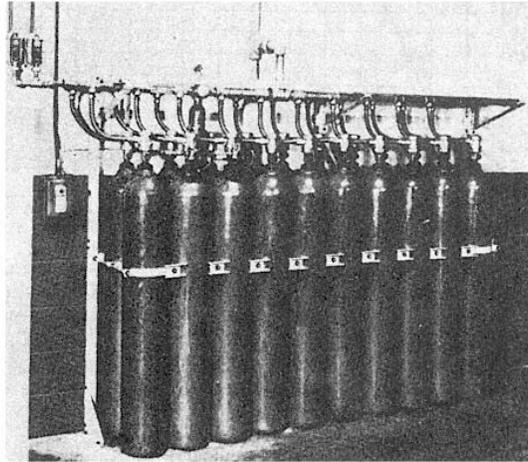


Figura A-1 Instalación típica de almacenamiento de alta presión.

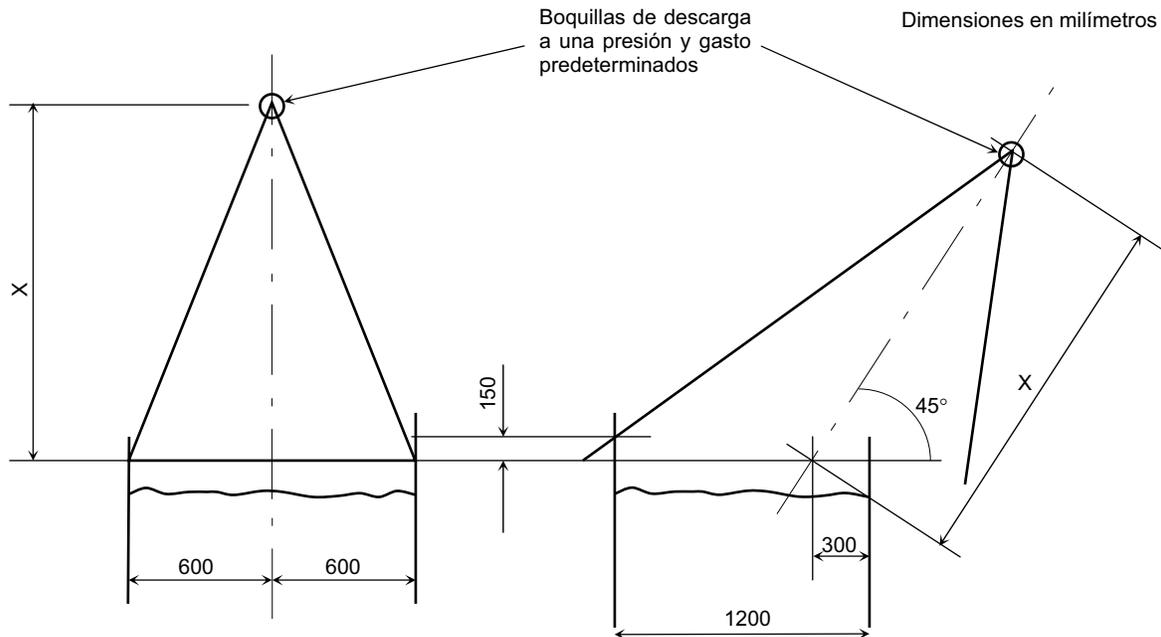


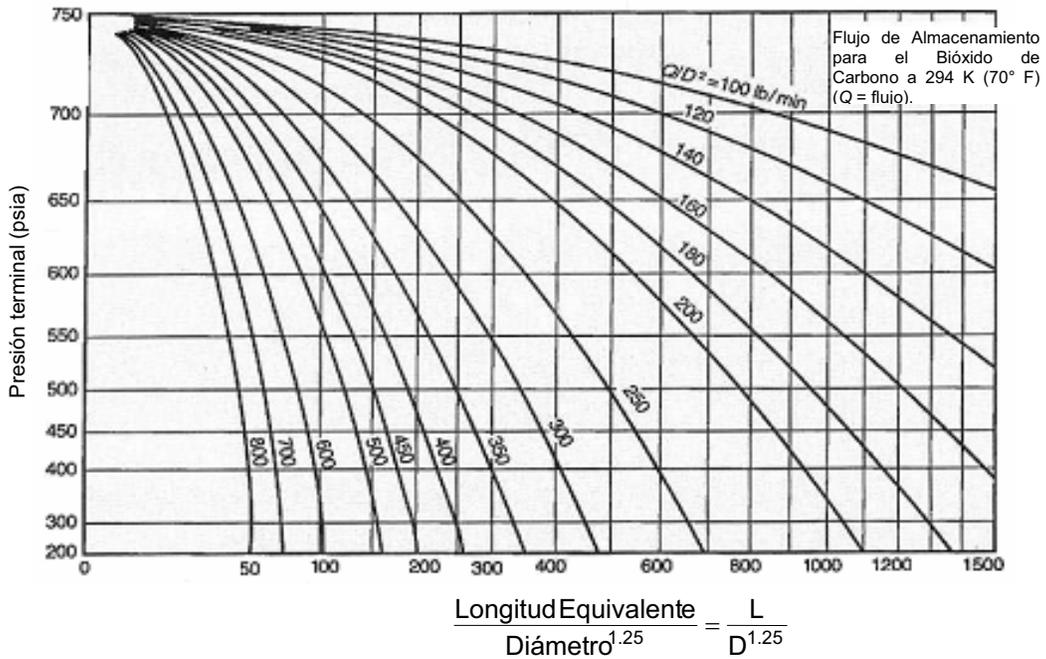
Figura A-2 Localización de boquillas.

Notas:

- 1) Los diagramas muestran boquillas de descarga a; a) 90° con el punto de direccionamiento en el centro de la superficie protegida y a 45°, b) con el punto de direccionamiento de la superficie protegida sobre una charola que tiene un borde de 150 mm y que contiene combustible.
- 2) Es la altura preseleccionada que se usa para determinar el gasto requerido.
- 3) Ver tabla 8 correspondiente a 8.5.5 (Referencia: ISO 6183: 1990 E).

