



MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



SECRETARÍA GENERAL ADJUNTA DE
RECURSOS HUMANOS

AREA DE PREVENCIÓN

SERVICIO DE PREVENCIÓN DE
RIESGOS LABORALES EN VALENCIA

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO GENERAL PARA LA

MANIPULACIÓN DE NITRÓGENO LÍQUIDO

SERVICIO DE PREVENCIÓN DEL CSIC EN VALENCIA

2 de agosto de 2016

ÍNDICE.

1. Objetivo del procedimiento	1
2. Alcance	1
3. Definiciones	1
4. Marco jurídico y técnico de referencia	2
5. Responsables	3
5.1. Dirección y, en su caso, Vicedirecciones del Centro/ Instituto	3
5.2. Servicio de Prevención del CSIC	4
5.3. Responsables de laboratorio, jefes de proyecto, jefes de servicio o, cualquier otra estructura orgánica asimilada	5
5.4. Trabajadores del CSIC	5
5.5. Delegados de Prevención	5
6. Descripción del procedimiento	5
6.1. Principales riesgos	6
6.2. Medidas preventivas de carácter general	8
6.3. Instrucciones para acceder al recinto de depósitos de nitrógeno líquido	9
6.4. Equipos de protección individual	10
6.5. Actuación en caso de emergencia	20
6.6. Primeros auxilios	20
ANEXO I. Señalización de locales donde se manipula nitrógeno líquido	22
ANEXO II. Instrucción operativa para trasvase	25
ANEXO III. Instrucción operativa para RMN.	28

1. OBJETIVO DEL PROCEDIMIENTO

Establecer unas pautas de carácter general, claras y precisas para la manipulación de nitrógeno líquido y otros gases licuados a baja temperatura, minimizando los riesgos que pueden presentarse al transvasar, transportar y/o realizar trabajos con estos agentes químicos.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica a todos los empleados públicos de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (AECSIC).

3. DEFINICIONES

- **Líquido criogénico**¹: *"Aquel cuya temperatura de ebullición a la presión atmosférica es inferior a -40 °C, en el caso del CO₂ inferior a -20 °C" (sic).*
- **Depósito criogénico**²: *"Conjunto formado por el recipiente, aislamiento, envolventes, soportes, tuberías, válvulas, manómetros, termómetros, niveles, etc., para almacenar líquidos criogénicos" (sic).*

La "Instrucción Técnica Complementaria [ITC-EP 4] se aplica a las condiciones de instalación y pruebas periódicas de los depósitos criogénicos y sus equipos, con volúmenes superiores a 1.000 litros de capacidad geométrica, destinados a almacenamiento y utilización de los gases criogénicos como por ejemplo: argón, nitrógeno, anhídrido carbónico, helio, protóxido de nitrógeno N₂O, criptón, neón, oxígeno, xenón, etano, etileno, hidrógeno y aire" (sic).

- **Botellón o recipiente criogénico**³: *"Recipiente a presión transportable aislado térmicamente para el transporte de gases licuados refrigerados cuya capacidad no exceda de 1.000 litros" (sic).*
- **Propietario**⁴: *"Es la persona, física o jurídica, con título de propiedad sobre la instalación" (sic).*
- **Utilizador del producto almacenado**⁵: *"Es la persona, física o jurídica, que utiliza el producto almacenado" (sic).*

¹ Real Decreto 2060/2008, 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones técnicas complementarias, Instrucción Técnica Complementaria ITC EP 4.

² Ídem.

³ Ídem.

⁴ Ídem.

⁵ Ídem.

- **Nitrógeno líquido** (N₂, nº CAS: 7727-37-9)⁶: Gas licuado a temperatura criogénica (–196°C) que puede producir quemaduras por frío o congelación y causar asfixia en altas concentraciones por desplazamiento de oxígeno.

4. MARCO JURÍDICO Y TÉCNICO DE REFERENCIA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de *Prevención de Riesgos Laborales, y sus modificaciones posteriores*.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el *Reglamento de los Servicios de Prevención, y sus modificaciones posteriores*.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, *por el que se regula las condiciones generales para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual*.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, *sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, *sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*.
- Real Decreto 379/2001, 6 de abril, por el que se aprueba el *Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias*.
- Real Decreto 2060/2008, 12 de diciembre, por el que se aprueba el *Reglamento de equipos a presión y sus Instrucciones técnicas complementarias*.
- Guardino, J. et al., *Seguridad y Condiciones de Trabajo en el Laboratorio*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1992.
- NTP 340: *Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1994.
- NTP 383: *Riesgo en la utilización de gases licuados a baja temperatura*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1995.
- NTP 430: *Gases licuados, evaporación de fugas y derrames*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1996.
- Norma UNE-EN 166:2002 *Protección individual de los ojos. Especificaciones* (AENOR).
- Norma UNE-EN ISO 13688:2013. *Ropa de Protección. Requisitos generales* (AENOR).
- Norma UNE-EN 388:2004 *Guantes de protección contra riesgos mecánicos* (AENOR).
- Norma UNE-EN 511:2006 *Guantes de protección contra el frío* (AENOR).

⁶ Ficha de Datos de Seguridad (Air Liquide).

5. RESPONSABLES

De conformidad con el Plan de Prevención del CSIC y lo dispuesto en el acuerdo de 26 de junio de 2013 del Consejo Rector del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por la que se aprueba la Norma reguladora de los Institutos de Investigación y demás estructuras organizativas vinculadas al desarrollo de la actividad investigadora de la Agencia Estatal CSIC, se establecen las distintas funciones y responsabilidades:

5.1. Dirección y, en su caso, Vicedirecciones del Centro/ Instituto

El director o vicedirector velará por el correcto cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales en el Centro/ Instituto, y en particular, establecerá los mecanismos necesarios para facilitar la aplicación del presente procedimiento, garantizando que se proporciona la información requerida y dando las debidas instrucciones a los trabajadores del CSIC.

Si un Centro/Instituto es propietario de un equipo/instalación criogénica de almacenamiento, las obligaciones señaladas en el artículo 9 del Reglamento de equipos a presión para los usuarios, corresponden, en los depósitos criogénicos incluidos en la ITC EP 4, a los propietarios de los mismos. No obstante lo anterior, el propietario podrá delegar en el usuario del producto, las funciones de vigilancia y el buen uso de los depósitos criogénicos, mediante instrucciones escritas aceptadas por ambas partes⁷.

En cualquier caso, el referido artículo 9 del Reglamento de equipos a presión especifica:

"Los usuarios de todos los equipos a presión contemplados en este reglamento, deberán:

- 1. Conocer y aplicar las disposiciones e instrucciones del fabricante en lo referente a la utilización, medidas de seguridad y mantenimiento.*
- 2. No poner en servicio la instalación o impedir el funcionamiento de los equipos a presión si no se cumplen los requisitos del presente reglamento.*
- 3. Disponer de al menos la siguiente documentación de los equipos a presión mientras estén instalados: Declaración de conformidad, en su caso, instrucciones del fabricante, y si procede, certificado de la instalación, junto con otra documentación acreditativa (en su caso, proyecto de la instalación, acta de la última inspección periódica, certificaciones de reparaciones o modificaciones de los equipos, así como cualquier otra documentación requerida por la correspondiente instrucción técnica complementaria (ITC) de este reglamento).*

⁷ Real Decreto 2060/2008, 12 de diciembre.

En el anexo IV de este reglamento, se indican los contenidos mínimos de los documentos necesarios para la acreditación de la instalación, inspecciones periódicas, reparación o modificación de los equipos a presión o de los conjuntos.

Esta documentación estará a disposición del órgano competente de la comunidad autónoma y de las empresas que efectúen las operaciones de mantenimiento, reparación e inspecciones periódicas.

4. Utilizar los equipos a presión dentro de los límites de funcionamiento previstos por el fabricante y retirarlos del servicio si dejan de disponer de los requisitos de seguridad necesarios.

