

Intoxicación y muerte a bordo por fuga de gas refrigerante

Introducción

Como sabemos la logística es un conjunto de operaciones que se genera en la producción o recolección propiamente dicha y alcanza la distribución en los puntos de ventas, con varias etapas intermedias. En ella el transporte resulta un eslabón esencial en el mantenimiento de la "cadena de frío" cuando las cargas / mercaderías así lo requieran. Es común que un mismo producto sea cargado, transportado, descargado, agrupado, desagrupado, almacenado en forma intermedia, de 2 / 5 veces y manipulado el doble de ocasiones. Esto demuestra la importancia de la cadena de frío desde los productores a los consumidores, exigiendo una infraestructura intermedia de equipos y medios logísticos (buques frigoríficos, pesqueros congeladores o buques factoría, cámaras frigoríficas, contenedores, vehículos, depósitos, plantas de procesamiento, puntos de venta, etc.), y procedimientos y personal que interviene en el mantenimiento de la cadena.

Con el equipamiento que genera frío, aumentamos la vida útil de los ali-

mentos y reducimos la velocidad de crecimiento de gérmenes y su descomposición. Por lo que para distinto tipo de carga existen distintas temperaturas.

- *Refrigeración*: mantiene el alimento a bajas temperaturas (opera entre 2° y 8°C), sin alcanzar la congelación. Ej.: frutas, verduras, etc.

- *Congelación*: somete al alimento a temperaturas inferiores al punto de congelación (a - 18°C) durante un tiempo reducido. Ej.: carnes y pescados.

- *Ultracongelación*: somete al alimento a una temperatura entre -35° y -150°C durante breve periodo de tiempo. Es el mejor procedimiento de aplicación del frío pues los cristales de hielo que se forman durante el proceso son de pequeño tamaño y no llegan a lesionar los tejidos del alimento. Ej.: carnes y pescados.

Algunas Sociedades de Clasificación a sus buques mercantes / barcos pesqueros que tienen bodegas frigoríficas, recomiendan utilizar en las maquinarias para generar frío, gases como la lista que a continuación desarrollamos:

R 22 : CHClF₂.

R 134a : CH₂FCF₃.

R 404A : R 125 / R 143a / R 134a (44/52/4 %). CHF₂CF₃ / CH₃CF₃ / CH₂FCF₃.

R 407C : R 32 / R 125 / R 134a (23/25/52 %). CH₂F₂ / CHF₂CF₃ / CH₂FCF₃.

R 410A : R 32 / R 125 (50/50 %). CH₂F₂ / CHF₂CF₃.

R 507A : R 125 / R 143a (50/50 %). CHF₂CF₃ / CH₃CF₃.

R 717 : NH₃. (amoníaco).

Pero, no pueden ser usados más como refrigerantes los siguientes gases:

Methyl chloride (CH₃Cl).

R 12 (CCl₂F₂).

R 502 (R 22/R 115 (48.8/51.2 wt%))
CHClF₂/CClF₂CF₃).

R 13B1 (CF₃Br).

Gases Refrigerantes y el Ambiente

Todos los gases refrigerantes contribuyen al calentamiento de la tierra. El GWP o "Global Warning Potencial" mide la capacidad de una sustancia para producir efecto invernadero o de calentamiento global del planeta. A

partir del Protocolo de Kyoto existe compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por lo que los gases CFC (Ej.: R11, R12, R502, R500, R13B1, R13, R113) y los HCFC (Ej.: R22, R141b, DI36, DI44, R403B, R408A, R401A, R401B, R402A, R402B, R409A) son los que tienen mayor capacidad de destrucción de la capa de ozono. Pero, los HFC (Ej.: R134a, R413A, R404A, R507, R407C, R417A y el R410) no afectan a la capa de ozono (SAO/ODP: cero - Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono), pero contribuyen al efecto invernadero, tienen valores de PCG (Potencial de Calentamiento Global) elevados.

