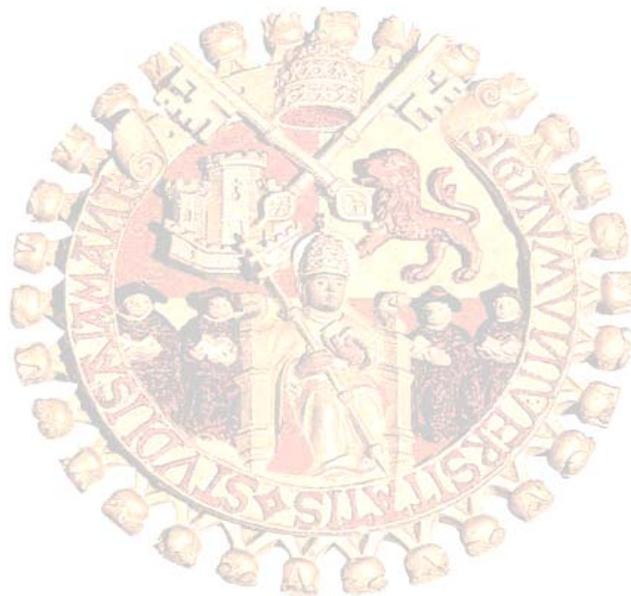


# GUÍA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:

## RIESGO QUÍMICO



UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

# ÍNDICE

1.-	Organización y recomendaciones generales.....	2
2.-	Prevención del riesgo en el laboratorio: material de laboratorio y equipos.....	10
3.-	Prevención del riesgo en el laboratorio químico: operaciones básicas.....	19
4.-	Clasificación y etiquetado de las sustancias peligrosas.....	27
5.-	Sustancias carcinogénicas y mutagénicas: criterios para su clasificación.....	37
6.-	Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos.....	41
7.-	Almacenamiento de productos químicos.....	59
8.-	Extracción localizada en el laboratorio.....	61
9.-	Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de vertidos.....	63
10.-	Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencias..	67
11.-	Equipos de protección individual.....	73
	ANEXO: RECOMENDACIONES GENERALES.....	79

# Prevención de Riesgos Laborales: Riesgo químico

## 1.- Organización y recomendaciones generales

### Introducción

Por sus propias características, el trabajo en el laboratorio o talleres presenta una serie de riesgos de origen y consecuencias muy variadas, relacionados básicamente con las instalaciones, los productos que se manipulan (y también con las energías y organismos vivos) y las operaciones que se realizan con ellos. Con respecto a los productos debe tenerse en cuenta que suelen ser muy peligrosos, aunque normalmente se emplean en pequeñas cantidades y de manera discontinua.

En consecuencia, la prevención de los riesgos en el laboratorio o taller presenta unas características propias que la diferencian de otras actividades laborales. Por otro lado, la implantación de criterios para el aseguramiento de la calidad, lleva implícita la aplicación de una política de seguridad. La experiencia demuestra que los laboratorios que han implantado una política de calidad presentan un elevado nivel de seguridad.

Es fundamental, el control del cumplimiento de las normativas establecidas, no sólo las directamente relacionadas con la prevención de riesgos laborales sino también de los reglamentos específicos (radiactivos, cancerígenos, agentes biológicos, etc.), de seguridad industrial, de emisiones y vertidos, etc., sin perder de vista las abundantes normativas de carácter local existentes.

En este manual se aborda el riesgo químico, teniendo en cuenta aspectos estrechamente relacionados, como ciertos equipos de trabajo, campanas o vitrinas de laboratorio además de medidas generales de seguridad. Todo el texto se refiere a los laboratorios al ser en esta actividad más acentuado este tipo de riesgo. Independientemente de esto, se puede aplicar a talleres o cualquier actividad en la que se manipulen sustancias químicas.

### **Responsabilidad del director del laboratorio (Organización de la prevención en el laboratorio)**

Aunque la Universidad disponga del Comité de Seguridad y Salud, de un servicio de prevención, es responsabilidad del director del laboratorio el desarrollo de la gestión de prevención de riesgos, debiendo tenerse en cuenta lo dispuesto al respecto por la **Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales** y el **Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997)**, tanto en lo que afecta a los trabajadores de plantilla del laboratorio, como para aquellos externos que desarrollen sus actividades en el mismo de manera esporádica, temporal o fija.

## **Plan de evacuación-emergencia-seguridad**

El laboratorio debe disponer de su propio plan de emergencia o estar incluido en el del edificio en el que se halle ubicado. El desarrollo del plan de emergencia lleva implícita una política sobre protección de incendios, evacuación y señalización contenida en la NBE-CPI/96 y anteriores y en los RR DD **485/1997** sobre señalización y **486/97** sobre lugares de trabajo. Asimismo, requiere contemplar la evaluación del riesgo, los medios de protección existentes, un programa de implantación con simulacros periódicos para comprobar la eficacia del plan, la organización de un equipo de primera intervención, etc.

