

ISBN 978-987-4035-31-8



3° edición
1° edición registrada
Mayo 2021

Los Agentes Extintores

El CO₂



Material no apto para la venta

Ing. Néstor Adolfo BOTTA

Editorial



www.redproteger.com.ar

ISBN 978-987-4035-31-8

EL AUTOR



Néstor Adolfo BOTTA es Ingeniero Mecánico recibido en el año 1992 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; Ingeniero Laboral recibido en el año 1995 en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata y Diplomado en Ergonomía recibido en el año 2018 en la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

Es el Titular de la empresa Red Proteger, empresa dedicada a la Capacitación y Divulgación de conocimientos en materia de seguridad e higiene en el trabajo (www.redproteger.com.ar).

Desarrolló funciones como Responsable de Higiene y Seguridad en el Trabajo en empresas como SOIME SRL, TRADIGRAIN ARGENTINA SA, AMANCO ARGENTINA SA, MOLINOS RÍO DE LA PLATA SA y SEVEL ARGENTINA SA.

Asesoró a diversas empresas entre las que se destacan AKZO NOBEL SA, CERVECERÍA Y MALTERÍA QUILMES SAICAYG y APACHE ENERGÍA ARGENTINA SRL.

Su extensa actividad docente lo ubica como:

- Profesor en la UCA de Ing. de Rosario para la Carrera de Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo en la asignatura de Riesgo y Protección de Incendios y Explosiones.
- Profesor Titular en la Universidad Nacional del Litoral para la Carrera de Técnico en Seguridad Contra Incendios en la asignatura de Seguridad Contra Incendios III. Sistema de educación a distancia.
- Profesor en la Universidad Nacional del Litoral - Sede Rosario, para la Carrera de Lic. en Seguridad y Salud Ocupacional en la asignatura de Práctica Profesional.
- Profesor Titular en el Instituto Superior Federico Grote (Rosario – Santa Fe) para la Carrera de “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo” para las asignaturas de Higiene y Seguridad en el Trabajo I, Seminario Profesional, Prevención y Control de Incendios II, y Prevención y Control de Incendios I.
- Profesor Interino Cátedra “Elementos de Mecánica”. Carrera “Técnico Superior en Seguridad e Higiene en el Trabajo”. ISFD Nro. 12 La Plata – 1.996
- Ayudante Alumno Cátedra “Termodinámica”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ingeniería.
- Ayudante Alumno Cátedra “Análisis Matemático”. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencia Económicas.

Datos de Contacto

e-mail: nestor.botta@redproteger.com.ar

Botta, Néstor Adolfo
Los agentes extintores : el CO₂ / Néstor Adolfo Botta. - 1a ed. - Rosario : Red Proteger, 2021.
Libro digital, PDF/A

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4035-31-8

1. Incendios. I. Título.
CDD 363.377



®Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®
Rosario – Argentina
info@redproteger.com.ar
www.redproteger.com.ar

***“Sigue pidiendo y recibirás lo que pides;
sigue buscando y encontrarás; sigue llamando,
y la puerta se te abrirá. Pues todo el que pide,
recibe; todo el que busca, encuentra; y a todo el
que llama, se le abrirá la puerta.”***



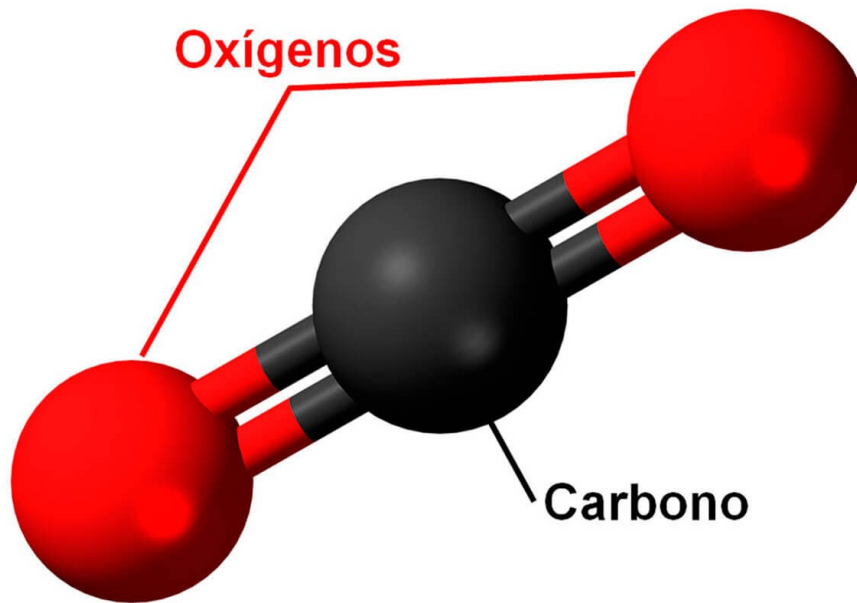
ÍNDICE

- 1) ¿QUÉ ES EL DIÓXIDO DE CARBONO?
- 2) ¿DONDE SE PRODUCE EL CO₂ EN LA NATURALEZA?
- 3) RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL CO₂
- 4) CALIDAD DEL DIÓXIDO DE CARBONO
- 5) ALMACENAMIENTO DE CO₂
 - 5.1) Almacenamiento de Alta Presión
 - 5.2) Almacenamiento de Baja Presión
- 6) DENSIDAD DE LLENADO
- 7) VENTAJAS DEL USO DEL CO₂
- 8) EFECTOS FISIOLÓGICOS
- 9) LA DESCARGA DE CO₂
- 10) MECANISMOS DE EXTINCIÓN
 - 10.1) Extinción por Sofocación
 - 10.2) Extinción por Enfriamiento
- 11) LIMITACIONES DEL CO₂ COMO AGENTE EXTINTOR
- 12) LIMITACIÓN ELÉCTRICA DEL CO₂
- 13) RECOMENDACIONES EN ÁREAS PELIGROSAS POR DESCARGA DE CO₂
- 14) TIPOS DE COMBUSTIBLES
- 15) MÉTODOS DE APLICACIÓN
 - 15.1) Inundación Total
 - 15.2) Descarga Prolongada
 - 15.3) Aplicación Local
 - 15.4) Líneas de Mangueras Manuales
 - 15.5) Sistemas Fijos con Suministro Móvil

1) ¿QUÉ ES EL DIÓXIDO DE CARBONO?

Joseph Black, un físico y químico escocés, descubrió el dióxido de carbono alrededor de 1750.

El dióxido de carbono es una molécula cuya fórmula molecular es CO₂. Esta molécula lineal está formada por un átomo de carbono que está ligado a dos átomos de oxígeno, O = C = O.



Se trata de una molécula covalente lineal. Aunque sus enlaces son polares (la electronegatividad del oxígeno es de 3,5 y la del carbono 2,5, por lo que la diferencia es de 1,0) será globalmente apolar por geometría. Por este motivo, el CO₂ es un gas a temperatura ambiente y en general presenta puntos de fusión y de ebullición muy bajos, ya que las únicas fuerzas intermoleculares que podrán presentar entre sí distintas moléculas de CO₂ serán fuerzas de dispersión o de London, por formación de dipolos instantáneos. No será conductor de la corriente eléctrica, ya que está formado por moléculas aisladas, y los electrones no tienen libertad de movimiento en un enlace covalente.

El dióxido de carbono existe principalmente en su forma gaseosa a temperatura y presión normal, también se lo encuentra en forma sólida y líquida, modificando su presión y/o temperatura.

Bajo condiciones normales, el dióxido de carbono es un gas incoloro, sin olor (inodoro), insípido aunque con un leve sabor ácido, y con una densidad cerca del 50% mayor que la del aire. Muchas personas insisten que pueden detectar un olor de dióxido de carbono, pero esto puede deberse a impurezas o efectos químicos en las ventanas nasales.

El dióxido de carbono es fácilmente licuado por compresión y enfriamiento. Para mayor enfriamiento y expansión puede ser convertido a estado sólido.

El dióxido de carbono es eléctricamente no conductor por lo que es un medio apropiado para extinción de incendios en ambientes con riesgo eléctrico. El dióxido de carbono líquido forma hielo seco sólido (nieve) cuando es liberado directamente a la atmósfera.

Tiene algunas características peculiares, pues carece de fase líquida a la presión atmosférica normal, es decir, el sólido sublima directamente a la fase gaseosa. Para obtener la fase líquida a la temperatura ambiente es necesario aplicar una presión de al menos 6,7 MPa o 67 bar (67 veces la presión atmosférica normal).

El CO₂ no es combustible ni aporta a la combustión. Se evapora a presión atmosférica a -78 °C y puede reaccionar en forma violenta con bases fuertes, especialmente a altas temperaturas.

Solo puede ser sólido a temperaturas por debajo de los -78 °C a presión ambiente. El dióxido de carbono líquido existe principalmente cuando se lo licúa a alta presión o en forma criogénica.

Cuando se congela, el dióxido de carbono se convierte en "hielo seco." Debe evitarse tocar el hielo seco sin usar guantes, ya que puede dañar la piel rápidamente, produciendo una lesión similar a la de una quemadura. Por la misma razón, nunca debe ingerírselo. Tampoco debe ponérselo directamente dentro de un bol, ya que puede partirse en pequeños fragmentos y entrar en contacto con las bebidas. Si desea lograr el efecto de "vapor" se debe utilizar un infusor de té o bien poner un bol dentro de otro. Si se pone el hielo seco en un recipiente hermético sin ventilación, puede pasar del estado sólido al gaseoso y hacer estallar el recipiente.