Los CFC –Clorofluorocarbonados– son gases refrigerantes cuyas moléculas contienen átomos de cloro, flúor y carbono; los HCFC –Hidroclorofluorocarbonados– son gases refrigerantes cuyas moléculas contienen átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Los HFC –Hidrofluorocarbonados– mal llamados “ecológicos”, son gases refrigerantes cuyas moléculas contienen átomos de hidrógeno, flúor y carbono.

Estos últimos se consideran de nueva generación, ya que han sido creados para sustituir a los otros, por no dañar a la capa de ozono atmosférico. Pero, la presencia de flúor en su composición provoca que al ser emitidos se comporten como un gas de efecto invernadero y estos contribuyan al “calentamiento global”.

Antecedentes y Seguridad

La denominación de los gases fue inventada por la empresa DUPONT, que consta de un sistema numérico para clasificar los gases. Pero el uso público de éste fue autorizado en el año de 1956 y con el tiempo se volvió una norma utilizada por la industria. Posteriormente, ANSI y ASHRAE lo convirtieron en el Standard 34.

La tabla de seguridad para los gases refrigerantes, se basa en la toxicidad y la inflamabilidad del gas.

La denominación alfanumérica de los refrigerantes se hizo con la intención de simplificarla, en vez de utilizar el nombre químico del gas, fórmula o marca.

Ejemplo: R-22 (CHClF₂)

- Puesto que el átomo de Carbono (C) tiene cuatro uniones, éstas son con dos de Fluor (F), una de Hidrogeno (H) y un átomo de Cloro (Cl) que completa las cuatro.
- Clase A: TLV/TWA 400 ppm o mayor.
- Clase B: TLV/TWA 399 ppm o menor.

La inflamabilidad de estos gases se clasifica en:

- Clase 1: no propaga la flama.
- Clase 2: baja propagación de flama.
- Subclase opcional - 2L -, basada en una menor inflamabilidad en pruebas de límites que las asignadas a la clase 2, el calor de la combustión, y la medición de la velocidad en que se quema/consume.
- Clase 3: alta propagación de flama.

La toxicidad se clasifica en:

- A: Baja toxicidad, TLV/TWA 400 ppm o mayor.
- B: Alta toxicidad, TLV/TWA 399 ppm o menor.

Como se puede observar en la figura de la página siguiente, un gas refrigerante “A1” significa que es uno de los gases más seguros con los que se puede trabajar, y el “B3” es el más peligroso. Los refrigerantes recomendados para las sustituciones, generalmente están clasificados como “A1”.

Características de Clasificación del Standard 34

Serie	Nombre	Gas, Ejemplos
000	Metanos	R-12
100	Etanos	R-134a
200	Propanos	R-290
300	Orgánicos cíclicos	C-318
400	Zeotropos	R-401A (R22/ R152A/ R124)
500	Azeotropos	R-502 (R22/R115)
600	Orgánicos	R-600a
700	Inorgánicos	R-717

GRUPO DE SEGURIDAD		
Mayor Inflamabilidad	A3	B3
Inferior Inflamabilidad	A2 A2L *	B2 B2L *
No hay llama Propagación	A1	B1
<u>TOXICIDAD</u>	Baja toxicidad	Alta toxicidad
*A2L y B2L son refrigerantes de menor inflamabilidad, con una velocidad máxima de combustión de 10 cm/seg		

Algunos Refrigerantes que son Compuestos Puros del Standard 34

Número ASHRAE	Clasificación de Seguridad	Fórmula Empírica	Nombre Químico
R-11	A1	CFC	Triclorofluorometano
R-12	A1	CFC	Diclorofluorometano
R-134a	A1	HFC	Tetrafluoroetano
R-290	A3	HC	Propano
R-600	A3	HC	Butano
R-600a	A3	HC	Isobutano
R-717	B2	NH3	Amoniaco

Accidentes

1. Un buque en navegación por el Golfo de México observó un barco camaronero a la deriva. Pensando que se encontraba en peligro, el Capitán lo circundó. Como no recibió respuesta del pesquero, embarcaron en el buque para investigar. Fueron directamente a la bodega a través de los camarotes y en una escotilla abierta, observaron tres cadáveres. Después, lo remolcaron a Puerto. La investiga-

ción halló el culpable: una fuga de la unidad de refrigeración que congelaba la bodega de la embarcación. El sistema perdió 15 libras de refrigerante, que a pesar de que no era tóxico, desplazó al oxígeno. Pruebas de la unidad de refrigeración después de la tragedia reveló que había fugas de refrigerante en 13 puntos separados del sistema.