5. Realizar el mantenimiento de las instalaciones, equipos a presión, accesorios de seguridad y dispositivos de control de acuerdo con las condiciones de operación y las instrucciones del fabricante, debiendo examinarlos al menos una vez al año.

6. Ordenar la realización de las inspecciones periódicas que les correspondan, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 6 de este reglamento.

7. Disponer y mantener al día un registro de los equipos a presión de las categorías I a IV del Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, o asimilados a dichas categorías según el artículo 3.2, así como de las instalaciones sujetas a este reglamento, excepto los extintores y los equipos que no requieran inspecciones periódicas, incluyendo las fechas de realización de las inspecciones periódicas, así como las modificaciones o reparaciones.

8. Ordenar, en su caso, las reparaciones o modificaciones de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 7 y 8 de este reglamento.

9. Informar de los accidentes que se produzcan, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13 del presente reglamento" (sic).

5.2. Servicio de Prevención del CSIC

Asesorará a los trabajadores del CSIC para garantizar la protección de su seguridad y salud en materia de manipulación con nitrógeno líquido, conforme a los criterios que se expone en la descripción del procedimiento.

5.3. Responsables de laboratorio, jefes de proyecto, jefes de servicio o, cualquier otra estructura orgánica asimilada

Serán los encargados de impulsar, coordinar y controlar que todas aquellas actuaciones llevadas a cabo en sus respectivas unidades sigan las directrices establecidas en este procedimiento sobre la realización de trabajo con nitrógeno líquido, haciendo cumplir los objetivos preventivos.

5.4. Trabajadores del CSIC usuarios de líquidos criogénicos

Ostentan la figura de *"Utilizador del producto almacenado"*, definida como *"la persona, física o jurídica, que utiliza el producto almacenado"*⁸.

Las responsabilidades concretas serán las incluidas en el artículo 9 del Reglamento de equipos a presión (citadas en el apartado 5.1 de este procedimiento), así como las recogidas en el artículo 7 de la ITC 5 del Reglamento de almacenamiento de productos químicos⁹.

5.5. Delegados de Prevención

Serán informados y consultados acerca de las decisiones que afectan a la salud y seguridad del personal del CSIC.

6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

En este procedimiento se da información sobre los principales riesgos derivados del uso de gases licuados a baja temperatura (especialmente nitrógeno líquido), se establecen medidas preventivas de carácter general, se definen los equipos de protección individual que es necesario utilizar, se dictan instrucciones preventivas y finalmente se fijan normas de actuación ante situaciones de emergencia y primeros auxilios.

El uso del nitrógeno líquido está generalizado en el 80% de los Centros /Institutos del CSIC. Éstos disponen de distintos tipos de recipientes, desde pequeño volumen hasta depósitos criogénicos de volumen superior a 1m³, el cual es utilizado por distintos usuarios para abastecerse y/o para trasladarlo a otras dependencias del Centro/Instituto.

⁸ Real Decreto 2060/2008, 12 de diciembre.

⁹ Real Decreto 379/2001, 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

6.1. Principales riesgos

Los principales riesgos son:

- **Quemaduras por contacto directo con nitrógeno o sus vapores a baja temperatura**, que pueden tener origen en escapes, proyecciones o ebullición del gas. Las quemaduras que se producen tienen efectos semejantes a las producidas por el calor, si bien presentan una apariencia poco espectacular y poco inquietante al principio, ya que los tejidos helados son poco dolorosos, presentando un aspecto amarillento. Cuando posteriormente se deshuelan se vuelven muy dolorosos y propensos a la infección. Las quemaduras que se producen tienen una gravedad que depende de la temperatura y del tiempo de exposición. Por otra parte, el gas licuado tiene tendencia a infiltrarse bajo los vestidos, y al acumularse en ellos, aumenta el tiempo de contacto con la piel, extendiéndose la superficie quemada.
- **Quemaduras por contacto con equipos, canalizaciones, etc.**, en los que es corriente que se forme hielo, y que si bien en la superficie puede tener una temperatura próxima a 0°C, a medida que se profundiza, desciende notablemente. Si por alguna circunstancia se desprende la capa superficial y se produce el contacto directo de alguna parte del cuerpo con la capa al descubierto, las quemaduras que se producen son graves.
- **Lesiones pulmonares** al respirar gas muy frío procedente de la vaporización del gas licuado.
- **Cuando se evaporan gases licuados**, por ejemplo nitrógeno líquido, se obtienen a partir de un litro de líquido aproximadamente 690 litros de gas. Este considerable volumen puede dar lugar muy rápidamente a una falta de oxígeno, cuando no exista una ventilación suficiente.
- **Cuando puede producirse fugas de gases**, diferentes del oxígeno, debe tenerse presente el riesgo de reducción del porcentaje de oxígeno en el aire. Por lo tanto es necesario comprobar periódicamente la estanqueidad de los posibles puntos de fuga. En áreas con uso de líquidos criogénicos, como por ejemplo salas de RMN, o salas con mala ventilación, se debe monitorizar en tiempo real el contenido de oxígeno, que no puede detectarse con los sentidos humanos, con analizadores dotados de alarma óptica o acústica y, un enclavamiento a un sistema de ventilación de emergencia.
- **La vaporización del nitrógeno** ocasiona un gran volumen de gas desplazando el aire, pudiendo incluso condensar el oxígeno y, ocasionando riesgo de asfixia.

Tabla 1. Fuente: INDURA (<http://www.indura.net/web>).

Contenido de Oxígeno (% volumen)	Efectos y síntomas (a presión atmosférica)
19,5 %	Nivel de oxígeno mínimo permisible.
15-19%	Disminuye la capacidad de trabajos intensos. Puede inducir síntomas tempranos en personas con problemas en las coronarias, pulmones o circulatorios.
12-14%	Se respira con mayor esfuerzo, aumenta el pulso, deterioro de la coordinación, percepción y juicio.
10-12%	Respiración aumenta en velocidad y profundidad, capacidad de juicio pobre, labios azules.
8-10%	Falla mental, inconsciencia, cara pálida, labios azules, náusea y vómitos.
6- 8%	En 8 minutos; 100% total. En 6 minutos 50% total. En 4 a 5 minutos de exposición recuperable con tratamiento.
4- 6%	Coma en 40 segundos, convulsiones, paro respiratorio, muerte.

Estos valores son aproximados y dependen del individuo, estado de salud y actividad física.

Se considera que existe una falta de oxígeno cuando se altera la composición natural del aire (aproximadamente un 21% de oxígeno y un 78% de nitrógeno de volumen), pudiendo producir alteraciones o incluso daños para el organismo.

Esta alteración del aire se puede producir cuando el aire que respiramos se mezcla con otros gases que no sea el oxígeno, reduciendo el porcentaje de éste. Si la falta de oxígeno es causada por gases inertes, como es el caso del nitrógeno, la persona no podrá darse cuenta de la pérdida de capacidad.

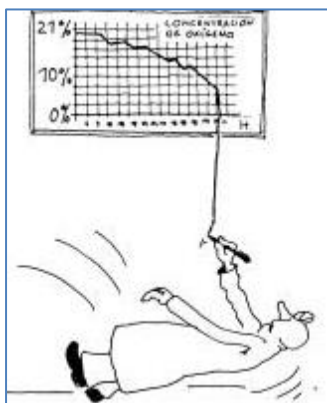


Figura 1

- **Fragilización de los materiales.** Al contacto con el nitrógeno a muy baja temperatura, el acero dulce, aluminio y hormigón sufren una fragilización, disminuyendo considerablemente su resistencia, con el peligro de rotura o desmoronamiento.
- **Riesgo de proyección de fragmentos,** por el estallido de tubos criogénicos (o cualquier otro recipiente que contenga Nitrógeno líquido, al vaporizarse oxígeno condensado del aire o el Nitrógeno líquido, en su interior.