2) ¿DONDE SE PRODUCE EL CO₂ EN LA NATURALEZA?

El dióxido de carbono se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono.

En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias.

El dióxido de carbono está presente en la atmósfera a una concentración promedio de cerca del 0,03% por volumen.

Muchos seres vivos al respirar toman oxígeno de la atmósfera y devuelven dióxido de carbono a la atmósfera. El CO₂ es uno de los gases de efecto invernadero que contribuye a que la Tierra tenga una temperatura habitable, siempre y cuando se mantenga en unas cantidades determinadas. Sin dióxido de carbono, la Tierra sería un bloque de hielo. Por otro lado un exceso de CO₂ impide la salida de calor de la atmósfera y provoca un calentamiento excesivo del planeta.

El dióxido de carbono es también un producto final normal del metabolismo humano y animal. El dióxido de carbono influye ciertas funciones vitales en un importante número de formas, incluyendo control de la respiración, dilatación y constricción del sistema vascular particularmente del cerebro y el pH de los fluidos del cuerpo. La concentración de dióxido de carbono en el aire gobierna la tasa a la cual éste es liberado desde los pulmones y de este modo afecta la concentración de dióxido de carbono en la sangre y los tejidos. Un incremento de la concentración de dióxido de carbono en el aire puede, entonces, volverse peligroso debido a la reducción en la tasa de liberación de dióxido de carbono de los pulmones y el decrecimiento de ingreso de oxígeno.

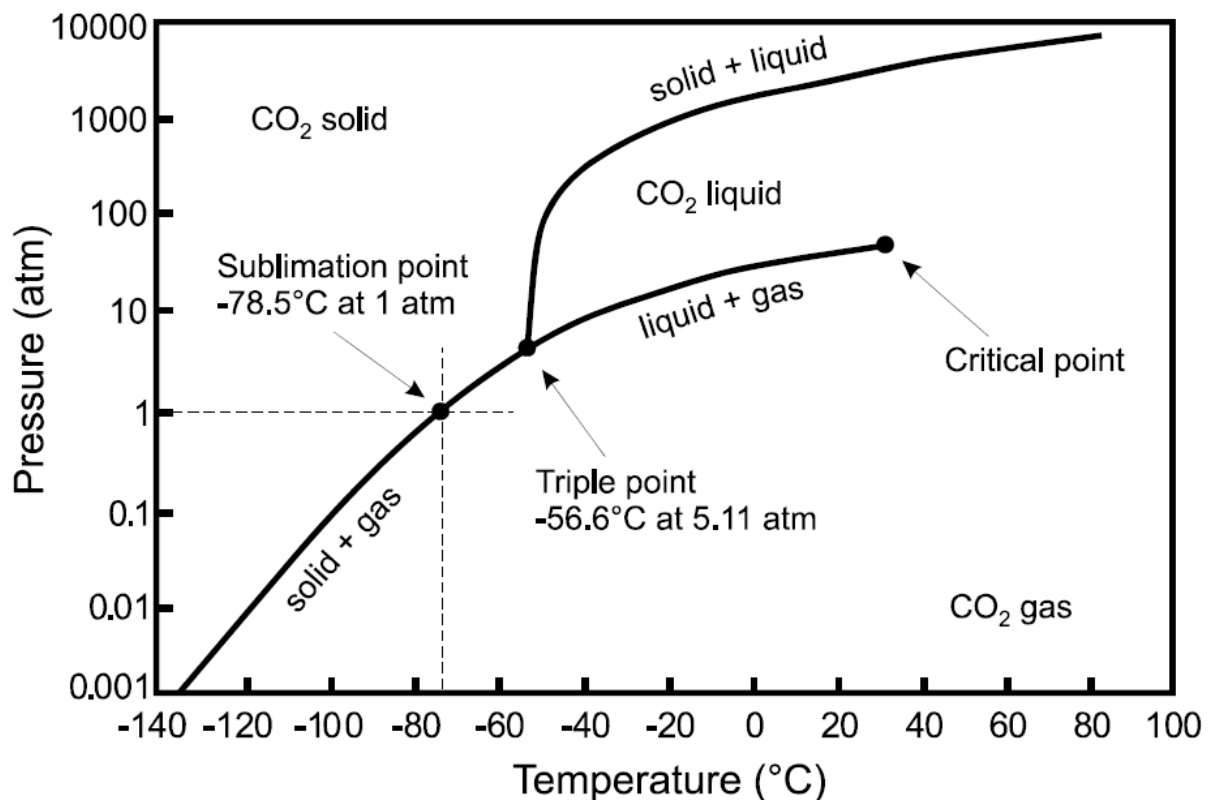
3) RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL CO₂

La relación entre la temperatura y la presión del dióxido de carbono líquido es mostrada sobre la curva dada en la figura. En la medida en que la temperatura del líquido se incrementa, la presión también se incrementa. Como la presión se incrementa, la densidad del vapor sobre el líquido se incrementa. Por otro lado, el líquido se expande así como sube la temperatura y la densidad decrece. A 31 °C el líquido y el vapor tienen la misma densidad, y por supuesto la fase líquida desaparece. Esto es llamado temperatura crítica para el dióxido de carbono. Por debajo de la temperatura crítica el dióxido de carbono es un

contenedor cerrado es parte líquido y parte gas. Sobre la temperatura crítica, es enteramente gas.

Una propiedad inusual del dióxido de carbono es de hecho que no puede estar como un líquido a presiones por debajo de 5,17 MPa (51,71 bar). Este es el triple punto de presión donde el dióxido de carbono podría estar presente como un sólido, un líquido, o un vapor. Por debajo de esta presión debe ser sólido o gas, dependiendo de la temperatura.

Si la presión en un contenedor de almacenaje es reducida por purga de vapor, algo del líquido se vaporiza y el remanente líquido volverá a enfriarse. A 5,17 MPa, el remanente líquido se convertirá en hielo seco a una temperatura de 57 °C. Una reducción en la presión más allá de la atmosférica bajará la temperatura del hielo seco a la normal 79 °C.



Pressure-Temperature phase diagram for CO₂.

4) CALIDAD DEL DIÓXIDO DE CARBONO

Según NFPA 12:2011, la calidad del dióxido de carbono debe tener las propiedades mínimas siguientes:

- La fase de vapor no debe ser menor del 99,5% dióxido de carbono con sabor u olor no detectable.
- El contenido de agua de la fase líquida debe cumplir con CGA G6.2.
- El contenido de aceite no debe ser mayor de 10 ppm por peso.

De acuerdo a IRAM la calidad del CO₂ está definida en la norma IRAM 41170:1997-Productos químicos para uso industrial. Dióxido de carbono licuado.

5) ALMACENAMIENTO DE CO₂

El almacenamiento de CO₂ se puede presentar en dos grandes formas:

- **Recipientes a alta presión:** el dióxido de carbono es almacenado en contenedores a presión a temperatura ambiente.
- **Recipientes a baja presión:** el dióxido de carbono es almacenado en contenedores a presión a una temperatura controlada de -18 °C.

5.1) Almacenamiento de Alta Presión

El CO₂ líquido o gas licuado como se lo denomina habitualmente, se almacena en cilindros a alta presión a temperatura ambiente normal (21 °C) y presiones de 67 bar, y puede alcanzar valores de 100 bar o más en épocas de verano, disponen de tapón fusibles o válvulas de seguridad calibradas en un rango de 180/210 bar, y los cilindros se ensayan a una presión de 250 bar, la capacidad de CO₂ de estos cilindros está limitada a aproximadamente los 54 kg como máximo.

El matafuego o extintor de CO₂, es el típico almacenamiento de alta presión.

El sistema de almacenamiento de alta presión posee CO₂ en dos estados, líquido por un lado, que es el que se encuentra en mayor proporción dentro del cilindro, y gas. El gas se aloja, por razones de densidad, en la parte superior del cilindro conformando una cámara que funciona como zona de seguridad, esta zona gaseosa jamás debe eliminarse o reducirse más allá de los límites técnicos permitidos.

Cuando el cilindro es sometido a los efectos del calor, por ejemplo debido al sol del día, el CO₂ en estado líquido, que por estar en estado líquido no se comprime, se expande y comprime la zona gaseosa, manteniendo de esta manera la presión dentro del cilindro dentro de los valores de diseño. Si por algún motivo la cámara o zona gaseosa desapareciera, generaría un cilindro lleno de CO₂ en estado líquido, ante una expansión del CO₂ líquido la presión dentro del cilindro llegaría muy rápidamente a valores de ruptura dado que no tiene donde expandirse generando presiones excesivas.

Por ese motivo todos los cilindros de gases licuados poseen un caño de pesca que toma el producto del fondo del cilindro en estado líquido. Esto explica fácilmente porqué los cilindros de gases licuados deben operarse y almacenarse siempre parados o en vertical, jamás acostados, nunca boca abajo y al menos se lo debe dejar descansar en posición parado, posterior a su traslado por vehículo, un par de horas, para garantizar la correcta separación de las fases.

El almacenamiento de CO₂ en recipientes de alta presión tiene límites tecnológicos por la complejidad de la fabricación y movilidad de los mismo. Para necesidad mayores, o se debe dispone de baterías de cilindros de alta presión o migrar a sistemas de baja presión.