## **Evaluación de riesgos de un laboratorio**

El laboratorio debe haber realizado la evaluación inicial de riesgos y actualizarla cuando cambien las condiciones de trabajo y siempre que se detecten daños para la salud. Como guía para la evaluación de los riesgos en el laboratorio se pueden considerar los siguientes factores de riesgo:

- Desconocimiento de las características de peligrosidad de las sustancias.
- Empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos.
- Malos hábitos de trabajo.
- Empleo de material de laboratorio inadecuado o de mala calidad.
- Instalaciones defectuosas.
- Diseño no ergonómico y falta de espacio.
- Contaminación ambiental.

De una manera general, las acciones preventivas para la minimización de los riesgos causados por estos factores son:

- Disponer de información sobre las características de peligrosidad de las sustancias.
- Disponer de la adecuada información para realizar el trabajo de manera segura.
- Adquirir y mantener buenas prácticas de trabajo.
- Trabajar con material suficiente y adecuado a las necesidades y en buen estado.
- Llevar una buena política de mantenimiento preventivo, con revisiones periódicas, y reparar con rapidez las averías.
- Considerar los aspectos de seguridad (estructural, de diseño y de distribución) en la fase de diseño. No acumular materiales en las superficies de trabajo. Disponer del espacio de una manera racional.
- Equipar el laboratorio con un sistema de ventilación general, localizada (vitrinas y cabinas) y de emergencia eficaz.

## **Normas generales de trabajo en el laboratorio**

Dado que el laboratorio es un lugar donde se manipulan gran cantidad y variedad de productos peligrosos, con el fin de evitar su contacto o ingestión siendo fuente de intoxicaciones o accidentes, se pueden establecer una serie de normas de tipo general sobre diferentes aspectos aplicables a la mayoría de los laboratorios.

### **Organización**

- La organización y distribución física del laboratorio (distribución de superficies, instalación de aparatos, procedimientos de trabajo, instalaciones generales, etc.) debe ser estudiada a fondo y procurar que sea adecuada para el mantenimiento de un buen nivel preventivo.
- El laboratorio debe disponer de los equipos de protección individual (EPIs) y de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (duchas, lavaojos, mantas ignífugas, extintores, etc.) adecuados a los riesgos existentes.
- El laboratorio debe mantenerse ordenado y en elevado estado de limpieza. Deben recogerse inmediatamente todos los vertidos que ocurran, por pequeños que sean.
- No deben realizarse experiencias nuevas sin autorización expresa del responsable del laboratorio ni poner en marcha nuevos aparatos e instalaciones sin conocer previamente su funcionamiento, características y requerimientos, tanto generales como de seguridad.

### **Normas generales de conducta**

- Como norma higiénica básica, el personal debe lavarse las manos al entrar y salir del laboratorio y siempre que haya habido contacto con algún producto químico. Debe llevar en todo momento las batas y ropa de trabajo abrochadas y los cabellos recogidos, evitando colgantes o mangas anchas que pudieran engancharse en los montajes y material del laboratorio. No se debe trabajar separado de la mesa o la poyata, en la que nunca han de depositarse objetos personales.
- El personal de nueva incorporación debe ser inmediatamente informado sobre las normas de trabajo, plan de seguridad y emergencia del laboratorio, y características específicas de peligrosidad de los productos, instalaciones y operaciones de uso habitual en el laboratorio.
- No debe estar autorizado el trabajo en solitario en el laboratorio, especialmente cuando se efectúe fuera de horas habituales, por la noche, o si se trata de operaciones con riesgo. Cuando se realicen éstas, las personas que no intervengan en las mismas, pero puedan verse afectadas, deben estar informadas de las mismas.
- Está prohibido fumar e ingerir alimentos en el laboratorio. Para beber es preferible la utilización de fuentes de agua a emplear vasos y botellas. Caso de que aquellas no estén disponibles, nunca se emplearán recipientes de laboratorio para contener bebidas o alimentos ni se colocarán productos químicos en recipientes de productos alimenticios.

- Se debe evitar llevar lentes de contacto si se detecta una constante irritación de los ojos y sobretodo si no se emplean gafas de seguridad de manera obligatoria. Es preferible el uso de gafas de seguridad, graduadas o que permitan llevar las gafas graduadas debajo de ellas.

## **Utilización de productos y materiales**

- Antes de procederse a su utilización deben comprobarse siempre los productos y materiales, empleando solamente los que presenten garantías de hallarse en buen estado.
- Debe comprobarse el correcto etiquetado de los productos químicos que se reciben en el laboratorio, etiquetar adecuadamente las soluciones preparadas y no reutilizar los envases para otros productos sin retirar la etiqueta original.
- Los productos químicos deben manipularse cuidadosamente, no llevándolos en los bolsillos, ni tocándolos o probándolos y no pipeteando con la boca, guardando en el laboratorio la mínima cantidad imprescindible para el trabajo diario.
- No deben emplearse frigoríficos de tipo doméstico para el almacenamiento de productos químicos ni guardar alimentos ni bebidas en los frigoríficos destinados a productos químicos.
- Los tubos de ensayo no deben llenarse más de 2 ó 3 cm, han de tomarse con los dedos, nunca con la mano, siempre deben calentarse de lado utilizando pinzas, no deben llevarse en los bolsillos y deben emplearse gradillas para guardarlos. Para sujetar el material de laboratorio que lo requiera deben emplearse soportes adecuados.
- Reducir al máximo la utilización de llamas vivas en el laboratorio. Para el encendido de los mecheros Bunsen emplear preferentemente encendedores piezoeléctricos.
- Al finalizar la tarea o una operación recoger los materiales, reactivos, etc. para evitar su acumulación fuera de los lugares específicos para guardarlos y asegurarse de la desconexión de los aparatos, agua corriente, gases, etc.

