



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Proyecto Fin de Carrera

***“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USUARIO
PARA EL EXPERIMENTO DE CÁTEDRA
SOBRE EL EFECTO DE RESISTENCIA NULA
EN UN SUPERCONDUCTOR”***

Víctor José Herrero Rubio

Especialidad: Electricidad (Centrales y Redes)

Director: Antonio Usón Saldaña

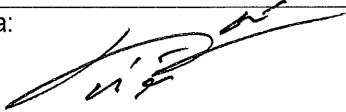
Departamento de Ingeniería Eléctrica

2015



**PROPUESTA y ACEPTACIÓN DEL
PROYECTO FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA**

DATOS PERSONALES

APELLIDOS, Nombre HERRERO RUBIO, VÍCTOR JOSÉ
Nº DNI 72879296R Dirección C/ REAL, N° 30
C.P. 42157 Localidad COVALEDA
Provincia SORIA Teléfono 645846227 NIA: 332071
Firma: 

DATOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL, Especialidad CENTRALES Y REDES
TITULO ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USUARIO
PARA EL EXPERIMENTO DE CÁTEDRA SOBRE EL
EFECTO DE RESISTENCIA NULA EN UN SUPERCONDUCTOR
DEPÓSITO EN: ZAGUAN (Obligatorio) ☒ y CD-ROM ☐ (si PFC es tipo B aplicación informática)
DIRECTOR ANTONIO USÓN SARDAÑA

VERIFICACIÓN EN SECRETARÍA

El alumno reúne los requisitos académicos (1) para la adjudicación de Proyecto Fin de Carrera

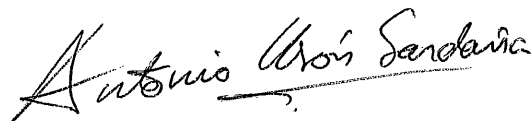
SELLO DEL CENTRO

EL FUNCIONARIO DE SECRETARIA

Fdo.: _____

SE ACEPTA LA PROPUESTA DEL PROYECTO (2)

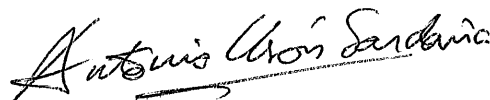
En Zaragoza, a 15 de SEPT. de 2.014



Fdo.: ANTONIO USÓN SARDAÑA
DIRECTOR DEL PFC

SE ACEPTA EL DEPÓSITO DEL PROYECTO

En Zaragoza, a 2 de SEPT. de 2.015



Fdo.: ANTONIO USÓN SARDAÑA
DIRECTOR DEL PFC

(1) Requisitos académicos: tener pendientes un máximo de 24 créditos o dos asignaturas para finalizar la titulación.

(2) Para que la propuesta sea aceptada por el Director, es imprescindible que este impreso esté sellado por la Secretaría de la EINA una vez comprobados los requisitos académicos.

ÍNDICE

1. Objetivo	2
2. Breve descripción del experimento de superconductividad	3
3. Marco legal y técnico de referencia	5
3.1 Legislación y notas técnicas	5
3.2 Normas U.Z	6
3.3 Proceso de documentación	6
4. Generación del documento	8
4.1 Riesgos identificados	9
4.2 Medidas preventivas	18
4.3 Equipo de protección individual necesario	25
4.4 Etapas para la realización	29
4.5 Fotografías y esquemas	35
5. “Manual de usuario para el experimento de cátedra sobre el efecto de resistencia nula en un superconductor”	37
6. Bibliografía	49
7. Anexos	50
Anexo I Ficha de datos de seguridad (FDS) del nitrógeno líquido	51
Anexo II Ficha de datos de seguridad (FDS) de la batería	55
Anexo III Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Capítulo III: Derechos y obligaciones	61
Anexo IV Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Apéndice 1: Obligaciones del empresario y del trabajador	73

1. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es elaborar un manual de usuario que pueda acompañar al prototipo del experimento de cátedra sobre el efecto de resistencia nula en un superconductor. En dicho manual se mostrarán las consideraciones necesarias y los pasos a seguir para que el citado experimento de cátedra se realice de una manera segura y descriptiva del fenómeno que pretende mostrar.

La necesidad de este manual se pone claramente de manifiesto a la luz de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, la cual en su artículo 19 señala que *“en cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.”*

Por tanto, es el aspecto de la seguridad el que se tendrá especialmente en cuenta, tanto personal como colectiva, dando información y analizando los riesgos relacionados con los materiales y las condiciones de realización del experimento. La utilización en el mismo de una batería de plomo ácido y el empleo de nitrógeno líquido como refrigerante del superconductor hacen que, además del posible riesgo eléctrico, se deba tener fundamental consideración con el riesgo químico.

Nótese la particular relevancia de los aspectos preventivos y de seguridad en la realización del experimento desde el punto de vista pedagógico ya que, al tratarse de una actividad docente, éstos no sólo han de orientarse a la prevención de los daños sino, además, a la promoción en los alumnos de actitudes responsables que eviten riesgos y fomenten comportamientos seguros en el trabajo.

En la elaboración de este manual se tendrá presente en todo momento el marco legal y normativo que servirá de referencia para establecer las medidas preventivas, los equipos de protección individual necesarios y el modo de actuación ante una posible emergencia.

En el aspecto descriptivo, el manual indicará de manera clara y precisa el material necesario y los diferentes pasos a seguir en la realización del experimento.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO DE SUPERCONDUCTIVIDAD

Se denomina temperatura de transición o crítica (T_c) a la temperatura por debajo de la cual la resistencia de un material superconductor se hace nula. Por encima de esta temperatura se comporta como un conductor normal.

La pérdida de resistencia eléctrica es sólo uno de los cambios que tienen lugar cuando se enfría un superconductor por debajo de su temperatura crítica. Es esta característica la que se pretende mostrar mediante este experimento de cátedra.

Para ello se utilizará una barra superconductora de Bismuto-Estroncio-Calcio-Cobre-Oxígeno denominada 2212 por la estequiometría de sus cationes ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$).

El circuito eléctrico del prototipo utilizado en el experimento de cátedra es el mostrado en la figura 1.

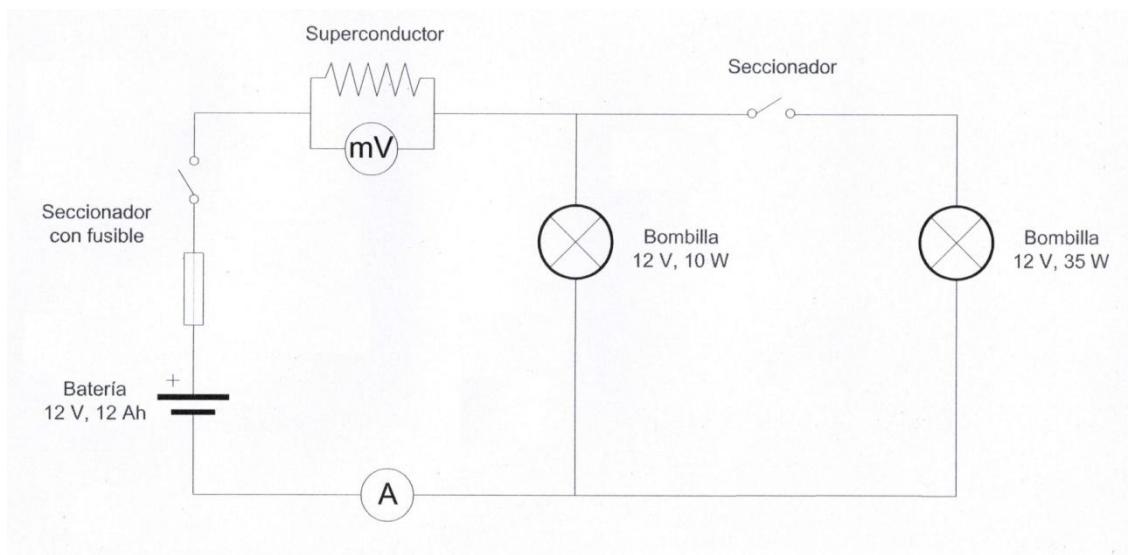


Fig.1 - Circuito eléctrico [1]

La fuente de alimentación es una batería de plomo ácido de 12 V y 12 Ah. La barra superconductora Bi-2212 está en serie con la batería y a continuación se tienen dos bombillas en paralelo, una de 10 W y otra de 35 W. Esta última está separada del resto del circuito por un seccionador simple. Además se dispone de un seccionador con fusible que actúa como interruptor general, un voltímetro que medirá la caída de tensión en el superconductor y un amperímetro para medir la intensidad de corriente total que circula por el circuito en cada momento.

Con los dos seccionadores abiertos se conecta la batería al circuito.

Se cierra el seccionador con fusible. El superconductor se encuentra a temperatura ambiente y se comporta como un conductor convencional, ofreciendo una cierta resistencia al paso de la corriente. Esto queda de manifiesto en el voltímetro, que muestra una caída de tensión de 10 mV. La bombilla de pequeña potencia se ilumina y el amperímetro indica que por el circuito circulan aproximadamente 700 mA.

Para que el Bi-2212 adquiera sus propiedades superconductoras y su resistencia sea cero es necesario que su temperatura descienda por debajo de la temperatura crítica, 90 K (-183,15 °C). Ello se conseguirá refrigerándola con nitrógeno líquido, que se encuentra a 77 K (-196,15 °C).

Con ayuda de un cazo adaptado se vierte el nitrógeno líquido del dewar en el contenedor de poliespán dentro del cual se encuentra el superconductor, y se tapa. En un principio se observa que la lectura del voltímetro desciende a 5 mV por efecto del enfriamiento inicial de la barra superconductora para llegar a marcar 0 mV cuando ésta se enfría por debajo de su temperatura crítica.

En este momento la barra está en estado superconductor y su resistencia eléctrica es cero.

A continuación se cierra el segundo seccionador y se enciende también la bombilla de mayor potencia. Ahora el amperímetro indica que por el circuito circulan un total de 5,5 A.

A pesar del incremento de corriente, el voltímetro sigue indicando 0 mV, con lo que se ve claramente que la resistencia eléctrica del superconductor es nula mientras se encuentra a temperatura inferior a la crítica.

Se quita la tapa del contenedor para favorecer la evaporación del nitrógeno líquido. Cuando esto sucede y la barra superconductora deja de estar refrigerada, su temperatura se incrementa por encima de la temperatura crítica retornando al estado de conductor convencional. La elevada corriente que sigue circulando por ella provoca un aumento de la caída de tensión en la barra, que llega a superar los 78 mV.

En este momento se abre el segundo seccionador para evitar que el calentamiento por efecto Joule deteriore el superconductor y se observa que la caída de tensión en el mismo vuelve a ser de 10 mV, al circular nuevamente 700 mA por el circuito.

Se abre el seccionador principal y finaliza la demostración.

3. MARCO LEGAL Y TÉCNICO DE REFERENCIA

3.1. LEGISLACIÓN Y NOTAS TÉCNICAS

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269, 10-11-1995

- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE nº 298, 13-12-2003

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE nº 27, 31-01-1997

- 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. BOE nº 104, 01-05-2001

- Reglamento CE 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH). DOUE L 396, 30-12-2006

- Reglamento CE 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP). DOUE L 353, 31-12-2008

- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97, 23-04-1997

- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE nº 311, 28-12-1992

- 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. BOE nº 140, 12-06-1997

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE nº 97, 23-04-1997

- Nota Técnica de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo nº 383: Riesgo en la utilización de gases licuados a baja temperatura.

- Nota Técnica de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo nº 340: Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes.

- Nota Técnica de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo nº 878: Regulación UE sobre productos químicos (II). Reglamento CLP: aspectos básicos.

- Nota Técnica de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo nº 399: Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de fugas y vertidos.

3.2. NORMAS U.Z.

En la elaboración del Manual se han tenido en cuenta las Instrucciones y Protocolos elaborados por la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza, entre otros:

- Seguridad en los laboratorios de la Universidad de Zaragoza. UPRL, 2012

Hay que señalar que en la actualidad no existe una norma de carácter general en lo referente al trabajo con nitrógeno líquido, de manera que cada centro adopta las medidas necesarias para su manipulación segura.

3.3. PROCESO DE DOCUMENTACIÓN

Con la finalidad de recabar toda la información relacionada con la legislación aplicable en materia de seguridad en el aula, riesgos que entraña la manipulación de los elementos implicados en el experimento de cátedra y necesidad de equipos de protección adecuados he considerado oportuno, como paso previo y complementario a la recopilación de cuanta documentación ha sido necesaria en bibliografía y páginas web de internet, realizar visitas en busca de asesoramiento a los siguientes organismos:

- Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral (ISSLA).

Me entrevisté con D^a. María Jesús García Gutiérrez, Jefa de la Unidad de Seguridad en el Trabajo e Higiene Industrial, el 1 de julio de 2015, la cual me indica la legislación laboral de obligado cumplimiento para la realización segura del experimento de cátedra. Básicamente, el Real Decreto 374/2001, sobre seguridad contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Así mismo me informa de las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) de las distintas sustancias como fuente de documentación sobre los riesgos que entraña su manipulación y recomendaciones de seguridad y buenas prácticas relacionadas. Además me recomienda visitar la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales (UPRL) de la Universidad de Zaragoza para recabar información sobre la normativa propia que pudiera existir en esta universidad.

➤ Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza (UPRL).

D. Luis A. Cásedas Uriel, Responsable de la UPRL, me recibe el 9 de julio de 2015 y me emplaza a una nueva cita con D. Gregorio Sanz Pueyo, ausente en ese momento.

Más adelante me cito con D. Gregorio Sanz Pueyo, Técnico de Nivel Intermedio en Prevención de la UPRL, el 14 de julio de 2015. Le explico el experimento de cátedra sobre superconductividad cuya ejecución segura a nivel tanto personal como colectivo pretendo documentar para adecuarla al marco legal y normativo existente. Me responde a todas las preguntas y dudas que le planteo en lo referente a las medidas de seguridad, equipos de protección individual necesarios y consideraciones previas a tener en cuenta para llevarlo a cabo. La conversación se centra fundamentalmente en el empleo del nitrógeno líquido, principal factor de riesgo a tener en cuenta, en mi opinión, en el presente experimento de cátedra.

➤ Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA).

D. Israel Cabistany, Maestro de Taller, me detalla, el 16 de julio de 2015, la información sobre seguridad que se recibe en el laboratorio de este centro en relación a la manipulación y utilización de líquidos criogénicos en general y del nitrógeno líquido en particular, así como los equipos de protección individual de que disponen en estas instalaciones.

➤ Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral (ISSLA).

D^a. María Luisa Aparicio, responsable de la Exposición permanente de medios de protección colectiva e individual sita en este organismo, me muestra, el 3 de septiembre de 2015, la parte de la misma dedicada a los guantes de protección y las pantallas faciales. A pesar de que no disponen de guantes criogénicos con el nivel de protección necesario para la realización del experimento que nos ocupa me informa sobre diferentes puntos de venta de EPI's en Zaragoza.

4. GENERACIÓN DEL DOCUMENTO

Para llevar a cabo sin riesgos el experimento de cátedra en el aula se tienen que dar unos principios mínimos de prevención y seguridad que se tratarán de recoger en el manual resultante de este trabajo, concebido con el objetivo de señalar las condiciones necesarias para minimizar y corregir todo tipo de riesgos que puedan producirse durante el desarrollo del mismo y la secuencia de los pasos a ejecutar.

Para culminar con la elaboración del manual, el proceso que he seguido ha sido el siguiente:

En primer lugar he tratado de identificar y enumerar los diferentes riesgos que conlleva la realización del experimento, siguiendo para ello los pasos descritos en el apartado 3.3 *Proceso de documentación*.

En lo referente a las medidas a adoptar en caso de accidente he seguido fundamentalmente las directrices marcadas por los protocolos de la UPRL y lo indicado en las Fichas de Datos de Seguridad del nitrógeno líquido y de la batería, en su sección 4: Primeros auxilios.

A continuación, he propuesto una serie de medidas preventivas y de seguridad, siempre de acuerdo con la normativa vigente al respecto, ya enumerada anteriormente, y siguiendo las indicaciones técnicas recogidas en las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) del nitrógeno líquido, la batería y del propio ácido sulfúrico contenido en ella. En la elaboración de estas medidas me han sido de gran ayuda las Notas Técnicas de Prevención (NTP) y las Guías Técnicas editadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), dependiente del Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Hay que señalar que las NTP son guías de buenas prácticas y sus indicaciones no tienen carácter obligatorio salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente.

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo anterior, he enumerado las diferentes etapas y pasos a seguir durante la ejecución del experimento de cátedra a fin de que su finalidad didáctica se pueda llevar a cabo de manera segura en el aula.