2. Una explosión en un buque pesquero en puerto rioplatense, de un tanque

de gas amoníaco que se usa para las cámaras de refrigeración, dejó 56 intoxicados, algunos tripulantes graves.

3. En un pesquero potero nacional en un Puerto Patagónico sucedió una explosión y muerte del oficial de guardia de máquinas por la voladura de la tapa del compresor frigorífico mientras se purgaba el sistema de frío accionado a amoníaco. La tapa golpeó al maquinista y la fuga del gas lo escaldó.

4. En puerto de Ushuaia, un nuevo pesquero de bandera Argentina, mientras que realizaban tareas de mantenimiento en el sistema frigorífico se dañó una válvula, ocasionando el escape de amoníaco. Esto generó intoxicaciones por lo que tras el hecho dos personas fueron trasladadas al Hospital Regional Ushuaia.

Todos estos accidentes se debieron a la falta de mantenimiento de los equipos de frío.

Tendencia

En los equipos marítimos, el Amoniaco (R 717) es un fluido frigorífico antiguo de buena eficiencia en el transporte marítimo. Pero su toxicidad y sus consecuencias en caso de fugas, lo habían alejando de las instalaciones en buque frigoríficos, sumado a la fácil utilización del R 22 (HCFC). Actualmente la fiabilidad de los equipos, los mejores rendimientos termodinámicos, su bajo precio, el no ser causante del efecto invernadero, ni destructor de la capa de ozono, han revertido el uso del amoníaco respecto a otros gases. A esto se le suma la inmediata detección ante cualquier fuga mediante el olfato y su fácil dilución ante el agua. La nueva tecnología relacionada con el aumento de la seguridad en el uso de amoníaco ha mejorado en relación a:

a) Prevención de fugas. Ej.: ventilación (aumento automático de la tasa

de renovación de aire en más de 10 volúmenes en caso de escape), alarmas acústicas y ópticas, no utilización de circuitos en material de cobre, zinc o sus aleaciones (por corrosión de amoníaco), etc.

b) Dispositivo de salvaguarda en caso de fugas (espray de agua en la sala

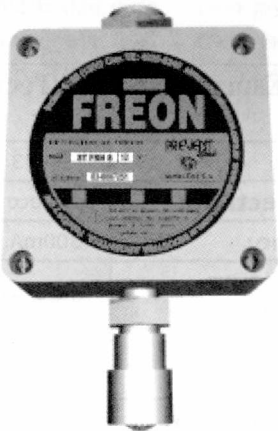
de máquinas ante la fuga de vapor de amoníaco).

Detección de Fugas de Gases Refrigerantes

Los equipos detectores de gases pueden ser:

1. *Fijos*: son los utilizados en laboratorios, salas de bombas, salas de máquinas, compartimientos y cámaras en donde se ubican instalaciones frigoríficas. Estos equipos toman muestras de aire de lugares críticos, indicando la concentración, luego se renuevan, limpiando el circuito y