## **Equipos: uso, mantenimiento y revisiones**

- Deben revisarse periódicamente las instalaciones del laboratorio para comprobar que se hallan en buen estado. Deben evitarse, en la medida de lo posible, las conexiones múltiples y las alargaderas, tanto en la instalación eléctrica como en la de gases.
- Debe comprobarse la ventilación general del laboratorio: trabajo en depresión, velocidad de circulación del aire de las zonas con menor contaminación a las de mayor contaminación ambiental, renovación suficiente y adecuadas condiciones termohigrométricas.
- Debe trabajarse, siempre que sea posible y operativo, en las vitrinas. En éstas debe comprobarse periódicamente el funcionamiento del ventilador, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, su estado general y que no se conviertan en un almacén improvisado de productos químicos.

## **Trabajos realizados sin vigilancia**

Este tipo de operaciones se llevan a cabo cuando el proceso que se realiza no se puede concluir dentro del horario normal de trabajo y se deja en marcha sin vigilancia hasta el día siguiente o el próximo turno.

El riesgo fundamental de aparatos e instalaciones complejas de laboratorio funcionando sin ningún tipo de supervisión es de explosión, incendio y contaminación por emisiones o vertidos.

Las operaciones con compuestos inestables, muy inflamables, explosivos o altamente tóxicos son desaconsejables en estas condiciones, ya que la fiabilidad de los equipos nunca es total.

El responsable del laboratorio debe estar informado de las operaciones realizadas sin vigilancia y debe dar las instrucciones precisas concernientes al lugar y la regulación de los aparatos de control. Es desaconsejable confiar la vigilancia de una instalación del laboratorio a una persona no especialista como, por ejemplo, un guardia de noche.

## **Almacenamiento de productos**

La legislación específica existente sobre almacenamiento de productos químicos contenida en las ICT-MIE-APQ-001/008 no es aplicable en su conjunto a las condiciones habituales de los laboratorios, en los que, en general, se almacenan cantidades pequeñas de una gran variedad de productos químicos. Sí que debe considerarse en el diseño de almacenes específicos, almacenamiento e instalaciones de gases y almacenamiento de productos inflamables en grandes cantidades.

El almacenamiento prolongado de los productos químicos representa en sí mismo un peligro, ya que dada la propia reactividad intrínseca de los productos químicos pueden ocurrir distintas transformaciones:

- Formación de peróxidos inestables con el consiguiente peligro de explosión al destilar la sustancia o por contacto.
- Polimerización de la sustancia que, aunque se trata en principio de una reacción lenta, puede en ciertos casos llegar a ser rápida y explosiva.
- El recipiente que contiene el producto puede atacarse y romperse por sí sólo.
- Descomposición lenta de la sustancia produciendo un gas cuya acumulación puede hacer estallar el recipiente.

Son normas generales para la reducción del riesgo en el almacenamiento de los productos químicos:

- Mantener el stock al mínimo operativo, lo que redundará en aumento de la seguridad y reducción de costes, y disponer de un lugar específico (almacén, preferiblemente externo al laboratorio) convenientemente

señalizado, guardando en el laboratorio solamente los productos imprescindibles de uso diario.

- Considerar las características de peligrosidad de los productos y sus incompatibilidades, agrupando los de características similares, separando los incompatibles y aislando o confinando los de características especiales: muy tóxicos, cancerígenos, explosivos, etc.
- Comprobar que todos los productos están adecuadamente etiquetados, llevando un registro actualizado de productos almacenados. Se debe indicar la fecha de recepción o preparación, nombre del técnico responsable y de la última manipulación.
- Emplear armarios de seguridad de RF-15 como mínimo, lo que reduce el riesgo del almacenamiento en el propio laboratorio y permite técnicamente (ICT-MIE-APQ-001) guardar mayores cantidades de productos inflamables. Emplear armarios específicos para corrosivos, especialmente si existe la posibilidad de la generación de vapores.
- Emplear frigoríficos antideflagrantes o de seguridad aumentada para guardar productos inflamables muy volátiles.

## **Eliminación de residuos**

La gestión de los residuos del laboratorio tiene una problemática diferenciada de los industriales ya que, en general, se generan en pequeñas cantidades, presentan gran variedad y elevada peligrosidad tanto desde el punto de vista fisicoquímico, como toxicológico y para el medio ambiente. Su no tratamiento y acumulación en el laboratorio, genera la presencia de productos químicos peligrosos innecesarios. Además, a menudo, no suelen estar adecuadamente envasados, identificados y almacenados.