Para establecer estos pasos he seguido el desarrollo del experimento realizado y filmado para su divulgación en internet por D. José María Izquierdo Hernando [1], disponible en la siguiente dirección web:

<http://m.youtube.com/watch?v=WaJf-as2OcU>

El demostrador utilizado en este video divulgativo, por él construido, es el que se describe en el presente trabajo.

4.1. RIESGOS IDENTIFICADOS

Una de las principales causas de accidentes es el desconocimiento de los riesgos y del proceder apropiado en el desarrollo de los procesos y la manipulación de los elementos implicados en los mismos. De manera que la información sobre las características de peligrosidad de los productos y materiales que se utilizan es la primera herramienta a utilizar para la prevención del riesgo. Su mero conocimiento hace que disminuyan los riesgos y aumente nuestra propia seguridad.

Además se hace siempre necesario conocer un procedimiento claro de actuación en el caso de que se produzca algún incidente o accidente no deseado.

Todo esto, además, de acuerdo a lo indicado en el artículo 14 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales [2]. Ver el Anexo III.

En el presente experimento de cátedra se pueden identificar dos fuentes de riesgos fundamentales:

- La manipulación de nitrógeno líquido usado como refrigerante.
- La utilización de una batería de plomo ácido como fuente de tensión del demostrador.

- Nitrógeno líquido

Se utiliza para enfriar la barra superconductora de $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ (BSCCO 2212) empleada en el experimento por debajo de su temperatura crítica. La temperatura de ebullición a presión ambiente del nitrógeno líquido es de 77 K (-196,15 °C), lo que permite alcanzar la fase superconductora en la barra, cuya temperatura crítica de transición, T_c , es de 90 K (-183,15 °C). En el demostrador son necesarios aproximadamente 0,5 l de nitrógeno líquido para lograr este fin.

El nitrógeno es el mayor constituyente de la atmósfera (79,01% en volumen y 76,08% en peso). Es un gas incoloro, inodoro, insípido, no tóxico, no corrosivo y totalmente inerte (excepto a muy altas temperaturas). No es combustible ni soporta la combustión, tampoco presenta riesgos de reacción química con otros elementos.

El nitrógeno líquido es nitrógeno puro en estado líquido a una temperatura igual o menor a su temperatura de ebullición y la fase de vapor de los contenedores suele estar a una temperatura inferior a -180 °C. Su fácil manejo, limpieza, rapidez de enfriamiento y moderado coste de producción en gran escala hacen que sea el gas más utilizado como fuente de frío.

El hecho de que los gases licuados a temperaturas criogénicas, como el nitrógeno, sean gases inertes conduce a que muchas veces se les considere gases carentes de riesgo y a que sean tratados sin ninguna prevención específica, hecho este que provoca que la accidentalidad producida por los mismos sea la más elevada de entre los gases industriales [3].

De acuerdo a las Directivas Europeas CE 67/548 y CE 1999/45 (artículo 2.2), el nitrógeno líquido NO está clasificado como sustancia peligrosa.

Conforme a la normativa de etiquetado CE 1272/2008 (CLP) [4] se le aplican las siguientes:

- Indicación de peligro:
H281 - Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.
- Consejos de prudencia:
 - Prevención: P282 - Llevar guantes que aíslen del frío/gafas/máscara.
 - Respuesta: P336+P315 - Descongele las partes heladas con agua tibia. No frote la zona afectada. Consulte a un médico inmediatamente.
 - Almacenamiento: P403 - Almacenar en un lugar bien ventilado.

Según ACGIH®, 2012 [5] es un asfixiante simple.

Es una sustancia que no causa daños ecológicos.

Por consiguiente, a la hora de manipularlo, hay que tener muy presente que debido a que es un gas inerte que desplaza al oxígeno del aire puede provocar asfixia y que a causa de la baja temperatura a que se encuentra puede producir importantes quemaduras o lesiones criogénicas así como fragilidad estructural en muchos materiales. Además no hay que olvidar el gran volumen de gas que se produce al evaporarse desde el estado líquido. Hay que observar que todos estos riesgos son derivados de su estado físico, no presentando por tanto riesgo químico alguno. Es por todo esto que su utilización en el presente experimento de cátedra presenta los siguientes peligros potenciales:

- **Asfixia**

La vaporización del nitrógeno líquido que se produce por su contacto con una fuente de calor, como puede ser la atmósfera, provoca una gran cantidad de gas que desplaza al oxígeno presente en el aire, pudiéndose alcanzar niveles inferiores a los necesarios para mantener la vida.

La anoxia, agotamiento en el nivel de oxígeno, es un peligro que muy a menudo es menospreciado por lo que debe ser siempre

recalcado a la hora de informar sobre los riesgos que conlleva la manipulación de esta sustancia.

La proporción de oxígeno en el aire, salvo leves oscilaciones, es del 21%. Toda disminución de este porcentaje provoca la aparición de una atmósfera peligrosa por suboxigenación. Se recomienda no trabajar a concentraciones de oxígeno inferiores al 18% (TLV, ACGIH®, USA, 1996). Con un contenido de oxígeno inferior a este porcentaje se pueden producir los primeros síntomas de asfixia. Es decir, una disminución de un 3% en el contenido de oxígeno del aire ya se considera peligrosa.

Para hacernos una idea de lo que esto puede llegar a suponer hagamos el siguiente cálculo:

La ecuación que rige la concentración de oxígeno en un recinto en caso de evaporación de nitrógeno líquido es [6]:

$$C_{ox} = (100 / V_R) \times 0,21 \times [V_R - (V_E \times F_g / 1000)]$$

Siendo:

C_{ox} = Concentración de oxígeno en el recinto (%).

V_R = Volumen del recinto en m^3 .

V_E = Volumen del líquido criogénico evaporado en l.

0,21 = Concentración normal de oxígeno en el aire (21 %).

F_g = Factor del gas evaporado, el del nitrógeno es 683.

Conforme a ello, la evaporación de un dewar con 4 l de nitrógeno líquido (capacidad del empleado en este experimento) es suficiente para reducir a un 18,5% la concentración de oxígeno de un recinto de 23 m^3 . Lo que significa que en un despacho de 4x2 m sin la ventilación adecuada donde se produjera esa evaporación, el aire se podría volver irrespirable.

Al ser el un gas incoloro, inodoro e insípido, su efecto asfixiante al desplazar al oxígeno del aire se produce sin ningún signo fisiológico preliminar que advierta de este hecho (no es detectable por los sentidos humanos). Esto hace que sea mucho más peligroso que gases tóxicos como el amoníaco, cloro etc., de los que basta una pequeña concentración en el ambiente para que su olor característico delate su presencia.

La ventilación adecuada será, por tanto, la primera consideración que hemos de tener en cuenta siempre que se manipule esta sustancia.

Los síntomas que provoca la falta de oxígeno pueden variar de un individuo a otro y van desde la debilidad, vértigos, salivación, disminución de los reflejos o náuseas y vómitos hasta la pérdida de la consciencia [5]. Si la gravedad es mayor puede incluir pérdida de la movilidad. En casos extremos, la exposición a atmósferas cuyo

contenido en oxígeno sea menor al 10% puede causar una rápida pérdida del conocimiento con movimientos convulsivos, colapso respiratorio, lesiones graves o incluso muerte.

.Además es destacable el hecho de que la víctima puede no haberse dado cuenta de la asfixia por lo que no tendrá oportunidad de protegerse.

- **Quemaduras criogénicas**

Al tratarse de un gas licuado fuertemente refrigerado, el contacto con el mismo o con los materiales que hayan tomado contacto con él puede producir quemaduras criogénicas o la congelación. Para cualquier manipulación son imprescindibles los guantes especialmente adaptados para su utilización en el entorno criogénico. Nunca se deben sumergir las manos en el nitrógeno líquido, incluso estando protegidas.

Es importante protegerse del riesgo de salpicaduras y proyecciones. Éstas provocan también quemaduras criogénicas que pueden revestir gravedad sobre todo si afectan a los ojos o la cara. Por eso, además de los guantes adaptados, es necesario ponerse una pantalla de protección. Llevar las gafas normales correctoras de visión no constituye una protección contra las posibles salpicaduras.

Es necesario tener especial cuidado con el vapor, puede llegar a enfriar más rápidamente que el propio líquido. La exposición a los vapores fríos de la piel, los ojos o las mucosas puede provocar graves quemaduras y daños en los tejidos. Respirar el gas muy frío procedente de la vaporización del nitrógeno licuado puede producir lesiones pulmonares por congelación bronquial. El contacto con los ojos puede causar, así mismo, congelamiento de la membrana ocular.

Las quemaduras que se producen por efecto de la bajísima temperatura son semejantes a las producidas por el calor y en un primer momento no parecen preocupantes ya que en la piel congelada no hay dolor. Su aspecto es encerado y de color amarillento. Pero cuando posteriormente se descongelan, resultan muy dolorosas, se hinchan y son muy propensas a sufrir infecciones.

Por otro lado, el nitrógeno líquido presenta tendencia a infiltrarse bajo los vestidos lo que hace que, al acumularse en ellos, aumente el tiempo de contacto con la piel incrementándose así la gravedad de la quemadura criogénica.

- **Fragilidad estructural en materiales**

Por efecto de la baja temperatura, gran cantidad de materiales blandos y flexibles a la temperatura ambiente, pueden volverse muy duros y frágiles en contacto con el nitrógeno líquido. Es necesario tener en cuenta esta fragilización al valorar los materiales con los que

pueda entrar en contacto el nitrógeno a fin de evitar su rotura o desmoronamiento.

- **Presión**

El nitrógeno líquido absorbe el calor de su entorno y se evapora más o menos intensamente, según el grado de aislamiento del recipiente que lo contenga. Por esa razón dicho recipiente, termo o dewar debe permitir la salida de los vapores con el fin de evitar una sobrepresión que podría resultar peligrosa en su interior.

A pesar de que no es inflamable ni explosivo, la explosión del contenedor sí que es posible si está tapado en forma hermética o el orificio de salida de los gases está obturado por alguna razón. Este es el motivo por el que no se deben exponer nunca los contenedores a ninguna fuente de calor directo. Una sobrepresión suficientemente alta podría causar problemas a la hora de tratar de abrir el contenedor. En un caso más extremo podría llegar a originar una ruptura brusca de las paredes, con el consiguiente riesgo de vertido accidental y salpicaduras del gas licuado.

- **Batería de plomo ácido**

Es la fuente de tensión continua utilizada para alimentar el circuito del demostrador.

Se trata del tipo de acumulador más usado en la actualidad, dado su bajo costo. En ella, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el electrodo negativo de plomo. En la descarga se produce la disociación del ácido sulfúrico de manera que el dióxido de plomo y el plomo se transforman gradualmente en sulfato de plomo. También se forma agua, con lo cual el electrolito va disminuyendo su densidad y quedando menos ácido. Durante la carga, el paso de la corriente hace que en las placas se produzca la disociación del sulfato de plomo, mientras que en el electrolito se produce la electrólisis del agua conduciendo a la liberación de hidrógeno y oxígeno, y la consiguiente disminución del volumen de agua. En esta situación el sulfato de plomo de la placa positiva se transforma en dióxido de plomo y el de la placa negativa en plomo; además se forma ácido sulfúrico nuevamente y aumenta la densidad del electrolito.

La utilizada en el demostrador es del tipo VRLA, por sus siglas en inglés, “Valve Regulated Lead Acid”, es decir se trata de una batería sellada o regulada por válvula. Este tipo de batería presenta, desde el punto de vista de la seguridad, ventajas tales como la ausencia de fugas de electrolito y mínima

emisión de gases. Tienen, además, muy bajos requerimientos de mantenimiento.

De acuerdo a las Directivas Europeas CE 67/548 y CE 1999/45 las baterías de plomo ácido reguladas por válvula están clasificadas como producto Irritante.

Conforme a la normativa de etiquetado CE 1272/2008 (CLP) [4] se las clasifica como Irritante y Corrosivo.

Según la Ficha de Datos de Seguridad de la batería YUASA NP 12-12 utilizada en el demostrador, (ver Anexo II) la composición de ésta es (en % aproximado en peso o volumen):

Plomo y aleaciones metálicas de plomo...	35%
Compuestos inorgánicos con plomo	40%
Electrolito – Ácido sulfúrico	15%
Separador de fibra de vidrio	2%

Hay que señalar que no existe ningún peligro durante el funcionamiento normal de una batería de plomo ácido. Sin embargo, a la vista de lo anterior, para su manipulación segura no hay que perder de vista que las baterías:

- Acumulan una importante cantidad de energía, que puede ser una fuente de corriente eléctrica potente y puede provocar una descarga eléctrica grave en caso de cortocircuito.
- El electrolito que contienen está compuesto por ácido sulfúrico diluido. El ácido sulfúrico puede provocar quemaduras químicas graves. También contienen compuestos de plomo que son altamente tóxicos para la salud humana si ingresan en el organismo por ingestión o inhalación.
- Durante el proceso de carga o durante su funcionamiento, pueden producir gas de hidrógeno y oxígeno, que en ciertas circunstancias pueden dar como resultado una mezcla explosiva.

En consecuencia, la posibilidad de un contacto accidental entre los terminales de la batería o de una ruptura de su carcasa, por caída o cualquier otra causa, durante la realización del experimento o durante el traslado del prototipo al aula hace que sea necesario tomar en consideración los siguientes peligros:

- **Cortocircuito** entre los terminales

Según la hoja de características de la batería, su corriente de cortocircuito es de 320 A, con una resistencia interna de 44,39 mΩ.

No se deben poner nunca en cortocircuito los terminales de una batería ya que se producirían chispas y arcos que podrían causar lesiones en las personas y constituir un peligro de incendio. La alta

corriente eléctrica puede llegar a fundir el metal, se pueden producir chispas, provocar una explosión o producir la evaporación del electrolito.

- Ácido sulfúrico

El electrolito es un líquido transparente práctica o totalmente inodoro, que contiene hasta un 40% de ácido sulfúrico diluido en agua destilada, en una batería totalmente cargada. Es de naturaleza higroscópica, es decir, el tamaño de las partículas de aerosol está influenciado por la humedad. No es inflamable.

El ácido sulfúrico en concentración superior al 15% es muy corrosivo para la piel y las membranas mucosas; la inhalación de su vapor, llamado niebla de ácido sulfúrico, puede provocar lesiones en las vías respiratorias.

Es un oxidante fuerte que reacciona violentamente con materiales combustibles y orgánicos (como puede ser el serrín). También ataca a los metales, excepto al plomo, originando hidrógeno. Reacciona muy violentamente al añadirle agua con desprendimiento de calor, por lo que no se debe verter nunca agua sobre esta sustancia [7].

En concentraciones inferiores (5% - 15%) resulta irritante para la piel y los ojos.

De acuerdo a las Directivas Europeas CE 67/548 y CE 1999/45 el ácido sulfúrico está catalogado como Corrosivo.

Conforme a la normativa de etiquetado CE 1272/2008 (CLP) [4] al ácido sulfúrico se le aplican las siguientes:

- Indicación de peligro:
H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
- Consejos de prudencia:
 - Prevención:
P280 - Llevar guantes, prendas, gafas y máscara de protección.
P260: No respirar el polvo, el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol.
 - Respuesta:
P301+P330+P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuáguese la boca. NO provoque el vómito.
P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (O EL PELO): Quítese inmediatamente las prendas contaminadas. Aclárese la piel con agua o dúchese.

- Eliminación:

P501: Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida de residuos especiales o peligrosos, conforme a la reglamentación local, regional, nacional y/o internacional.

Según ACGIH®, 2012 [5] afecta a la función pulmonar.

El ácido sulfúrico es tóxico para el medio acuático por reducción del pH.

Puede darse la exposición al ácido sulfúrico y al vapor de ácido durante el proceso de carga de la batería o por ruptura de la carcasa de la misma. Por lo tanto, los peligros potenciales respecto al mismo que se deben considerar en este experimento, solo a tener en cuenta en el caso de ruptura de la batería, son:

- **Inhalación de ácido sulfúrico**

Los vapores que emanaría el electrolito derramado por una grieta en la carcasa o por caída y ruptura de la misma, podrían causar, como se ha mencionado anteriormente, una reacción inflamatoria en el tracto respiratorio superior, medio o tejido pulmonar.

Esta acción irritante del sistema respiratorio está asociada en cierto grado a la solubilidad del producto; cuanto más soluble en agua es, antes se detecta su acción irritante. El ácido sulfúrico es muy soluble en agua por lo que se absorbe rápidamente en el tracto respiratorio superior después de la exposición por inhalación [8]. Debido a su naturaleza higroscópica se produce un aumento del tamaño de las partículas del aerosol inhalado como consecuencia de las condiciones de temperatura y humedad que existen en el tracto respiratorio superior. Las partículas de mayor tamaño se depositan en la nariz y las de menor tamaño penetrarían más profundamente en las vías respiratorias (laringe, tráquea y bronquios).