Ejemplo de equipos fijos de detección de gases

EDS-FRN L www.simecon.com.ar	FREÓN (R-22 / R-134)	
Gabinete Estanco, salidas a relé NA/NC por 1º ALARMA (1000ppm), 2º ALARMA (2000ppm), y FALLA. Larga vida útil / bajo mantenimiento		
Características 	Especificaciones Técnicas	
<ul style="list-style-type: none"> Gabinete de Aluminio Estanco tratado con epoxi. 2 salidas de Alarma a relé por gas. 1º a 2000 ppm. 2º a 4000 ppm. Salida por falla a relé. Señal luminosa incorporada. Sencilla operación / Auto diagnóstico. Industria Argentina / 1 año de garantía. Prolongada vida útil / Bajo mantenimiento Sensor Japonés de última tecnología Alimentación 12V, 24V. 	Modelo:	EDS-FRN L
	Gas detectado:	Gases combustibles y vapores de hidrocarburos
	Alimentación:	12V, — 24V
	Consumo:	~ 100mA.
	Temperatura ambiente:	-10 C a +40 C
	Humedad rel. ambiente:	20 % HR al 80 % HR
	Disparo alarma:	1º:10%LEL, 2º:20% LEL
	Salidas de alarma:	a relé NA / NC
	Salida de falla:	a relé NA / NC
	Reseteo de alarma:	Automático
Testeo de funcionamiento:	Automático	
Dimensiones:	150X250X120 mm	
Peso:	3,2 Kg (DSA)	
	Aplicaciones	
	<ul style="list-style-type: none"> Refrigeración Industrial Instalaciones de aire acondicionado Plantas de fabricación de espumas Industria gastronómica Cámaras frigoríficas Aire acondicionado vehicular Sitios de almacenamiento de freón Buques frigoríficos, pesqueros Etc. 	

reinician el proceso en otro compartimiento. Estos sistemas tienen alarmas ópticas y acústicas indicando los límites de concentración peligrosa. Dependiendo el tipo de gas, algunos accionan la alarma por el porcentaje del Límite Inferior Explosivo, es decir, por su explosividad (Ej.: Freón (R-22/ R-134) y otros por la medida de la atmósfera por su toxicidad (Ej.: Amoníaco NH3).

2. *Portátiles*: son utilizados para ingresar a un espacio confinado o a un compartimiento/bodega/cámara/ sala que haya habido escape de gas, por lo que se debe elegir el instrumento de medición que puede ser por decoloración, explosividad o mediante el principio de fotoionización. Este gas generalmente es conocido porque se sabe cual se esta usando en el equipo de frío.

2.a. Los analizadores de gases tóxicos del tipo “Decoloración” para el ingreso ante la fuga del gas en una bodega o sala de máquinas, se conforman de un armazón con un bulbo de aspiración y tubo de vidrio graduado con un reactivo adentro de él y distinto para cada tipo de gas. Al accionar el instrumento y entrar en contacto con la atmósfera del lugar, se produce una reacción química ante la presencia