Su gestión debe basarse en los principios de minimización, reutilización, tratamiento y eliminación segura. Para ello se deberá establecer un programa de gestión de residuos en el laboratorio que contemple todos los residuos generados, sean banales (no especiales o no peligrosos) o peligrosos (especiales). El programa debe contemplar básicamente los siguientes aspectos:

- Inventario de todos los productos considerados como residuos.
- Definición de grupos en base a sus características fisicoquímicas, incompatibilidades, riesgos específicos y/o tratamiento y eliminación posterior.
- Contemplar las posibilidades de minimización considerando la posible reutilización, recuperación, neutralización y eliminación. Una adecuada gestión de compras, manteniendo el stock al mínimo, reduce el volumen de los residuos al disminuir la cantidad generada por reactivos caducados, sobrantes o de uso no previsible.
- Implantación de un sistema de recogida selectiva en función de los grupos establecidos con provisión de contenedores adecuados a las características de los residuos e identificación y etiquetado de los envases y contenedores.
- Información y formación del personal del laboratorio sobre la existencia y características del plan de gestión de residuos.

## **Actuación en casos de emergencia**

Además de los aspectos generales del plan de emergencia, deben contemplarse una serie de situaciones específicas en los laboratorios, para las cuales debe disponerse de un plan concreto de actuación.

### **Vertidos**

En caso de vertidos o derrames debe actuarse rápidamente, recogiendo inmediatamente el producto derramado evitando su evaporación y daños sobre las instalaciones. El procedimiento a emplear está en función de las características del producto: inflamable, ácido, álcali, mercurio, etc., existiendo actualmente absorbentes y neutralizadores comercializados.

### **Atmósfera contaminada**

La atmósfera de un laboratorio puede ser tóxica o explosiva después de un accidente/incidente: rotura de un frasco, vertido de un reactivo, fuga de un gas, etc.

Las acciones a llevar a cabo para el control del riesgo son las siguientes

#### **Si la contaminación es débil**

- Abrir todas las ventanas.
- Poner en marcha la vitrina con la pantalla totalmente abierta.

#### **Si la contaminación es importante**

- Activar el sistema de emergencia.
- Evacuar el personal del local.
- Avisar al equipo de intervención provisto del material de protección adecuado al riesgo: equipos de protección respiratoria, vestidos de protección, guantes, etc.
- Cerrar todos los aparatos con llama si el producto contaminante es volátil e inflamable.
- Abrir las ventanas.
- Poner en marcha las vitrinas.
- Si ha tenido su origen en un vertido, absorberlo con el absorbente indicado para dicho vertido y guardarlo en un recipiente estanco, lavando y aclarando con agua corriente, siempre empleando guantes. Si no se dispone del absorbente adecuado, emplear papel adsorbente.
- Prohibir la entrada al local hasta que la concentración ambiental de la sustancia peligrosa en la atmósfera deje de ser un riesgo.

## **Incendio**

Una parte importante de las instrucciones generales de seguridad en el laboratorio están destinadas a la prevención y protección contra incendios. El conjunto de una adecuada prevención y una rápida detección y actuación son las armas más eficaces para la reducción del riesgo de incendio.

El riesgo de incendio estará previsto en el plan de emergencia. Si es alto y/o la ocupación del laboratorio elevada, debe disponer de dos salidas con puertas que se abran hacia el exterior. Cuando concluya la evacuación del laboratorio, deben cerrarse las puertas, a no ser que existan indicaciones en sentido contrario por parte de los equipos de intervención.

El laboratorio debe estar dotado de extintores portátiles (agua pulverizada, halogenados, CO<sub>2</sub>, polvo) adecuados a los tipos de fuegos posibles, debiendo el personal del laboratorio conocer su funcionamiento a base de entrenamiento. Los extintores deben estar colocados a una distancia de los puestos de trabajo que los hagan rápidamente accesibles, no debiéndose colocar objetos que puedan obstruir dicho acceso.

Son especialmente útiles para el control de pequeños incendios en el laboratorio las mantas ignífugas. Si el fuego prende la ropa, utilizar también la manta o la ducha de seguridad, procurando que el desplazamiento sea mínimo.

Al entrar por primera vez en un laboratorio habrá que conocer qué medios contra incendios y emergencias existen y en donde se encuentran.

## **2.- Prevención del riesgo en el laboratorio. Instalaciones, material de laboratorio y equipos**

### **Introducción**

En el laboratorio, además de los riesgos intrínsecos de los productos químicos y de los generados por las operaciones que con ellos se realizan, deben considerarse también los que tienen su origen en las instalaciones, material de laboratorio y equipos existentes en el mismo.

El laboratorio dispone normalmente de una serie de instalaciones o servicios generales de gas, agua, aire comprimido, vacío, electricidad, etc. de los cuales el responsable del laboratorio debe tener constancia que cumplen las normativas de carácter estatal, autonómico o local que les afecten, que se hallen en buen estado y estén sometidas a un mantenimiento adecuado que garantice tanto el cumplimiento de la reglamentación comentada, como un riesgo nulo o escaso de provocar daños al personal que las utiliza en su trabajo en el laboratorio.

