



RECOMENDACIONES EN LA UTILIZACIÓN DE GASES LICUADOS A BAJA TEMPERATURA





CONSIDERACIONES PREVIAS

El nitrógeno líquido es un gas licuado, atóxico, no inflamable, ni explosivo, incoloro, inodoro y extremadamente frío. La elaboración de estas recomendaciones surge como una necesidad concreta y útil para los distintos Centros y Institutos del CSIC que utilizan el nitrógeno líquido en su actividad diaria.

En la utilización de gases licuados a baja temperatura hay que distinguir entre dos grupos de riesgos claramente diferenciados: los derivados de las características físicas – químicas de cada gas (Tabla I) y un segundo grupo derivado de las bajas temperaturas de utilización (Tabla II).

TABLA I. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LÍQUIDOS CRIOGÉNICOS

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Helio	Hidrógeno	Nitrógeno	Argón	Oxígeno
Temperatura de ebullición a 1 atm (en °C)	-269	-253	-196	-186	-183
Densidad del líquido a 1 atm (en kg / l)	0,125	0,071	0,808	1,40	1,142
Densidad del gas a 1 atm y 15 °C (en kg / l)	0,167	0,084	1,17	1,67	1,34
Densidad relativa respecto del aire a 1 atm y 15 °C	0,136	0,068	0,95	1,36	1,09
Volumen del gas obtenido de 1 litro de líquido a 15 °C y 1 atm	749	842	691	836	854

TABLA II. RIESGOS DERIVADOS DE BAJA TEMPERATURA INHERENTE AL NITRÓGENO LÍQUIDO

1. Quemaduras frías, congelación e hipotermia. Por contacto directo con el gas licuado o sus vapores. Por contacto con equipos y canalizaciones.
2. Lesiones pulmonares al respirar gas muy frío procedente de la vaporización.
3. Deficiencia de oxígeno en el aire y asfixia.
4. Enriquecimiento de oxígeno.
5. Presurización y explosión.
6. Daño a equipos / instalaciones: Fragilización de los materiales.



Una concentración deficiente de oxígeno (Tabla III) provoca efectos adversos en el cuerpo humano hasta producirse incluso la muerte. Las concentraciones inferiores al 6 % es posible obtenerlas si se produce un derrame del líquido criogénico o si respiramos en las proximidades del depósito por realizar alguna manipulación incorrecta.

Otro factor que va a influir en la concentración de oxígeno en los lugares donde se manipule nitrógeno líquido son las renovaciones de aire del local.

La deficiencia de oxígeno es un peligro silencioso, debido a que sin medios técnicos no es detectable, además se puede presentar en las condiciones normales de funcionamiento.

El nitrógeno líquido, al cambiar de fase líquida a gaseosa incrementa su volumen un 683 % a 15 °C y 1 atm. Este cambio de volumen es el que genera variaciones en la concentración de oxígeno en el lugar donde se produce la manipulación.

TABLA III. EFECTOS – SÍNTOMAS SEGÚN CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO

CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO	EFECTOS Y SÍNTOMAS
18 - 21	No existen síntomas apreciables.
11 – 18	Pérdida de reflejos sin pérdida de conocimiento.
8 – 11	Posibilidad de desmayo en pocos minutos sin previo aviso. Riesgo de muerte por debajo del 11 %
6 – 8	Desmayo en pocos minutos. Reanimación posible si es rescatado.
0 – 6	Desmayo casi inmediato. Puede ocurrir daños cerebrales incluso si es rescatado.



La concentración de oxígeno es un factor determinante en la seguridad y salud de los trabajadores, se considera una ventaja tener conocimiento de ésta a la hora de poder adoptar medidas preventivas específicas.