Ejemplo de equipos fijos de detección de gases

<p>EEDS-NH3 L www.simecon.com.ar</p>	<p>AMONIACO</p>																										
<p>Estanco, de uso industrial, salidas a relé e indicación luminosa. Prolongada vida útil y bajo mantenimiento.</p>																											
<p style="text-align: center;">Características</p> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> • 2 salidas de Alarma a relé por gas (NA/NC). • Salida por falla a relé (NA/NC). • Gabinete estanco de aluminio tratado con epoxi • Sencilla operación / Auto diagnóstico • Industria Argentina / 1 año de garantía • Prolongada vida útil / Bajo mantenimiento • Sensor Japonés de última tecnología • Alimentación 12V, 24V. • Luces de estado en la misma cabeza (V,A,R) 	<p style="text-align: center;">Especificaciones Técnicas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Modelo:</td> <td style="padding: 2px;">EDS-NH3 L/ ES-NH3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Gas detectado:</td> <td style="padding: 2px;">Amoníaco (NH3)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Consumo:</td> <td style="padding: 2px;">~ 300mA.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Temperatura ambiente:</td> <td style="padding: 2px;">-10 C a +40 C</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Humedad rel. ambiente:</td> <td style="padding: 2px;">20 % HR al 80 % HR</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Disparo alarma:</td> <td style="padding: 2px;">1¼:25ppm, 2¼:50ppm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Salidas de alarma:</td> <td style="padding: 2px;">a relé NA / NC</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Salida de falla:</td> <td style="padding: 2px;">a relé NA / NC</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Reseteo de alarma:</td> <td style="padding: 2px;">Automático</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Testeo de funcionam:</td> <td style="padding: 2px;">Automático</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Dimensiones:</td> <td style="padding: 2px;">150X250X60 mm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Peso:</td> <td style="padding: 2px;">/0,8Kg</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Gabinete:</td> <td style="padding: 2px;">Estanco</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Aplicaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Refrigeración Industrial • Industria gastronómica • Cámaras frigoríficas • Buques frigoríficos, pesqueros • Etc. 	Modelo:	EDS-NH3 L/ ES-NH3	Gas detectado:	Amoníaco (NH3)	Consumo:	~ 300mA.	Temperatura ambiente:	-10 C a +40 C	Humedad rel. ambiente:	20 % HR al 80 % HR	Disparo alarma:	1¼:25ppm, 2¼:50ppm	Salidas de alarma:	a relé NA / NC	Salida de falla:	a relé NA / NC	Reseteo de alarma:	Automático	Testeo de funcionam:	Automático	Dimensiones:	150X250X60 mm	Peso:	/0,8Kg	Gabinete:	Estanco
Modelo:	EDS-NH3 L/ ES-NH3																										
Gas detectado:	Amoníaco (NH3)																										
Consumo:	~ 300mA.																										
Temperatura ambiente:	-10 C a +40 C																										
Humedad rel. ambiente:	20 % HR al 80 % HR																										
Disparo alarma:	1¼:25ppm, 2¼:50ppm																										
Salidas de alarma:	a relé NA / NC																										
Salida de falla:	a relé NA / NC																										
Reseteo de alarma:	Automático																										
Testeo de funcionam:	Automático																										
Dimensiones:	150X250X60 mm																										
Peso:	/0,8Kg																										
Gabinete:	Estanco																										

del gas buscado que provoca la decoloración del reactivo específico del tubo. Éste está tarado y la lectura hasta donde alcanzó la decoloración la comparamos con la Res. N° 295/03 del MTEySS. Si estamos por debajo de los valores tabulados podemos ingresar al recinto.

2.b. Otro instrumento analizador de gas tóxico es el digital, previamente regulado en fábrica para detectar un gas específico. En el equipo se coloca el detector del gas más frecuentemente usado a bordo.

2.c. Un método diferente de detección es mediante principio de fotoionización. Los gases existentes en el aire pueden llegar a ionizarse frente a la presencia de luz ultravioleta, de modo que deben ser de gran intensidad para que produzca un efecto notable. Los gases de hidrocarburos son fácilmente

ionizables frente a la presencia de la citada luz.

2.d. El uso del exposímetro mide la inflamabilidad del gas refrigerante, relacionado con los hidrocarburos. Determinándose en que porcentaje del LIE (límite inferior de explosividad) se halla el compartimiento medurado, para evaluar la posibilidad de ingreso.

La clasificación de la toxicidad de los gases está basada en los índices internacionales TLV/TWA.

“TLV” (*Threshold Limit Value*). Concentración máxima permisible, expresada en la exposición al gas en el orden de 8 a 12 hrs. por día, cinco días a la semana, durante 40 años, y el TWA (*Time-Weighted Average*). Concentración ponderada en el tiempo, expresada en horas por día. Los gases refrigerantes están clasificados en dos clases,

dependiendo del tiempo máximo permisible en que una persona puede estar expuesta a éstos. En nuestro país esas concentraciones se aplican mediante el Anexo IV de la Resolución N° 295/03 del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Bibliografía

Alejandro García Arguijo, *Control de atmósferas, detección de gases inflamables y tóxicos*, Ed. Escuela de Capacitación Marítima “Omar A. Rupp”, 2006.

Manuel Rodríguez Rebollo, *Guía del Transporte Frigorífico*, Instituto Internacional del Frío, 2002.

Norma Standard 34 de ASHRAE. *Cargo Refrigerating Installations*, Sociedad de Clasificación Coreana.