La mayoría de los estudios indican que no hay efectos adversos en el tracto respiratorio observables tras una única exposición por inhalación.

Los síntomas son sensación de quemazón, dolor de garganta, tos, dificultad respiratoria, jadeo.

- **Contacto con la piel o los ojos**

Las salpicaduras y proyecciones del electrolito que tendrían lugar en caso de rotura de la batería provocada por un cortocircuito o una caída de la misma podrían provocar quemaduras químicas graves, úlceras e irritación severa sobre la piel (dermatitis).

Si afecta a los ojos puede causar daños a la córnea y ceguera por lesión irreversible del nervio óptico.

- Plomo y compuestos de plomo

El plomo y sus compuestos (dióxido de plomo y sulfato de plomo entre otros) presentes en la batería en distintas concentraciones, son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación y se transportan por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La ingestión de plomo se produce por contaminación de mano a boca. Los compuestos de plomo no se absorben rápidamente por la piel.

Cuando el plomo entra al medio ambiente no se degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz natural, el aire y el agua. Es nocivo para el medio ambiente y debe evitarse su liberación al mismo. Se debe eliminar como residuo peligroso.

Por improbable, no considero que sea un riesgo a tener en cuenta en este experimento la inhalación o ingestión del plomo proveniente de la batería.

En el apartado *1. Riesgos y Advertencias* del Manual se llama la atención sobre los peligros anteriormente enumerados utilizando las siguientes señales de advertencia:

- - Riesgo de Asfixia.
- - Baja Temperatura.
- - Materias Corrosivas.
- - Riesgo Eléctrico.



Fig.2 – Señales de advertencia utilizadas en el Manual

Tal y como se especifica en el Anexo III del Real Decreto 485/1997, sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, éstas tienen forma triangular, con pictograma negro sobre fondo amarillo y el color amarillo cubre al menos el 50% del fondo de la señal.

4.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Con carácter previo a cualquier otra:

- Leer y tener presente el “Manual de usuario para el experimento de cátedra sobre el efecto de resistencia nula en un superconductor”, incluido en el apartado 5 este documento.

Como ya se ha mencionado anteriormente, adquisición de información sobre los riesgos y la manera de evitarlos o de actuar cuando se presenta una emergencia puede ser considerada como la primera medida de precaución a tener en cuenta.

En lo referente a la manipulación del nitrógeno líquido:

- Correcta ventilación del lugar donde se vaya a realizar el experimento.

Se debe asegurar en todo momento como medida primera de protección colectiva que minimizará los efectos de cualquier posible escape o difusión al ambiente. Mantener ventanas y puertas abiertas durante la realización del mismo y un tiempo prudencial posterior deberá ser suficiente para garantizar este extremo.

- Nunca manipular en solitario.

Como se ha explicado anteriormente, la asfixia que provocaría la falta de oxígeno en el aire podría producirse sin que la víctima (en nuestro caso, el docente que realiza el experimento de cátedra) fuera consciente de ello. De este modo, no podría protegerse del peligro a tiempo. De una manera tan sencilla como apartarse del lugar, por ejemplo.

A mi modo de ver, tras estudiar y familiarizarme con la problemática y peligrosidad que presenta el nitrógeno líquido, su traslado y manipulación fuera de un entorno controlado como pudiera ser un laboratorio, se hace imprescindible la presencia en el aula de otra persona informada de los riesgos y conocedora de los posibles efectos sobre la salud del docente que realiza la demostración. De manera que esta segunda persona, permaneciendo vigilante, fuera capaz de avisar o actuar ante el menor indicio de malestar que éste presentase, apartándole del riesgo y evitando así que las posibles consecuencias llegaran a tener mayor trascendencia. O, en otro orden de cosas, prestarle ayuda y colaboración en el aspecto de la seguridad. Sugiero que para este fin se podría aprovechar la disponibilidad de los Maestros de Taller, quienes con su formación y capacitación podrían prestar una inestimable ayuda al docente en la realización de este tipo de demostraciones. No solo desde el punto de vista de la seguridad, siendo éste el principal motivo, sino también desde el educativo, si fuera necesario, dado su conocimiento de todos los elementos presentes en las mismas.

- Reducción de la cantidad de nitrógeno líquido presente en la realización del experimento al mínimo necesario compatible con el mismo.

Para refrigerar el superconductor en el recipiente de poliespán se precisa verter algo menos de 0,5 l de nitrógeno líquido en él y teniendo en cuenta las pérdidas por evaporación durante el transporte y manipulación, considero que la cantidad mínima necesaria para realizar una sola demostración sería de 1 l.

Sin embargo la práctica habitual en la realización de este tipo de experimentos de cátedra nos indica que no suele realizarse una única demostración aislada sino que lo normal es aprovechar el operativo para realizar varias consecutivas, pudiéndose organizar varios grupos. Significa esto que la cantidad de nitrógeno líquido que será necesario trasladar al aula para su utilización se verá incrementada y el dewar se llenará seguramente al máximo. Por consiguiente se hace oportuno realizar una serie de apreciaciones adicionales acerca del dewar y su manipulación.

- Sobre el dewar:

La utilización de un vaso dewar como recipiente final del nitrógeno líquido antes de su utilización aporta manejabilidad y aislamiento térmico para evitar su rápida evaporación a temperatura ambiente. El dewar que se utilice tendrá una tapa aislada y con ventilación que permita que los vapores emanados puedan escapar, de manera que no se incremente la presión, pero mantenga la temperatura en su interior. El modelo empleado para esta demostración, Nalgene 4150-4000 de Thermo Scientific, cumple con este requisito (imprescindible para su empleo con nitrógeno líquido).

Con carácter previo a cualquier otra consideración, se deberá examinar siempre el dewar para localizar posibles defectos. Su interior debe estar perfectamente seco antes de verter el nitrógeno líquido. Una vez comprobado su perfecto estado se tendrá cuidado en no llenarlo más allá de un 80% de su capacidad, es decir, unos 3,2 l. Esta cantidad permitiría realizar un número máximo de demostraciones de 5 ó 6. Si la temperatura ambiente pudiese incrementarse bruscamente o fuese elevada no debería llenarse por encima del 60% (2,4 l, unas 4 demostraciones) Téngase esto en cuenta a la hora de planificar las sesiones demostrativas. En días de temperaturas extremadamente altas estaría claramente desaconsejada la realización de esta demostración.

Por otro lado, la realización del experimento de cátedra tendrá lugar en un aula u otro espacio adecuado, lo que implica el traslado hasta ese lugar del dewar conteniendo una cantidad de nitrógeno líquido de cierta importancia. Los posibles incidentes que pudieran darse durante ese traslado (circunstancias imprevistas de todo tipo) o incluso a lo largo de la demostración, podrían derivar, en el peor de los casos, en el extravío o abandono del dewar. En

consecuencia, y de manera previa a su traslado, debería identificarse el mismo con un cartel de aviso sobre su peligrosidad. Dicha identificación podría hacerse con una pegatina adherida a su tapa, lo suficientemente grande como para ser perfectamente visible, o con una etiqueta prendida del asa. Un ejemplo de este tipo de carteles se muestra en la figura.3.



Fig.3 - Carteles de aviso propuestos para el dewar

El transporte del dewar se hará siempre utilizando, de entre los trayectos posibles, los que discurran por lugares abiertos y mejor ventilados. NUNCA se deberá utilizar el ascensor.

El traslado y manipulación del dewar conlleva una seria responsabilidad para la persona que se hace cargo de él. **En todo momento tendrá que haber una persona responsable de la custodia del dewar.**

- Mantener el dewar cerrado.

El docente que realiza la demostración, como responsable del vaso dewar durante la misma, deberá asegurarse de volver a cerrarlo nada más realizar el trasvase del nitrógeno líquido necesario, sin esperar a la finalización del experimento para hacerlo. De esta manera se elimina el riesgo de un posible vertido del líquido por vuelco y se minimiza la difusión de vapor de nitrógeno en la atmósfera.

- No exponer el dewar que contenga el nitrógeno líquido a ninguna fuente de calor.

Como puede ser el sol o cualquier punto de calefacción.

- No colocar objetos pesados encima del dewar que pudieran evitar que escape el vapor.

- Marca de llenado en el recipiente de poliespán.

Esta medida de precaución se realizará antes de llevar el demostrador al aula y ayudará a utilizar únicamente la cantidad mínima de nitrógeno líquido necesaria para refrigerar la barra superconductora. Además de reducirse así el riesgo, se evita que el nitrógeno líquido llegue a introducirse en la caja metálica que protege a la barra superconductora y pueda deteriorarla por contacto directo.

- No se deben emplear lentes de contacto durante la realización del experimento.

Las salpicaduras del nitrógeno líquido o sus vapores podrían deteriorarlas y provocar lesiones oculares. Se recomienda por ello el empleo de gafas graduadas en su lugar, la pantalla facial que se emplee ha de ser compatible con su utilización.

En caso de no poder prescindir de las lentillas, se deben utilizar gafas de seguridad cerradas [9], llamadas de “montura integral”. Entiéndase que su utilización no excluye la obligatoria pantalla facial que protege el resto de la cara. Ambos elementos de protección son complementarios y deben ser compatibles.

- Proteger el cuerpo de posibles salpicaduras.

Se ha de vestir bata larga de fibra natural [6] sin bolsillos abiertos (incluida en el E.P.I.) y pantalones largos. Bolsillos y dobleces son lugares donde puede quedar retenido fácilmente el líquido lo que incrementaría el tiempo de exposición al mismo. Se evitará usar ropa ceñida con el objeto de que ésta pueda ser rápidamente removida en caso de derramamiento sobre la misma. Si la ropa está congelada junto a la piel no se deberá retirar. También se evitarán joyas y otros elementos que puedan retener el líquido criogénico en contacto con la piel.

El calzado deberá ser cerrado. No se permitirá bajo ningún concepto la utilización de sandalias o calzado abierto.

- Establecer en el aula una distancia mínima de seguridad en torno al nitrógeno líquido.

Esta distancia la deberán respetar las personas que presencien el experimento de cátedra con el fin de que un posible vertido o salpicadura no llegue a afectarles, así como tampoco los vapores emanados. Dado el bajo calor específico del nitrógeno y el gran salto térmico desde la temperatura de ebullición a la que se encuentra hasta la temperatura ambiente, la evaporación de cualquier gota desprendida será casi inmediata lo que hace que una distancia prudencialmente segura a ese respecto pueda ser 2 m.

Por otro lado, la posibilidad de un derrame por vuelco del dewar aconsejaría que se aumentase esa distancia a 3 m del mismo, siempre que éste se halle destapado.

En la práctica, esto podría suponer dejar sin ocupar al menos la primera fila de asientos del aula.

- Cubrir la batería con una hoja de acetato.

A la hora de emplear el nitrógeno líquido para refrigerar el superconductor se ha de tener muy presente que el proceso en el que tienen lugar mayor número de accidentes al manipular líquidos criogénicos es el trasvase, durante el cual pueden tener lugar salpicaduras, intoxicaciones y quemaduras por contacto. Esta operación es la que requerirá la máxima atención.

En este sentido, además de los riesgos físicos mencionados, otro aspecto a tener muy en cuenta durante el trasvase del nitrógeno líquido en este demostrador es la posibilidad de que se produzca un derrame sobre la batería, lo que podría derivar en fragilidad estructural de la carcasa de la misma, favoreciendo su posterior deterioro y ruptura con el consiguiente peligro de exposición al electrolito corrosivo y plomo contenidos en su interior. Para evitar que esto pudiera llegar a suceder se debería cubrir la batería. Se trata de evitar que un posible vertido de nitrógeno líquido incida directamente sobre ella. Una forma sencilla de lograrlo es con una hoja de acetato de tamaño A4, doblada por la mitad y situada sobre ella a modo de pantalla transparente. Se debería colocar, según muestra la figura 4, antes de comenzar el experimento, pudiéndose retirar tras su finalización.

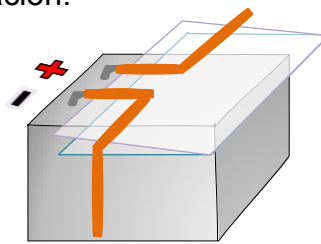


Fig.4 – Hoja de acetato cubriendo la batería

El posible vertido que se produjese sobre la hoja de acetato se dispersará rápidamente, dada la baja densidad del nitrógeno líquido, lo que favorecerá su casi inmediata evaporación. Se evita así que el frío extremo de una masa de líquido suficientemente grande pueda llegar a provocar la contracción y fragilización de la carcasa de la batería.

El material elegido, acetato, además de suficientemente resistente es transparente, muy adecuado en este caso ya que el motivo pedagógico del experimento aconseja que todos los elementos implicados en el mismo se encuentren a la vista. Pero en caso de necesidad podría emplearse otro material similar, como una cartulina.

Se ha tenido en cuenta que una posible cobertura rígida más estable (caja de metacrilato, p.e.) hubiera podido derivar en una acumulación en su interior de gas hidrógeno proveniente de la batería, caso de no estar asegurada su ventilación. Dado el carácter explosivo de este gas en determinadas concentraciones (del 4% al 76%), se ha descartado esta solución.

En lo referente a la batería de plomo ácido:

- Revisar la apariencia exterior de la batería.

La parte superior y las conexiones de los terminales deben estar limpias, libres de polvo, corrosión y secas. La carcasa no debe presentar ningún indicio de agrietamiento o fisuras. Si la caja de la batería estuviese dañada, evitar el contacto del cuerpo con los componentes internos.

Si es necesario limpiarla se debe utilizar únicamente un trapo humedecido y no se deben emplear detergentes ni solventes.

- No utilizar durante el experimento ningún tipo de puntero metálico.

Ni ningún otro elemento de metal lo suficientemente largo que pueda poner en contacto de manera accidental los terminales de la batería, provocando un cortocircuito.

- El cazo que se utilice para el trasvase tendrá que ser de un material capaz de soportar temperaturas criogénicas y que sea aislante eléctrico.

Materiales como el cobre, algunas aleaciones de aluminio o el acero inoxidable, no así el acero al carbón, soportan bien las temperaturas criogénicas. Sin embargo, el hecho de que estos materiales sean conductores de la electricidad genera un problema de incompatibilidad con la batería eléctrica utilizada ya que, por su longitud, el cazo podría provocar un cortocircuito accidental entre los terminales de ésta. Por tanto, se plantea la necesidad de encontrar un cazo de material termoestable y no conductor capaz de soportar la baja temperatura del nitrógeno líquido.

Bajo determinadas condiciones sería adecuado el PTFE (Teflon®) o algunos de sus derivados. Otra opción podría ser la utilización de un cazo metálico de los materiales antes citados con recubrimiento de pintura epoxi, la cual soporta las temperaturas criogénicas y es aislante desde el punto de vista eléctrico.

- Quitarse de las manos, muñecas y cuello todos los objetos personales metálicos antes de comenzar el experimento.

Tales como relojes o anillos, a fin de eliminar la posibilidad de que los mismos puedan provocar una descarga eléctrica en la persona que vaya a realizar la demostración.

- No se deben colocar objetos de ningún tipo sobre la batería.

También con el fin de eliminar la posibilidad de cortocircuitos fortuitos.

- Desconectar la fuente de carga antes de conectar o desconectar los terminales de la batería.

En lo que se refiere al circuito eléctrico:

- Se deberían recubrir con material aislante los extremos del circuito que se conectan a los bornes de la batería.

Con el fin, así mismo, de eliminar la posibilidad de cortocircuitos fortuitos cuando la fuente de tensión está conectada. Estos extremos son la única parte del circuito que no está recubierta ya que el cable de cobre está barnizado.

- Se tendría que cubrir el fusible con una caja de plástico transparente y rígida a medida, a fin de evitar que su eventual fusión pudiese proyectar material a gran velocidad, lo que supondría un riesgo para las personas próximas.

- Debe tenerse especial cuidado durante el experimento en no tocar el cable de cobre, sobre todo en las proximidades del contenedor de poliespán, dadas las bajísimas temperaturas que, dada su alta conductividad térmica, éste puede llegar a alcanzar cuando se refrigera el superconductor.

Las quemaduras criogénicas que provoca el contacto con los materiales enfriados con nitrógeno líquido pueden llegar a ser más peligrosas que las producidas por el propio nitrógeno. Adviértase a los alumnos de esta circunstancia.

Sobre la barra superconductora:

- El recipiente de poliespán y la barra superconductora deben estar perfectamente secos.