- **Los escapes de nitrógeno líquido** a baja temperatura hacen condensar el vapor de agua que se encuentra en el aire, dando lugar a la formación de una nube muy densa, muy fría y pesada, que se estanca en las proximidades del suelo.

6.2. Medidas preventivas de carácter general

- Utilizar exclusivamente recipientes concebidos e identificados para el nitrógeno líquido. Estos recipientes pueden variar según sea la utilización desde pequeñas unidades tipo *Dewar* a depósitos criogénicos especiales de almacenaje con vaporización.
- Utilizar exclusivamente criotubos, (o cualquier otro recipiente) que permitan trabajar en Nitrógeno líquido. Será necesario comprobarlo (información del fabricante), previo a su uso.
- Almacenamiento en lugares frescos y ventilados. Establecer un área donde usar, manipular, trasvasar y almacenar el Nitrógeno líquido. El almacenamiento se debe hacer en un área fresca, bien ventilada y señalizada convenientemente. En este sentido se excluyen las cámaras frías y/o frigoríficas porque se puede producir una alteración de la concentración de oxígeno en la línea de la Tabla 1. En cuanto a señalización, ver el *ANEXO I*.
- En toda instalación que utilice gas licuado a baja temperatura, se evitará la posibilidad que el mismo quede atrapado entre dos válvulas de la instalación, para lo cual se deberá disponer dispositivos de descarga de presión.
- Los recipientes, tuberías, etc., que deban contener gases licuados a baja temperatura, estarán exentos de humedad al introducirse en ellos el gas, ya que su baja temperatura ocasionaría la formación de hielo y el consiguiente riesgo de mal funcionamiento de elementos tales como manómetros, válvulas de seguridad, etc.
- Como medida genérica, en toda instalación que implique contacto con gas licuado a baja temperatura, se utilizarán los equipos de protección personal señalados en el apartado 6.4 y ropa adecuada.
- Todas las personas que vayan a trabajar con nitrógeno líquido, deberán ser informados adecuadamente, así como asegurarse de que poseen el suficiente adiestramiento.
- Se debe establecer un área específica donde usar, manipular, transvasar y almacenar el nitrógeno líquido, así como establecer dónde guardar los recipientes vacíos. Este almacenamiento se debe hacer en un área fresca, bien ventilada y señalizada.

6.3. Instrucciones para acceder al recinto del depósito de nitrógeno líquido

Se seguirán las siguientes normas de prevención de riesgos laborales:

- Se deberá realizar siempre por dos personas. Las dos personas deberán disponer de formación en prevención de riesgos laborales (curso de seguridad laboratorio, nivel básico en prevención de riesgos laborales,...).
- El trasvase se realizará utilizando los equipos de protección individual recogidos en el apartado 6.4.
- En primer lugar, y con carácter previo, a cualquier actuación, se deberá examinar el recipiente, conocido habitualmente como vaso *Dewar*, para identificar posibles defectos.
- En el caso de derrames y fugas ventilar el lugar de trabajo. No verter nunca chorros de agua sobre el líquido vertido.
- No rellenar los *Dewars* más de un 80% y un 60% si la temperatura puede incrementarse bruscamente. Evitar el contacto entre el líquido criogénico y la atmósfera mediante tapones.
- Para el traslado del *Dewar* se utilizará siempre carros y los recipientes siempre deberán estar tapados.
- Se utilizarán aquellos trayectos que discurran por espacios abiertos o ventilados.
- No transportar en caso de lluvia, o condiciones climatológicas adversas.
- En el caso en el que sea necesario utilizar ascensores para el transporte del *Dewar* se tendrá en cuenta:
 - Nunca se deberá utilizar el ascensor para el traslado del *Dewar* conjuntamente con personas.
 - Se transportará de forma exclusiva.
 - Se coordinarán las dos personas que trasladen el *Dewar*, de manera que cuando una persona coloca el *Dewar* en el ascensor la otra persona estará en la puerta del ascensor de la planta donde se transporte.
 - Se señalizará el *Dewar* con la siguiente inscripción, por si surgiera alguna incidencia en el ascensor: "PROHIBIDO MONTAR EN EL ASCENSOR. NITRÓGENO LÍQUIDO "RIESGO DE ASFIXIA".
- El transporte en vehículos. Dada la naturaleza de los riesgos reflejados en este documento, está prohibido el transporte de *Dewars* en aquellos vehículos en los que el conductor y/o pasajeros deban compartir el mismo espacio con el *Dewar*, y no

exista una separación eficaz que impida que pueda producirse en un momento determinado una atmósfera deficiente en oxígeno.

De acuerdo con el Reglamento de transporte de mercancías peligrosas por carretera ADR¹⁰ 2015 la capacidad exenta de autorización de transporte es de 1000ml.

- Si se produce un escape de nitrógeno líquido en las proximidades de sótanos, semisótanos, pozos, etc., una vez eliminado el escape, se deberá contar con la posibilidad que el gas se haya quedado retenido en esos lugares y modificado la atmósfera o desplazado el aire, por lo que antes de entrar en ellos se deberá comprobar la concentración de oxígeno, bien por una instalación fija de monitorización o por medidores portátiles.

6.4. Equipos de protección individual.

La referencia seguida es el *Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.

Los equipos de protección individual pueden clasificarse, considerando la parte del cuerpo que protejan, en los siguientes grupos: protectores de ojos y cara, protectores de la piel, protectores de las manos y los brazos, protectores de las vías respiratorias, protectores del oído, protectores de las piernas, protectores del tronco y del abdomen, [protectores de los pies](#) y protectores de la totalidad del cuerpo.

De todos ellos los más utilizados en el laboratorio son protectores de las **vías respiratorias,- piel, ojos, manos, cuerpo y pies**.

Equipos de protección respiratoria (EPR)

Los EPR proporcionan protección mediante dos vías:

1. Mediante la eliminación de los contaminantes del aire antes de ser inhalado (dependientes).
2. Mediante el suministro de aire respirable, procedente de una fuente independiente.

El siguiente enlace permite acceder a la ficha de selección del INSHT.

<http://www.insht.es/EPI/Contenidos/Promocionales/Proteccion%20respiratoria/Promocional%20a%20Contenido/Fichas%20seleccion%20y%20uso%20de%20equipos/fichero/Equiposrespiratoriosaislantes.pdf>