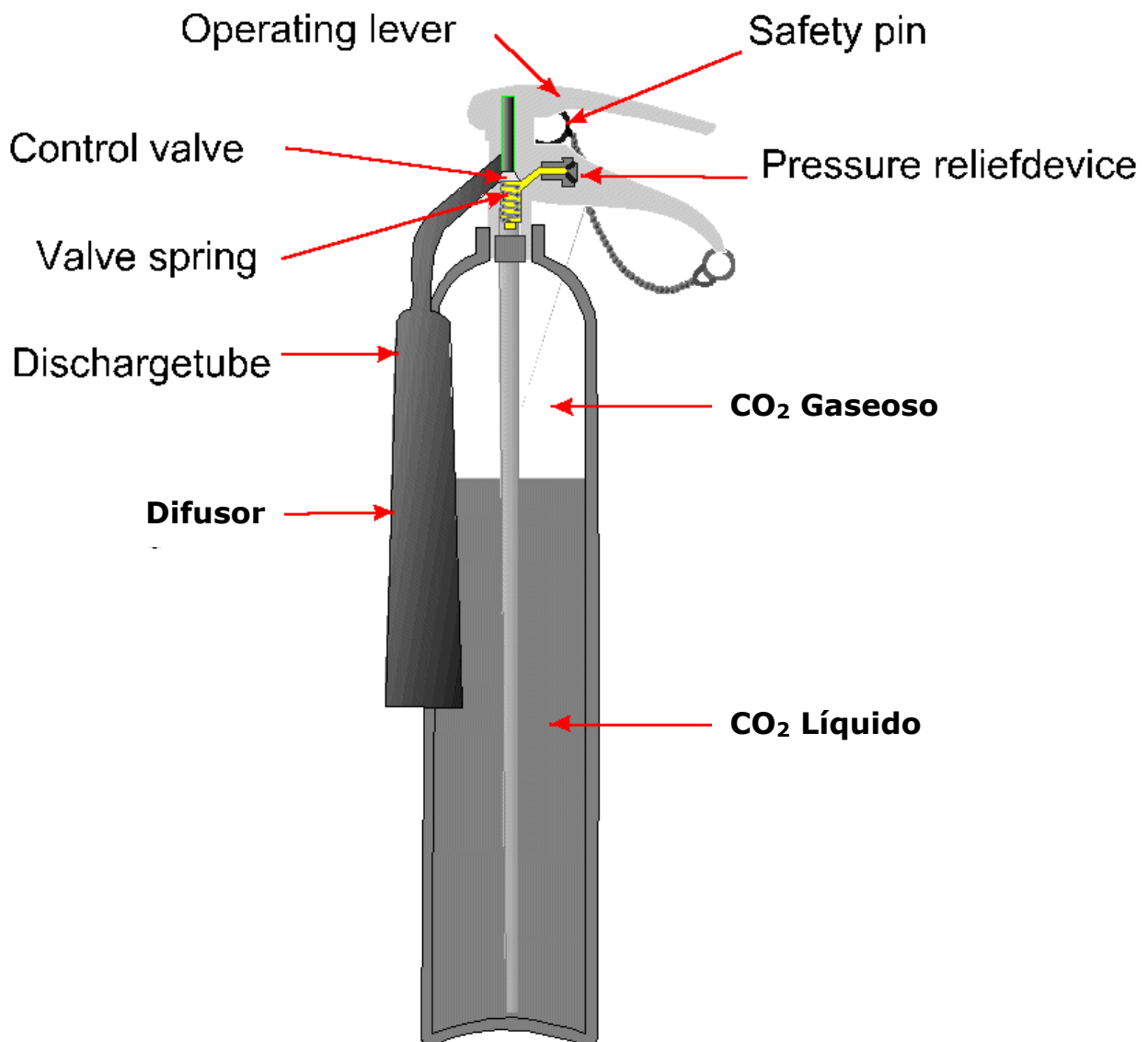
Los sistemas de alta presión se diseñan generalmente para funcionar adecuadamente a temperaturas de almacenaje de aproximadamente entre 0 °C a 49 °C.

5.2) Almacenamiento de Baja Presión

El sistema de almacenamiento de baja presión consiste en contenedores refrigerados a baja presión diseñados para mantener una temperatura de almacenamiento cercana a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. A esta temperatura la presión en este tipo de almacenamiento es de 2.068 kPa o 20,07 bar.

La capacidad de almacenamiento de estos sistemas no tiene límite. Este forma de almacenar se denomina gas criogénico.

Los sistema de baja presión funcionan normalmente a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y no resultan afectados, a menos que la temperatura circundante baje de dicho nivel durante largo tiempo.



Cilindro de Gas Licuado de Alta Presión



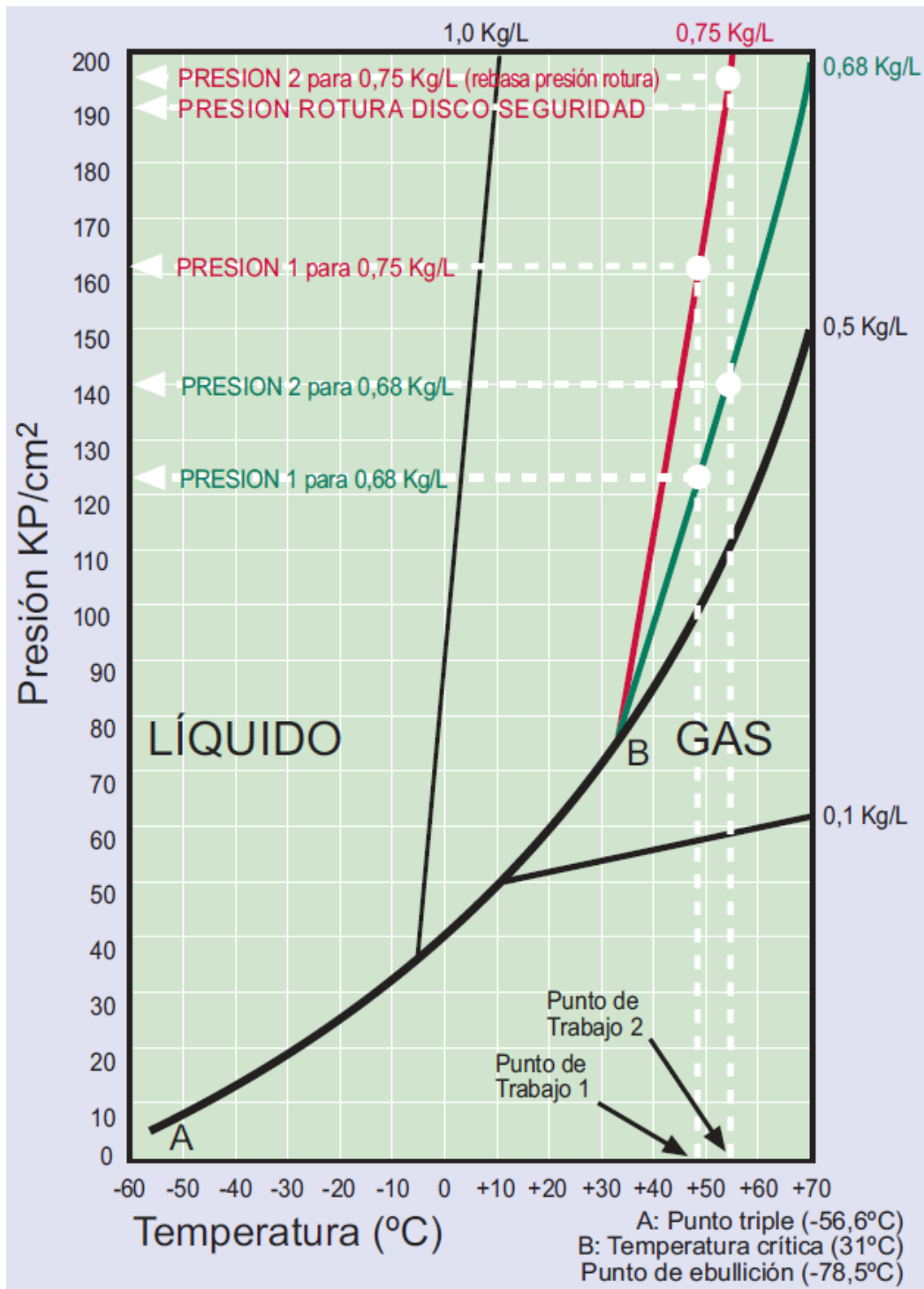
Batería de Cilindros de Gas Licuado de Alta Presión

6) DENSIDAD DE LLENADO

La densidad de llenado es la masa de agente extintor por unidad de volumen del recipiente, la unidad usada es el kg/m³.

La densidad de llenado de la botella no debe provocar presiones que excedan las especificaciones de los contenedores a la máxima temperatura de diseño. Exceder la densidad de llenado máxima puede provocar un aumento extremadamente elevado de la presión por un pequeño aumento de la temperatura.

En los sistemas de alta presión la densidad de llenado usada debe estar entre el 60 y 68%.



7) VENTAJAS DEL USO DEL CO₂

Las ventajas del uso del dióxido de carbono son las siguientes:

- **No es una marca registrada ®:** Una marca registrada es el nombre comercial de un producto, o empresa reconocido de manera legal y jurídica ya que se ha registrado ante la autoridad competente, y cuyo creador es el único que puede hacer uso de ella.

Tras haber sido registrada, no puede ser utilizada por otra compañía, ni negocio. Las marcas nunca vencen su registro, a diferencia de las patentes que tienen un tiempo limitado de años, y tras este periodo cualquiera puede hacer uso de ella sin la necesidad de contar con el beneplácito del titular que la originó.