Antes de introducir el nitrógeno líquido en cualquier tipo de recipiente, éste debe secarse escrupulosamente ya que se congelaría la humedad y podría producirse un mal funcionamiento. El aire alrededor del nitrógeno líquido también se condensa, este aire condensado está enriquecido en oxígeno, ya que el nitrógeno contenido en él se evapora posteriormente.


En nuestro caso el mal funcionamiento sería el rápido deterioro de la barra de material superconductor, que es muy frágil y sensible a la humedad.

Se utilizará para secar el recipiente y la barra superconductora un secador normal, de los utilizados para el pelo. Además, para reducir al máximo la humedad en su interior, se debe mantener el recipiente cerrado y con bolsas de material desecante que la absorban.

4.3. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL NECESARIO


Para combatir los riesgos de accidente y de perjuicios para la salud, resulta prioritaria la aplicación de medidas de protección colectiva en primer lugar. Pero cuando estas medidas resultan insuficientes, se hace necesaria la utilización de equipos de protección individual (E.P.I.)

Se define como 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” [10].

Las Administraciones de los diferentes países europeos están obligadas a vigilar su calidad y a otorgar certificaciones que legitimen su uso. Las condiciones para la comercialización y las exigencias esenciales de salud y seguridad de los E.P.I. en España están establecidas en el Real Decreto 1407/1992 (transposición de la Directiva del Consejo de la Unión Europea 89/686/CEE). Los E.P.I. que se ajustan a las disposiciones indicadas en dicho Real Decreto llevan marcado el símbolo  .

Las exigencias mínimas relativas a la elección y utilización de los E.P.I. se fijan en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo.

Es obligación del fabricante de los E.P.I. entregar junto a ellos un folleto informativo en el que se referenciarán y explicarán claramente las condiciones de almacenamiento adecuadas, su uso y mantenimiento así como los niveles de protección ofrecidos por el equipo [11]. A su vez, es responsabilidad del empresario hacer llegar este folleto con cada unidad de protección que se suministre a los trabajadores [10].

Hay que destacar la importancia de la información proporcionada por el fabricante en el folleto informativo, que se advierte mediante la frase “Véanse instrucciones del fabricante” o el pictograma  que llevan marcados el EPI y su embalaje.

A la hora de elegir los elementos de protección apropiados hay que tener en cuenta, no solo el nivel de seguridad necesario sino también la comodidad, ya que su uso puede conllevar una serie de molestias.

El equipo de protección individual que considero necesario para la realización del presente experimento de cátedra estaría compuesto de los siguientes elementos:

- Guantes criogénicos.
- Pantalla facial y, en su caso, gafas de montura integral.
- Bata larga.

- **Guantes:**

Han de cumplir la norma UNE-EN-511. “Guantes de protección contra el frío”.

A la hora de elegirlos se tendrá en cuenta la sensibilidad al tacto y la capacidad de asir.

Cubrirán el antebrazo y deberán ser suficientemente amplios a fin de poder ser sacados con facilidad en caso de que el nitrógeno líquido penetrara en ellos. Además, si fueran demasiado estrechos se podrían mermar sus propiedades aislantes o podrían dificultar la circulación.

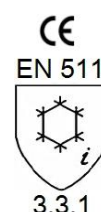
Se elegirá que sean estancos ya que la penetración de agua en el interior del guante puede provocar una pérdida del aislamiento térmico que éste ofrece y acelerar la velocidad de pérdida de calor.

Grado de protección requerido:

Nivel de aislamiento térmico, contra el frío convectivo: 3 ó 4.

Nivel de resistencia térmica, contra el frío de contacto: 3 ó 4.

Nivel de resistencia a la penetración de agua: 1.



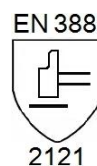
En la figura 5 se muestran los niveles de rendimiento que establece esta norma.

UNE-EN 511. RIESGOS POR FRÍO						
	Niveles de rendimiento		1	2	3	4
A	Resistencia al frío convectivo	Aislamiento térmico (ITR) en m2 C/W	≥0.10	≥0.15	≥0.22	≥0.30
B	Resistencia al frío de contacto	Resistencia térmica (R) en m2 C/W	≥0.025	≥0.050	≥0.100	≥0.150
C	Impermeabilidad al agua	Nivel 1: impermeable Como mínimo 30 min.				

Fig.5 - Niveles de aislamiento al frío convectivo y conductivo y de penetración al agua según norma UNE-EN 511:2006

Al tener el guante niveles superiores a 2 de resistencia al frío convectivo y/o resistencia al frío de contacto, su nivel de resistencia mecánica al rasgado y a la abrasión, según la norma UNE-EN-388, deberá ser como mínimo 2 con el fin de garantizar que la protección será duradera [12].

El pictograma correspondiente será:



Se comprobará periódicamente si los guantes presentan desperfectos.

- **Pantalla facial:**

Es un protector de los ojos que cubre la totalidad o una parte del rostro mediante un visor de plástico. Ofrece una protección frente a salpicaduras de las mucosas de los ojos, boca y nariz que no se puede conseguir con el empleo de gafas para los ojos.

Cumplirá la norma UNE-EN-166. “Protección de los ojos. Especificaciones”.

Grado de protección requerido:

Símbolo 3 - Campo de uso: Salpicaduras de líquidos. (Ver figura 6).

Símbolo	Campo de uso	Tipo de montura
Sin símbolo	Uso básico	Todas
3	Gotas de líquidos	Montura integral
	Salpicaduras de líquidos	Pantalla facial
4	Partículas gruesas de polvo	Montura integral
5	Gases y partículas finas de polvo	Montura integral
8	Arco de cortocircuito eléctrico	Pantalla facial
9	Metales fundidos y sólidos calientes	Montura integral o Pantalla facial

Fig.6 - Símbolo, campo de uso y tipo de montura de las gafas de protección contra agentes químicos [13]

Por otra parte si, a pesar de estar desaconsejadas, no se pudiera evitar el uso de lentes de contacto, junto a la pantalla facial se deberán utilizar unas gafas de montura integral [9]. Ambas deben ser compatibles.

- **Gafas de montura integral:**

Son aquellas en las cuales la misma montura de las gafas forma una protección adicional para el caso de que las proyecciones puedan incidir en el ojo no sólo frontalmente, sino también por las zonas inferior, lateral o superior.

Igualmente han de cumplir la norma UNE-EN-166. “Protección de los ojos. Especificaciones”.

Grado de protección requerido:

Símbolo 3 - Campo de uso: Gotas de líquidos. (Ver figura 6).

Para conseguir una buena conservación, se guardarán las gafas, cuando no estén en uso, limpias y secas en su correspondiente estuche. Si se quitan momentáneamente, se ha de procurar no dejarlas colocadas con los oculares hacia abajo, con el fin de evitar arañazos que deterioren la visibilidad a través de ellas. Igualmente se procederá con la pantalla facial.

A pesar de no tener la consideración de equipo de protección individual por no llevar la marca **CE** , y se habría de calificar, por tanto, únicamente como ropa de trabajo, creo que es imprescindible en este caso, para garantizar la seguridad, incluir entre los componentes del E.P.I. una:

- **Bata larga sin bolsillos abiertos:**

Fabricada de fibras naturales, debe estar limpia y seca [6].

Protegerá el cuerpo y la ropa personal de las salpicaduras. No llevará bolsillos abiertos ya que en los mismos puede quedar retenido fácilmente el líquido.

Se utilizará siempre correctamente cerrada.

La obligatoriedad del equipo de protección individual (EPI) descrito queda indicada en el Manual en el apartado *4. Ejecución del experimento de cátedra*, donde figuran en lugar perfectamente visible las señales de obligación de uso de: Bata de Laboratorio, Pantalla Facial y Guantes de Protección.

Así mismo, la obligatoriedad del uso de Gafas de Protección Integral en caso de no poder prescindir de las lentillas está indicada mediante la señal correspondiente en el apartado *1. Riesgos y Advertencias*.



Fig. 7 – Señales de obligación del EPI utilizadas en el Manual

En el Anexo III del Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo, se establece que las señales de obligación de uso del EPI deben tener forma redonda, con el pictograma blanco sobre fondo azul. El color azul cubrirá como mínimo el 50% de la superficie de la señal.

4.4. ETAPAS PARA LA REALIZACIÓN

Previamente a la ejecución del experimento, y antes de trasladar el prototipo al aula, debería cargarse la batería. En cualquier caso, hemos de comprobar que se encuentra cargada como mínimo al 80% de su capacidad. Para ello, utilizando un tester, medir la tensión en circuito abierto entre sus terminales que deberá estar entre 12,75 V y 13,10 V, ver figura 8.

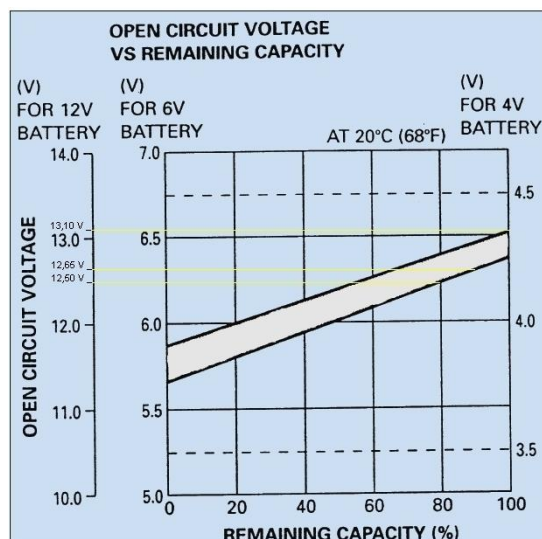


Fig.8 - Tensión en circuito abierto frente a porcentaje de carga de la batería [14]

Con el fin de alargar la vida de la batería, no es conveniente que la misma se descargue más de un 70%, es decir, por debajo de 12,65 V. Este factor de seguridad eliminará la posibilidad de dañar la batería debido a una descarga más profunda de lo recomendado.

Cuando se guarde el prototipo después de su utilización es recomendable recargar la batería y asegurarse que se almacenará con plena carga para evitar su deterioro prematuro por descarga profunda durante su inactividad.

Una vez que se han adoptado y tomado en consideración todas las indicaciones descritas en el apartado 4.2 *Medidas preventivas*, los pasos que se describen en el Manual para la realización del experimento de cátedra en el aula son:

- **A** - Ponerse el E.P.I.

Es fundamental antes de comenzar con la realización del experimento proceder a colocarse los elementos que componen el Equipo de Protección Individual (EPI). Nótese que, a la protección personal que se busca primordialmente, se añade el carácter pedagógico. Se ayudará a transmitir y fomentar en los alumnos comportamientos seguros y buenas prácticas

Antes nos habremos despojado de los anillos, relojes, colgantes, que pudiéramos llevar.

En primer lugar, la bata debe estar correctamente cerrada. Nos colocaremos después las gafas de montura integral, si es que llevamos y no hemos podido prescindir de las lentillas. De no ser así pasaremos a colocarnos la pantalla facial. Finalmente, los guantes criogénicos. Éstos pueden resultar algo incómodos en un primer momento pero ya nos habremos familiarizado con su uso previamente. El prototipo no requiere de manipulaciones demasiado precisas durante la realización del experimento. Todos los elementos, como los seccionadores, son suficientemente grandes como para que su utilización con guantes no presente dificultad.

- **B** - Verificar que se encuentran abiertos los dos seccionadores.

Antes de conectar la fuente de tensión debemos estar seguros de que la carga está desconectada para evitar descargas eléctricas imprevistas. Ambas palancas deben estar en posición vertical.

- **C** - Conectar la batería al circuito.

Conectaremos primero el polo positivo, marcado en rojo en la batería, y después conectaremos el polo negativo. Así tendremos la fuente de tensión lista pero sin carga. No circula corriente por el circuito.

- **D** - Cerrar el seccionador principal.

Este interruptor hace las veces de interruptor general y de protección del circuito. Al cerrarlo la corriente comienza a circular a través del superconductor y de la bombilla de baja potencia (10 W), conectados en serie con él.

El material superconductor es Bismuto-Estroncio-Calcio-Cobre-Oxígeno ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$) llamado Bi-2212. Se trata de una barra de aproximadamente 30 mm de longitud y 2 mm de diámetro.

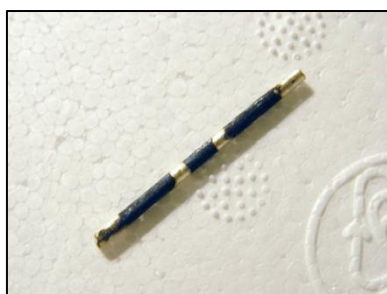


Fig.9 – Barra superconductora de Bi-2212 a tamaño real

Se halla dentro de una caja metálica para evitar el contacto directo con el nitrógeno líquido refrigerante que podría romperla, dada su fragilidad.

A su vez, esta caja metálica se encuentra dentro de una caja mayor de poliespán en la que se verterá el nitrógeno líquido necesario para enfriar el superconductor, como veremos.

El poliespán es un material ligero, estanco y muy buen aislante térmico.

Para comprobar la existencia o no de resistencia eléctrica al paso de la corriente en el superconductor utilizaremos un voltímetro de 100 mV de fondo de escala conectado en paralelo con la barra superconductora.

Sabemos por la Ley de Ohm ($V=I \cdot R$), que el paso de una determinada corriente eléctrica a través de una resistencia provoca en ella una caída de tensión. Esta diferencia de potencial entre dos puntos de la barra superconductora es lo que mediremos con el voltímetro.

A su vez el amperímetro conectado en serie nos indicará la intensidad de esa corriente en cada momento.

En la situación actual el voltímetro indica una caída de tensión en la barra de 10 mV provocada por una corriente eléctrica de unos 700 mA, según indica el amperímetro.

La barra presenta una cierta resistencia eléctrica.

Es decir, *a temperatura ambiente, el material superconductor está comportándose como un conductor convencional.*

La resistencia eléctrica que presenta ahora el superconductor se traduce en una disipación de calor por efecto Joule ($E=V \cdot I \cdot t$).

Para conseguir que el material superconductor alcance su estado de superconducción debemos enfriarlo por debajo de su temperatura crítica (T_c) y para eso necesitamos refrigerarlo con el nitrógeno líquido.

- **E** - Verter el nitrógeno líquido.

Es necesario poner especial atención en esta operación ya que se trata del momento más crítico del experimento por el riesgo de derrames o salpicaduras que conlleva.

Con sumo cuidado abrir el dewar e introducir el cazo. La diferencia de temperatura del cazo con el nitrógeno líquido, que se encuentra a su temperatura de ebullición, 77 K, es decir a 196,15 °C bajo cero, provoca un leve burbujeo. Se trata de la rápida ebullición del nitrógeno líquido producida por la elevada temperatura del cazo que entra en contacto con él. Si es muy brusca puede ocasionar salpicaduras por lo que conviene esperar unos segundos hasta que se equilibran las temperaturas de cazo y nitrógeno y el burbujeo desaparece.

Cuando el cazo se ha enfriado suficientemente y no provoca burbujeo podemos comenzar a verter el líquido en el contenedor de poliespán.

Se necesitarán 4 ó 5 cazos para llenar el contenedor hasta la señal, de manera que no se rebase el borde superior de la caja metálica que protege al superconductor y éste no se llegue a mojar.

- **F** - Cerrar el dewar.

Es fundamental no olvidar cerrar el dewar. Por seguridad, sólo debe permanecer abierto el tiempo imprescindible para verter el nitrógeno líquido necesario. Nada más hacerlo cerraremos el dewar y lo dejaremos en un lugar seguro donde no pueda volcar.

Se evita de esta manera que se pueda producir un derrame del nitrógeno líquido con salpicaduras y proyecciones del material y también se minimiza su evaporación. Recuérdese el riesgo de asfixia por desplazamiento del oxígeno del aire.

- **G** - Colocar la tapa del contenedor de poliespán.

Sin perder tiempo la colocaremos. Así el enfriamiento será más rápido y la emisión de vapores de nitrógeno menor.

La muestra de superconductor puede tardar unos segundos en enfriarse por debajo de su Temperatura Crítica, que es de 90 K, unos 183,15 °C bajo cero.

Inicialmente se observa en el voltímetro una caída de tensión de 5 mV, consecuencia del enfriamiento inicial de la barra, ya que la resistencia eléctrica de un conductor disminuye con la temperatura.

Cuando el voltímetro señale 0 mV, significará que la barra superconductora ha alcanzado su Temperatura Crítica, es decir, se encuentra en estado de superconductividad. Sabemos que esto es así porque la Ley de Ohm ($V=I \cdot R$) nos dice que si una corriente no provoca caída de tensión entre dos puntos, es que no hay resistencia a su paso entre ellos.