¹⁰ <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?LanguageID=9&GasID=5>

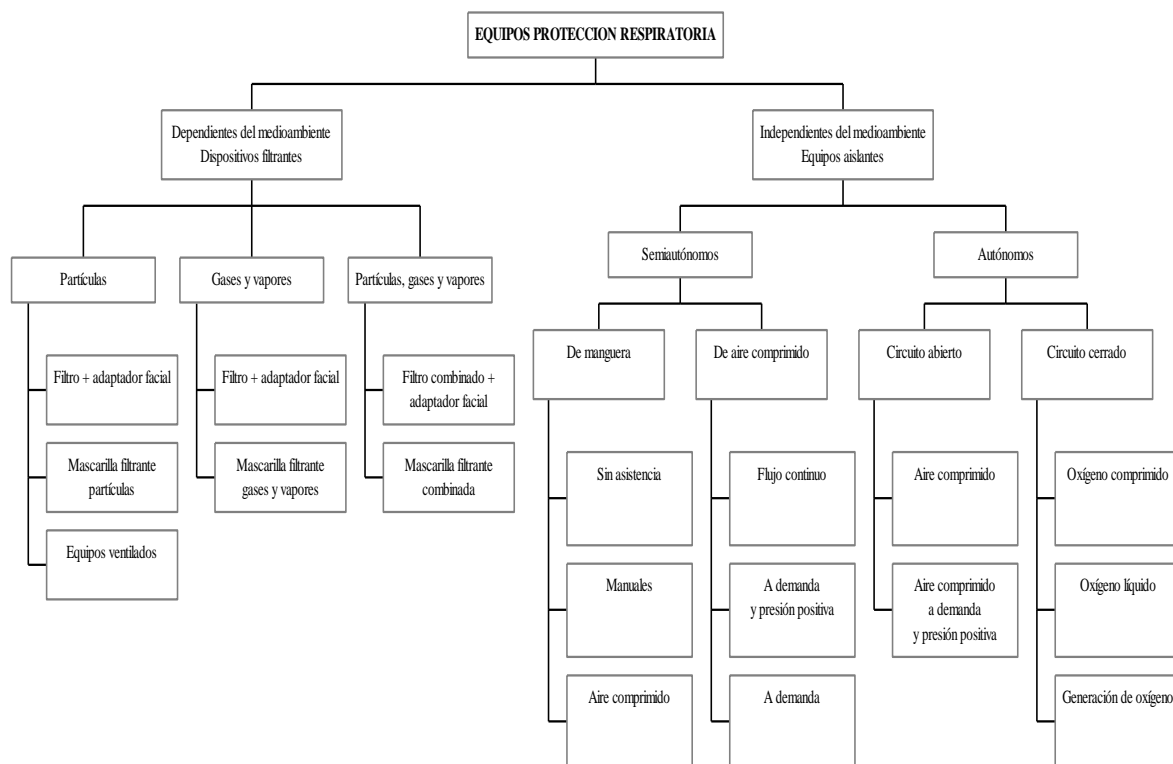


Figura 2. Equipos de protección respiratoria

Equipos dependientes del medioambiente:

En el caso del Nitrógeno líquido al ser inerte y desplazar el oxígeno no tiene utilidad el uso de equipos dependientes del medioambiente.

Equipos independientes del medioambiente:

Son los que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente del medio ambiente. Se clasifican en:

- Equipos semiautónomos: Poseen una manguera a través de la cual llega el aire respirable. Pueden ser de aire fresco o con línea de aire comprimido.

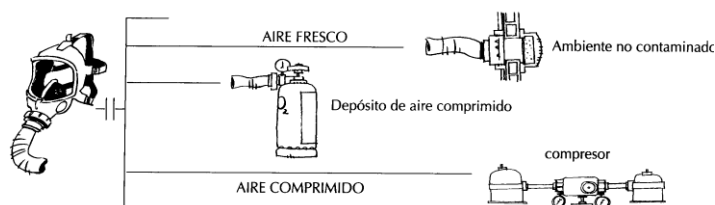


Figura 3: Tipos de equipos semiautónomos

- Equipos autónomos: La fuente de gas respirable la porta el usuario (en la espalda o en el pecho). Pueden ser de circuito abierto o de circuito cerrado.
 - De circuito abierto: el aire exhalado por el usuario fluye directamente a la atmósfera. Estos equipos llevan una fuente (botella) de aire comprimido.
 - De circuito cerrado: el aire exhalado por el usuario no se descarga a la atmósfera sino que se regenera dentro del equipo.

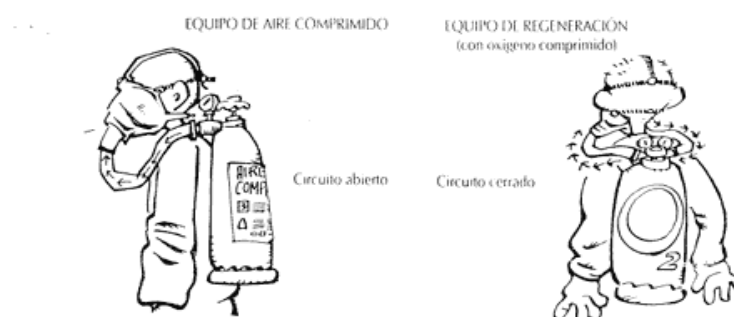


Figura 4

Las normas de referencia para estos equipos son:

- UNE-EN 13274-1:2001 *Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la fuga hacia el interior y de la fuga total hacia el interior.*
- UNE-EN 13274-2: 2001 *Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 2: Ensayos de comportamiento práctico.*
- UNE-EN 13274-3:2001 *Equipos de protección respiratoria. Métodos de ensayo. Parte 3: Determinación de la resistencia a la respiración.*
- UNE- EN 137:1993 *Equipos de protección respiratoria. Equipos de protección respiratoria autónomos de circuito abierto de aire comprimido. Requisitos, ensayos, marcado.*
- UNE-EN144-1:2001 *Equipos de protección respiratoria. Válvulas para botellas de gas. Parte 1: Conexiones roscadas para boquillas.*
- UNE-EN 144-2:1999 *Equipos de protección respiratoria. Válvulas para botellas de gas. Parte 2: Conexiones de salida.*
- UNE- EN 13794:2003 *Equipos de protección respiratoria. Equipos de respiración autónomos de circuito cerrado para evacuación. Requisitos, ensayos, marcado.*

Protección de la cara y los ojos

Los equipos destinados a la protección de la cara y los ojos permiten protegerse frente a los riesgos causados por proyecciones de partículas sólidas, proyecciones de líquidos criogénicos. Se pueden clasificar en dos grandes grupos: gafas y pantallas.

Gafas de protección:

Las gafas tienen el objetivo de proteger los ojos del trabajador. Para que resulten eficaces, requieren combinar junto con unos oculares de resistencia adecuada, un diseño o montura o bien unos elementos adicionales adaptables a ella, con el fin de proteger el ojo en cualquier dirección.

Pantallas de protección:

Las pantallas cubren la cara del usuario, no solamente los ojos. Aunque existen, en orden a sus características intrínsecas, dos tipos de pantallas, faciales y de soldadores, en los laboratorios normalmente sólo son necesarias las pantallas faciales.

La elección entre los distintos tipos de protectores oculares se determina en función del riesgo a proteger:

- **Gafas de montura universal.** Diseñadas para proteger frente a riesgos de origen mecánico (proyecciones de partículas), y riesgos ocasionado por agentes físicos (radiación IR, UV, solar, láser).
- **Gafas de montura integral.** Diseñadas para proteger frente a riesgos de origen mecánico (proyección/impacto de partículas, partículas de polvo gruesas tales como humo o polvo, y salpicaduras de metales fundidos), riesgos ocasionados por agentes químicos o biológicos (tales como gases, y partículas de polvo finas), y riesgos ocasionados por agentes físicos (radiación IR, UV, solar).
- **Pantalla facial.** Diseñadas para proteger frente a riesgos de origen mecánico (proyecciones de partículas, metales fundidos y arco eléctrico), origen químico (salpicaduras de líquidos) y riesgos ocasionados por agentes físicos (radiación IR, UV, solar, láser).

Todos estos protectores deben cumplir con la norma de requisitos generales UNE-EN 166:2002 *Protección individual de los ojos. Especificaciones*. Existen otras normas de requisitos más específicos, que será necesario cumplir cuando existan otros riesgos.

Para el caso particular de trabajos con Nitrógeno líquido existe fundamentalmente el riesgo de salpicaduras del líquido criogénico. En el punto 7.2.4 "*Protección contra gotas y salpicaduras de líquidos*", la UNE-EN 166:2002 *Protección individual de los ojos* expone que "*los protectores de los ojos utilizados para la protección contra gotas (gafas de montura*

integral) y salpicaduras de líquidos (pantallas faciales), deben enseñarse siguiendo los métodos especificados en el capítulo 12 de la Norma UNE- EN 168:2001" (sic).

Para trabajos dentro del laboratorio, donde se trabaja con pequeñas cantidades, y bajo vitrina de extracción, indicar que cuando el riesgo existente es salpicaduras de gotas de líquido, es necesario el uso de gafas de montura integral, mientras que para salpicaduras de líquidos se requiere pantallas faciales.

Como **recomendación general**, el marcado que debe tener una pantalla facial o unas gafas de montura integral para trabajar con Nitrógeno líquido es el siguiente:

- marcado ocular, como mínimo de **1N**
- marcado de la montura **166 3 BT¹¹**.