### **Iluminación y PVD**

La iluminación del laboratorio debe ser acorde con la exigencia visual de los trabajos que se realicen en él, que puede llegar a ser muy alta, lo que implica un nivel de iluminación mínimo de 1000 lux (RD 486/97 sobre puestos de trabajo), aunque se considera que un nivel de 500 lux basado en luminarias generales con iluminación de apoyo, es suficiente para una gran parte de las actividades.

### **Ventilación**

La ventilación general del laboratorio permite su acondicionamiento ambiental en cuanto a necesidades termohigrométricas y la dilución y evacuación de contaminantes. El adecuado acondicionamiento ambiental del laboratorio se consigue actuando sobre la temperatura, el índice de ventilación y la humedad del aire.

El control ambiental del laboratorio exige dos actuaciones bien diferenciadas: la retirada de contaminantes y la renovación del aire. Aunque la simple renovación del aire del ambiente permite hasta un cierto punto controlar el nivel de contaminación ambiental (disminución de olores y dilución de la concentración de contaminantes) es incapaz de eliminar eficazmente los contaminantes generados en el laboratorio.

Todas las operaciones con riesgo en las que se manipulen productos peligrosos deben llevarse a cabo en vitrinas de laboratorio que, a su vez, deben ser adecuadas a los productos que se manipulen.

La prevención adecuada frente a estos riesgos es:

- Ventilación del laboratorio eficaz, independiente del resto de las dependencias.
- Mantenimiento del laboratorio en depresión respecto a las zonas colindantes.
- Circulación del aire del lugar menos contaminado al más contaminado.
- Extracción localizada mediante vitrinas de laboratorio.
- Ventilación de emergencia.

## **Material de vidrio**

Es un elemento fundamental en el trabajo de laboratorio ya que presenta una serie de ventajas: transparencia, manejabilidad, facilidad de diseño y sencillez en la preparación de montajes, permitiendo, además, su moldeabilidad por calentamiento y la fabricación de piezas a medida.

Los riesgos asociados a la utilización del material de vidrio en el laboratorio son:

- Cortes o heridas producidos por rotura del material de vidrio debido a su fragilidad mecánica, térmica, cambios bruscos de temperatura o presión interna.
- Cortes o heridas como consecuencia del proceso de apertura de ampollas selladas, frascos con tapón esmerilado, llaves de paso, conectores etc., que se hayan obturado.
- Explosión, implosión e incendio por rotura del material de vidrio en operaciones realizadas a presión o al vacío.

Las medidas de prevención adecuadas frente a estos riesgos son:

- Examinar el estado de las piezas antes de utilizarlas y desechar las que presenten el más mínimo defecto.
- Desechar el material que haya sufrido un golpe de cierta consistencia, aunque no se observen grietas o fracturas.
- Efectuar los montajes para las diferentes operaciones (reflujos, destilaciones ambientales y al vacío, reacciones con adición y agitación, endo y exotérmicas, etc.) con especial cuidado, evitando que queden tensionados, empleando soportes y abrazaderas adecuados y fijando todas las piezas según la función a realizar.
- No calentar directamente el vidrio a la llama; interponer un material capaz de difundir el calor (p.e., una rejilla metálica).
- Introducir de forma progresiva y lentamente los balones de vidrio en los baños calientes.
- Utilizar aire comprimido a presiones bajas (0,1 bar) para secar los balones.
- Evitar que las piezas queden atascadas colocando una capa fina de grasa de silicona entre las superficies de vidrio y utilizando siempre que sea posible tapones de plástico.

- Para el desatascado de piezas deben utilizarse guantes espesos y protección facial o bien realizar la operación bajo campana con pantalla protectora. Si el recipiente a manipular contiene líquido, debe llevarse a cabo la apertura sobre un contenedor de material compatible, y si se trata de líquidos de punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, debe enfriarse el recipiente antes de realizar la operación.

## **Instalación eléctrica - Aparatos eléctricos**

La instalación eléctrica del laboratorio debe estar diseñada en el proyecto de obra de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y en función de sus líneas de trabajo, del tipo de instrumental utilizado y teniendo en cuenta las futuras necesidades del laboratorio. Este aspecto debe ser contemplado en todas las modificaciones que se realicen. Por otro lado, la incorporación de nuevo instrumental debe tener en cuenta sus requerimientos eléctricos.

Los conductores deben estar protegidos a lo largo de su recorrido y su sección debe ser suficiente para evitar caídas de tensión y calentamientos. Las tomas de corriente para usos generales deben estar en número suficiente y convenientemente distribuidas con el fin de evitar instalaciones provisionales.

En los locales o zonas donde se trabaje con líquidos inflamables la instalación eléctrica ha de ser de seguridad aumentada o antideflagrante y debe cumplir las normas específicas del REBT MIE-BTO26 sobre Prescripciones Particulares para las Instalaciones de Locales con Riesgo de Incendio y Explosión.

De entre los distintos aparatos que tienen conexión eléctrica, es recomendable disponer de líneas específicas para los equipos de alto consumo.