| (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 | 1 436 | 1 391 | 1 345 | 1 299 | 1 254 | 1 208 | 1 161 | 1 115 | 1 068 | 1 022 |
| 710 | 0,143 | 1 882 | 1 838 | 1 794 | 1 750 | 1 706 | 1 661 | 1 616 | 1 572 | 1 527 | 1 481 |
| 700 | 0,174 | 2 314 | 2 271 | 2 229 | 2 186 | 2 143 | 2 100 | 2 057 | 2 013 | 1 970 | 1 926 |
| 690 | 0,205 | 2 733 | 2 691 | 2 650 | 2 608 | 2 567 | 2 525 | 2 483 | 2 441 | 2 399 | 2 357 |
| 680 | 0,235 | 3 139 | 3 099 | 3 059 | 3 018 | 2 978 | 2 937 | 2 897 | 2 856 | 2 815 | 2 774 |
| 670 | 0,265 | 3 533 | 3 494 | 3 455 | 3 416 | 3 377 | 3 338 | 3 298 | 3 259 | 3 219 | 3 179 |
| 660 | 0,296 | 3 916 | 3 878 | 3 840 | 3 802 | 3 764 | 3 726 | 3 688 | 3 649 | 3 611 | 3 572 |
| 650 | 0,327 | 4 286 | 4 250 | 4 213 | 4 176 | 4 139 | 4 102 | 4 065 | 4 028 | 3 991 | 3 953 |
| 640 | 0,360 | 4 645 | 4 610 | 4 575 | 4 539 | 4 503 | 4 467 | 4 431 | 4 395 | 4 359 | 4 323 |
| 630 | 0,393 | 4 993 | 4 959 | 4 924 | 4 890 | 4 855 | 4 821 | 4 786 | 4 751 | 4 716 | 4 681 |
| 620 | 0,427 | 5 329 | 5 296 | 5 263 | 5 229 | 5 196 | 5 162 | 5 129 | 5 095 | 5 061 | 5 027 |
| 610 | 0,462 | 5 653 | 5 621 | 5 589 | 5 557 | 5 525 | 5 493 | 5 460 | 5 427 | 5 395 | 5 362 |
| 600 | 0,498 | 5 967 | 5 936 | 5 905 | 5 874 | 5 843 | 5 811 | 5 780 | 5 749 | 5 717 | 5 685 |
| 590 | 0,535 | 6 268 | 6 239 | 6 209 | 6 179 | 6 149 | 6 119 | 6 089 | 6 058 | 6 028 | 5 997 |
| 580 | 0,572 | 6 560 | 6 531 | 6 502 | 6 473 | 6 444 | 6 415 | 6 386 | 6 357 | 6 328 | 6 298 |
| 570 | 0,609 | 6 840 | 6 812 | 6 785 | 6 757 | 6 729 | 6 701 | 6 673 | 6 645 | 6 616 | 6 588 |
| 560 | 0,646 | 7 110 | 7 084 | 7 057 | 7 030 | 7 003 | 6 976 | 6 949 | 6 922 | 6 895 | 6 868 |
| 550 | 0,683 | 7 371 | 7 345 | 7 320 | 7 294 | 7 268 | 7 242 | 7 216 | 7 190 | 7 163 | 7 173 |
| 540 | 0,719 | 7 622 | 7 597 | 7 572 | 7 548 | 7 523 | 7 498 | 7 472 | 7 447 | 7 422 | 7 396 |
| 530 | 0,756 | 7 864 | 7 840 | 7 816 | 7 792 | 7 768 | 7 744 | 7 720 | 7 696 | 7 671 | 7 647 |
| 520 | 0,792 | 8 098 | 8 075 | 8 052 | 8 028 | 8 005 | 7 982 | 7 958 | 7 935 | 7 911 | 7 888 |
| 510 | 0,827 | 8 323 | 8 301 | 8 278 | 8 256 | 8 234 | 8 211 | 8 189 | 8 166 | 8 143 | 8 120 |