Esto significa que por sus características tiene una clase óptica I, campo de uso para salpicaduras líquidas, una resistencia mecánica media (ha pasado el ensayo de impacto a energía media) y una resistencia a temperaturas extremas, además de resistencia al empañamiento ocular.

Marcado		Significado
Ocular	1	Clase óptica (1,2, o3)
	N	Resistencia al empañamiento
Montura	166	Norma UNE
	3	Campo de uso (salpicaduras líquidas)
	B	Resistencia mecánica (impacto a media energía)
	T	Resistencia a temperaturas extremas

Tabla 2

En todos aquellos casos donde existan riesgos adicionales, no incluidos en el párrafo anterior, será imprescindible consultar al proveedor/suministrador del EPI, para adecuar sus características a los riesgos existentes. Este tipo de protectores, pueden tener propiedades adicionales, que aparecerán en el marcado, con otros números/letras, de acuerdo a la norma UNE-EN 166, y que serán en función de los riesgos que pudieran existir.

¹¹ En el caso de existencia de un riesgo con mayor energía de impacto se incrementarán las prestaciones del protector ocular a AT.

Las **gafas de montura integral**, suelen ser protectores muy incómodos de utilizar; y por tanto, son recomendables para usarlos de forma puntual. Es necesario encontrar un equilibrio entre seguridad y comodidad, para un uso efectivo de los EPI.

Por tanto, para la realización de trabajos con nitrógeno líquido, dentro de un laboratorio, en pequeñas cantidades, bajo vitrina de extracción, dónde los trabajadores han sido informados y formados sobre estos riesgos, existen procedimientos de trabajo implantados y conocidos por todos, etc... y si el responsable del laboratorio, considera una situación de riesgo mínimo, entonces se podrían usar **gafas de montura universal**.

Destacar que las **gafas de montura universal**, son equipos de protección para usar en situaciones donde existen riesgos de origen mecánico (proyecciones de partículas que pueden ocasionar lesiones oculares), riesgos ocasionados por agentes físicos (exposición a radiación óptica (IR, UV, solar), y un **riesgo mínimo** de salpicaduras de líquidos. Normalmente, para los trabajos desarrollados dentro de un laboratorio, este tipo de protectores son los más usados.

Cuando un trabajador amétrope (corrección con lentes de contacto o con gafas) tenga que ser provisto de una gafa de protección puede ser dotado de una gafa de protección con oculares graduados, (aunque ésta no es la única posibilidad que existe desde el punto de vista técnico). Las gafas de protección con lentes graduadas son equipos de uso dual, es decir están destinados a ser utilizados tanto como producto sanitario como equipo de protección individual. Por tanto, les aplica por un lado la Directiva 93/42/CEE correspondiente a productos sanitarios, en lo referente a las características que influyen en la visión del usuario, y por otro la Directiva 89/686/CEE (RD 1407/1992) correspondiente a los equipos de protección individual (EPI), en lo relacionado con las características de protección que ofrezca la gafa.

Protección de las manos

El objetivo de estos equipos es impedir el contacto y penetración a través de la piel, especialmente a través de las manos que es la parte del cuerpo que más probablemente puede entrar en contacto con los productos químicos. Sin embargo, no debe despreciarse el riesgo de impregnación de la ropa, que se puede prevenir empleando delantales, mandiles y, en general, ropa de trabajo. En caso de contacto con el producto debe procederse al lavado inmediato de la protección y si se ha impregnado la ropa de trabajo, quitársela inmediatamente y proceder asimismo a su lavado.

Los guantes resistentes al frío, deben cumplir con la norma, UNE-EN 511:2006 *Guantes de protección contra el frío* y UNE-EN 388:2004 *Guantes de protección contra riesgos mecánicos*.



**Riesgos por frío
EN 511**



**Riesgos mecánicos
EN 388**

Como recomendación los guantes resistentes al frío deben tener un marcado, como mínimo, EN 511 (32X) y un marcado EN 388 (2323). Debe tenerse en consideración posibles salpicadura en la entrada al guante, por lo que deben llegar hasta el antebrazo.

Marcado		Significado
EN 511	3	Frío convectivo (1-4)
	2	Frío de contacto (1-4)
	X	Penetración de agua (no ensayado)
EN 388	2	Resistencia a la abrasión (1-4)
	3	Resistencia al corte por cuchilla (1-5)
	2	Resistencia al rasgado (1-4)
	3	Resistencia a la perforación (1-4)

Tabla 3

Protección del Cuerpo

La norma UNE-EN-ISO 13688:2013 *Ropa de protección. Requisitos generales*, define la ropa de protección como aquella que sustituye o cubre la ropa personal, y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros.

En los trabajos con Nitrógeno líquido, se especifica que si existe riesgo de contacto, será necesario el uso de delantal o indumentaria protectora adecuada. Los delantales deberán ser aislantes de varias capas diseñados para proteger el torso y las piernas del contacto con superficie ultra fría o salpicaduras en ambientes criogénicos. Y deberán proteger frente a temperaturas de contacto de -160°C. Deben ser fácilmente ajustables.

En la Nota Técnica de Prevención NTP 383 *Riesgos en la utilización de gases licuados a baja temperatura*, se especifica la necesidad de llevar ropa adecuada, siendo ésta de fibra natural y estando seca y limpia de grasa. En ningún caso se usará ropa ceñida, al objeto de poder quitarse rápidamente en el caso de ser alcanzado por el líquido y se prohibirá

expresamente el uso de ropa con bolsillos abiertos, mangas remangadas o pantalones con dobleces, por ser lugares donde puede quedar retenido fácilmente el líquido.

Para este tipo de prendas, podrá exigirse el cumplimiento con la norma UNE EN 342:2004 *Ropas de protección. Conjunto y prendas de protección contra el frío*, o que al menos, hayan sido sometidos a algunos ensayos de la norma UNE EN 511:2006 *Guantes de protección contra el frío*.

Protección de los pies

Existen distintos tipos de calzado para uso profesional:

- **Calzado de trabajo:** Calzado, que incorpora elementos para proteger al usuario de las lesiones que puedan ocasionar accidentes.
- **Calzado de protección:** Calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de las lesiones que puedan ocasionar los accidentes. Están equipados con topes diseñados para ofrecer protección frente al impacto, cuando se ensayen con un nivel de energía de al menos, 100 J y frene a la compresión, cuando se ensayen con una carga de compresión de, al menos 10 kN.
- **Calzado de seguridad.** Calzado, que incorpora elementos para proteger al usuario de las lesiones que puedan ocasionar los accidentes, equipados con topes de seguridad, diseñados para ofrecer protección frente al impacto, cuando se ensayen con un nivel de energía de, al menos, 200 J y frente a la compresión, cuando se ensayan con una carga de compresión de, al menos, 15 kJ.

Para la protección frente a los trabajos realizados con Nitrógeno líquido (salpicaduras de líquidos), con un buen calzado cerrado y una altura tal que quede solapado por el pantalón, sería suficiente. Podría ser recomendable usar calzado de seguridad, con propiedades que eviten la penetración y absorción al agua (marcado S2), y el ensayo de resistencia al deslizamiento (marcado SRC) de acuerdo a la norma UNE EN ISO 20345: 2005 *Equipo de protección individual. Calzado de seguridad*.



Figura 5

A partir de aquí, la mejora de las prestaciones de los equipos de protección individual dependerá de los riesgos existentes. Lo importante a la hora de adquirir un EPI es que se pueda traducir la información que da el marcado, para hacer una selección adecuada.

Las propiedades del equipo de protección individual, se plasmarán en el marcado del mismo (que aparece junto al marcado CE). Conociendo qué significa este marcado (cada una de las letras/números corresponden a una propiedad del equipo), así como las distintas opciones posibles, se podrá conocer exhaustivamente las prestaciones de los mismos.

NOTA IMPORTANTE.

Este Servicio facilitó el 19 de septiembre de 2014, mediante correo electrónico, a todos los Centros/Institutos de su campo de actuación, un documento para la Gestión de los Equipos de Protección Individual.