Analizamos varias hipótesis de cálculo para obtener la concentración de oxígeno en varias circunstancias:

1. LLENADO DEL DEPÓSITO: Las ecuaciones que rigen la concentración de oxígeno durante el llenado de los depósitos de nitrógeno líquido son:

$$C_{ox} = (100 / VR) \times 0,21 \times [VR - (0,1 \times VD \times Fg / 1000)]$$

2. DERRAME DEL DEPÓSITO: En esta situación se produce el derrame de todo el contenido del depósito – por vuelco, rotura ...). Las ecuaciones que rigen la concentración de oxígeno durante el derrame de los depósitos de nitrógeno líquido son:

$$C_{ox} = (100 / VR) \times 0,21 \times [VR - (1 \times VD \times Fg / 1000)]$$

3. LLENADO Y DERRAME DEL DEPÓSITO: El peor de los casos previsible, debido a que se evaporará el total del volumen del depósito más lo que se evapora al llenar el depósito. Las ecuaciones que rigen la concentración de oxígeno durante el derrame y llenado de los depósitos de nitrógeno líquido son:

$$C_{ox} = (100 / VR) \times 0,21 \times [VR - (1,1 \times VD \times Fg / 1000)]$$

LEYENDA:

- C_{ox}** = Concentración de oxígeno en la sala donde se produce el llenado.
VR = Volumen de la sala donde se produce el llenado – en m³
VD = Volumen del depósito donde se encuentra el líquido criogénico.
0,21 = Concentración normal de oxígeno en el aire – 21 %
Fg = Factor del gas que se evapora, en este caso nitrógeno líquido – 683
0,1 = Aproximadamente se evapora el 10 % del producto de llenado
1,0 = Se derrama todo el contenido del depósito
1,1 = Se derrama todo el contenido del depósito más lo que se evapora al llenarlo



En la tabla IV se presenta la concentración de oxígeno presente en el ambiente al producirse un derrame de un vaso dewar o depósito dependiendo del lugar donde se produzca dicho derrame, se ha supuesto para el cálculo del volumen del local y / o instalación, que la altura de la misma corresponde a 3 metros.

TABLA IV. CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO SEGÚN SUPERFICIE Y VOLUMEN

SUPERFICIE (m ²)	VOLUMEN DEL DERRAME (litros)						
	1	5	10	50	100	500	2000
10	20,52	18,61	16,22	0	0	0	0
30	20,84	20,20	19,41	13,03	5,06	0	0
40	20,88	20,40	19,80	15,02	9,05	0	0
50	20,90	20,52	20,04	16,22	11,44	0	0
60	20,92	20,60	20,20	17,02	13,03	0	0
70	20,93	20,66	20,32	17,59	14,17	0	0
80	20,94	20,70	20,40	18,01	15,02	0	0
90	20,95	20,73	20,47	18,34	15,69	0	0
100	20,95	20,76	20,52	18,61	16,22	0	0
200	20,98	20,88	20,76	19,80	18,61	9,05	0
300	20,98	20,92	20,84	20,20	19,41	13,03	0

MEDIDAS PREVENTIVAS

Las actuaciones preventivas ante líquidos criogénicos deben ir encaminados a cumplir los principios básicos de la acción preventiva previstos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los trabajadores que manipulen equipos criogénicos deben tener formación sobre sus riesgos específicos, así como conocer las propiedades físicas y químicas de los líquidos utilizados.

Los trabajadores que realizan la manipulación diaria de estos equipos deben ser personal cualificado con formación específica y deben conocer los riesgos propios de esta actividad. El resto de trabajadores y personal expuesto deben conocer la existencia (señalización, etiquetado ...) y los riesgos que presentan estos equipos.

Como medida genérica, en toda instalación que implique contacto con gas licuado a baja temperatura, se utilizará protección personal y ropa adecuada. Esta última será de fibra natural y estará seca y limpia de grasa.