| 500 | 0,893 | 8 540 | 8 519 | 8 497 | 8 476 | 8 454 | 8 433 | 8 411 | 8 389 | 8 367 | 8 345 |
| 490 | 0,898 | 8 750 | 8 730 | 8 709 | 8 688 | 8 667 | 8 646 | 8 625 | 8 604 | 8 583 | 8 562 |
| 480 | 0,933 | 8 953 | 8 933 | 8 913 | 8 893 | 8 873 | 8 852 | 8 832 | 8 812 | 8 791 | 8 771 |
| 470 | 0,967 | 9 149 | 9 129 | 9 110 | 9 091 | 9 071 | 9 052 | 9 032 | 9 012 | 8 993 | 8 973 |
| 460 | 1,002 | 9 338 | 9 319 | 9 301 | 9 282 | 9 263 | 9 244 | 9 225 | 9 206 | 9 187 | 9 168 |
| 450 | 1,038 | 9 520 | 9 502 | 9 484 | 9 466 | 9 448 | 9 430 | 9 412 | 9 393 | 9 375 | 9 356 |
| 440 | 1,073 | 9 697 | 9 697 | 9 662 | 9 644 | 9 627 | 9 609 | 9 592 | 9 574 | 9 556 | 9 538 |
| 430 | 1,109 | 9 866 | 9 850 | 9 833 | 9 816 | 9 799 | 9 782 | 9 765 | 9 748 | 9 731 | 9 714 |
| 420 | 1,146 | 10 030 | 10 014 | 9 998 | 9 982 | 9 966 | 9 949 | 9 933 | 9 916 | 9 900 | 9 883 |
| 410 | 1,184 | 10 188 | 10 173 | 10 157 | 10 141 | 10 126 | 10 110 | 10 094 | 10 078 | 10 062 | 10 046 |
| 400 | 1,222 | 10 340 | 10 325 | 10 310 | 10 295 | 10 280 | 10 265 | 10 250 | 10 234 | 10 219 | 10 204 |
| 390 | 1,262 | 10 486 | 10 472 | 10 458 | 10 443 | 10 429 | 10 414 | 10 399 | 10 385 | 10 370 | 10 355 |
| 380 | 1,302 | 10 627 | 10 613 | 10 599 | 10 585 | 10 571 | 10 557 | 10 543 | 10 529 | 10 515 | 10 501 |
| 370 | 1,344 | 10 762 | 10 749 | 10 735 | 10 722 | 10 708 | 10 695 | 10 681 | 10 668 | 10 654 | 10 641 |
| 360 | 1,386 | 10 891 | 10 878 | 10 866 | 10 853 | 10 840 | 10 827 | 10 814 | 10 801 | 10 788 | 10 775 |
| 350 | 1,429 | 11 015 | 11 003 | 10 991 | 10 978 | 10 966 | 10 954 | 10 941 | 10 929 | 10 916 | 10 904 |
| 340 | 1,473 | 11 134 | 11 122 | 11 110 | 11 099 | 11 087 | 11 075 | 11 063 | 11 051 | 11 039 | 11 027 |
| 330 | 1,518 | 11 247 | 11 236 | 11 225 | 11 214 | 11 202 | 11 191 | 11 180 | 11 168 | 11 157 | 11 145 |
| 320 | 1,564 | 11 356 | 11 345 | 11 334 | 11 323 | 11 313 | 11 302 | 11 291 | 11 280 | 11 269 | 11 258 |
| 310 | 1,610 | 11 459 | 11 449 | 11 439 | 11 428 | 11 418 | 11 408 | 11 398 | 11 387 | 11 377 | 11 366 |
| 300 | 1,657 | 11 558 | 11 548 | 11 539 | 11 529 | 11 519 | 11 509 | 11 499 | 11 489 | 11 469 | 11 469 |