En esta situación el superconductor no ofrece resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Por debajo de su Temperatura Crítica el material superconductor se encuentra en estado de superconductividad.

Mostramos la aguja del voltímetro indicando 0 mV.

Para demostrar que en estado de superconductividad la barra no ofrece resistencia al paso de cualquier corriente eléctrica, por elevada que sea ésta,

haremos circular por el superconductor una corriente mucho mayor. Para ello encenderemos la bombilla de alta potencia.

- **H** - Cerrar el seccionador secundario.

Este seccionador conecta en paralelo la bombilla de alta potencia (35 W) con la de baja potencia (10 W). Ahora se encienden las dos bombillas.

En el amperímetro se observa que la corriente que circula en esta situación por el circuito es de 5,5 A. Pero a pesar del notable incremento de la corriente que atraviesa la barra superconductora, el voltímetro indica que la caída de tensión en ella sigue siendo 0 mV.

Se demuestra así la ausencia de resistencia y la capacidad casi ilimitada del superconductor para transportar la corriente eléctrica.

En este punto, estando el dewar perfectamente cerrado y asegurado y el contenedor de poliestirén con el nitrógeno líquido tapado, si se considera necesario y seguro, podría permitirse a los alumnos acercarse a 1 m del demostrador por un momento para que puedan comprobar las lecturas del voltímetro y el amperímetro desde más cerca. Si se decide que sea así debe advertírseles antes del cuidado necesario y de la bajísima temperatura que tienen los materiales en contacto con el nitrógeno líquido, concretamente el cable de cobre rígido. No podrán tocar el prototipo.

- **I** - Abrir la tapa del contenedor.

Para así favorecer la evaporación del nitrógeno y hacer retornar al superconductor a su estado de conductor convencional por encima de su Temperatura Crítica. Dependiendo de la temperatura ambiental, este proceso puede durar varios minutos.

Tener especial cuidado en no inhalar los vapores que se desprendan.

Al ir desapareciendo el nitrógeno líquido refrigerante, la temperatura de la barra superconductora aumentará hasta superar su T_c y *retornará a su estado de conductor convencional*.

A medida que esto va sucediendo se observa en el voltímetro un rápido incremento de la caída de tensión en la barra, que una vez abandonado el estado de superconductividad ya no presenta resistencia cero al paso de la corriente eléctrica.

La caída de tensión en la barra puede superar rápidamente los 75 mV.

No perder de vista el voltímetro, el incremento de la caída de tensión es muy rápido.

No hay que olvidar que ahora la elevada corriente que sigue circulando provocará en la barra un rápido calentamiento por efecto Joule que podría llegar a destruir al superconductor.

- **J** - Abrir el seccionador secundario.

Cuando el voltímetro esté a punto de alcanzar los 75 mV abrir el seccionador secundario para apagar la bombilla de alta potencia. El circuito entonces vuelve a la situación inicial. La corriente desciende hasta los 700 mA y la caída de tensión en la barra vuelve a ser de 10 mV.

- **K** – Abrir el seccionador principal.

Antes de desconectar la batería y finalizar la demostración no olvidar abrir el seccionador principal con el fin de dejar sin carga a la batería.

- **L** – Desconectar la batería.

Primero desconectar el polo negativo y después el polo positivo (rojo).

No dejar la batería conectada una vez finalice el experimento de cátedra a fin de evitar posibles descargas eléctricas accidentales.

- Tras la finalización del experimento nos quitaremos el EPI.

Después de cada realización del experimento y antes de iniciar una nueva sesión (caso de estar previstas varias consecutivas) es necesario llevar a cabo un proceso de secado del interior del recipiente de poliespán y de la barra superconductora.

Esto es necesario para garantizar que la humedad del aire que se haya condensado por la baja temperatura no permanezca cuando se vuelva a verter nitrógeno en el contenedor y para evitar la ruptura de la barra superconductora. Ésta es frágil y porosa. La humedad puede acelerar su deterioro.

- **M** – Comprobar la total evaporación del nitrógeno líquido del interior del contenedor.

Esperar el tiempo necesario.

- **N** – Secar el superconductor y el interior del contenedor.

Tener cuidado de que el chorro de aire al salir no incida sobre los ojos ya que podrían quedar restos de nitrógeno.

- **O** – Una vez estén el superconductor y el interior del contenedor completamente secos, introduciremos unas bolsas de material desecante (silica-gel) y lo taparemos hasta la siguiente realización.

4.5. - FOTOGRAFÍAS Y ESQUEMAS

Se realizaron una serie de fotografías del demostrador y de los diferentes elementos relacionados con el fin de utilizarlas en el apartado 2. *Descripción del demostrador* del Manual.

Estas fotografías las he retocado con un software de edición gráfica básico, de carácter gratuito, con el fin de individualizarlas del resto del montaje y darles un carácter esquemático y genérico, muy visual, a la vez que realista. De este modo cada elemento individualizado puede ser inmediatamente identificado en el prototipo real o en cualquier otro similar.

Algunos ejemplos de esto se muestran en la figura 10.



Puede apreciarse como mejora la claridad en la representación de las diferentes piezas.

El esquema de la disposición de los elementos del demostrador la he hecho utilizando estas mismas imágenes individualizadas simulando el aspecto de una fotografía del conjunto. El software empleado para hacer esto ha sido, además del mencionado, el propio del editor de texto.



Fig. 11 – Esquema del prototipo utilizado en el Manual

El hecho de hacerlo de esta manera y no utilizar las mismas fotografías directamente ha sido para dotar al manual de un aspecto más sencillo, esquemático y directo, sin perder el realismo y la precisión. Además intento que se desvincule de este prototipo específico y se generalice para cualquiera otro similar que se pudiera construir.

Las imágenes que representan los componentes del EPI han sido sacadas de las Notas Técnicas de Prevención del INSHT relacionadas en que aparecen.

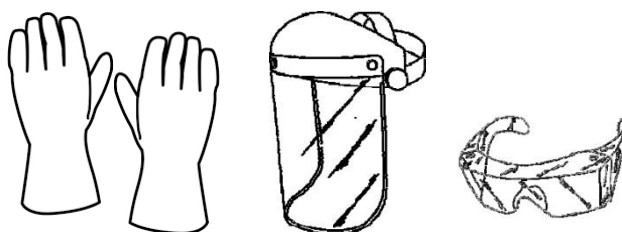


Fig. 12 – Dibujos de los componentes del EPI

La imagen del número de emergencias de la Universidad de Zaragoza está sacada de la web de la propia universidad.



Fig. 13 – Teléfono de emergencias de la Universidad de Zaragoza

Como resultado de todo lo enumerado hasta el momento he creado, con el propósito de que sirva de complemento al prototipo descrito en [1], el siguiente “Manual de usuario para el experimento de cátedra sobre el efecto de resistencia nula en un superconductor.”

**5. “MANUAL DE USUARIO PARA EL EXPERIMENTO DE CÁTEDRA
SOBRE EL EFECTO DE RESISTENCIA NULA EN UN
SUPERCONDUCTOR”**

MANUAL DE USUARIO



PARA EL EXPERIMENTO DE CÁTEDRA
SOBRE EL EFECTO DE RESISTENCIA NULA
EN UN SUPERCONDUCTOR

En caso de accidente:

Protege de un sobreaccidente.

Avisa para que llegue ayuda.

Socorre en la medida de tus posibilidades.

Llamar a **C O N S E R J E R Í A** o al número:

**NITRÓGENO LÍQUIDO**▪ Vertido:

Si es importante, EVACUAR la zona donde se haya producido.

No penetrar en la zona del derrame.

Ventilar.

No arrojar agua.

▪ Inhalación:

Retirar a la víctima a una zona ventilada y segura.

Mantener a la víctima caliente y en reposo.

Solicitar asistencia médica.

Aplicar, si es necesario, reanimación cardiopulmonar.

▪ Contacto con la piel:

Aflojar la ropa y rociar la zona afectada con agua a temperatura ambiente, al menos durante 15 min.

No utilizar agua caliente.

No retirar los tejidos adheridos.

No frotar las zonas congeladas.

Solicitar asistencia médica.

▪ Contacto con los ojos:

Lavar los ojos inmediatamente, al menos durante 20 min. Levantar los párpados para mejorar el lavado.

Solicitar asistencia médica.

BATERÍA▪ Electrocución:

Cortar la corriente.

Si no es posible, retirar a la víctima asegurándose de no ser afectado por la electricidad, utilizando materiales aislantes (madera, goma, etc.)

Solicitar asistencia médica.

Aplicar, si es necesario, reanimación cardiopulmonar.

▪ Ruptura de la carcasa:

Neutralizar rápidamente el ácido de las partes expuestas de la batería con bicarbonato sódico hasta que cese el burbujeo. Emitirá calor, dióxido de carbono y gas hidrógeno.

No utilizar serrín como absorbente.

Ventilar.

Recoger en un recipiente estanco no metálico para reciclar.

Limpiar bien la zona con agua y detergente.

▪ Contacto de la piel / ojos con ácido sulfúrico

Lavar la zona afectada con agua abundante al menos durante 15 min.

Mientras, retirar la ropa contaminada.

No intentar neutralizar el ácido.

Solicitar asistencia médica.

1. Riesgos y Advertencias

Todas las personas que trabajen con nitrógeno líquido deberán estar formadas e informadas adecuadamente, así como asegurarse de que poseen el suficiente adiestramiento.



El uso de nitrógeno líquido requiere conocer bien sus propiedades y seguir todas las recomendaciones de seguridad. Su empleo presenta dos peligros principales:

- de congelación a través del contacto,
- asfixia por desplazamiento del oxígeno.



- ⚠ Solo se manipulará el nitrógeno líquido en una sala lo suficientemente amplia y bien ventilada.
- ⚠ Nunca exponer el dewar con el nitrógeno líquido a una fuente de calor y nunca colocar objetos pesados sobre él. Poner especial atención en que no se pueda caer.
- ⚠ Se utilizará ropa holgada de manga larga, sin bolsillos abiertos, pantalones largos sin dobleces y calzado cerrado. Se recomienda no usar lentillas.

ATENCIÓN USUARIOS DE LENTES DE CONTACTO:
Si no es posible prescindir de ellas,
utilizar siempre gafas de seguridad de montura integral.

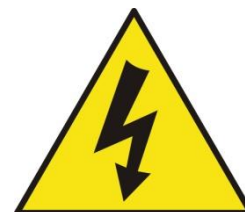


- ⚠ Durante la realización del experimento de cátedra se usará adecuadamente el **Equipo de Protección Individual.**



No existe ningún peligro durante el funcionamiento normal de una batería de plomo-ácido.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que:



- Puede provocar una descarga eléctrica grave en caso de cortocircuito.
- El electrolito, ácido sulfúrico diluido, es altamente corrosivo y su contacto o la exposición a sus vapores puede provocar quemaduras químicas graves o irritación en los ojos, mucosas o la piel.
- ⚠ Se evitará que ningún objeto metálico entre en contacto con ambos terminales de la batería simultáneamente, ya que ello produciría daños, podría causar lesiones y ocasionar chispas.
- ⚠ La batería es pesada y contiene ácido sulfúrico (electrolito) y plomo. Si se llega a caer podría causar lesiones químicas graves.
- ⚠ Se deberán quitar de las manos, muñecas y cuello todos los objetos metálicos antes de comenzar el experimento.

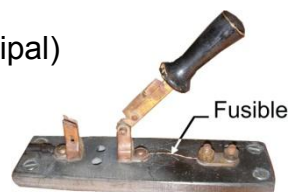
2. Descripción del demostrador

El demostrador utilizado se compone de los siguientes elementos:

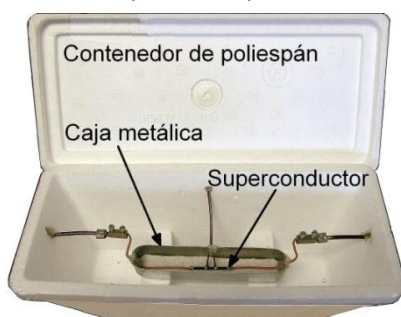
- Batería (12 V-12 Ah)



- Seccionador monofásico con fusible (principal)



- Superconductor (Bi-2212)



- Voltímetro
Fondo de escala: 100 mV



- Seccionador monofásico (secundario)



- Bombillas (de 10 W y de 35 W)



- Amperímetro
Fondo de escala: 6 A



- Cable rígido de cobre barnizado de 2,5 mm²

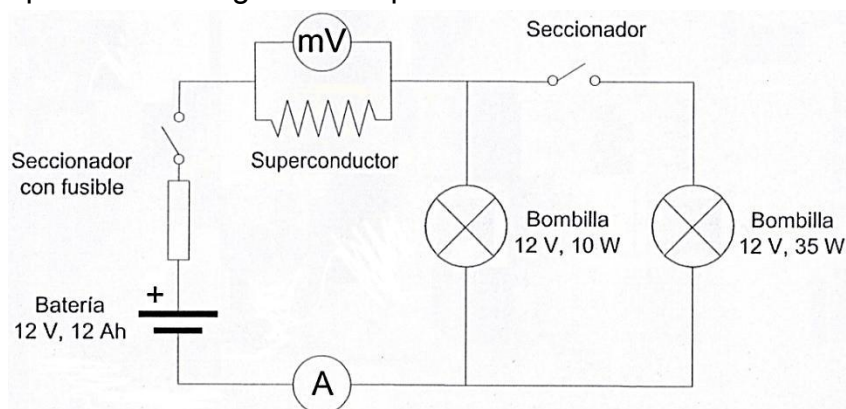


Estos elementos están conectados de la siguiente manera:



4

Correspondiente al siguiente esquema eléctrico:



Se necesita 0,5 l de nitrógeno líquido, que se traslada en un dewar. Y un cazo.

- Dewar (de 4 l de capacidad)



- Cazo



Para conservar seco el superconductor utilizaremos:

- Secador
- Bolsitas de desecante



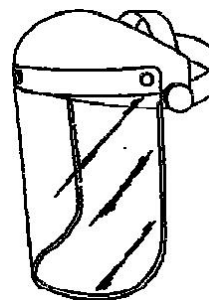
3. Medidas de Precaución

➤ Antes de trasladar el prototipo demostrador al aula:

- ☑ Verificar ocularmente el perfecto estado del prototipo, (ausencia de desperfectos o manchas en la batería, grietas en el contenedor de poliestirano, comprobar que esté completamente seco, integridad del fusible, continuidad del circuito eléctrico...)
- ☑ Con un tester comprobar que la batería está completamente cargada. La tensión deberá estar entre 12,60 y 13,10 V.
- ☑ Cerciorarse de que las bombillas funcionan correctamente. Para ello, con los dos seccionadores abiertos, conectar la batería. Cerrar el seccionador principal, se debe iluminar la bombilla de baja potencia. A continuación cerrar momentáneamente el otro seccionador para comprobar que se ilumina la bombilla de mayor potencia. Abrir los dos seccionadores. **Desconectar la batería.**
- ☑ Conseguir una hoja de acetato transparente y colocarla doblada sobre la batería, por debajo de los conductores. Probado esto, quitarla y llevarla al experimento.
- ☑ Asegurarse de que el contenedor de poliestirano tiene marcado en su interior el límite de llenado para el nitrógeno líquido. Debe estar ligeramente por debajo del borde de la caja metálica que contiene al superconductor.
- ☑ Comprobar visualmente y después probarse el **Equipo de Protección Individual (EPI)**. Éste se compone de:

- Pantalla facial (y gafas de seguridad de montura integral si se usan lentillas).

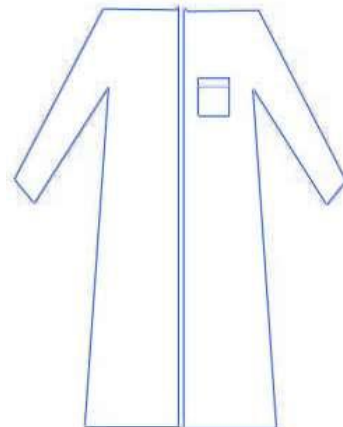
CE EN 166 3



- Guantes criogénicos.



- Bata larga de algodón sin bolsillos abiertos.



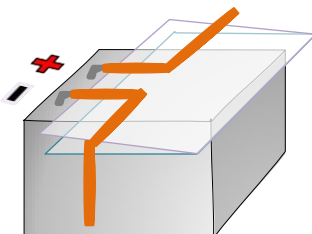
➤ Una vez en el aula:

- ✓ Abrir puertas y ventanas para garantizar una adecuada ventilación, la cual deberá mantenerse durante toda la realización del experimento.
- ✓ El demostrador no se colocará al sol ni próximo a ninguna fuente de calor. Comprobar que su posición es perfectamente estable.
- ✓ Asegurarse de que el lugar donde se realizará el experimento esté libre de obstáculos que pudiesen provocar colisiones accidentales y el derramamiento del nitrógeno líquido durante su manipulación.
- ✓ **Recepción del dewar.**



La persona que realice el experimento recibirá personalmente el dewar conteniendo el nitrógeno líquido, siendo responsable de él desde ese momento hasta su posterior devolución.