Los riesgos asociados a la utilización de instrumental eléctrico son:

- Electrocutación por contacto directo o indirecto, generado por todo aparato que tenga conexión eléctrica.
- Inflamación o explosión de vapores inflamables por chispas o calentamiento del aparato eléctrico.

Los consejos para la prevención de estos riesgos son:

- Disponer de un cuadro general, preferiblemente en cada unidad de laboratorio, con diferenciales y automáticos.
- Disponer de interruptor diferencial adecuado, toma de tierra eficaz e interruptor automático de tensión (magnetotérmico).
- Distribución con protección (automático omnipolar) en cabeza de derivación.
- Instalar la fuerza y la iluminación por separado, con interruptores.
- Emplear instalaciones entubadas, siendo las > 750 V, rígidas.
- Aplicación del código de colores y grosores.

- No emplear de modo permanente alargaderas y multiconectores (ladrones).
- Mantener las distancias al suelo según las características del local.
- Usar circuitos específicos para aparatos especiales.
- En áreas especiales (húmedas y laboratorios de prácticas) emplear bajo voltaje (24 V), estancos, tapas, etc. Emplear seguridad aumentada para el trabajo de manera permanente con inflamables.
- Efectuar el mantenimiento adecuado y realizar inspecciones y comprobaciones periódicas.

## **Frigoríficos**

Deben emplearse frigoríficos de seguridad aumentada cuando se guarden en su interior sustancias que puedan presentar peligro de inflamación o explosión y antideflagrantes cuando el frigorífico esté, además, situado en un área con atmósfera inflamable. Aunque en general no es recomendable, sólo pueden utilizarse frigoríficos domésticos para guardar productos inertes.

Los frigoríficos presentan riesgos de incendio y explosión/deflagración, cuando se guardan en su interior productos que pueden desprender vapores inflamables si los frascos que los contienen no están bien cerrados o tiene lugar un fallo de corriente que pueda producir un recalentamiento de algún producto o propiciar la explosión de algún recipiente. Cualquier chispa del motor (no antiexplosivo) del frigorífico puede producir un incendio o explosión si hay vapores inflamables en el ambiente del laboratorio en que se halla ubicado.

Para la prevención de estos riesgos:

- Emplear frigoríficos de seguridad aumentada que no dispongan de instalación eléctrica interior y, preferiblemente, los especialmente preparados para guardar productos inflamables que estén homologados.
- No guardar recipientes abiertos o mal tapados en el frigorífico.
- Utilizar recipientes capaces de resistir la sobrepresión interna en caso de recalentamiento accidental.
- Controlar de modo permanente la temperatura interior del frigorífico.
- Se deberá establecer un procedimiento para controlar lo existente en los frigoríficos para evitar contenidos prolongados e inútiles además de favorecer su limpieza periódica.

## **Aparatos con llama**

El trabajo con llama abierta genera riesgos de incendio y explosión por la presencia de gases combustibles, o de productos inflamables en el ambiente próximo donde se utilizan.

Para la prevención de estos riesgos son acciones adecuadas:

- Suprimir la llama o la sustancia inflamable, aislándolas, o garantizar una ventilación suficiente para que no se alcance jamás el límite inferior de inflamabilidad.

- Calentar los líquidos inflamables mediante sistemas que trabajen a una temperatura inferior a la de autoignición (p.e., baño maría).
- Utilizar equipos con dispositivo de seguridad que permita interrumpir el suministro de gases en caso de anomalía.
- Mantenimiento adecuado de la instalación de gas.

## **Baños calientes y otros dispositivos de calefacción**

Los principales riesgos que presentan son quemaduras térmicas, rotura de recipientes de vidrio ordinario con desprendimiento de vapores, vuelcos, vertidos, emisión incontrolada de humos en los baños de aceite y generación de calor y humedad ambiental en los baños de agua.

También es importante el riesgo de contacto eléctrico indirecto por envejecimiento del material.

Para prevenir estos riesgos las principales acciones a tomar son:

- No llenar completamente el baño hasta el borde.
- Asegurar su estabilidad con ayuda de soportes.
- No introducir recipientes de vidrio ordinario en el baño, utilizar vidrio tipo Pyrex.
- Disponer de un termostato de seguridad para limitar la temperatura.
- Utilizar dispositivos aislantes térmicos que no contengan amianto.
- Cuando su uso sea continuado, disponer de extracción localizada.
- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo con revisiones periódicas, que deben aumentar de frecuencia con el uso y la antigüedad del dispositivo. Prestar especial atención a las conexiones eléctricas.

## **Baños fríos**

Normalmente, los contactos puntuales y poco intensos con el líquido refrigerante no producen daños ya que la evaporación es instantánea, pero un contacto prolongado es peligroso. Los principales riesgos que presentan son: quemaduras por frío y desprendimiento de vapores. También hay que tener en cuenta que si se emplean para el control de reacciones exotérmicas, cualquier incidente que anule su función puede generar un incendio, una explosión o la emisión de sustancias tóxicas al ambiente.