Tabla A-1 Valores de Y y Z para una presión inicial de almacenamiento de 750 psia.



Para unidades del Sistema Internacional, 1 psia = 6,89 kPa; 1 lb / min 0,0454 kg / min

Gráfica A-1 Caída de presión en la tubería para una presión de almacenamiento de 5 171 kPa (750 psia).

| Diámetro y Tipo 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 | 1,270 | 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 |

Tabla A-2 Valores de $D^{1,25}$ y D^2 para varios tamaños de tubería (diámetros).

| Diámetro de tubería (pulg) | Codo Std. de 45° | Codo Std. de 90° | Codo de 90° radio largo y Flujo a través de una Tee | | Junta Unión o Válvula de Compuerta |
|----------------------------|------------------|------------------|---|-------------|------------------------------------|
| | | | Tee Lateral | Tee Lateral | |
| 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 del Sistema Internacional, 1 pie = 0,3048 m.

Tabla A-3 Longitud equivalente en pies para accesorios de tubería roscada.

| Diámetro de tubería (pulg) | Codo Std. de 45° | Codo Std. de 90° | Codo de 90° radio largo y flujo a través de una tee | Tee Lateral | Válvula de Compuerta |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|--|-------------|-------------------------|
| | | | | | |
| 3/8 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 1,6 | 0,3 |
| 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 del Sistema Internacional, 1 pie = 0,3048 m.

Tabla A-4 Longitud equivalente, en pies para accesorios soldables de tubería.

| Presión Promedio de la Línea | | Factores de Corrección por elevación | |
|------------------------------|-------|--------------------------------------|------|
| psia | kPa | psi/pie | kPa |
| 750 | 5 171 | 0,352 | 7,96 |
| 700 | 4 826 | 0,300 | 6,79 |
| 650 | 4 482 | 0,255 | 5,77 |
| 600 | 4 137 | 0,215 | 4,86 |
| 550 | 3 792 | 0,177 | 4,00 |
| 500 | 3 447 | 0,150 | 3,39 |
| 450 | 3 103 | 0,125 | 2,83 |
| 400 | 2 758 | 0,105 | 2,38 |
| 350 | 2 413 | 0,085 | 1,92 |
| 300 | 2 068 | 0,070 | 1,58 |

Tabla A-5 Factores de corrección por elevación para sistemas de alta presión.

| lb (CO ₂) | Tiempo (en 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-6a Descarga prolongada para equipo eléctrico rotatorio, encabinado de recirculación (pies cúbicos de protección por tiempo de desaceleración).

| 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 |

Tabla A-6b Descarga prolongada para equipo eléctrico encabinado, de recirculación (metros cúbicos de protección por tiempo de desaceleración).