Por consiguiente que un agente extintor no esté registrado por una empresa implica que se puede ser fabricado y usado por cualquiera sin pedir permiso y sin pagar por ello.

- **Fácil disponibilidad comercial.** Normalmente no es un producto difícil de conseguir dado su extendido uso comercial e industrial.
- **NO tóxico.** Por sustancia tóxica o veneno se entiende cualquier sustancia que produce efectos nocivos cuando penetra en el organismo. Esos efectos pueden ser leves (por ejemplo, dolor de cabeza o náuseas) o graves (por ejemplo, convulsiones o coma), en los casos más graves, la persona intoxicada puede morir.

El dióxido de carbono *NO es tóxico* pero eso no quiere decir que no sea nocivo para la salud de las personas, dado que produce en ellas asfixia simple.

- **Baja reactividad.** Puede ser usado efectivamente en prácticamente todos los materiales combustibles excepto para unos pocos metales activos e hidruros y materiales tales como nitrato de celulosa, que contiene oxígeno disponible.
- Físico-químicamente estable.
- No corrosivo.
- **NO conduce la electricidad.** No es conductor de la corriente eléctrica, ya que está formado por moléculas aisladas, y los electrones no tienen libertad de movimiento en un enlace covalente. Al no ser conductor de electricidad puede usarse en peligros eléctricos vivos. La no conductividad del CO₂ tiene ciertas limitaciones en la práctica.
- **Es un agente limpio.** El concepto de limpio es doble, significa que no ensucia y no daña al combustible que apaga.

El CO₂ al llegar como gas a la zona de la combustión no ensucia a los combustibles que apaga ni deja residuos que deban limpiarse después de un incendio.

Si la descarga del CO₂ se hace muy cerca del combustible, especialmente en equipos electrónicos delicados, puede sufrir los efectos de la absorción del calor por descompresión violenta, y arrastre de agua en estado de nieve que se puede depositarse y arruinar la electrónica.

- Económico en comparación con otros agentes extintores como los agentes limpios.
- Proporciona su propia presión para descargar a través de tuberías y boquillas.
- Es un gas, por consiguiente puede penetrar y repartirse por todas las zonas del área incendiada.

8) EFECTOS FISIOLÓGICOS

El dióxido de carbono es un asfixiante simple que actúa básicamente por desplazamiento del oxígeno y que a elevadas concentraciones (más de 30.000 ppm) puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición.

El valor límite de exposición profesional (decreto 351/79 Anexo III modificado por Resolución SRT 295/03) para exposiciones diarias de 8 horas es de 5.000 ppm con un valor límite para exposiciones cortas de 15 minutos de 30.000 ppm. Estos valores son difíciles de encontrar en ambientes interiores no industriales como son oficinas, escuelas y servicios en general. En la práctica, en estos recintos se encuentran valores de 2.000 y hasta 3.000 ppm. Si se superan estos niveles puede deberse a una combustión incontrolada, en cuyo

caso el riesgo para la salud puede no ser debido al dióxido de carbono sino a la presencia de otros subproductos de la combustión, principalmente el monóxido de carbono (CO), cuyo límite de exposición es muy inferior (25 ppm).

El dióxido de carbono es esencial para la respiración interna en el cuerpo humano. La respiración interna es un proceso por el cual el oxígeno es transportado a los tejidos corporales y el dióxido de carbono es tomado de ellos y transportado al exterior.

En el cuerpo humano, el CO₂ actúa como regulador de la respiración, asegurando una cantidad de oxígeno adecuada al sistema. Hasta cierto punto, un aumento en el CO₂ en la sangre aumenta la velocidad de la respiración, aumento que llega al máximo a una concentración del 6-7% de CO₂ en el aire. A mayores concentraciones, el ritmo de respiración disminuye, hasta llegar al 25-30% de CO₂ en el aire, que tiene un efecto narcótico que hace que la respiración cese inmediatamente, incluso aunque haya oxígeno suficiente. Una menor cantidad de oxígeno hace que esa concentración narcótica sea mucho mayor y pueda llegar a causar la muerte por asfixia. La concentración exacta de CO₂ que hace que una persona deje de respirar varía de un individuo a otro e incluso para el mismo individuo de un momento a otro.

Se considera que el umbral de CO₂ en el aire cuyos efectos dañinos resultan evidentes, es del 6-7%. Por encima del 9%, la mayoría de las personas quedan inconscientes en poco tiempo. Como la concentración mínima del CO₂ en el aire para extinguir un fuego es muy superior al 9%, hay que prever las adecuadas medidas de seguridad con todos los sistemas de extinción de CO₂.

El dióxido de carbono es un guardián del pH de la sangre, lo cual es esencial para sobrevivir. El sistema regulador en el cual el dióxido de carbono juega un papel importante es el llamado tampón carbonato. Consiste en iones bicarbonato y dióxido de carbono disuelto, con ácido carbónico. El ácido carbónico neutraliza los iones hidroxilo, lo que hará aumentar el pH de la sangre cuando sea añadido. El ión bicarbonato neutraliza los protones, lo que provocará una disminución del pH de la sangre cuando sea añadido. Tanto el incremento como la disminución del pH son una amenaza para la vida. Aparte de ser un tampón esencial en el cuerpo humano, también se sabe que el dióxido de carbono tiene efectos sobre la salud cuando la concentración supera un cierto límite.

Entre los principales daños para la salud se pueden citar:

Asfixia: Causada por la liberación de dióxido de carbono en un área cerrada o sin ventilación.

Esto puede disminuir la concentración de oxígeno hasta un nivel que es inmediatamente peligroso para la salud humana.

Congelación: El dióxido de carbono siempre se encuentra en estado sólido por debajo de los -78 °C en condiciones normales de presión, independientemente de la temperatura del aire.

El manejo de este material durante más de uno o dos segundos sin la protección adecuada puede provocar graves ampollas, y otros efectos indeseados.

El dióxido de carbono gaseoso liberado por un cilindro de acero, tal como un extintor de incendios, provoca efectos similares.

Daños renales o coma: Esto es causado por una alteración en el equilibrio químico del tampón carbonato.

Cuando la concentración de dióxido de carbono aumenta o disminuye, provocando alteración del equilibrio, puede tener lugar una situación amenazante para la salud.

Efectos agudos para la salud de altas concentraciones de CO₂

Concentración de CO ₂ en el aire (%)	Tiempo	Efectos
2	Varias horas	Dolor de cabeza, disnea por exposición benigna.
3	1 hora	Dilatación de los vasos sanguíneos de cerebro, incremento de la ventilación pulmonar e incremento de la liberación de oxígeno de los tejidos.
4-5	Durante unos pocos minutos	Dolor de cabeza benigno, sudoración y disnea e inacción.
6	1-2 minutos	Perturbación visual y de la audición.
	< 16 minutos	Dolor de cabeza y disnea.
	Varias horas	Temblores
7-10	Pocos minutos	Inconsciencia o cercanía a inconsciencia.
	1 ½ minutos 1 hora	Dolor de cabeza, aumento de la tasa cardíaca, insuficiencia respiratoria, vértigo, sudoración, respiración rápida.
10-15	Más de 1 minuto	Vértigo, somnolencia, contracción muscular severa e inconsciencia.
17-30	< 1 minuto	Pérdida de control y la actividad determinada, convulsiones, coa y muerte.

Nota. Fuente NFPA 12:2011

9) LA DESCARGA DE CO₂

Una descarga típica de CO₂ posee una apariencia de nube blanca, debido a las partículas finamente divididas de hielo seco transportadas con el vapor.

Considérense la descarga de CO₂ de un recipiente de gas licuado a alta presión, dentro de éste se encuentra el CO₂ gran parte en estado líquido o licuado y parte en estado gaseoso, por cuestiones de seguridad nunca se debe permitir la salida de la parte gaseosa, por consiguiente estos recipientes disponen de un caño de pesca para captar del fondo del recipiente el CO₂ líquido.

Cuando el CO₂ líquido sale a la atmósfera lo hace por intermedio de una manguera con un difusor en su extremo de forma tal de permitir una previa descompresión antes de salir a la atmósfera, pero igualmente gran parte de lo que sale lo hace en estado líquido, por consiguiente la principal descompresión del CO₂ líquido a CO₂ gaseoso se produce en la zona de la descarga del difusor.

Esta descompresión produce algunos efectos, ellos son:

- Aumento considerable del volumen de CO₂ en la zona de la descarga debido al paso del CO₂ líquido a estado gaseoso.
- La descompresión violenta reduce a temperatura en la zona de la descarga por debajo de los -79 °C, por consiguiente parte del CO₂ que permanece en estado líquido se convierte en finas partículas de hielo seco. Es este hielo seco o nieve es lo que le da a la descarga su apariencia nebulosa blanca típica.

- Esta descarga blanca produce una interferencia en la visibilidad, especialmente en ambientes cerrados y con descargas por inundación.
- Para que el CO₂ líquido se descomprima necesita absorber calor, y lo hace del medio ambiente que lo rodea, materiales y aire. Esta absorción de calor produce baja temperatura en la zona de la descarga, además, de condensar (pasar a estado líquido) el vapor de agua de la atmósfera (humedad), provocando una niebla adicional, que persiste hasta algún tiempo después de que las partículas de hielo seco se han depositado o sublimado.
- La violenta descompresión de casi 100 bar a 1 bar produce mucho ruido en la zona de la descarga.