Son normas generales para la prevención de estos riesgos:

- No introducir las manos sin guantes protectores en el baño frío.
- Manipular la nieve carbónica con la ayuda de pinzas y guantes térmicos.
- Introducir los recipientes en el baño frío lentamente con el fin de evitar una ebullición brusca del líquido refrigerante.
- Emplear los baños de acetona con nieve carbónica preferiblemente en la vitrina.

## Refrigerantes

Los refrigerantes funcionan normalmente con circulación de agua corriente a través de conexiones mediante tubos flexibles, aunque en algunos casos se emplea un circuito cerrado, con enfriamiento del agua en un baño refrigerado.

Los riesgos más habituales en el uso de refrigerantes son: rotura interna con entrada de agua en el medio de reacción que puede provocar incendio, explosión o emisión de productos tóxicos, fuga de vapores por corte en el suministro de agua e inundación en el caso de desconexión del tubo.

Disponer de un sistema de seguridad que interrumpa el aporte de calor en caso de que se corte el suministro de agua, asegurarse de que los tubos están bien sujetos, y renovarlos periódicamente, son medidas eficaces para la prevención de los riesgos mencionados.

## Estufas

Presentan riesgos de explosión, incendio e intoxicación si se desprenden vapores inflamables en la estufa, de sobrecalentamiento si se produce un fallo en el termostato y de contacto eléctrico indirecto.

El control del riesgo en la utilización de las estufas se basa en las siguientes recomendaciones:

- Si se utiliza una estufa para evaporar líquidos volátiles debe disponerse de un sistema de extracción y retención por filtrado o por condensación de los vapores producidos. Si los vapores que se desprenden son inflamables, es recomendable emplear estufas de seguridad aumentada o con instalación antideflagrante.
- Emplear estufas con sistemas de seguridad de control de temperaturas (doble termostato, por ejemplo).
- Efectuar un mantenimiento adecuado, comprobando además la ausencia de corrientes de fuga por envejecimiento del material y correcto estado de la toma de tierra.

## Botellas e instalación de gases

En el laboratorio se suelen utilizar gases a presión suministrados a través de una instalación fija o directamente de la botella (bombona). En ambos casos hay que observar determinadas precauciones y disponer de un protocolo de utilización. Las posibles situaciones de fugas e incendios deben estar contempladas en el plan de emergencia del laboratorio. La utilización de botellas, aún disponiendo de instalación de gases fija, es relativamente corriente.

Son situaciones de riesgo características en el empleo de gases a presión, disueltos o licuados:

- Caída de la botella.
- Intoxicación en caso de fuga de un gas tóxico, irritante o corrosivo de una botella o de la instalación.
- Fuga de un gas explosivo.
- Fuga de un gas inerte.
- Incendio en la boca de una botella de un gas inflamable.
- Sobreesfuerzos en el traslado de las botellas.

Control del riesgo:

- Mantener las botellas fijas sujetándolas con una cadena a un soporte sólido.
- Disponer de un plan de actuación para casos de fugas e incendio en la boca de la botella.
- Observar las precauciones adecuadas a las características del gas manipulado.
- Disponer de carro adecuado para trasladar las botellas de gases.

## **Autoclave**

Riesgo:

- Explosión del aparato con proyecciones violentas.

Control del riesgo:

- Asegurarse documentalmente (homologación, certificación) de que el autoclave resiste la presión a la que tiene que trabajar.
- Debe estar equipado con un manómetro.
- Los autoclaves que trabajan a presiones muy elevadas deben estar ubicados en locales preparados para el riesgo de explosión.
- El aumento de presión debe ser progresivo, así como la descompresión.

## **Centrífugas**

Riesgos:

- Rotura del rotor.
- Heridas en caso de contacto con la parte giratoria.
- Explosión por una atmósfera inflamable.
- Formación de bioaerosoles.

Control del riesgo:

- Repartir la carga simétricamente.
- La centrífuga debe llevar un mecanismo de seguridad de tal manera que no pueda ponerse en marcha si la tapa no está bien cerrada e impidiendo su apertura si el rotor está en movimiento.

- Disponer de un procedimiento de actuación para el caso de roturas y/o formación de bioaerosoles.

## Pipetas

Riesgos:

- Contacto o ingestión de un líquido tóxico o corrosivo.
- Cortes por rotura.

Control del riesgo:

- Prohibir pipetear con la boca.
- Utilizar siempre guantes impermeables al producto manipulado.
- Utilizar bombas de aspiración manual de caucho o cremallera que se adapten bien a las pipetas a utilizar.
- Para algunas aplicaciones y reactivos es recomendable utilizar un dispensador automático de manera permanente.

## Instrumental analítico

### Cromatógrafo de gases

El cromatógrafo de gases suele trabajar a temperaturas elevadas, a veces cíclicamente, y puede producir un cierto nivel de contaminación ambiental cuando se trabaja con detectores no destructivos.

Riesgos:

- Disconfort por el calor desprendido por el aparato.
- Quemaduras térmicas al realizar algunas operaciones en el detector, la columna o el inyector.
- Contaminación ambiental.
- Pinchazos en la manipulación de jeringas.
- Fugas de gases inflamables, especialmente hidrógeno.
- Contactos eléctricos indirectos en aparatos antiguos.