Los EPI, al ser el último eslabón en la cadena preventiva (si falla esta barrera, no hay otra protección), deberán ser seleccionados, usados y mantenidos de forma que:

- Se tenga en cuenta lo establecido en el Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Toda la información incluida en el folleto informativo del EPI, establecida por el fabricante del mismo.

Debe quedar constancia, por escrito, que el trabajador ha recibido los EPI necesarios, que además en el proceso de selección, han participado éstos o sus representantes, y que se ha informado y formado al trabajador en su uso y mantenimiento.

El citado documento debe ser tenido en cuenta por tanto, para la Gestión de los EPI descritos en el presente Procedimiento de trabajo.

En el caso concreto de los laboratorios y considerando sus condiciones específicas de trabajo, la utilización de EPI en los mismos presenta determinadas características a tener en cuenta, como puede ser, la posibilidad de ser utilizados por varios usuarios.

En la Guía para la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual elaborada por el INSHT, aclara algunos aspectos dados en la definición de "equipo de protección individual" (RD 773/1997).

Artículo 2: "A efectos del presente Real Decreto se entenderá por «equipo de protección individual» cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin".

Este real decreto es aplicable a los EPI utilizados por el trabajador en el lugar de trabajo. En principio, debe ser para uso personal aun cuando pueden darse situaciones en las que, adoptando las correspondientes medidas higiénicas, pueden ser usados por más de una persona.

En la tabla 4 se presenta una clasificación para los equipos de protección de laboratorio, considerando su carácter personalizado o no y su utilización.

Tabla 4

A	Desechables	Guantes utilizados en la manipulación en general de productos químicos.
B	Reutilizables de asignación personal	Gafas, mascarillas autofiltrantes y batas.
C	Reutilizables e intercambiables.	Equipos de uso específico y esporádico. Su intercambio no representa un riesgo para la salud: guantes para ácidos, bases, productos especiales, frío y calor; delantales, mandiles, pantallas faciales.

Los EPI están destinados a un uso personal, no sólo por imperativo legal, sino por criterios de higiene, de eficacia en el uso y gestión de los mismos. Debe tenerse en cuenta que los EPI para ser eficaces, deben ajustarse a las características anatómicas de cada trabajador, lo que debe ser considerado en su adquisición. A su vez, cada usuario debe ser responsable del mantenimiento y conservación del equipo que se le entrega y ser informado e instruido sobre las características y uso del mismo. Ello sólo es posible si la asignación de los equipos es personalizada y se establece un mecanismo de seguimiento y control.

Como ya se ha dicho, en el caso concreto de los laboratorios no siempre los equipos tienen una asignación personalizada, hecho que debe tenerse en consideración. A continuación, y en función los riesgos más frecuentes en un laboratorio, se indica, a modo de recomendación, un posible modelo de distribución:

- Los equipos de protección respiratoria tendrán siempre una asignación personalizada. Una excepción son las mascarillas autofiltrantes desechables que se guardarán en un almacén centralizado. Una vez solicitada su utilización se convertirán en uso personalizado.
- Los equipos de uso general, como los guantes se distribuirán por todas las unidades del laboratorio, teniendo en cuenta que puede haber personal cuya estancia en el

laboratorio sea eventual (contratos temporales, estudiantes en prácticas o becarios). Una vez se hallen en uso, se considerarán asignados de forma personalizada. Hay que tener en cuenta que algunos de estos equipos son de un solo uso, con lo que el problema de la "personalización" carece de sentido.

- Las gafas de seguridad se recomienda su asignación personalizada a todo el personal del laboratorio, disponiéndose siempre de un excedente para el personal eventual. Es importante que quede claramente establecida la protección que ofrecen.
- Las pantallas faciales, delantales y ropa de protección específica suelen tener un uso esporádico y puntual. Deberá disponerse de un stock mínimo en un almacén centralizado y su asignación tendrá carácter personal o no, según cada caso.

6.5. Actuación en caso de emergencia

En cualquier situación de emergencia, de manera general, se deben de seguir siempre las siguientes directrices:



- **Proteger:** fundamentalmente a las personas para prevenir agravamiento.
- **Avisar:** solicitar ayuda.
- **Socorrer:** evaluar situación y actuar en función de la misma.

Cualquier actuación que se desarrolle debe realizarse en condiciones de seguridad, primando la seguridad de las personas sobre cualquier otro aspecto.

En el caso de que se produzca una situación de emergencia se activará el plan de autoprotección correspondiente.

6.6. Primeros auxilios.

Siempre que se produzca cualquier daño a las personas se avisará al 112. En el caso en el que sea necesario prestar unos primeros auxilios a una persona que ha entrado en contacto con gas licuado a baja temperatura:

- **Inhalación:** los síntomas de asfixia pueden incluir vértigos, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de coordinación y la pérdida de conciencia o movilidad. La víctima puede no haberse dado cuenta de que se asfixia. Se retirará a la víctima a una zona no contaminada, utilizando un equipo de respiración autónoma.
- **Contacto con la piel:** se aflojarán las prendas de vestir y los sectores de la piel que han sido efectuados se rociarán con abundante agua templada. Jamás se utilizará agua caliente o cualquier otra forma de calor directo, ya que 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 quitarlos tirando, vendría a agravar las lesiones.
- **Contacto con los ojos:** lavar los ojos de forma inmediata, al menos durante 15 minutos. Levantar los párpados para mejorar

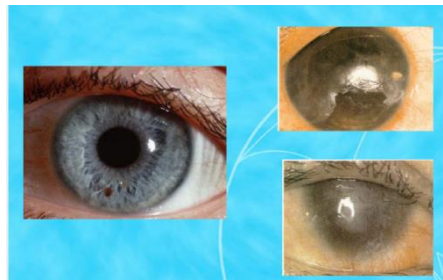


Foto 1. Lesiones oculares, tras contacto con Nitrógeno líquido.

ANEXO I.

Señalización de locales donde se manipula nitrógeno líquido.






En el artículo 4, del Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, sobre Criterios para el empleo de señalización específica se establece lo siguiente:

- *"Sin perjuicio de lo dispuesto específicamente en otras normativas particulares, la señalización de seguridad y salud en el trabajo deberá utilizarse siempre que el análisis de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, ponga de manifiesto la necesidad de:*
- *Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.*
- *Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.*
- *Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.*
- *Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.*
- *La señalización no deberá considerarse una medida sustitutoria de las medidas técnicas y organizativas de protección colectiva y deberá utilizarse cuando mediante estas últimas no haya sido posible eliminar los riesgos o reducirlos suficientemente. Tampoco deberá considerarse una medida sustitutoria de la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo" (sic).*

Señalización de PELIGRO PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS según el Reglamento (CE) nº 1272/2008

Gas a presión en un recipiente. Algunos pueden explotar con el calor: se trata de gases comprimidos, licuados o disueltos. Los licuados refrigerados pueden producir quemaduras o heridas relacionadas con el frío, son las llamadas quemaduras o heridas criogénicas



<p>Señalización de ADVERTENCIA.</p> <p>Señal de advertencia de peligro de congelación. En el caso del nitrógeno líquido a una temperatura de -190°C.</p>	 <p>-190°C</p>
<p>Señalización de ADVERTENCIA.</p> <p>Señal de advertencia de peligro por asfixia. Si se produjera un escape de nitrógeno líquido a baja temperatura éste hace condensar el vapor de agua que se encuentra en el aire, dando lugar a la formación de una nube muy densa, muy fría y pesada, que se estanca en las proximidades del suelo. La vaporización del nitrógeno ocasiona un gran volumen de gas desplazando el aire y ocasionando riesgo de asfixia.</p>	 <p>RIESGO DE ASFIXIA</p>
<p>Señalización de OBLIGACIÓN.</p> <p>Señalización de la obligación de uso de guantes criogénicos para evitar el contacto y penetración del agente manipulado. El material de los guantes (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.) dependerá del riesgo que se pretenda proteger, en el caso del nitrógeno líquido se usará guantes criogénicos para evitar la quemadura por salpicadura o proyección</p>	 <p>ES OBLIGATORIO EL USO DE LOS GUANTES</p>
<p>Señalización de OBLIGACIÓN.</p> <p>Señalización de la obligación de uso de gafas de protección para evitar la salpicadura sobre el trabajador.</p>	 <p>USO OBLIGATORIO DE GAFAS ANTISALPICADURA</p>
<p>Señalización de OBLIGACIÓN.</p> <p>Señalización de la obligación de uso de pantalla protectora para evitar la salpicadura o proyección de gotas sobre el trabajador.</p>	 <p>USO OBLIGATORIO DE MANDIL Y MANGUITOS</p>
<p>Señalización de OBLIGACIÓN.</p> <p>Señalización de la obligación de uso de mandil y manguitos para productos criogénicos.</p>	 <p>USO OBLIGATORIO DE PANTALLA PROTECTORA</p>

Señalización de OBLIGACIÓN.

