



## 1. Introducción

Este consejo de seguridad ofrece recomendaciones sobre la base de la experiencia práctica adquirida en el manejo seguro de los gases licuados criogénicos. Que no sustituye a las regulaciones obligatorias.

Un gas o un líquido se encuentra en estado criogénico cuando su temperatura está por debajo de su punto de ebullición. La siguiente tabla muestra algunos de los gases que con frecuencia se manejan en el estado de la criogénico.

## 2. Propiedades

Cuando un gas se enfría lo suficiente se licua y se convierten en un líquido, con la adición de calor de este líquido cambiará de nuevo a un gas. Por lo que el término "gas licuado criogénico" puede indicar un estado físico de un líquido o gas, dependiendo

principalmente de la temperatura.

Las propiedades químicas de los gases criogénicos en el estado líquido son principalmente las mismas que en estado „caliente“. En su estado criogénico también hay una propiedad física adicional, el frío extremo o „criogénia“. Por lo tanto, es importante considerar la temperatura fría extrema cuando se manejen estos gases licuados criogénicos.

• **Contacto:** El contacto directo con un gas licuado criogénico puede causar quemaduras y / o quemaduras criogénicas. Salpicaduras de líquido criogénico puede causar daños graves en especial a los ojos.

• **Contacto con el equipo:** Tubos, etc. que contienen un gas licuado criogénico estará muy frío. Las partes desnudas o no protegidas suficientemente del cuerpo, en contacto con las tuberías sin aislar o

recipientes en servicio con gas licuado criogénico puede pegarse rápidamente en virtud de la congelación de cualquier humedad existente y al intentar separarse puede producir el desgarro de la carne. El uso de la ropa mojada, por tanto, no está permitida.

• **Fragilización:** Materiales, por ejemplo, la mayoría de los plásticos, acero al carbono se fragilizan debido a los efectos de las bajas temperaturas.

## 3. Precauciones

Las medidas de precaución son aplicables para todos los gases licuados a muy bajas temperaturas. Estas deben aplicarse conjuntamente con las recomendaciones de las hojas de seguridad específicas de cada gas y con otros "consejos de seguridad" como por ejemplo los de deficiencia de oxígeno, enriquecimiento de oxígeno, etc.

### Propiedades físicas de algunos gases criogénicos

| Gas                                                                      | Oxígeno        | Nitrógeno      | Argón | Hidrógeno      | Helio | LNG             | Dióxido de Carbono |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|-------|----------------|-------|-----------------|--------------------|
| Símbolo químico                                                          | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | Ar    | H <sub>2</sub> | He    | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>    |
| Temperatura de ebullición<br>a 1013 mbar [°C]                            | -183           | -196           | -186  | -253           | -269  | -161            | -78,5 *)           |
| Densidad del líquido<br>a 1013 mbar [°C]                                 | 1,142          | 0,808          | 1,40  | 0,071          | 0,125 | 0,42            | 1,178 **)          |
| Densidad del gas<br>a 15°C, 1013 mbar<br>[kg/m <sup>3</sup> ]            | 1,34           | 1,17           | 1,67  | 0,084          | 0,167 | 0,72            | 1,85               |
| Densidad relativa<br>en comparación con el aire<br>a 15°C, 1013 mbar     | 1,09           | 0,95           | 1,36  | 0,0685         | 0,136 | 0,55            | 1,5                |
| Volumen de gas obtenido<br>de un litro de líquido<br>a 15° C y 1013 mbar | 853            | 691            | 839   | 845            | 749   | 587             | 632                |

\* temperatura de sublimación \*\* a 5,18 bar

### 3.1. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal te protege contra el contacto con los gases criogénicos, líquidos o partes expuestas de los equipos. La ropa debe estar limpia, seca y fabricada de fibras naturales. No debe estar ceñida al cuerpo para que se pueda quitar fácil y rápidamente en el caso de que el gas o líquido llegue al cuerpo.

Los brazos y las piernas deben estar cubiertos por completo. Hay que evitar bolsillos abiertos, dobleces de perneras o mangas remangadas. Ya que estos pueden ser la trampa de un líquido criogénico y aumentar el tiempo de la exposición local y por lo tanto la congelación.

Los guantes de aislamiento serán de un material seco y que no se fragilice (por ejemplo, cuero, Kevlar®). Los guantes deben ser bien holgados para que puedan sacarse rápidamente si un líquido criogénico penetra. Los manguitos de los guantes deben ser de un tipo que prevengan la fácil penetración de líquido.