- ✓ Depositar el dewar en un lugar seguro y estable, no expuesto a ninguna fuente de calor (por ejemplo el sol). No situar ningún objeto sobre él.
- ✓ El dewar deberá permanecer siempre cerrado. Sólo se abrirá el tiempo imprescindible para realizar el vertido del nitrógeno líquido en el contenedor del demostrador.
- ✓ Colocar la hoja de acetato transparente doblada por la mitad cubriendo la batería, por debajo del conductor, para protegerla de un posible vertido directo de nitrógeno líquido durante el trasvase.



- ✓ Destapar el contenedor y sacar las bolsas de desecante.
- ✓ Se advertirá a los alumnos de la **distancia mínima de seguridad** que en todo momento deben mantener para evitar posibles salpicaduras del nitrógeno líquido. Como mínimo 3 m alrededor del dewar y 2 m del contenedor del demostrador. Dejar libre la primera fila de asientos del aula si es necesario.
- ✓ Durante la realización del experimento, una vez vertido el nitrógeno líquido en el contenedor de poliespán, téngase en cuenta que el cobre alcanzará bajísimas temperaturas en las proximidades de éste. No debe tocarse. Advierta de ello, si es necesario.



4. Ejecución del experimento de cátedra



No realice este experimento si no conoce y ha seguido los puntos:

1- Riesgos y Advertencias y 3- Medidas de Precaución de este manual.



7

Pasos a seguir:

A - Ponerse el E.P.I.

Comenzar por la bata, bien cerrada, a continuación (gafas de montura integral, si se van a utilizar) la pantalla facial, después los guantes criogénicos.



B - Verificar que se encuentran abiertos los dos seccionadores.

C - Conectar la batería al circuito.

Primero conectar el **polo positivo** (rojo) y después el polo negativo.

D - Cerrar el seccionador principal.

Se enciende la bombilla de baja potencia (10 W).

La corriente circula por el circuito a través del superconductor y enciende la bombilla de 10 W. El amperímetro indica que la intensidad de esta corriente es de unos 700 mA. Por la Ley de Ohm ($V=I \cdot R$), se produce una diferencia de potencial entre los dos puntos de la barra superconductora de 10 mV, según señala el voltímetro. La barra presenta una cierta resistencia eléctrica.



La barra superconductora, que se encuentra a temperatura ambiente, está comportándose como un conductor convencional.



E - Verter el nitrógeno líquido.

¡Poner especial atención en esta operación!

Abrir el dewar e introducir el cazo. La diferencia de temperatura con el nitrógeno líquido (77 K = -196,15 °C) provoca un leve burbujeo. Conviene esperar unos 5 segundos, hasta que se equilibran las temperaturas de ambos y éste desaparece, antes de verter el líquido en el contenedor de poliespán.

Se necesitan 4 ó 5 cazos para llenar el contenedor hasta la señal. (No rebasar el borde superior de la caja metálica que protege al superconductor).



F - Cerrar el dewar.

G - Colocar la tapa del contenedor de poliespán.

Esperar a que la muestra de superconductor se enfríe por debajo de su Temperatura Crítica (unos segundos).

Inicialmente se observa que el voltímetro indica una caída de tensión de 5 mV, por enfriamiento de la barra, ya que la resistencia eléctrica de un conductor disminuye con la temperatura.

Cuando la aguja del voltímetro señale 0 mV, significará que la barra superconductora ha alcanzado su T_c ($90\text{ K} = -183,15\text{ °C}$). En esta situación no ofrece resistencia al paso de la corriente eléctrica.



¡La barra de muestra se encuentra en estado superconductor!

8

H - Cerrar el seccionador secundario.

Se enciende la bombilla de alta potencia (35 W).

El amperímetro indica que la corriente que circula por el circuito es de 5,5 A. Pero a pesar del notable incremento de la corriente que ahora circula por la barra superconductora, el voltímetro sigue indicando una caída de potencial en ella de 0 mV.

Se demuestra así la ausencia de resistencia y la capacidad casi ilimitada del superconductor para transportar la corriente eléctrica.



Estando el dewar perfectamente cerrado y asegurado y el contenedor de poliespán con el nitrógeno líquido cerrado, si se considera necesario y seguro, podría permitirse a los alumnos acercarse a 1 m del demostrador por un momento.

I - Abrir la tapa del contenedor para favorecer la evaporación del nitrógeno. Dependiendo de la temperatura ambiental, este proceso puede durar varios minutos.



Atención: no inhalar los vapores que se desprendan.

Al ir desapareciendo el nitrógeno líquido refrigerante, la temperatura de la barra superconductora aumentará hasta superar su T_c .



La barra superconductora retorna a su estado de conductor convencional.

Se observa en el voltímetro un rápido incremento de la caída de tensión en la barra, que ya NO presenta resistencia cero al paso de la corriente eléctrica.

Se pueden llegar a superar los 75 mV.

La elevada corriente que sigue circulando por la barra provocará en ella un rápido calentamiento por efecto Joule ($E=V \cdot I \cdot t$).



¡OJO! Para evitar la posible destrucción de la barra superconductora se debe abrir el seccionador secundario antes de que la tensión alcance los 75 mV.

J - Abrir el seccionador secundario.

Se apaga la bombilla de alta potencia.

El circuito vuelve a la situación inicial. La corriente desciende hasta los 700 mA y la caída de tensión en la barra vuelve a ser de 10 mV.

K – Abrir el seccionador principal.



L – Desconectar la batería.

Primero desconectar el **polo negativo** y después el polo positivo (rojo).

5. Conservación del superconductor

Tras finalizar el experimento de cátedra nos podremos quitar el EPI.

El nitrógeno líquido enfría el aire alrededor y puede condensarse el vapor de agua que éste contiene.

La barra de material superconductor utilizada es muy frágil y sensible a la humedad. Requiere una serie de cuidados.

Por ello, tras cada realización del experimento de cátedra y antes de iniciar otra:



M – Asegurarse de que todo el nitrógeno líquido del contenedor se ha evaporado.

N – Utilizando el secador, procederemos a secar el superconductor y el interior del contenedor.



¡No dirigir el chorro de aire hacia los ojos!

O – Una vez estén el superconductor y el interior del contenedor completamente secos, introduciremos las bolsas de material desecante y lo taparemos hasta la siguiente realización.



Si tiene alguna duda, puede solicitar cualquier tipo de asesoramiento y ayuda a la

Unidad de Prevención de Riesgos Laborales

Edificio Interfacultades, 3ª planta
Campus Plaza San Francisco
C/ Pedro Cerbuna, 12
50009 Zaragoza

Técnico de Nivel Intermedio en Prevención
Gregorio Sanz Pueyo
Teléfono 976761000 ext. 3104
UPRL.Formacion@unizar.es

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Izquierdo Hernando, José María. “Realización de experimentos divulgativos sobre el fenómeno de la superconductividad”, Proyecto Final de Carrera, Universidad de Zaragoza, 2014.
- [2] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269, 10-11-1995.
- [3] Valle, F. A. NTP 340: “Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes”. INSHT, 2015.
- [4] Reglamento CE 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
- [5] ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists. “Documentation of the TLV’s and BEI’s. Appendix F”, 2012.
- [6] “Recomendaciones en la utilización de gases licuados a baja temperatura”. Servicio de Prevención y Salud Laboral de Madrid. CSIC, 2011.
- [7] Fichas Internacionales de Seguridad Química: Ácido sulfúrico. ICSC: 0362, 2008.
- [8] Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del ácido sulfúrico. DLEP 100, INSHT, 2015.
- [9] Sanz, J. “Seguridad en los laboratorios de la Universidad de Zaragoza”. Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza, 2012.
- [10] 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. BOE nº 140 12-06-1997.
- [11] Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE nº 311 28-12-1992.
- [12] Lara Laguna, A, Cohen Gómez, E. NTP 940: “Ropa y guantes de protección contra el frío”. INSHT, 2012.
- [13] 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. BOE nº 104 01-05-2001.
- [14] YUASA NP Valve Regulated Lead Acid Battery Manual, 2004.

7. ANEXOS

ANEXO I

Ficha de datos de seguridad (FDS) del nitrógeno líquido.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 1 / 3

Versión: 0

Fecha: 22/03/2011

Número de FDS:

089B

NITROGENO LIQUIDO

1 Identificación de la sustancia/mezcla y de la sociedad/empresa

Nombre comercial : NITROGENO LIQUIDO

Fórmula química : N₂

Número de registro : Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro

Usos pertinentes conocidos de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados : Industrial y profesional. Llevar a cabo evaluación de riesgo antes de usar.

Identificación de la Compañía : PRAXAIR ESPAÑA, S.L.U.

Orense, 11 - 5ª Planta

28020 Madrid

Dirección email (persona competente) : contact_espana@praxair.com

Teléfono (persona competente) : (+34)914533000

Teléfono de emergencia en Transporte Líquido (24 h) : (+34)915974453

Teléfono de emergencia en Instalaciones (24 h) : (+34)902213000

Teléfono de emergencia en Gases Especiales (24 h) : (+34)917863432

2 Identificación de los peligros

CLASIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O DE LA MEZCLA

Clase y categoría de riesgo,

Código de Normativa CE

1272/2008 (CLP)

• **Peligros físicos** : Gases a presión - Gases licuados refrigerados - Atención (H281)

Clasificación 67/548 CE o 1999/45 : No incluido en el anexo VI.

CE : No clasificada como mezcla/sustancia peligrosa.

No requiere etiquetado CE.

ELEMENTOS DE LA ETIQUETA

Reglamento de Etiquetado CE

1272/2008 (CLP)

• **Pictogramas de peligro**



GHS04

• **Palabra de advertencia** : Atención

• **Indicación de peligro** : H281 : Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

• **Consejos de prudencia**

- **Prevención** : P282 : Llevar guantes que aislen del frío/gafas/máscara.

- **Respuesta** : P336+P315 : Descongele las partes heladas con agua tibia. No frote la zona afectada. Consulte a un médico inmediatamente.

- **Almacenamiento** : P403 : Almacenar en un lugar bien ventilado.

Etiquetado 67/548 CE o 1999/45

CE

• **Símbolo(s)** : Ninguno/a.

• **Frase(s) R** : Ninguno/a.

• **Frase(s) S** : Ninguno/a.

OTROS PELIGROS

Otros peligros : Asfixiante a altas concentraciones.

3 Composición/información sobre los componentes

Sustancia / Mezcla : Sustancia.

Nombre del componente : Nitrógeno (Líquido)

Contenido : 100 %

Nº CAS : 7727-37-9

Nº EC : 231-783-9

Nº Índice : ----

Clasificación : Press. Gas (H281) Press. Gas (H281)

Nota : Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro

4 Primeros auxilios

Primeros auxilios

- **Inhalación** : A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima puede no haberse dado cuenta de la asfixia.

Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

- **Contacto con la piel y con los ojos** : Lavar inmediatamente los ojos con agua durante 15 minutos.

En caso de congelación rociar con agua durante 15 minutos. Aplicar un vendaje estéril. Obtener asistencia médica.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 2 / 3

Versión: 0

Fecha: 22/03/2011

Número de FDS:

089B

NITROGENO LIQUIDO

- **Ingestión** : La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

5 Medidas de lucha contra incendios

Riesgos específicos : La exposición al fuego puede causar la rotura o explosión de los recipientes.

Productos peligrosos de la combustión : Ninguno/a.

Medios de extinción :

- **Medios de extinción adecuados** : Se pueden utilizar todos los extintores conocidos.

Métodos específicos : Si es posible detener la fuga de producto.

Colocarse lejos del recipiente y enfriarlo con agua desde un recinto protegido.

Si fuga no rociar agua sobre el recipiente. Utilizar el agua para contener el fuego en el área circundante, desde un lugar protegido.

Equipo de protección especial para la intervención en incendios : En espacios confinados utilizar equipos de respiración autónoma de presión positiva.

6 Medidas en caso de vertido accidental

Precauciones personales : Evacuar el área.

Usar ropa de protección.

Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura.

Asegurar la adecuada ventilación de aire.

Precauciones relativas al medio ambiente : Intentar parar el escape/derrame.

Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o en cualquier otro lugar donde la acumulación pueda ser peligrosa.

Métodos de limpieza : Ventilar la zona.

7 Manipulación y almacenamiento

General : Los recipientes y depósitos de este producto se deben almacenar siempre en posición vertical.

Manipulación : Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente.

No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente.

Utilizar solo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro, en caso de duda contacte con su suministrador.

Solicitar del suministrador las instrucciones de manipulación de los contenedores.

Almacenamiento : Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado.

8 Controles de exposición/protección individual

Protección personal : Asegurar una ventilación adecuada.

Proteger los ojos, cara y piel de las salpicaduras de líquido.

9 Propiedades físicas y químicas

Estado físico a 20°C : Gas.

Color : Líquido incoloro.

Olor : Sin olor que advierta de sus propiedades.

Masa molecular : 28

Punto de fusión [°C] : -210

Punto de ebullición [°C] : -196

Temperatura crítica [°C] : -147

Presión de vapor [20°C] : Inaplicable.

Densidad relativa del gas (aire=1) : 0.97

Densidad relativa del líquido : 0.8

(agua=1)

Solubilidad en agua [mg/l] : 20

Otros datos : El vapor es mas pesado que el aire. Puede acumularse en espacios confinados, particularmente al nivel del suelo o en sótanos.

10 Estabilidad y reactividad

Productos de descomposición : Ninguno/a.

peligrosos

Estabilidad química : Estable en condiciones normales.

11 Información toxicológica

Información sobre Toxicidad : No se conocen los efectos toxicológicos de este producto.

12 Información ecológica

Información sobre efectos ecológicos : Puede causar hielo que dañe a la vegetación.

13 Consideraciones relativas a la eliminación

General : No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa.

Contactar con el suministrador si se necesita orientación.

14 Información relativa al transporte

Nº ONU : 1977



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 3 / 3

Versión: 0

Fecha: 22/03/2011

Número de FDS:

089B

NITROGENO LIQUIDO

Etiquetado según ADR, IMDG, :
IATA



2.2 : Gas no inflamable, no tóxico.

Transporte terrestre (ADR/TPC - :
RID/TPF)

Nº Identificación de peligro : 22

Nombre propio para el transporte : NITRÓGENO LÍQUIDO REFRIGERADO

ADR - Clase : 2

ADR - Código de clasificación : 3

A

ADR - Instrucciones embalaje : P203

ADR - Restricción al paso por túneles : C/E : Paso prohibido por túneles de la categoría C y D cuando las mercancías son transportadas en cisternas. Paso prohibido por túneles de la categoría E.

Transporte marítimo (IMO-IMDG) :

[English only]

Proper shipping name : NITRÓGENO LÍQUIDO REFRIGERADO

IMO-IMDG - Class : 2.2

IMO-IMDG - Packing group : P203

Emergency Schedule (EmS) - Fire : F-C

Emergency Schedule (EmS) - : S-V

Spillage

IMO-IMDG - Packing instructions : P203

Transporte aéreo (ICAO/IATA) :

[English only]

Proper shipping name : NITROGEN, REFRIGERATED LIQUID

IATA - Class : 2.2

IATA - Passenger and Cargo : Allowed.

Aircraft

IATA - Passenger and Cargo - : 202

Maximum Quantity

IATA - Cargo Aircraft only : Allowed.

IATA - Packing instructions Cargo : 202

Otras informaciones para el transporte : Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia.

Antes de transportar las botellas :

- Asegúrese de que los recipientes estén bien fijados.
- Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan.
- Asegurarse que el tapón del acoplamiento de la válvula (cuando exista) está adecuadamente apretado.
- Asegurarse que la caperuza de la válvula o la tulipa, (cuando exista), está adecuadamente apretada.
- Asegurar una ventilación adecuada.
- Asegurarse de cumplir con la legislación aplicable.

15 Información reglamentaria

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Directiva Seveso 96/82/CE : No afectado.

16 Otras informaciones

Consejos relativos a la formación : Puede causar congelación.
Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
No respirar los gases.

Asfixiante a altas concentraciones.

El riesgo de asfixia es a menudo despreciado y debe ser recalcado durante la formación de los operarios.

Lista del texto completo de frases : H281 : Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

H en la sección 3

Origen de la información : La presente Ficha de Datos de Seguridad está establecida de acuerdo con las Directivas Europeas en vigor y se aplica a todos los países que han transpuesto las Directivas en su derecho nacional.

Otras advertencias : Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales.

Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de llevarse este documento a impresión.

A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños resultantes.

Responsabilidades : Estas instrucciones han sido elaboradas por Praxair sobre la base de las informaciones disponibles a la fecha de las mismas y cubren las aplicaciones más habituales, sin garantizar que su contenido sea suficiente en todos los casos y situaciones. No se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o daños resultantes de su utilización. Su observancia no excluye el cumplimiento de la normativa vigente en cada momento.

Fin del documento

ANEXO II

Ficha de datos de seguridad (FDS) de la batería.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO (versión 2)

Elaborada de acuerdo con las Directrices del Apéndice 1 de la publicación HSE L62 – Guía sobre la norma 6 del Reglamento de Productos Químicos de 1994 (Información sobre Peligros y Embalaje).

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre: Batería de plomo-ácido regulada por válvula (VRLA) Clasificación: N.º de identificación de sustancia UN 2800: baterías húmedas, no derramables, para almacenamiento de energía eléctrica

Nombre / Dirección del fabricante Para más información consulte al fabricante:

Yuasa Battery (UK) Ltd.
Unit 22 Rassau Industrial Estate
Ebbw Vale
Blaenau Gwent NP3 5SD
Reino Unido

Technical Division
Tel.: +44 (0) 1495 350121
Fax: +44 (0) 1495 350661

2. COMPOSICIÓN

<u>Componente</u>	<u>% aproximado en peso o volumen</u>	<u>Límites de exposición al aire (mg/m) O.E.L.</u>
Plomo y aleaciones metálicas de plomo	35%	ND
Compuestos inorgánicos con plomo	40%	0,15 mg/m como polvo en el aire
Electrolito – Ácido sulfúrico (hasta 40% peso por peso)	15%	1 mg/m como vapor en el aire
Separador de fibra de vidrio	2%	5 mg/m y 2 fibras/ml como fibras en el aire

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Ácido sulfúrico (hasta 40% peso por peso) IRRITACIÓN y DAÑOS graves en tejidos internos por ingestión; produce IRRITACIÓN de los ojos y la piel y puede ocasionar QUEMADURAS y DERMATITIS. R35 Produce quemaduras graves (15% y mayores)
R36/38 Irritante para los ojos y la piel (5%-15%)
No existe tratamiento con antídoto específico, se precisa asistencia sintomática.
No se conocen efectos retardados tras una exposición simple si se excluyen las consecuencias de daños locales en los tejidos.

Compuestos inorgánicos con plomo TÓXICOS por ingestión o inhalación de polvo, vapores o humos.
R61 Pueden producir lesiones en el feto.
R20/22 Perjudiciales por inhalación o ingestión.
R33 Riesgo de efectos acumulativos.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO (versión 2)

Separador de estera de fibra de vidrio La exposición a las fibras puede causar IRRITACIÓN de la piel o los ojos, así como de los tejidos internos si se inhalan o ingieren.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

4.1 INHALACIÓN

Ácido sulfúrico: Si se inhala el vapor, se debe retirar al afectado de la exposición y llevarlo inmediatamente al aire libre. Si existiera dificultad respiratoria se le debe trasladar a un centro de asistencia médica.

Plomo: Retirar al afectado de la exposición, enjuagarle la boca y lavar nariz y labios. Trasladarlo a un centro de asistencia médica.

Fibras de vidrio: Si se hubieran inhalado fibras, trasladar al afectado al aire libre. Si persistiera la irritación, llevarle a un centro de asistencia médica.

4.2 INGESTIÓN

Ácido sulfúrico: Enjuagar la boca del afectado con abundante agua e impedir que trague. Posteriormente, hacer que beba mucha agua. NO PROVOQUE EL VÓMITO. Trasladarlo inmediatamente a un centro de asistencia médica.

Compuestos de plomo: Trasladar al afectado inmediatamente a un centro de asistencia médica.

4.3 EXPOSICIÓN DE LOS OJOS

Ácido sulfúrico: Enjuagar inmediatamente el ojo afectado con grandes cantidades de agua durante al menos 15 minutos, manteniendo el ojo abierto en caso necesario. Trasladar al afectado a un centro de asistencia médica.

Compuestos de plomo: Enjuagar inmediatamente el ojo afectado con grandes cantidades de agua durante al menos 15 minutos, manteniendo el ojo abierto en caso necesario. Trasladar al afectado a un centro de asistencia médica.

4.4 EXPOSICIÓN DE LA PIEL

Ácido sulfúrico: Lave inmediatamente la piel con grandes cantidades de agua durante al menos 15 minutos. Retire toda la ropa contaminada, que deberá lavarse a fondo antes de volver a utilizarse. Retire y deseche el calzado contaminado.

Compuestos de plomo: Lave la piel a fondo con agua y jabón.

5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

Las baterías en carga pueden desprender gas hidrógeno altamente inflamable que puede formar mezclas explosivas en el aire en concentraciones del 4% al 76%, cuya ignición puede desencadenarse a partir de chispas de cualquier tensión, especialmente producidas por las propias baterías.

Antes de intentar apagar un incendio, hay que aislar las baterías de la fuente de alimentación eléctrica, desconectando previamente el suministro de electricidad.

Las baterías que se estén utilizando formarán parte de un circuito eléctrico y por ello no deberá utilizarse agua para la extinción del fuego.

Las baterías dañadas pueden dejar expuestas las placas negativas de color gris, que pueden

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO (versión 2)

incendiarse si se secan. Estas placas pueden humedecerse con agua una vez que se desconecte la batería de todo circuito eléctrico.

Tipos de extintores que deben utilizarse: CO₂, polvo seco.

Productos de descomposición peligrosos: Monóxido de carbono, dióxido de azufre, trióxido de azufre, humos y vapores de plomo, humos tóxicos procedentes de la descomposición de los materiales que componen la carcasa de la batería.

Precauciones especiales: Utilice aparatos de respiración autónomos y ropa de protección resistente al ácido.

6. MEDIDAS CONTRA VERTIDOS ACCIDENTALES

Estas baterías están diseñadas para que no presenten fugas en condiciones normales. Sin embargo, si por cualquier motivo se produjera una fuga de electrolito, deberá absorberse con arena o tierra seca o cualquier otro material inerte, y debe evitarse su vertido en desagües. Cuando sea posible, se debe neutralizar cualquier fuga de electrolito empleando sosa, bicarbonato sódico, carbonato de sodio o de calcio o carbonato en polvo y lavar después a fondo con agua. Recoja el material absorbido y deposítelo en un recipiente inerte cerrado herméticamente para su eliminación (véase la sección 13).

Los materiales de plomo al descubierto deben colocarse en un recipiente inerte cerrado herméticamente para su eliminación (véase la sección 13).

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Las baterías deben guardarse en un lugar frío y seco y sobre una superficie impermeable. Se deben mantener bajo techo y protegidas de condiciones atmosféricas adversas. Protéjalas frente a daños físicos y frente a la exposición a disolventes orgánicos. No deje que ningún objeto metálico entre en contacto con ambos terminales simultáneamente, ya que ello produciría daños, podría causar lesiones y ocasionar chispas (véase la sección 5).

Las baterías de gran tamaño deben manejarse y trasladarse empleando medios mecánicos para prevenir el riesgo de lesiones.

8. CONTROL DE LOS RIESGOS DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

En condiciones normales, siempre que no se detecten daños ni señales visibles de depósitos líquidos o sólidos en las baterías, se pueden manejar sin ningún equipo de protección personal. Cuando haya indicios de daños o depósitos líquidos o sólidos, deben emplearse guantes de goma y vestimenta resistente a los ácidos cuando se manejen las baterías y embalajes afectados para protegerse frente a los efectos de los electrolitos ácidos que pudieran existir. Si se sospechara que pudiera haber electrolito ácido, se deben emplear gafas de protección y, en caso de que se presenten en grandes cantidades, se deben utilizar gafas de protección frente a productos químicos o máscaras faciales.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El producto intacto es un artículo fabricado con una carcasa de plástico inerte, que arderá si se somete a temperaturas elevadas. Ciertos tipos de baterías están hechas de plástico de combustión lenta (véase la especificación técnica).

Las baterías que se están cargando pueden emitir gas hidrógeno altamente inflamable que forma mezclas explosivas en el aire (véase la sección 5).

El electrolito es un líquido transparente práctica o totalmente inodoro, que contiene hasta un 40% de ácido sulfúrico diluido en agua en una batería totalmente cargada. Las fugas de electrolito pueden secarse formando manchas blancas o de otros colores, generalmente verdes o marrones, si se ha producido ataque de metales, que pueden ser de carácter ácido.

En las baterías dañadas, las planchas de plomo pueden ser grises o marrones, con cantidades variables de

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO (versión 2)

blanco. El material gris puede arder si se deja secar.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

El producto intacto es estable hasta 60 °C (véase la sección 9).

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Ácido sulfúrico: DL50 2.140 mg/kg por vía oral, rata, CL50 0,51 mg/l inh., rata

Compuestos de plomo: Sin datos específicos.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Ácido sulfúrico: Tóxico para peces y algas. Concentraciones superiores a 1,2 mg/l de ácido sulfúrico al 100% pueden ser letales para los peces. Una reducción del pH por debajo de 5 produce mortalidad en la vida acuática.

Compuestos de plomo: Sin datos específicos.

13. INFORMACIÓN PARA LA ELIMINACIÓN

BATERÍAS DAÑADAS Y NO DAÑADAS:

Deben guardarse en contenedores inertes impermeables y enviar a fundición para su reciclaje. Se deben tratar como residuos especiales, por lo que habrá que ponerse en contacto con el proveedor para recibir asistencia.

VERTIDO DE ELECTROLITO ABSORBIDO:

Colóquelo en un recipiente inerte cerrado herméticamente. Trátelo como residuo especial. Póngase en contacto con el proveedor para recibir asistencia.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Las baterías VRLA (véase la sección 1) suministradas por Yuasa Battery (UK) Ltd. no están sujetas a los requisitos de:

- 14.1 IATA Dangerous Goods Regulations (Normas sobre mercancías peligrosas de IATA), porque cumplen la ICAO Special Provision A67 (Norma especial A67 de la OACI) como Clase 8, Grupo III, UN 2800: Baterías, húmedas, no derramables, de almacenamiento de energía eléctrica.
- 14.2 Enmienda 27-94 del International Maritime Dangerous Goods (IMDG) [Código Internacional Marítimo de Mercancías Peligrosas], que incorpora la Norma Especial A67 de la OACI, para todas las condiciones especiales. Se aplican otras condiciones generales que puedan ser de aplicación.
- 14.3 Acuerdo europeo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR).

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Las baterías suministradas por Yuasa Battery (UK) Ltd. están sujetas a la normativa sobre baterías y acumuladores (que contengan sustancias peligrosas) de 1994 y se etiquetan de acuerdo con los requisitos de la Norma 4.

16. OTRA INFORMACIÓN

Para asegurar una utilización segura de las baterías VLRA suministradas por Yuasa Battery (UK) Ltd., deben respetarse las precauciones siguientes:

- 16.1 No se deben instalar nunca baterías en un recinto hermético a los gases, ya que se pueden producir estos productos durante el uso.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO (versión 2)

- 16.2 Las baterías deben cargarse siempre en un sistema de carga regulado por tensión con un sistema de ventilación adecuado a fin de evitar la acumulación de gases inflamables. Pida asesoramiento a su proveedor de baterías YUASA.
- 16.3 No ponga nunca en cortocircuito los terminales de una batería ya que se producirían chispas y arcos que podrían causar lesiones en las personas y constituir un peligro de incendio.
- 16.4 No cargue las baterías por encima de + 50 °C, ni las descargue ni almacene por encima de + 60 °C.
- 16.5 En condiciones extremas de mal funcionamiento de los equipos de carga y/o de fallo de una batería, pueden producirse condiciones en que aparezcan tensiones elevadas y altas temperaturas que provoquen la formación del gas sulfuro de hidrógeno (H_2S), que es tóxico. Si se detectara por su olor a huevos podridos (a concentraciones extremadamente bajas), desconecte el equipo de carga, evacue todo el personal de la zona y ventile bien. Asesórese antes de volver a intentar reiniciar la carga.

ANEXO III

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
Capítulo III: Derechos y obligaciones.

LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

**31/1995 DE 8 DE NOVIEMBRE
(B.O.E. DE 10 DE NOVIEMBRE DE 1995)**

CAPÍTULO III

Derechos y obligaciones

Artículo 14.- Derecho a la protección frente a los riesgos laborales.

1. Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales.

Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones públicas respecto del personal a su servicio.

Los derechos de información, consulta y participación, formación en materia preventiva, paralización de la actividad en caso de riesgo grave e inminente y vigi-

lancia de su estado de salud, en los términos previstos en la presente Ley, forman parte del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

2. En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A estos efectos, en el marco de sus responsabilidades, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la integración de la actividad preventiva en la empresa y la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de riesgos, información, consulta y participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios en los términos establecidos en el capítulo IV de la presente Ley.

El empresario desarrollará una acción permanente de seguimiento de la actividad preventiva con el fin de perfeccionar de manera continua las actividades de identificación, evaluación y control de los riesgos que no se hayan podido evitar y los niveles de protección existentes y dispondrá lo necesario para la adaptación de las medidas de prevención señaladas en el párrafo anterior a las modificaciones que puedan experimentar las circunstancias que incidan en la realización del trabajo.

3. El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

4. Las obligaciones de los trabajadores establecidas en esta Ley, la atribución de funciones en materia de protección y pre-

vención a trabajadores o servicios de la empresa y el recurso al concierto con entidades especializadas para el desarrollo de actividades de prevención complementarán las acciones del empresario, sin que por ello le eximan del cumplimiento de su deber en esta materia, sin perjuicio de las acciones que pueda ejercitar, en su caso, contra cualquier otra persona.

5. El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo no deberá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

Artículo 15.- Principios de la acción preventiva.

1. El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- c) Combatir los riesgos en su origen.
- d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

2. El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.

3. El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

4. La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.

5. Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.

Artículo 16.- Plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva.

1. La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de la misma, a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales a que se refiere el párrafo siguiente.

Este plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgos

en la empresa, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

2. Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, que podrán ser llevados a cabo por frases de forma programada, son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva a que se refieren los párrafos siguientes:

a) El empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, con carácter general, la naturaleza de la actividad, las características de los puestos de trabajo existentes y de los trabajadores que deban desempeñarlos. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. La evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, se someterá a consideración y se revisará, si fuera necesario, con ocasión de los daños para la salud que se hayan producido.

Cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios, para detectar situaciones potencialmente peligrosas.

b) Si los resultados de la evaluación prevista en la letra a) pusieran de manifiesto situaciones de riesgo, el empresario realizará aquellas actividades preventivas necesarias para eliminar o reducir y controlar tales riesgos. Dichas actividades serán objeto de planificación por el empresario, incluyendo para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la

designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución.

El empresario deberá asegurarse de la efectiva ejecución de las actividades preventivas incluidas en la planificación, efectuando para ello un seguimiento continuo de la misma.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en la letra a) anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

3. Cuando se haya producido un daño para la salud de los trabajadores o cuando, con ocasión de la vigilancia de la salud prevista en el artículo 22, aparezcan indicios de que las medidas de prevención resultan insuficientes, el empresario llevará a cabo una investigación al respecto, a fin de detectar las causas de estos hechos.

Artículo 17.- Equipos de trabajo y medios de protección.

1. El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

a) La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.

b) Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores es-

pecíficamente capacitados para ello.

2. El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos cuando, por la naturaleza de los trabajos realizados, sean necesarios.

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Artículo 18.- Información, consulta y participación de los trabajadores.

1. A fin de dar cumplimiento al deber de protección establecido en la presente Ley, el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

a) Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.

b) Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en el apartado anterior.

c) Las medidas adoptadas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 de la presente Ley.

En las empresas que cuenten con representantes de los trabajadores, la información a que se refiere el presente apartado se facilitará por el empresario a los trabajadores a través de dichos representantes; no obstante, deberá informarse directamente a cada trabajador de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o función y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

2. El empresario deberá consultar a los trabajadores, y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de participación y representación previstos en el capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa.

Artículo 19.- Formación de los trabajadores.

1. En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo.

La formación deberá estar centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario.

2. La formación a que se refiere el apartado anterior deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas pero con el descuento en aquélla del tiempo invertido en la misma. La formación se podrá impartir por la empresa mediante medios propios o concertándola con servicios ajenos, y su coste no recaerá en ningún caso sobre los trabajadores.

Artículo 20.- Medidas de emergencia.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas

ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento. El citado personal deberá poseer la formación necesaria, ser suficiente en número y disponer del material adecuado, en función de las circunstancias antes señaladas.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas.

Artículo 21.- Riesgo grave e inminente.