Señalización de la obligación de uso de calzado para protección.



ANEXO II

INSTRUCCIÓN OPERATIVA PARA EL TRASVASE

1. Objeto

El objeto de este documento, que prescribe los riesgos y precauciones en los trasvases de Nitrógeno líquido, es servir como una guía para elaboración de PROTOCOLOS DE TRABAJO QUE SE DESARROLLAN EN EL LABORATORIO.

Se describen las **instrucciones generales** para el trasvase de nitrógeno líquido desde el depósito a los distintos recipientes específicos, identificando:

- descripción de equipos a utilizar,
- procedimiento de trabajo para el trasvase y transporte de nitrógeno líquido,
- personal encargado de realizarlo
- cualquier otro aspecto, que pueda ser relevante.

con el fin de evitar o minimizar en la medida de lo posible los riesgos a los que se encuentran expuestos el personal que realiza estas tareas (riesgos anteriormente citados en el procedimiento).

2. Requerimientos del personal

Los trabajadores usuarios (definición inicial, en la cual se podrían incluir los requisitos que deben cumplir) deberán estar formados para la manipulación del nitrógeno líquido, deberán comprender los riesgos a los que se exponen y seguir la presente Instrucción operativa.

De acuerdo a las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) la manipulación de nitrógeno líquido nunca se realizará por una única persona, serán dos personas formadas y con conocimiento del procedimiento descrito las que deban llevar a cabo el trasvase del nitrógeno líquido.

3. Procedimiento del trasvase

- Se debe establecer y señalizar un área donde usar, manipular, trasvasar y almacenar el nitrógeno. El almacenamiento se debe hacer en un área fría (excluyendo las cámaras frigorífica y frías), bien ventilada y señalizada convenientemente (Anexo I).

- El nitrógeno líquido se suministra en recipientes criogénicos (cisterna o recipiente móvil), con un peso de entre 100 y 500 kg. Se compone de un recipiente interior de acero inoxidable encerrada dentro de una carcasa de acero inoxidable exterior. El sistema de aislamiento típico entre los contenedores interno y externo está formado por varias capas de aislamiento y alto vacío. La capa interior es fijada a la carcasa exterior, principalmente por el cuello, es necesario para minimizar las pérdidas de calor.
- Los recipientes criogénicos son adecuados para disponer de presión interna que marcarán de manera adecuada. Se debe llenar a través de una sonda de transferencia con una conexión roscada de seguridad. La presión preliminar con que se alimenta el líquido en el recipiente criogénico, no debe exceder el permitido para el recipiente.

Estos recipientes están diseñados para el almacenamiento y la extracción de nitrógeno líquido a baja presión. Un indicador de nivel permite verificar de un vistazo la cantidad de líquido disponible. El dispositivo de control y suministro está provisto de un manómetro y de dos válvulas de seguridad. Suministran una fuente de nitrógeno líquida segura, inmediata y continua.

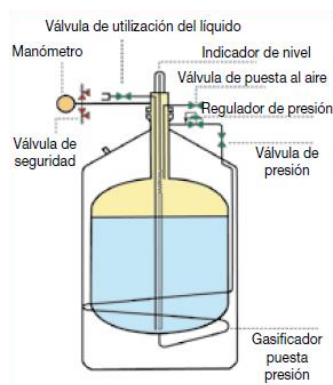


Figura 6



Figura 7

- El contenedor de Nitrógeno líquido debe estar equipado con ruedas para facilitar el manejo. Asegúrese de que las ruedas y el piso están en buenas condiciones.
- Las ruedas deben estar bloqueadas cuando el contenedor está estacionado para trasvase o cualquier otra razón.

- El trasvase se debe realizar muy lentamente para evitar las tensiones que resultan de un cambio de temperatura, que se produce por el llenado rápido de los mismos.
- El recipiente debe ser manejado con cuidado para evitar cualquier daño en el mismo. Si se inclina demasiado, es golpeado demasiado fuerte o expuesto a fuerzas demasiado altas, el cuello se puede partir. El contenedor perderá sus propiedades de aislamiento y deber ser puesto fuera de servicio.
- Nunca debe hacerse mediante vertido libre. Usar asa para vertido (Figura 8) o carro basculante (Figura 9).



Figura 8



Figura 9

- No debe permitirse el retroceso de sustancias hacia el interior del recipiente.
- El *Dewar* se colocará en posición vertical para evitar derrames o daños. No colocar en posición horizontal ya que es factible que se encuentre expuesto a vibraciones fuertes, lo que producirá incidencias negativas en el sistema de aislamiento al vacío.
- Tener en cuenta todas las medidas preventivas consideradas en el presente procedimiento para impedir la materialización de un daño.
- Nunca sobrellenar los contenedores por sobre el nivel especificado ya que se expone al cuello a tensiones extras que producen el acortamiento de la vida útil.

Durante el procedimiento de trasvase es imprescindible conocer todos los riesgos (citados en el presente procedimiento) a los que expone la manipulación de Nitrógeno líquido y conocer las medidas preventivas para evitar o disminuirlos, ambos expuestos en el presente procedimiento.

ANEXO III.

INSTRUCCIÓN OPERATIVA PARA EL RMN

1. Objeto

El objeto de este documento que prescribe los riesgos y precauciones en los trasvases de Nitrógeno líquido, es servir como una guía para la elaboración de PROTOCOLOS DE TRABAJO EN LABORATORIO.

Para realizar la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) se necesita una temperatura de cerca de -273 °C, con lo que se requiere que el imán sea refrigerado por helio líquido. El nitrógeno líquido se utiliza para pre-enfriar el imán en los inicios.

2. Criterios de referencia

Para proteger la seguridad y salud de los trabajadores en relación con la exposición laboral a campos electromagnéticos el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea aprobaron la Directiva 2013/35/UE, texto de referencia en la materia. El principal objetivo de la Directiva es proteger a los trabajadores contra los riesgos para su salud y seguridad debido a los efectos negativos a corto plazo conocidos en el cuerpo humano. Estos efectos son la inducción de corrientes para bajas frecuencias (0 a 10 MHz) y el calentamiento de tejidos del organismo para altas frecuencias (superiores a 100 kHz), coexistiendo ambos efectos en el rango de 100 kHz a 10 MHz.

Para ello, la Directiva establece unos valores de referencia en función de la frecuencia, en términos de valores límite y niveles de actuación, cuyo cumplimiento garantiza la protección de los trabajadores expuestos frente a los efectos conocidos a corto plazo derivados de la exposición a campos electromagnéticos. Tal como se expone en el séptimo considerando de la misma, "la presente Directiva no aborda los posibles efectos a largo plazo de la exposición a campos electromagnéticos, ya que actualmente no existen datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal" (sic).