Debe llevarse asimismo protección facial, al verter un líquido criogénico, al conectar o desconectar mangueras o en la inmersión de piezas en líquido criogénico. Las gafas son una protección incompleta.

Para manipular líquidos criogénicos, debe llevarse calzado en buen estado. Las suelas no deben estar desgastadas. Para manipular gases o líquidos criogénicos inflamables (por ejemplo hidrógeno líquido y LNG) debe usarse zapatos con suelas conductoras (las llamadas antiestáticas).

Los aparatos de protección respiratoria, pueden ser necesarios cuando por la evaporación de gases criogénicos se desplace el oxígeno del aire. Ver también los "consejos de seguridad" Deficiencia de oxígeno.

### 3.2. Particularidades a tener en cuenta para manipular gases licuados a muy bajas temperaturas

Los gases licuados a muy bajas temperaturas se encuentran por regla general en estado de ebullición a presión atmosférica. Durante el llenado de recipientes, que todavía estén a temperatura ambiente, la ebullición aumenta en un principio con extrema rapidez. Por ello se producen fácilmente salpicaduras de gas licuado debido a su rápida evaporación. Por ello es necesario

protegerse la cara y las manos. Lo mismo es aplicable para la inmersión de objetos a temperatura ambiente (o superior) en gases licuados criogénicos.

Cuando los recipientes u objetos alcanzan la temperatura del gas licuado criogénico, disminuye la rápida evaporación, pero el gas licuado permanece en estado de ebullición.

La penetración de calor hace que salga continuamente gas del recipiente, siempre que esté abierto (por ejemplo un recipiente Dewar). En recipientes cerrados aumentará la presión. Cuanto mejor sea el aislamiento del recipiente, tanto más lento será el aumento de presión.

De un litro de gas licuado criogénico se producen volúmenes considerables de gas (ver línea 6 de la tabla). Es necesario, por lo tanto, que donde se trabaje con gases licuados criogénicos en recipientes abiertos, exista una ventilación que por lo menos pueda renovar el volumen de gas que se produce. Una ventilación suficiente tiene que evitar la alteración del contenido de oxígeno en el aire. El enriquecimiento de oxígeno en el aire a más del 23%, incrementa considerablemente el peligro de incendio. El contenido normal de oxígeno en el aire es del 21%, por lo tanto el oxígeno líquido, no debe estar jamás en recipientes abiertos.



Advertencia de baja temperatura

Es cierto que por causa de los gases criogénicos, indicados en la tabla, no se pueden producir intoxicaciones, ya que dichos gases no son tóxicos. Pero todos ellos, salvo el oxígeno, pueden reducir el contenido de éste en el aire, y por debajo del 15%, se puede producir asfixia. Hay que tener en cuenta que pequeñas concentraciones de anhídrido carbónico, en el aire, pueden conducir a graves trastornos de la respiración. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> a partir de aproximadamente un 20%

en volumen son letales en cuestión de segundos. Si prescindimos del riesgo de incendio, un enriquecimiento de oxígeno en el aire en más de un 23% en volumen no es peligroso para el organismo. Más información a este respecto se encuentra en los "consejos de seguridad" Deficiencia de oxígeno y Enriquecimiento de oxígeno. La permanencia en una atmósfera con baja temperatura debido a los gases criogénicos puede dar lugar a un enfriamiento del cuerpo, pero también es posible que se produzca una alteración de la actividad pulmonar al inhalar el aire subenfriado por el gas frío.

Cuando se mezclan gases criogénicos con el aire, se pueden formar nieblas, dado que la humedad atmosférica se condensa a causa del enfriamiento. En caso de una fuga importante de gases licuados, la formación de niebla puede ser tan extensa que la falta de visibilidad puede dificultar la orientación. Hay que tener en cuenta que también fuera de la nube, hay que prever una alteración considerable de la composición de la atmósfera. Todos los gases indicados en la tabla son bastante más pesados que el aire, a la temperatura de ebullición indicada. Donde exista la posibilidad de fuga de grandes cantidades de gases licuados criogénicos, no deben existir bocas de desagüe sin cierre de líquido, ventanas abiertas hacia los sótanos ni otros accesos abiertos hacia locales situados a un nivel inferior, canales, etc., ya que los gases pesados podrían acumularse allí, produciendo por lo tanto peligro de asfixia y/o de incendio. Durante la manipulación de gases inertes (por ejemplo nitrógeno, argón, helio, CO<sub>2</sub>), no existe riesgo de incendio, estos gases incluso se pueden usar para apagarlos. Un peligro de incendio o de explosión se puede producir en caso de fuga de gases inflamables licuados (por ejemplo hidrógeno líquido) dado que estos se evaporan y entonces forman con el aire una mezcla inflamable. Es por ello imprescindible que siempre exista una ventilación eficaz natural o artificial.