10) MECANISMOS DE EXTINCIÓN

El CO₂ presenta dos mecanismos de extinción, el principal que es el de sofocación, y es por el cual se lo reconoce, y el de enfriamiento que tiene una secundaria participación en el proceso de extinción.

10.1) Extinción por Sofocación

El CO₂ tiene una densidad de una vez y media (1½) superior al aire a la misma temperatura. La descarga fría tiene una densidad mucho mayor, lo cual explica su capacidad para reemplazar al aire por encima de las superficies en ignición y mantener una atmósfera sofocante. Si se usa el CO₂ para inundación total, su mezcla con el aire resultará más densa que el aire atmosférico.

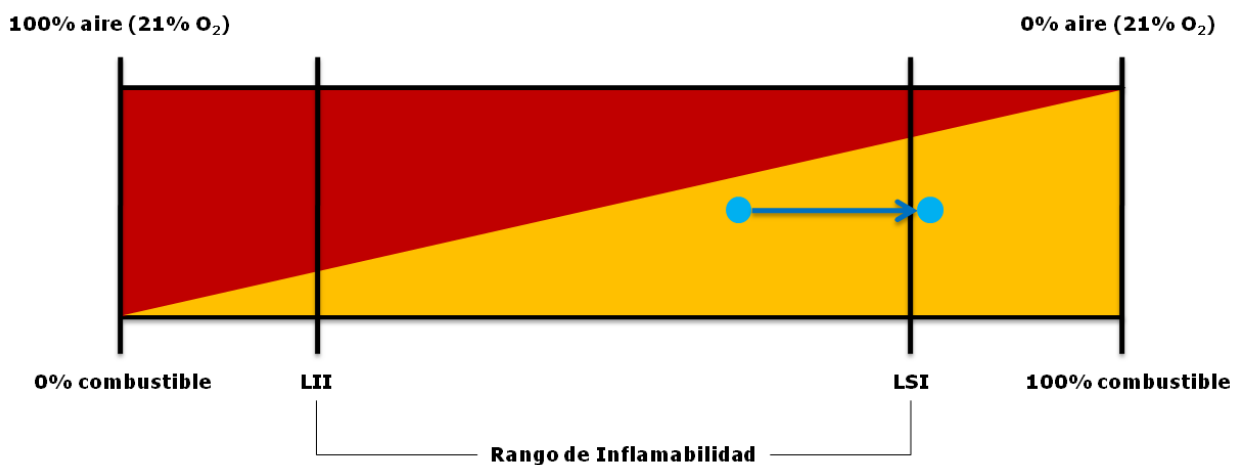
El mecanismo de sofocación implica reemplazar el aire ambiente por, en este caso, un gas inerte para la reacción química de la combustión, como lo es el CO₂. Al reemplazar el aire

que necesita la combustión por CO₂, no se hace otra cosa que mover la combustión, en el eje del rango de inflamabilidad, hacia el LSI, superado este límite la combustión cesa por falta de uno de sus elementos en cantidad adecuada como lo es el oxígeno en el aire.

Lo que en realidad sucede al descargar CO₂ en la zona de la mezcla inflamable, es que se produce un aumento de la presión en dicha zona por descompresión del gas, no permitiendo el ingreso del aire, que ahora se encuentra a una menor presión que la mezcla combustible y por consiguiente no puede ingresar a la zona de la combustión.

Este simple y sencillo mecanismo de acción sofocadora tiene implícito otro efecto que podría llamarse como "enfriamiento indirecto" o "enfriamiento químico". A medida que el CO₂ (gas inerte para la reacción de combustión, al menos de los combustibles más comunes) va desplazando al oxígeno de la zona de la mezcla inflamable y del medio que la rodea, no solo mueve a ésta fuera del rango de inflamabilidad, en este caso por encima del LSI, sino que como resultado de este camino recorrido, produce progresivamente una reacción química mucho más lenta por ausencia de unos de sus reactivos, en este caso el oxígeno. Una de las consecuencias de una reacción química que se hace cada vez más lenta, es que la cantidad de calor generado va disminuyendo en forma progresiva; esto no significa que con este mecanismo indirecto quitemos todo el calor presente en el proceso de la combustión.

Durante el camino que se recorre para llevar a una mezcla combustible fuera de su rango de inflamabilidad, en este caso al LSI, es producir un efecto "enfriamiento indirecto" o "enfriamiento químico".



Al momento de sobrepasar el LSI el combustible sigue caliente y emitiendo gases combustibles, no hay que olvidar que con este efecto sólo se apaga la combustión o se quita la llama por falta de oxígeno (es una extinción temporal), por consiguiente se debe mantener esta atmósfera inerte hasta lograr que el combustible y el medio ambiente circundante logren perder calor y bajar su temperatura al menos, por debajo de la temperatura de ignición.

Ya sin oxígeno, con una temperatura por debajo de la temperatura de ignición y sin fuentes de ignición presente, se puede considerar la combustión controlada, aunque lo ideal sería lograr que el combustible deje de emitir gases combustibles, cosa que para los líquidos inflamables livianos es imposible en condiciones normales de temperatura ambiente.

10.2) Extinción por Enfriamiento

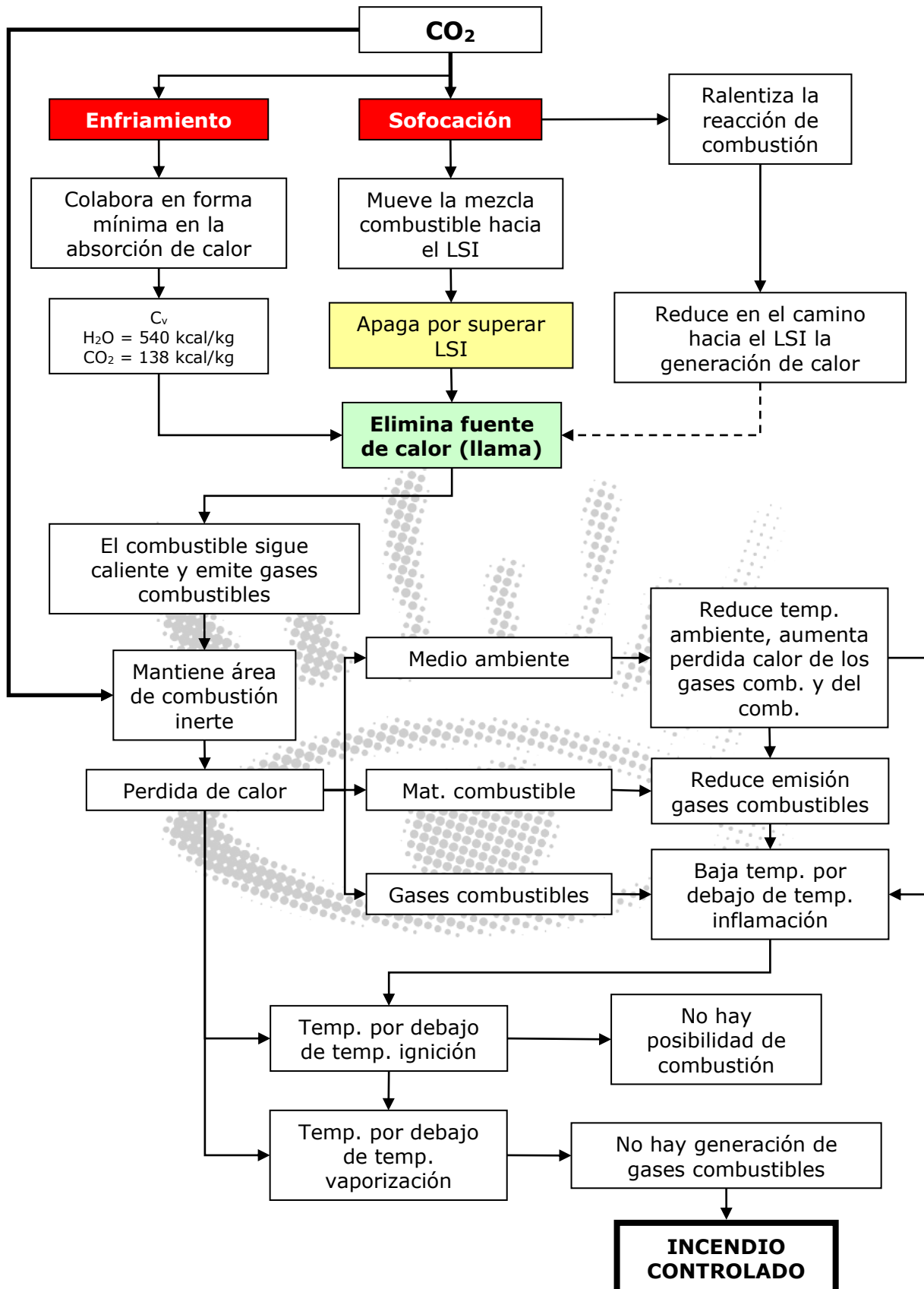
Aunque las temperaturas a las que se produce la descarga de CO₂ pueden llegar a valores de -79 °C, su capacidad de enfriamiento es muy pequeña comparada con el mismo peso en agua. Este efecto de enfriamiento puede llegar a ser un poco más evidente cuando el agente se descarga directamente sobre el material en llamas por aplicación local.