Para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, *"deberá demostrarse el cumplimiento de los valores límite de exposición relacionados con efectos para la salud y los efectos sensoriales mediante los procedimientos pertinentes de evaluación de la exposición (...). Si la exposición de los trabajadores a campos electromagnéticos supera los valores límite de exposición, el empresario tomará medidas inmediatas"* (sic).

De forma adicional la Directiva establece que serán objeto de una singular protección los trabajadores especialmente sensibles, tal como se establece en el vigésimo tercero considerando de la misma *"Un sistema que garantice un elevado nivel de protección por lo que se refiere a los efectos adversos para la salud y los riesgos para la seguridad que pueden resultar de la exposición a campos electromagnéticos debe tener debidamente en cuenta a grupos específicos de trabajadores que presenten un riesgo particular y evitar problemas de interferencia con dispositivos médicos tales como prótesis metálicas, marcapasos y desfibriladores cardíacos e implantes cocleares y de otro tipo, u otros dispositivos médicos implantados o llevados en el cuerpo, o evitar efectos en el funcionamiento de tales dispositivos. Los problemas de interferencia, en particular con marcapasos, pueden ocurrir a niveles inferiores a los niveles de actuación y, por tanto, deber ser objeto de medidas preventivas y de protección adecuadas"* (sic).

El artículo 5 establece que *"el empresario adaptará las medidas contempladas en el presente artículo a las necesidades de los trabajadores con riesgos particulares y, en su caso, a las evaluaciones de riesgos individuales, en particular con los trabajadores que hayan declarado que llevan dispositivos médicos activos o pasivos implantados, como marcapasos cardíacos, y que llevan dispositivos médicos en el cuerpo, como bombas de insulina, o con respecto a trabajadoras embarazadas que hayan informado al empresario su estado"* (sic).

En relación con las medidas preventivas que es necesario adoptar para el control de la exposición, se expone que *"a partir de la evaluación de riesgos (...), los lugares de trabajo en los que exista la posibilidad de que los trabajadores vayan a estar expuestos a campos electromagnéticos que superen los niveles de actuación se señalarán adecuadamente"* (sic). Asimismo, *"las zonas en cuestión se identificarán adecuadamente y se limitará el acceso a ellas en caso necesario"* (sic).

Niveles de referencia

En relación con los parámetros para caracterizar la exposición, actualmente la Directiva 2013/35/UE para la exposición de los trabajadores a campo magnético estático establece valores de referencia en términos de valores límite, relacionados con efectos para la salud y efectos sensoriales, y niveles de actuación de exposición en términos de densidad de flujo magnético externo (B).

Los valores límite de exposición relacionados con efectos sensoriales son valores límite de exposición para condiciones de trabajo normales. Estos efectos sensoriales están asociados con los vértigos y otros efectos fisiológicos relativos a otros órganos humanos del equilibrio resultantes principalmente del desplazamiento dentro de un campo magnético estático. Los valores límite de exposición relacionados con efectos

para la salud en condiciones de trabajo controladas son aplicables temporalmente durante un turno de trabajo cuando así lo justifique la práctica o el proceso, siempre que se hayan adoptado medidas preventivas, como el control de los movimientos y la información a los trabajadores.

En el rango correspondiente a campo magnético estático también se establecen valores de referencia en términos de niveles de actuación para la densidad de flujo magnético de campos magnéticos estáticos. Estos niveles de actuación, se han establecido teniendo en cuenta las variaciones que puedan introducir las sensibilidades individuales de las personas expuestas.

Tabla 4. Adaptada del cuadro A1 de la Directiva 2013/35/UE, Valores de referencia.

Características de la exposición	Densidad de flujo magnético
Valor límite relacionado con efectos sensoriales	
Condiciones de trabajo normales	2 T
Exposición localizada en extremidades	8 T
Valor límite relacionado con efectos para la salud	
Condiciones de trabajo normales	8 T
Nivel de actuación	
Interferencias con dispositivos médicos activos implantados, por ejemplo marcapasos cardíacos	0.5 mT
Riesgo de atracción y proyección en campo periféricos de fuentes de campos intensos	3 mT

Por otro lado, de acuerdo con los criterios de la Directiva, los niveles de referencia para campo magnético estático son valores instantáneos.

En relación con la exposición de las trabajadoras embarazadas a campos electromagnéticos, la Directiva 2013/35/UE no establece valores específicos de exposición. Por ello, en casos de exposición de este colectivo de trabajadoras

especialmente sensibles se aplican los valores de referencia establecidos para público en el *RD 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas*, que para campo magnético estático propone un valor de intensidad de campo magnético de 40 mT.

3. Requerimientos del personal

El personal involucrado en esto tiene un buen conocimiento de los riesgos y las precauciones necesarias para llevar a cabo el trabajo con seguridad.

4. Procedimiento de trasvase

El helio líquido, así como el nitrógeno líquido, se entregan en recipiente criogénicos desde los cuales se realiza el trasvase hacia el equipo de RMN siguiendo las mismas indicaciones que en la *Instrucción de trasvase* anterior.

5. Riesgos

Además de los riesgos citados durante el presente procedimiento, debido a la manipulación de Helio y Nitrógeno, la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) expone a otros riesgos causados por el campo magnético. El imán genera un campo magnético muy fuerte que puede mover las cosas metálicas (si son magnéticas) violentamente con tanta rapidez, que si una persona es golpeada por un objeto pesado puede ser fatalmente herida. El campo magnético atrae a todos los materiales magnéticos, no solo los objetos grandes como los cilindros de gas, extintores, herramientas, etc, sino que también bolígrafos, clips, objetos metálicos del cuerpo, prótesis en articulaciones, marcapasos, etc.



Fotografía 2. RMN.

La RMN se ha utilizado durante muchos años y la experiencia muestra que no hay evidencias claras de efectos en la salud al estar en las proximidades del campo magnético. Sin embargo, se deben tomar las siguientes precauciones:


- El personal expuesto a los fuertes campos magnéticos previamente debe haber pasado por un examen médico.
- Las personas con marcapasos, desfibriladores, aparatos auditivos u otros dispositivos, así como las personas con tornillos metálicos o placas en el cuerpo no deben ser expuestos a altos campos magnéticos.
- La persona con arritmia en el corazón, deficiencias en el flujo sanguíneo y algunas enfermedades espasmódicas, así como las mujeres embarazadas no deben exponerse a campos magnéticos.
- Los zapatos de seguridad no tendrá ninguna parte magnética.
- El trasvase de helio líquido no debe tener lugar cuando la resonancia magnética está en uso.
- Las botellas de gas de acero no debe utilizarse ni almacenarse en la sala de RMN o de otra manera cerca del imán. Ha ocurrido que, en caso de emergencia, un cilindro de aluminio entró en la sala de resonancia y se produjo un incidente, ya que la parte del regulador era de acero magnético.
- Todos los equipos de emergencia, que deben ser llevados a la sala de resonancia magnética, deben ser de materiales no magnéticos y claramente marcados.
- El trasvase debe realizarse de acuerdo al manual del fabricante de la RMN.
- El responsable del sistema debe comprobar regularmente y asegurarse de que los gases de evaporación pueden liberarse libremente del imán, esto es, las válvulas de liberación no están bloqueadas. No intente rellenar el imán con helio o nitrógeno, a menos de que haya recibido entrenamiento sobre el procedimiento correcto¹².
- El helio y el nitrógeno no son gases tóxicos. Sin embargo, debido a un posible *quench* del imán, después del cual la sala puede llenarse rápidamente con gases evaporados, debe siempre disponerse de la ventilación adecuada¹³.

¹² Bruker Biospin, AVANCE AV Guía de iniciación Española Versión, Española Versión 003, 2004.

¹³ *Ibidem*.

6. Señalización.

Añadir a la señalización por manipulación de Nitrógeno líquido (*Anexo I Señalización*), la siguiente:

<p>Señalización de ADVERTENCIA. Señal de campo magnético intenso</p>	
<p>Señalización de PROHIBICIÓN. Señal de advertencia de prohibido el paso con marcapasos.</p>	