El oxígeno, que como tal no es combustible, sí ayuda a la combustión. Los materiales, que bajo condiciones atmosféricas normales se consideran como incombustibles o difícilmente inflamables, pueden ser combustibles en una atmósfera enriquecida de oxígeno y aún más en oxígeno puro, y una vez estén inflamados arden con notable violencia y producen una

temperatura elevada. Los materiales que en atmósfera normal son combustibles (por ejemplo aceite, asfalto, plásticos,...) reaccionan en presencia de aire enriquecido en oxígeno y en oxígeno puro de forma viva y por lo tanto debe evitarse su contacto. Ver también los “consejos de seguridad” Enriquecimiento de oxígeno.

Durante la manipulación con todos los gases criogénicos, con temperatura de ebullición más baja que la del oxígeno (ver la línea 2 de la tabla), existe la posibilidad de que se condense el oxígeno del aire produciéndose un enriquecimiento de éste. Ver los “consejos de seguridad” Enriquecimiento del oxígeno.

Los materiales, que pueden entrar en contacto con gases licuados a muy bajas temperaturas, deben ser adecuados para las mismas, es decir que no deben resquebrajarse por el frío. Son aptos por ejemplo el cobre, los aceros austeníticos, algunas aleaciones de aluminio, entre las materias plásticas, bajo determinadas condiciones es apropiado el PTFE. Los materiales aptos para cada caso, deberán consultarse a nuestros técnicos.

Cuando puedan quedar atrapados gases licuados entre dos válvulas, es necesario disponer de unos dispositivos de descarga de presión adecuados. Incluso con el mejor aislamiento, estos líquidos se evaporarán. El gas que se produce, se debe poder evacuar a través de los dispositivos de descarga de presión, a fin de evitar que la tubería, etc., pueda reventar. Antes de introducir gases licuados a muy bajas temperaturas en aparatos, recipientes, tuberías, accesorios, etc., estos deben secarse escrupulosamente, de lo contrario, los gases criogénicos congelarían la humedad, con lo que podría producirse un funcionamiento inadecuado, por ejemplo de válvulas de seguridad, manómetros, etc.

Hay que tener en cuenta que cada material se contrae al ser expuesto a bajas temperaturas. La magnitud de la contracción depende del material y del descenso de la temperatura. Las diferentes contracciones de los materiales pueden dar lugar a fugas o también a roturas, por ejemplo en bridas, acoplamientos roscados, conexiones, etc.

#### 4. Protección del medio ambiente

Los gases indicados en la tabla (salvo el hidrógeno y el LNG), se encuentran presentes en la atmósfera en

concentraciones variables. Al evaporarse en la atmósfera los gases licuados criogénicos, no se causa una contaminación o alteración permanente. Cuando accidentalmente se derraman gases licuados, no se contamina la tierra, dado que éstos se evaporan rápidamente y por lo tanto no penetran en el suelo. La congelación transitoria y local no produce daños permanentes en la tierra.

#### 5. Tratamiento de primeros auxilios

Si una persona ha estado en contacto con un gas criogénico licuado.

- Mueva a la víctima a un lugar cálido (alrededor de 22 ° C), pero no aplicar calor directo.
- Si la atención médica calificada no es inmediatamente disponible, preparar a la víctima para ser trasladado al hospital sin demora.

Mientras tanto:

- Afloje la ropa que pueden restringir circulación de la sangre al área afectada.
- Lave las áreas afectadas de la piel con grandes cantidades de agua tibia.

**Nota:**

**No use agua caliente o cualquier otra forma de calor directo!**

- Proteger las zonas afectadas de la piel con voluminosos apósitos estériles secos. No aplicar demasiada fuerza a fin de restringir la circulación de la sangre. Mantenga la parte afectada protegida del resto.
- En caso de , el tratamiento es el general para estos casos.
- No dar a los pacientes a beber alcohol o permitir fumar. Ambos causan restricción en el flujo sanguíneo.
- No intente despegar la ropa pegada.