El calor específico del CO₂ es de $c_e = 0,203$ kcal/kg°C (agua = 1) y el calor de vaporización de $c_v = 136,5$ kcal/kg (agua = 539,6), estos valores demuestran la menor capacidad de absorción de calor por unidad de masa, al menos en comparación con el agua. Además, el calentamiento del CO₂ y cambio de estado (de líquido a vapor) se da fundamentalmente en la zona de descompresión no tomando necesariamente el calor de la combustión para llevar adelante tales procesos, como así lo hace el agua.

Esta poca capacidad de enfriamiento que tiene el CO₂, comparada obviamente con el agua, hace que necesariamente para extinguir una combustión con este elemento se necesite sí o sí, llevar a la mezcla inflamable por encima del LSI y mantenerla hasta lograr al menos una temperatura de mezcla inflamable por debajo de la de ignición, sino, se producirá nuevamente la ignición de la mezcla apenas entre el oxígeno suficiente.

El hecho de que el CO₂ al salir sea frío, que salga como en forma de nieve o que produzca quemaduras por baja temperatura, no indica que tenga buena capacidad para absorber calor. Este "efecto frío", se produce por la descompresión brusca que sufre el CO₂ al salir de los recipientes de almacenamiento, motivo de la alta presión a la que se debe almacenar para que sea líquido. Esta alta descompresión produce una absorción de calor, también a alta velocidad, toma calor del medio que lo rodea y esto hace que el entorno se "enfríe" y hasta pueda condensar y congelar a la humedad del aire. Esta absorción de calor se da en la zona donde se descomprime, es decir, las toberas de salida, y aunque toda porción de calor que se pueda robarle a la combustión es muy importante, lamentablemente este efecto, encima de que es reducido, es de corto alcance y rara vez afecta a la combustión.

El agua tiene su mayor capacidad de absorber calor en el cambio de estado, pero este cambio de estado no se debe a la despresurización del agua, si no al proceso de absorción del calor de la combustión. En el caso del CO₂, el proceso de absorción de calor se produce en dos lugares distintos y por motivos también diferentes. Un proceso de absorción de calor se produce en la descompresión violenta y es localizada en la zona de la descarga; y el otro es debido a la masa de vapor de CO₂ que llega a la zona de la combustión, y la cantidad de calor que puede absorber una masa de vapor es muy baja.



11) LIMITACIONES DEL CO₂ COMO AGENTE EXTINTOR

El empleo de CO₂ se encuentra limitado fundamentalmente debido a:

- a- Reducida capacidad de enfriamiento.
- b- Electricidad Estática.
La descarga de CO₂ líquido produce cargas electrostáticas que, bajo ciertas condiciones, pueden crear una chispa.
- c- Al llegar a la combustión en estado gaseoso no humedece el material.
- d- Es 1,5 veces más pesado que el aire, así que tiende a acumularse en niveles más bajos sin protección como sótanos, túneles o pozos. En estos casos, la atmósfera sofocante no sería visible, pudiendo detectarse demasiado tarde.
- e- En recintos inadecuados para mantener una atmósfera inerte, como pueden ser ambientes muy ventilados, o fuegos en el exterior, se pierde la atmósfera inerte, produciendo la reignición de la combustión.
- f- El uso de CO₂ no es un agente eficaz contra fuegos del tipo de brasas o de masa, o combustiones profundas de sólidos.

Si el fuego penetra por debajo de la superficie o bajo materiales que proporcionan aislamiento térmico que reduzca la velocidad de disipación de calor. Se necesitará en estos casos mantener un ambiente inerte por un período de tiempo muy prolongado y quizá una concentración mayor para la extinción total. Esta condición de combustión se la conoce como combustión profunda.

Los fuegos de combustibles tipo A superficiales y de tamaño reducido se pueden extinguir con facilidad usando CO₂ porque al apagar la llama, por efecto de sofocación, el enfriamiento natural tiene lugar rápidamente.

- g- El CO₂ no extingue incendios donde los materiales siguientes estén involucrados activamente en el proceso de la combustión:
 - Fuegos de productos químicos que disponen de su propio suministro de oxígeno, como el nitrato de celulosa.
 - Fuegos de materiales reactivos tales como el sodio, potasio, magnesio, titanio y circonio) y los de hidruros metálicos, los metales y los hidruros descomponen el CO₂.

Aunque el CO₂ no extingue estos incendios, no reaccionará peligrosamente con estos materiales ni incrementará su tasa de combustión. El CO₂, si es usado en este tipo de situación en un sistema de inundación total, provee protección para los combustibles adyacentes o puede usarse exitosamente si los metales reactivos o hidruros son cubiertos primero por otro material.

- h- El CO₂ no deberá ser utilizado en lugares normalmente ocupados a no ser que se tomen las medidas adecuadas para garantizar la evacuación antes de que se produzca la descarga.

La misma prohibiciones se puede aplicar a lugares que normalmente no están ocupados pero que en ciertos momentos puede encontrarse en ellos personas. Será difícil garantizar la evacuación si el lugar es grande o si la vía de evacuación se encuentra impedida por obstáculos o por accesos complicados. La evacuación será, incluso, más difícil tras haber iniciado la descarga, debido a la posible confusión que se puede crear como consecuencia del enorme ruido y la visibilidad considerablemente reducida y, además, los efectos fisiológicos de la concentración del CO₂ pueden confundir a los ocupantes.

La descarga de CO₂ en concentraciones de extinción crea serios peligros para el personal, tales como sofocación y visibilidad reducida durante y después del período de descarga.

12) LIMITACIÓN ELÉCTRICA DEL CO₂

El CO₂ aunque está recomendado para el uso en combustibles energizados, tienen una limitación según el voltaje como muestra la tabla y el cuadro.

Los siguientes valores y consideraciones son para sistemas de inundación total o de descarga localizada, pero siempre hablando de sistemas fijos, no para extintores portátiles.

En el caso de extintores portátiles, la idea se puede extrapolar para riesgo eléctrico de instalaciones de media tensión para arriba y considerar las precauciones con la distancia de separación entre la boquilla y el riesgo. El riesgo del uso de extintores portátiles en instalaciones de más de media tensión es alta y no es recomendable su uso, debiendo pasar siempre a instalaciones de extinción del tipo fija.

Todos los componentes del sistema deberán ser localizado para mantener separaciones mínimas de piezas vivas según las indicaciones de la tabla y del cuadro. La separación es la distancia del aire entre el equipo, incluyendo la tubería e inyectores, y componentes eléctricos vivos abiertos o con distinto potencial que el suelo. Las separaciones mínimas enumeradas en la tabla son separaciones eléctricas bajo condiciones normales. Las separaciones dadas en la tabla y el cuadro están para altitudes de 1.000 m o menos. En las altitudes superior a 1.000 m la separación será aumentada un 1% para cada aumento de 100 m en altitud por encima de 1.000 m.

Separación del equipo de CO₂ a componentes eléctricos vivos sin aislar

Voltaje nominal del sistema (kV)	Voltaje máximo del sistema (kV)	BIL (kV)	Separación mínima (mm)
≤ 13,8	14,5	110	178
≤ 23,0	24,3	150	254
≤ 34,5	36,5	200	330
≤ 46,0	48,3	250	432
≤ 69,0	72,5	350	635
≤ 115,0	121,0	550	1067
≤ 138,0	145,0	650	1270
≤ 161,0	169,0	750	1473
≤ 230,0	242,0	900	1930
		1050	2134
≤ 345,0	362,0	1050	2134
		1300	2642
≤ 500,0	550,0	1500	3150
		1800	3658
≤ 765,0	800,0	2050	4242

Nota: Los valores de BIL se expresan como kilovoltios (kilovoltio), el número que es el valor de cresta de la prueba de onda completa del impulso que el equipo eléctrico se diseña para soportar. Para los valores de BIL que no se enumeran en la tabla, las separaciones se pueden encontrar por la interpolación.

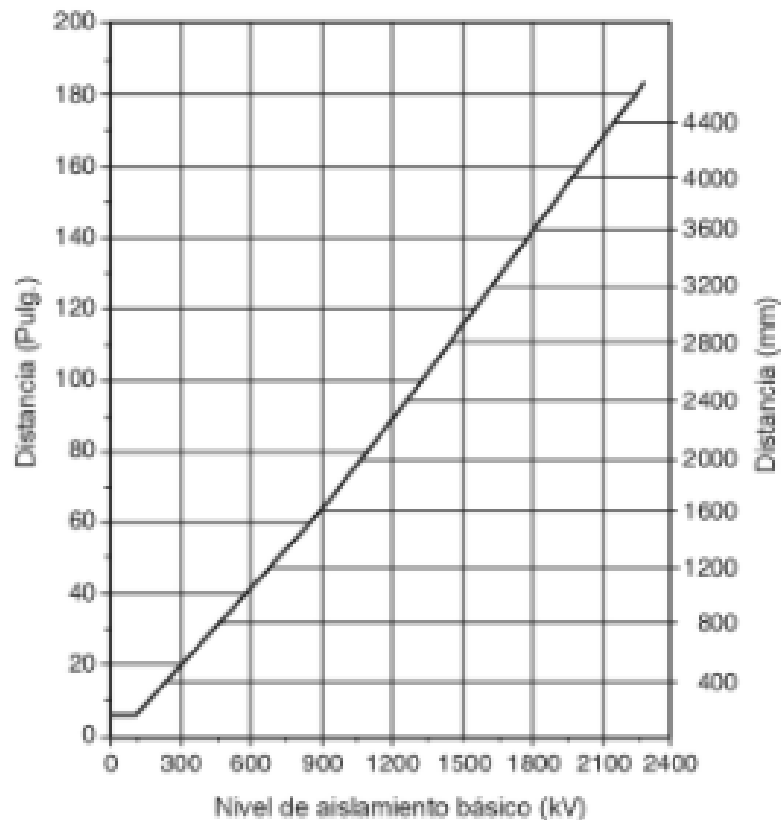


FIGURA 4.3.4.1 Espacio libre del equipo de dióxido de carbono a componentes eléctricos no aislados