- A. Los equipos de protección para la cara deben de proteger contra contactos por salpicaduras durante la manipulación del nitrógeno líquido, podrán ser de tipo gafas o protector facial, debiendo cumplir la norma UNE EN 166, categoría 3
- B. Los equipos para las manos deben ser guantes especiales contra protección al frío UNE EN 511. Debe tenerse en consideración posibles salpicaduras en la entrada al guante, por lo que deben llegar hasta el antebrazo. Nunca deben sumergirse las manos en el nitrógeno líquido, incluso estando protegidas.
- C. Los equipos para protección del cuerpo deben evitarse la existencia de bolsillos u orificios donde se puedan almacenar salpicaduras. En ningún caso utilizar ropa ceñida, al objeto de poder quitársela rápidamente en el caso de alcanzado por el líquido.
- D. No se permitirá sandalias o zapatos abiertos. Deben usarse zapatos cerrados que no permitan el almacenamiento de salpicaduras.
- E. En el caso de atmósferas con baja concentración de oxígeno, se deberán utilizar equipos de respiración autónoma según norma UNE EN 137.
- F. En cuanto a las instalaciones, la concentración de oxígeno en un local debe ser controlada para indicar al trabajador la existencia de una atmósfera pobre en oxígeno. Deberemos tener un control permanente de las características del aire ambiental. Cuando éstas se encuentren cercanas a unos niveles peligrosos para el usuario, se debe activar una señal que permita al trabajador evitar el riesgo. Debemos tener una ventilación en condiciones normales de 15 renovaciones / hora, en el local donde se encuentren los líquidos criogénicos, y en condiciones de riesgo, debemos disponer de un medio auxiliar que permita mantener una calidad del aire adecuada para el trabajador.



- G. En caso de derrames y fugas debemos realizar la evacuación del área en que se ha producido el derrame, ventilar e informar de la situación a las áreas adyacentes. Para entrar en la zona donde se ha producido el derrame debemos asegurarnos que la atmósfera está en unas condiciones ambientales adecuadas. Si no es así se utilizaran equipos de respiración adecuados a la atmósfera existente. Hay que intentar paralizar el derrame o escape en el menor tiempo posible y actuar sobre posibles efectos de acumulación del nitrógeno líquido en sótanos, alcantarillas u otros lugares a los que pudiese fluir.
- H. Se deben adoptar medidas preventivas adecuadas para el transporte, tanto horizontal como vertical. Estas medidas deben introducirse en los procedimientos de trabajo y ser conocidas por todos los trabajadores. Especial peligrosidad presenta el transporte horizontal en ascensores (al convertirse en un espacio confinado). Durante el transporte vertical se debe vigilar siempre el vaso dewar para evitar posibles manipulaciones por personal no autorizado. Mover los dewar utilizando un carro porta termos, no hacerlos rodar, ni arrastrarlos en posición horizontal, evitar que se caigan o golpeen violentamente uno contra otro o contra otras superficies. Se debe entregar el recipiente del nitrógeno líquido al responsable de su recepción, que deberá tener conocimientos de los riesgos de la manipulación y disponer de los equipos de protección adecuados.
- I. Se debe establecer un área específica donde usar, manipular, transvasar y almacenar el nitrógeno líquido, así como establecer donde guardar los recipientes vacíos. Este almacenamiento se debe hacer en un área fría, bien ventilada y señalizada.
- J. El trasvase de nitrógeno líquido deberá hacerse mediante una bomba de llenado y con la ayuda de un embudo si fuera necesario. No debe realizarse mediante vertido libre.



Se indican las actuaciones que debemos realizar relativas a los primeros auxilios que se deben proporcionar a un trabajador que ha entrado en contacto con gas licuado a baja temperatura, aunque se ha de tener en cuenta que serán los criterios médicos los que prevalecerán en todo momento.

- I. Se aflojarán las prendas de vestir y los sectores de la piel que han sido afectados se rociarán con abundante agua templada; nunca se utilizará agua caliente o cualquier otra forma de calor directo, ya que a temperaturas superiores a 42 °C causarían quemaduras adicionales. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los vestidos han podido quedar adheridos a la piel, debido a la congelación de la humedad, por lo que tratar de retirarlos tirando, vendría a agravar las lesiones.
- II. Si debido a la exposición a la baja temperatura, la temperatura del cuerpo de todo el cuerpo ha descendido, será necesario calentar al accidentado, siendo deseable el sumergirlo en un baño de agua a una temperatura comprendida entre 40 y 42 °C, y mantenerlo como mínimo a 40 °C para que el calentamiento se efectúe lo más rápidamente posible. Esta operación se deberá efectuar bajo control médico, por lo que si se está en espera de su presencia, se llevará al trabajador accidentado a una habitación con una temperatura de unos 22 °C y se le tatará con mantas de lana.

Hay que tener en cuenta que durante el calentamiento se puede producir shock y volverse muy dolorosas las quemaduras.

- III. Se dispondrá el traslado del accidentado a un centro hospitalario adecuado, que disponga de Unidad de Quemados.