#### 6. Tratamiento por un médico o hospital

- Colocar la parte del cuerpo expuestos a la temperatura fría en una baño de agua con una temperatura de, idealmente, no menos de 40 ° C, pero no más de 42 ° C.

**Nota:**

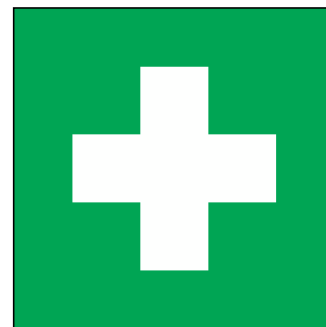
**Nunca use agua caliente o calor seco! Temperaturas superior a 45 ° C supondrá una quemadura en el tejido congelado:**

- Si ha habido una exposición extensa a temperaturas criogénicas tanto que la temperatura general del cuerpo ha descendido, el paciente debe ser recalentado sin demora. El paciente debe

colocarse en un baño de agua tibia a una temperatura entre 40 - 42 ° C. Es importante que la temperatura del baño se mantiene a un nivel de no menos de 40 ° C para maximizar la tasa de recalentamiento.

• En ausencia de instalaciones de tratamiento, el paciente debe ser llevado a un ambiente cálido, preferiblemente a una temperatura de 22 ° C, mantenerse en reposo y ligeramente cubierto con una o dos mantas.

• El shock pueden ocurrir durante el proceso de recalentamiento



Primeros auxilios

• Los tejidos congelados son indoloros y parecen de cera con un color pálido, de color amarillento. Ellos llegan a ser dolorosos, hinchados y muy propensos a la infección cuando se descongelan. La descongelación puede tomar de 15-60 minutos y debe continuar hasta los límites color de la piel se vuelve de color rosa o rojo. La operación de descongelación depende del grado de exposición, puede ser doloroso y puede ser necesario administrar medicamentos para controlar el dolor.

• Si la parte congelada del cuerpo se descongela mientras se obtiene la atención médica, no recalentar. Bajo estas circunstancias cubrir la zona con una gasa seca estéril con una voluminosa protección.

• Se recomienda la administración de una dosis de refuerzo contra el tétanos.

• En caso de accidente la consideración debe ser el transporte del paciente a un hospital con instalaciones especiales y personal con experiencia en el tratamiento de quemaduras.

## 7. Conclusiones

Manejo seguro de los gases licuados criogénicos sólo es posible si las propiedades específicas de estos gases son conocidos. Inadecuadamente utilizados los gases criogénicos puede causar, por ejemplo, congelación.

Los gases licuados criogénicos no tienen propiedades ni buenas ni malas. Lo que importa es el conocimiento de las propiedades físicas y químicas, y su utilización de una manera segura.

Estas recomendaciones de LINDE GAS ESPAÑA no implican garantía por parte de la empresa, en el sentido de que su responsabilidad no puede substituir a la del usuario de este documento.

**Linde Gas España, S.A.U.**  
División Gases Industriales  
[www.linde-gas.es](http://www.linde-gas.es)

**Región Nordeste:**  
Balmes, 89 - 5ª planta  
08008 BARCELONA  
Tel. Call Center: 932 759 263  
[customerservice@linde.com](mailto:customerservice@linde.com)

**Región Centro:**  
Ctra. Alcalá - Daganzo, km. 3,8  
Pol. Ind. Bañuelos, Haití, 1  
28806 ALCALÁ DE HENARES (Madrid)  
Tel. Call Center: 932 759 263  
[customerservice@linde.com](mailto:customerservice@linde.com)

**Región Sureste (Levante):**  
Camino de Liria s/n, Apdo. de Correos, nº25  
46530 PUÇOL (Valencia)  
Tel. Call Center: 932 759 263  
[customerservice@linde.com](mailto:customerservice@linde.com)

**Región Sureste (Sur):**  
Pol. Ind. Ciudad del Transporte,  
Real de Vellón, P-27  
11591 JEREZ DE LA FRA. (Cádiz)  
Tel. Call Center: 932 759 263  
[customerservice@linde.com](mailto:customerservice@linde.com)