13) RECOMENDACIONES EN ÁREAS PELIGROSAS POR DESCARGA DE CO₂

Los pasos y salvaguardas necesarias para evitar lesiones o la muerte del personal en áreas donde las atmósferas pueden tornarse peligrosas por la descarga de dióxido de carbono, pueden incluir las siguientes consideraciones:

- Pasillos y rutas de salida adecuadas, manteniéndolas despejadas y seguras.
- Iluminación adicional o de emergencia, o ambas, y señales direccionales para asegurar la evacuación rápida y segura.
- Alarmas dentro de tales áreas que operen inmediatamente sea activado el sistema de detección del incendio, con la descarga de CO₂ y con la activación de puertas automáticas de cierre retardado el tiempo suficiente para evacuar el área antes de que la descarga comience.
- Alarmas continuas a la entrada de tales áreas hasta que la atmósfera haya sido restaurada a la normalidad.
- Provisiones de olor agregado al CO₂ para que puedan ser reconocidas las atmósferas peligrosas en tales áreas.
- Advertencias y señales de instrucción a las entradas y en el interior de tales áreas y donde el CO₂ pueda emigrar, y en entradas a cuartos de almacenaje de CO₂.
- Entrenamiento de brigadas para el descubrimiento y rescate rápido de personas que hayan quedado inconscientes en tales áreas.

- Instrucción y entrenamiento de todo el personal dentro o en la vecindad de tales áreas.
- Debe considerarse la posibilidad de arrastres y asentamiento de CO₂ dentro de lugares adyacentes fuera del espacio protegido.
- En cualquier uso del CO₂, debe considerarse la posibilidad de que puedan haber personas atrapadas o entrar a una atmósfera convertida en peligrosa por una descarga de CO₂.
- Se debe proveer de alarmas audibles y visibles en tales áreas.

14) TIPOS DE COMBUSTIBLES

El CO₂ está clasificado como un agente extintor tipo BC, y es apto para los siguientes tipos de combustibles:

Tipo A: Aunque está clasificado como un agente del tipo BC se lo puede usar para combustibles tipo A con combustión del tipo superficial, con poca cantidad de combustibles y especialmente con combustibles con una alta relación superficie/peso.

Como es un agente presurizado a alta presión, hay que tener mucho cuidado que el flujo de CO₂ puede generar la dispersión de material combustible liviano como el papel, cartón o similares, y producir una propagación del incendio.

NO apaga combustiones de masa o fuegos de profundidad.

Tipo B: Todos, salvo las restricciones del punto anterior.

Tipo C: Apto para el uso con combustible energizados. Es recomendable un minucioso estudio para el caso de uso en instalaciones a partir de media tensión.

Tipo D: Hay que estudiar metal por metal, pero por lo general no se usa.

Tipo K: No se debe usar.

15) MÉTODOS DE APLICACIÓN

Existen dos métodos básicos en la aplicación de CO₂ para la extinción de incendios. Uno consiste en descargar suficiente agente en un recinto para crear una atmósfera inerte en el volumen encerrado. Esto se denomina inundación total. El otro, consiste en descargar directamente sobre el material en combustión para obtener la extinción, sin confinar en un recinto que retenga al CO₂. Este se denomina aplicación local.

Actualmente no se deben instalar sistemas de inundación total en base a CO₂ en recintos normalmente ocupados por personas, los que se definen como aquellos recintos, lugares o ambientes donde hay una o más personas presentes en circunstancias normales.

Se permite instalar sistemas de CO₂ de inundación total en recintos normalmente ocupados en los siguientes casos:

- Cuando se determine que se requiere una concentración de agentes gaseosos sustitutos que produce una concentración mayor que el nivel menor de efecto adverso observado (LOAEL) o la concentración de oxígeno es menor de 8 %.
- En recintos que involucren equipos eléctricos energizados > 400 voltios y cables eléctricos agrupados donde no se hayan probado exitosamente agentes gaseosos alternativos.

- Cuando no hay métodos o accesorios de diseño disponibles para aberturas que no pueden encerrarse o descarga extendidas para otros agentes gaseosos.

15.1) Inundación Total

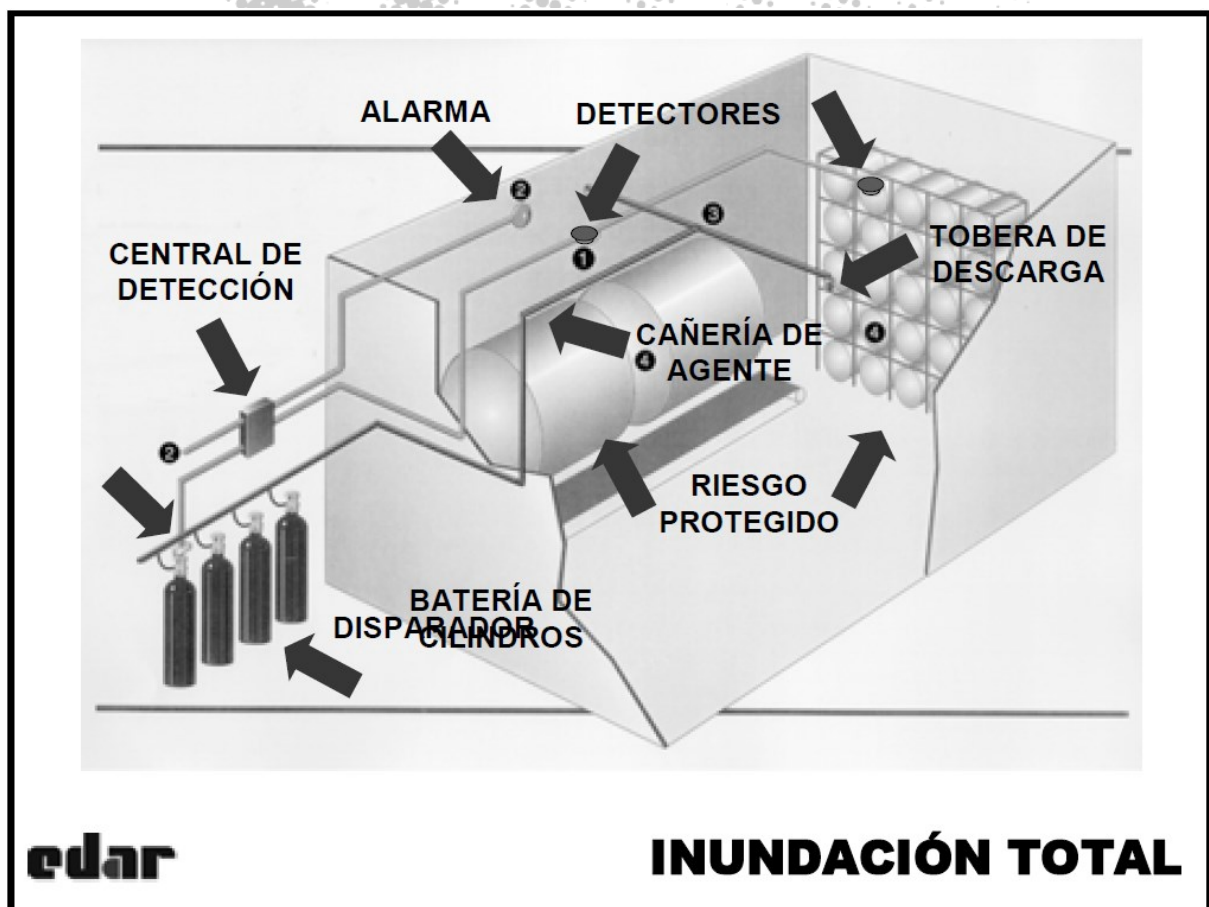
El sistema de inundación total consiste en un suministro fijo de CO₂ permanentemente conectado a una tubería fija, con boquillas fijas distribuidas para descargar CO₂ en un espacio o recinto cerrado alrededor del riesgo.

Este tipo de sistema debe usarse cuando hay un cerramiento permanente alrededor del riesgo que permita acumularse y mantenerse adecuadamente la concentración de CO₂ por el período requerido. Esto asegura la extinción completa y permanente del incendio del material o materiales combustibles involucrados.

En este tipo de sistema se permiten pequeñas superficies abiertas respecto a la superficie total que lo delimita.

El esquema típico de estos sistemas es el siguiente: batería de botellas de alta presión de CO₂ (o depósito de baja presión); baterías de repuesto; tubería de distribución; boquillas de aplicación y sistema de mando y control.

En estos sistemas el CO₂ se aplica mediante toberas, diseñadas y emplazadas de forma tal, que generan una concentración uniforme de CO₂ en todos los puntos del recinto. La cantidad de CO₂ requerida para conseguir una atmósfera extintora se calcula fácilmente, basándose en el volumen de la habitación y en la concentración requerida de CO₂ para el material combustible que se halla en el recinto.