1. Cuando los trabajadores estén o puedan estar expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

a) Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas o que, en su caso, deban adoptarse en materia de protección.

b) Adoptar las medidas y dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y, si fuera necesario, abandonar de inmediato el lugar de trabajo. En este supuesto no podrá exigirse a los trabajadores que reanuden su actividad mientras persista el peligro, salvo excepción debidamente justificada por razones de seguridad y determinada reglamentariamente.

c) Disponer lo necesario para que el trabajador que no pudiera ponerse en contacto con su superior jerárquico, ante una

situación de peligro grave e inminente para su seguridad, la de otros trabajadores o la de terceros a la empresa, esté en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

2. De acuerdo con lo previsto en el apartado 1 del artículo 14 de la presente Ley, el trabajador tendrá derecho a interrumpir su actividad y abandonar el lugar de trabajo, en caso necesario, cuando considere que dicha actividad entraña un riesgo grave e inminente para su vida o su salud.

3. Cuando en el caso a que se refiere el apartado 1 de este artículo el empresario no adopte o no permita la adopción de las medidas necesarias para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores, los representantes legales de éstos podrán acordar, por mayoría de sus miembros, la paralización de la actividad de los trabajadores afectados por dicho riesgo. Tal acuerdo será comunicado de inmediato a la empresa y a la autoridad laboral, la cual, en el plazo de veinticuatro horas, anulará o ratificará la paralización acordada.

El acuerdo a que se refiere el párrafo anterior podrá ser adoptado por decisión mayoritaria de los Delegados de Prevención cuando no resulte posible reunir con la urgencia requerida al órgano de representación del personal.

4. Los trabajadores o sus representantes no podrán sufrir perjuicio alguno derivado de la adopción de las medidas a que se refieren los apartados anteriores, a menos que hubieran obrado de mala fe o cometido negligencia grave.

Artículo 22.- Vigilancia de la salud.

1. El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica

dica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo.

Esta vigilancia sólo podrá llevarse a cabo cuando el trabajador preste su consentimiento. De este carácter voluntario sólo se exceptuarán, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de salud del trabajador puede constituir un peligro para el mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando así esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se deberá optar por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

2. Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud.

3. Los resultados de la vigilancia a que se refiere el apartado anterior serán comunicados a los trabajadores afectados.

4. Los datos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores no podrán ser usados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin consentimiento expreso del trabajador.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se

deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materia preventiva.

5. En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que reglamentariamente se determinen.

6. Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

Artículo 23.- Documentación.

1. El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación relativa a las obligaciones establecidas en los artículos anteriores:

a) Plan de prevención de riesgos laborales, conforme a lo previsto en el apartado 1 del artículo 16 de la presente Ley.

b) Evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores, de acuerdo con lo dispuesto en la letra a) del apartado 2 del artículo 16 de esta Ley.

c) Planificación de la actividad preventiva, incluidas las medidas de protección y de prevención a adoptar y, en su caso, material de protección que deba utilizarse, de conformidad con la letra b) del apartado 2 del artículo 16 de la presente Ley.

d) Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores previstos en el artículo 22 de esta Ley y conclusiones obtenidas de los mismos en los términos

recogidos en el último párrafo del apartado 4 del citado artículo.

e) Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

En estos casos el empresario realizará, además, la notificación a que se refiere el apartado 3 del presente artículo.

2. En el momento de cesación de su actividad, las empresas deberán remitir a la autoridad laboral la documentación señalada en el apartado anterior.

3. El empresario estará obligado a notificar por escrito a la autoridad laboral los daños para la salud de los trabajadores a su servicio que se hubieran producido con motivo del desarrollo de su trabajo, conforme al procedimiento que se determine reglamentariamente.

4. La documentación a que se hace referencia en el presente artículo deberá también ser puesta a disposición de las autoridades sanitarias al objeto de que éstas puedan cumplir con lo dispuesto en el artículo 10 de la presente Ley y en el artículo 21 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Artículo 24.- Coordinación de actividades empresariales.

1. Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales. A tal fin, establecerán los medios de coordinación que sean necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a sus respectivos trabajadores, en los términos previstos en el apartado 1 del artículo 18 de esta Ley.

2. El empresario titular del centro de trabajo adoptará las medidas necesarias para que aquellos otros empresarios que desarrollen actividades en su centro de trabajo reciban la información y las ins-

trucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de protección y prevención correspondientes, así como sobre las medidas de emergencia a aplicar, para su traslado a sus respectivos trabajadores.

3. Las empresas que contraten o subcontraten con otras la realización de obras o servicios correspondientes a la propia actividad de aquéllas y que se desarrollen en sus propios centros de trabajo deberán vigilar el cumplimiento por dichos contratistas y subcontratistas de la normativa de prevención de riesgos laborales.

4. Las obligaciones consignadas en el último párrafo del apartado 1 del artículo 41 de esta Ley serán también de aplicación, respecto de las operaciones contratadas, en los supuestos en que los trabajadores de la empresa contratista o subcontratista no presten servicios en los centros de trabajo de la empresa principal, siempre que tales trabajadores deban operar con maquinaria, equipos, productos, materias primas o útiles proporcionados por la empresa principal.

5. Los deberes de cooperación y de información e instrucción recogidos en los apartados 1 y 2 serán de aplicación respecto de los trabajadores autónomos que desarrollen actividades en dichos centros de trabajo.

6. Las obligaciones previstas en este artículo serán desarrolladas reglamentariamente.

Artículo 25.- Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

1. El empresario garantizará de manera específica la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean especialmente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

A tal fin, deberá tener en cuenta dichos aspectos en las evaluaciones de los riesgos y, en función de éstas, adoptará las medidas preventivas y de protección necesarias.

Los trabajadores no serán empleados en aquellos puestos de trabajo en los que, a causa de sus características personales, estado biológico o por su discapacidad física, psíquica o sensorial debidamente reconocida, puedan ellos, los demás trabajadores u otras personas relacionadas con la empresa ponerse en situación de peligro o, en general, cuando se encuentren manifiestamente en estados o situaciones transitorias que no respondan a las exigencias psicofísicas de los respectivos puestos de trabajo.

2. Igualmente, el empresario deberá tener en cuenta en las evaluaciones los factores de riesgo que puedan incidir en la función de procreación de los trabajadores y trabajadoras, en particular por la exposición a agentes físicos, químicos y biológicos que puedan ejercer efectos mutagénicos o de toxicidad para la procreación, tanto en los aspectos de la fertilidad, como del desarrollo de la descendencia, con objeto de adoptar las medidas preventivas necesarias.

Artículo 26.- Protección de la maternidad.

1. La evaluación de los riesgos a que se refiere el artículo 16 de la presente Ley deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, en cualquier actividad susceptible de presentar un riesgo específico.

Si los resultados de la evaluación revelasen un riesgo para la seguridad y la salud o una posible repercusión sobre el embarazo o la lactancia de las citadas trabajadoras, el empresario adoptará las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo, a través de una adaptación de las condiciones o del tiempo de trabajo de la trabajadora afectada. Dichas medi-

das incluirán, cuando resulte necesario, la no realización de trabajo nocturno o de trabajo a turnos.

2. Cuando la adaptación de las condiciones o del tiempo de trabajo no resultase posible o, a pesar de tal adaptación, las condiciones de un puesto de trabajo pudieran influir negativamente en la salud de la trabajadora embarazada o del feto, y así lo certifiquen los Servicios Médicos del Instituto Nacional de la Seguridad Social o de las Mutuas, en función de la entidad con la que la empresa tenga concertada la cobertura de los riesgos profesionales, con el informe del médico del Servicio Nacional de Salud que asista facultativamente a la trabajadora, ésta deberá desempeñar un puesto de trabajo o función diferente y compatible con su estado. El empresario deberá determinar, previa consulta con los representantes de los trabajadores, la relación de los puestos de trabajo exentos de riesgos a estos efectos.

El empresario deberá determinar, previa consulta con los representantes de los trabajadores, la relación de los puestos de trabajo exentos de riesgos a estos efectos.

El cambio de puesto o función se llevará a cabo de conformidad con las reglas y criterios que se apliquen en los supuestos de movilidad funcional y tendrá efectos hasta el momento en que el estado de salud de la trabajadora permita su reincorporación al anterior puesto.

En el supuesto de que, aun aplicando las reglas señaladas en el párrafo anterior, no existiese puesto de trabajo o función compatible, la trabajadora podrá ser destinada a un puesto no correspondiente a su grupo o categoría equivalente, si bien conservará el derecho al conjunto de retribuciones de su puesto de origen.

3. Si dicho cambio de puesto no resultara técnica u objetivamente posible, o no pueda razonablemente exigirse por motivos justificados, podrá declararse el paso de la trabajadora afectada a la situación de suspensión del contrato por riesgo du-

rante el embarazo, contemplada en el artículo 45.1.d) del Estatuto de los Trabajadores, durante el período necesario para la protección de su seguridad o de su salud y mientras persista la imposibilidad de reincorporarse a su puesto anterior o a otro puesto compatible con su estado.

4. Lo dispuesto en los números 1 y 2 de este artículo será también de aplicación durante el período de lactancia natural, si las condiciones de trabajo pudieran influir negativamente en la salud de la mujer o del hijo y así lo certifiquen los Servicios Médicos del Instituto Nacional de la Seguridad Social o de las Mutuas, en función de la entidad con la que la empresa tenga concertada la cobertura de los riesgos profesionales, con el informe del médico del Servicio Nacional de Salud que asista facultativamente a la trabajadora o a su hijo. Podrá, asimismo, declararse el pase de la trabajadora afectada a la situación de suspensión del contrato por riesgo durante la lactancia natural de hijos menores de nueve meses contemplada en el artículo 45.1.d) del Estatuto de los Trabajadores, si se dan las circunstancias previstas en el número 3 de este artículo.

5. Las trabajadoras embarazadas tendrán derecho a ausentarse del trabajo, con derecho a remuneración, para la realización de exámenes prenatales y técnicas de preparación al parto, previo aviso al empresario y justificación de la necesidad de su realización dentro de la jornada de trabajo.

Artículo 27.- Protección de los menores.

1. Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, en cualquier actividad suscep-

tible de presentar un riesgo específico al respecto, a agentes, procesos o condiciones de trabajo que puedan poner en peligro la seguridad o la salud de estos trabajadores.

A tal fin, la evaluación tendrá especialmente en cuenta los riesgos específicos para la seguridad, la salud y el desarrollo de los jóvenes derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

En todo caso, el empresario informará a dichos jóvenes y a sus padres o tutores que hayan intervenido en la contratación, conforme a lo dispuesto en la letra b) del artículo 7 del texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores aprobado por el Real Decreto legislativo 1/1995, de 24 de marzo, de los posibles riesgos y de todas las medidas adoptadas para la protección de su seguridad y salud.

2. Teniendo en cuenta los factores anteriormente señalados, el Gobierno establecerá las limitaciones a la contratación de jóvenes menores de dieciocho años en trabajos que presenten riesgos específicos.

Artículo 28.- Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.

1. Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

La existencia de una relación de trabajo de las señaladas en el párrafo anterior no justificará en ningún caso una diferencia de trato por lo que respecta a las condiciones de trabajo, en lo relativo a cualquiera de los aspectos de la protección de la

seguridad y la salud de los trabajadores.

La presente Ley y sus disposiciones de desarrollo se aplicarán plenamente a las relaciones de trabajo señaladas en los párrafos anteriores.

2. El empresario adoptará las medidas necesarias para garantizar que, con carácter previo al inicio de su actividad, los trabajadores a que se refiere el apartado anterior reciban información acerca de los riesgos a los que vayan a estar expuestos, en particular en lo relativo a la necesidad de cualificaciones o aptitudes profesionales determinadas, la exigencia de controles médicos especiales o la existencia de riesgos específicos del puesto de trabajo a cubrir, así como sobre las medidas de protección y prevención frente a los mismos.

Dichos trabajadores recibirán, en todo caso, una formación suficiente y adecuada a las características del puesto de trabajo a cubrir, teniendo en cuenta su cualificación y experiencia profesional y los riesgos a los que vayan a estar expuestos.

3. Los trabajadores a que se refiere el presente artículo tendrán derecho a una vigilancia periódica de su estado de salud, en los términos establecidos en el artículo 22 de esta Ley y en sus normas de desarrollo.

4. El empresario deberá informar a los trabajadores designados para ocuparse de las actividades de protección y prevención o, en su caso, al servicio de prevención previsto en el artículo 31 de esta Ley de la incorporación de los trabajadores a que se refiere el presente artículo, en la medida necesaria para que puedan desarrollar de forma adecuada sus funciones respecto de todos los trabajadores de la empresa.

5. En las relaciones de trabajo a través de empresas de trabajo temporal, la empresa usuaria será responsable de las condiciones de ejecución del trabajo en todo lo relacionado con la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. Corresponderá, además, a la empresa usuaria el cumplimiento de las obligacio-

nes en materia de información previstas en los apartados 2 y 4 del presente artículo.

La empresa de trabajo temporal será responsable del cumplimiento de las obligaciones en materia de formación y vigilancia de la salud que se establecen en los apartados 2 y 3 de este artículo. A tal fin, y sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo anterior, la empresa usuaria deberá informar a la empresa de trabajo temporal, y ésta a los trabajadores afectados, antes de la adscripción de los mismos, acerca de las características propias de los puestos de trabajo a desempeñar y de las cualificaciones requeridas.

La empresa usuaria deberá informar a los representantes de los trabajadores en la misma de la adscripción de los trabajadores puestos a disposición por la empresa de trabajo temporal. Dichos trabajadores podrán dirigirse a estos representantes en el ejercicio de los derechos reconocidos en la presente Ley.

Artículo 29.- Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.

1. Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

2. Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

1º Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.

2º Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.

3º No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.

4º Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

5º Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.

6º Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

3. El incumplimiento por los trabajadores de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a que se refieren los apartados anteriores tendrá la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del Estatuto de los Trabajadores o de falta, en su caso, conforme a lo establecido en la correspondiente normativa sobre régimen disciplinario de los funcionarios públicos o del personal estatutario al servicio de las Administraciones públicas. Lo dispuesto en este apartado será igualmente aplicable a los socios de las cooperativas cuya actividad consista en la prestación de su trabajo, con las precisiones que se establezcan en sus Reglamentos de Régimen Interno.

ANEXO IV

Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Apéndice 1 Obligaciones del empresario y del trabajador.

APÉNDICE 1

OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO Y DEL TRABAJADOR

En este apéndice se refleja un resumen de las obligaciones de empresarios y trabajadores en relación

con la selección y uso de los equipos de protección individual.

Obligaciones del empresario	Selección	Art. 3, 4 y 6 <ul style="list-style-type: none">- Determinar, mediante la evaluación de riesgos, en qué puestos de trabajo deben utilizarse los EPI.- Precisar qué tipos de EPI serán necesarios y frente a qué riesgo/s y parte/s del cuerpo deberán proteger.
		Art. 5 y 6 <ul style="list-style-type: none">- Definir las características que deben tener los EPI para cada situación de trabajo y portador (siempre deben llevar marcado CE y el folleto informativo al menos en castellano).
		Art. 6 <ul style="list-style-type: none">- Comparar los EPI que, cumpliendo las características definidas, existen en el mercado. Evaluarlos.
		Art. 9 <ul style="list-style-type: none">- Consultar con los trabajadores y/o sus representantes las posibles opciones.
	Uso	Art. 3 <ul style="list-style-type: none">- Proporcionar gratuitamente los EPI seleccionados.
		Art. 7 <ul style="list-style-type: none">- Garantizar el funcionamiento, estado higiénico y reposición de los EPI (programa de mantenimiento)
Art. 3 y 7 <ul style="list-style-type: none">- Velar por la correcta utilización de los EPI y disponer de la información pertinente.		
Uso	Art. 8 <ul style="list-style-type: none">- Informar a los trabajadores, previamente al uso, del riesgo o riesgos contra los que protegen los EPI seleccionados y en qué operaciones y zonas es preceptivo su uso. Señalizar la obligación de uso.- Informar y poner a disposición de los trabajadores la información sobre los EPI suministrados (la aportada por el fabricante y/o instrucciones elaboradas para facilitar la comprensión, en las que se detallarán, p.e: fecha/plazo de caducidad, criterios de detección de final de vida útil, limitaciones de uso, etc).- Garantizar la formación y, cuando sea necesario, el entrenamiento para el uso de los EPI.	
	Art. 10 <ul style="list-style-type: none">- Utilizar y mantener los EPI asignados conforme a las instrucciones recibidas.- Colocar los EPI en el lugar indicado después de su uso.- Informar a su superior jerárquico de los defectos, daños o anomalías observadas.	
Obligaciones del trabajador	Uso	