La integridad del propio recinto constituye una parte muy importante del sistema de inundación total. Si el recinto es muy hermético, particularmente en los costados y fondo, la atmósfera puede mantenerse durante largo tiempo, a fin de asegurar el control total del fuego. Si hay aberturas en los costados y fondo, la mezcla, más pesada, de CO₂ y aire puede escapar rápidamente y ser reemplazada con aire que penetre por las aberturas más elevadas. Si la atmósfera de extinción se pierde rápidamente, pueden permanecer brasas incandescentes, que provoquen la reignición cuando el aire alcance la zona de incendio. Es por ello importante que se cierren todas las aberturas para minimizar las fugas, o bien que se compense la atmósfera mediante una descarga adicional de CO₂. Debido al peso relativo del CO₂, una abertura en el techo ayuda a liberar la presión interna durante la descarga, con muy poca influencia sobre la velocidad de fugas después de ésta.

15.2) Descarga Prolongada

Se aplica una descarga prolongada de CO₂ cuando un recinto no es lo suficientemente estanco como para mantener la concentración de gas todo el tiempo necesario. Esta descarga se produce normalmente a menor velocidad, después de una fase inicial a mayor velocidad para llegar a una concentración que permita la extinción en un tiempo razonable.

La descarga prolongada se aplica sobre todo a equipos eléctricos giratorios y cerrados, como los generadores, en los que es difícil prever las fugas hasta que dejan de girar. También se puede aplicar a sistemas de inundación total o de aplicación local, cuando hay fuego muy concentrado que hay que enfriar durante bastante tiempo.

15.3) Aplicación Local

Un sistema de aplicación local consiste de un suministro fijo de CO₂ conectado permanentemente a un sistema de tubería fija con boquillas distribuidas para descargar directamente en el elemento incendiado.

Los sistemas de aplicación local se deben usar para la extinción de incendios de superficies en líquidos, gases y sólidos inflamables de poca profundidad donde el riesgo no está encerrado o donde el cerramiento no se ajusta a los requerimientos para inundación total.

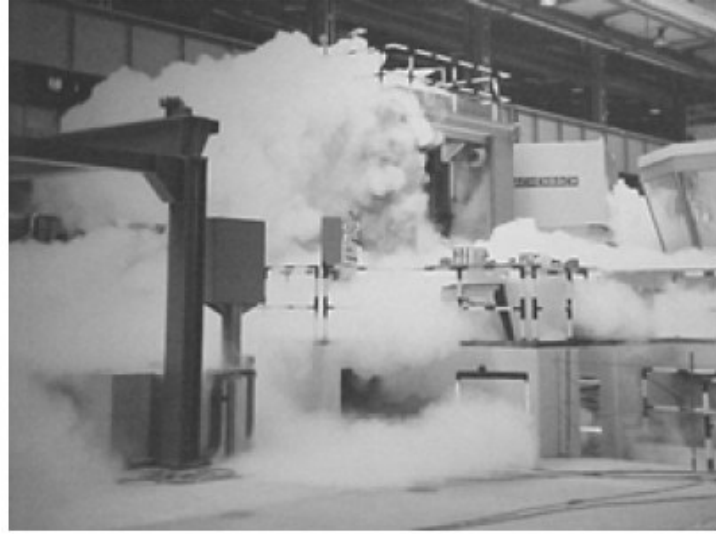
Podemos decir que la aplicación de estos sistemas es la extinción de incendios en espacios no confinados, mediante una descarga que cubra todas las superficies de los riesgos y las zonas adyacentes que puedan verse involucradas con la suficiente densidad de aplicación de agente extintor, durante el tiempo necesario para conseguir la extinción total del incendio.

En estos sistemas, el CO₂ se aplica directamente a las superficies en combustión, mediante toberas especialmente diseñadas a dicho efecto. El objeto es cubrir todas las superficies combustibles mediante toberas emplazadas estratégicamente, a fin de extinguir todas las llamas lo más rápidamente posible. Cualquier zona adyacente a la que el combustible pueda propagarse debe ser también cubierta, porque cualquier fuego residual podrá provocar la reignición, una vez la descarga de CO₂ ha finalizado. La descarga debe durar al menos 30 segundos, o más tiempo si se requiere enfriar una fuente potencial de reignición.

Las boquillas de descarga, al contrario que en la mayoría de los sistemas de inundación total, deben ser de baja velocidad, tipo difusor.

Para sistemas con almacenamiento de alta presión, la cantidad calculada de CO₂ debe incrementarse en 40% para determinar la capacidad nominal de almacenamiento del cilindro, porque solamente la porción líquida de la descarga es efectiva.

El tiempo mínimo efectivo de descarga para calcular la cantidad de CO₂ debe ser de 30 segundos. Cuando el combustible tenga un punto de autoignición por debajo de su punto de ebullición, como la cera de parafina y los aceites de cocinar, el tiempo efectivo de descarga debe aumentarse para permitir el enfriamiento del combustible y evitar la reignición. El tiempo mínimo de descarga del líquido debe ser de 3 minutos.



- Descarga directa sobre el riesgo
- Riesgos localizados dentro de grandes volúmenes

edar

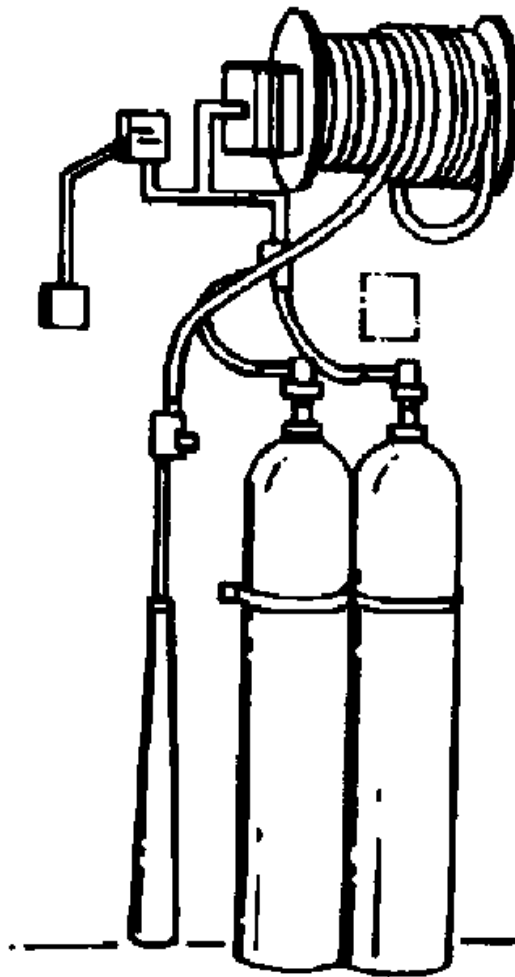
APLICACIÓN LOCAL

15.4) Líneas de Mangueras Manuales

Los sistemas de mangueras manuales suplen a los extintores portátiles, cuando el riesgo a proteger exige eficacias mayores, o a los sistemas fijos, cuando la disposición del riesgo permite suponer la posibilidad de zonas reducidas insuficientemente protegidas. El uso de estos sistemas puede aplicarse a la protección de riesgos con geometrías complicadas, en los que no se vayan a originar fuegos tales que impidan la aproximación de las personas, e insuficientemente confinados para utilizar sistemas de inundación.

Las tomas de mangueras deben encontrarse más próximas a las vías de escape que los riesgos que protegen, y en una situación relativa, respecto al riesgo, que los haga accesibles en caso de incendio.

Las mangueras deben estar permanentemente conectadas, situadas en soportes de tipo devanador.



Los sistemas de CO₂ consistentes en mangueras manuales conectadas permanentemente a una fuente de alimentación fija de CO₂ por medio de tuberías, sirven para aplicación local y para inundación total. Aunque no sustituyen a los sistemas fijos, pueden emplearse los sistemas de mangueras como complemento de los sistemas fijos cuando el punto donde pueda producirse el incendio sea accesible para combatirlo manualmente. También puede emplearse para complementar el equipo portátil.

Hay que tener en cuenta que los cilindros de CO₂ son pesados, por lo que este sistema permite una mayor movilidad y rapidez en la extinción manual, al no tener que estar moviendo el cilindro; logrando también una mayor capacidad de almacenamiento de agente al tener los cilindros fijos.

15.5) Sistemas Fijos con Suministro Móvil

Un sistema con suministro móvil, es un sistema fijo de inundación total, aplicación local o línea de manguera de mano sin suministro fijo de CO₂. El suministro de CO₂ está montado sobre un vehículo móvil que puede ser remolcado o conducido a la escena del incendios y rápidamente conectado al sistema de tubería vertical que proteger el riesgo involucrado.

Se utilizan en el caso de que haya muchos riesgos específicos similares y no se considere preciso disponer del suministro de agente extintor necesario para el uso simultáneo de todos los sistemas. Generalmente, el suministro móvil está concebido también para uso manual. Las condiciones para su aplicación son las siguientes:

- Los riesgos protegidos están lo suficientemente separados física y funcionalmente como para suponer improbable el incendio simultáneo.
- El retraso previsto en el comienzo de la extinción no es importante en lo que se refiere tanto a las dificultades de extinción como a la propagación del incendio a otros elementos o zonas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA GENERAL

- NFPA 12:2018. Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems.
- IRAM 3509:2021. Extintores Manuales de Dióxido de Carbono.
- Manual NFPA de Protección Contra Incendios – Editorial MAPFRE NFPA - Cuarta Edición en castellano – 1993.
- “Supresión con Bióxido de Carbono” del Ing. Eduardo D. Álvarez, SFPE - Director Región Cono Sur - International Fire Safety Consulting del Cono Sur S.A. - EDAR Ingeniería.