Control del riesgo:

- Disponer de un sistema de ventilación adecuado para disipar el calor producido por los aparatos.
- Utilizar guantes resistentes al calor cuando se realicen manipulaciones en zonas calientes.
- Conectar la salida del divisor de flujo del inyector de capilares y de los detectores no destructivos al exterior.
- Adecuado mantenimiento preventivo.

La mayor parte de estas instrucciones son extensivas a los **espectrómetros de masas**, tanto si utilizan la cromatografía de gases como fase previa o no.

## **Cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC)**

Riesgos:

- Vertidos y contactos dérmicos en la preparación del eluyente.
- Contaminación ambiental si se emplean eluyentes volátiles.

Control del riesgo:

- Manipular los eluyentes adecuadamente, empleando guantes si existe posibilidad de contacto dérmico en las operaciones de trasvase.
- Emplear material de vidrio resistente en el tratamiento previo del eluyente, especialmente en las operaciones al vacío.

## **Espectrofotómetro de absorción atómica**

Riesgos:

- Quemaduras químicas en la manipulación de ácidos concentrados empleados en el tratamiento previo (digestión) de las muestras a analizar.
- Desprendimiento de vapores irritantes y corrosivos.
- Quemaduras térmicas con la llama, horno de grafito y zonas calientes en general.
- Fugas de gases: acetileno y otros.
- Posible formación de hidrógeno cuando se utiliza el sistema de generación de hidruros.
- Radiaciones UV.

Control del riesgo:

- Realizar las digestiones ácidas en vitrinas.
- Utilizar guantes, gafas y equipos de protección personal adecuados.
- Sistema de extracción sobre la llama o horno de grafito.
- Buena ventilación general cuando se trabaja con el generador de hidruros.
- Tomar las precauciones adecuadas para trabajar con acetileno.
- No mirar directamente a la llama ni a las fuentes de emisión (lámparas).

## **Espectrofotómetro UV-visible e infrarrojo, fluorímetro, balanza, pHmetro, polarógrafo y otros aparatos de electroanálisis, autoanalizadores, microscopios, agitadores, etc.**

Los riesgos asociables a esta instrumentación son básicamente de contacto eléctrico, quemadura térmica si hay zonas calientes, formación de ozono cuando se utilizan lámparas o radiaciones a determinadas longitudes de onda, etc.

Los procedimientos para reducir los riesgos existentes en la instrumentación se basan de una manera general en:

- Instalación adecuada.
- Mantenimiento preventivo eficaz.
- Instrucciones de uso y procedimientos normalizados de trabajo con las adecuadas instrucciones de seguridad que contemplen la especificidad de cada técnica. Por ejemplo: en el caso de la electroforesis a alto voltaje debe prestarse especial atención al riesgo eléctrico, en la cromatografía de capa fina al riesgo de cortes con los bordes de las placas, al riesgo de golpes en los aparatos con partes móviles (tener especial cuidado con la robotización de los laboratorios de análisis clínicos), al de contacto con los reactivos (riesgo químico) empleados en los autoanalizadores y con las muestras (riesgo biológico), etc.

### **3.- Prevención del riesgo en el laboratorio químico: operaciones básicas**

#### **Introducción**

Cualquier operación del laboratorio en la que se manipulen productos químicos presenta siempre unos riesgos. Para eliminarlos o reducirlos de manera importante es conveniente, antes de efectuar cualquier operación, hacer una lectura crítica del procedimiento a seguir, asegurarse de disponer del material adecuado, manipular siempre la cantidad mínima de producto químico, llevar las prendas y accesorios de protección adecuados (si son necesarias) y tener previsto un plan de actuación en caso de incidente o accidente. A continuación se revisan una serie de operaciones habituales en el laboratorio químico, relacionando los posibles riesgos existentes y las correspondientes actuaciones para su eliminación o reducción.

#### **Trasvases de líquidos**

Los trasvases se pueden realizar por vertido libre, con sifón o con la ayuda de una bomba.

En el primer caso puede haber riesgos de vertido de líquidos e intoxicación por vapores. Para la prevención de estos *riesgos* es aconsejable:

- Emplear una bomba o un sifón para trasvases de gran volumen.
- Utilizar gafas o pantallas de protección facial cuando se trasvasen productos irritantes o corrosivos. Para trasvasar ácidos y bases se recomiendan los guantes de PVC (cloruro de polivinilo). En todo caso deberá comprobarse siempre que los guantes sean impermeables al líquido trasvasado.
- Suprimir las fuentes de calor, llamas y chispas en la proximidad de un puesto donde se realicen trasvases de líquidos inflamables. Si la cantidad de producto a trasvasar es importante, debe realizarse la

operación en un lugar específico acondicionado especialmente y con ventilación suficiente.

- Volver a tapar los frascos una vez utilizados.

Cuando la operación de trasvase es mediante sifón o bombeo puede haber riesgo de explosión por sobrepresión. Para evitar este riesgo, la alternativa es, evidentemente, la utilización del vaciado por gravedad. Si se emplea una bomba puede equiparse con dispositivos de seguridad para evitarlo. También en este caso deberá comprobarse siempre la adecuación de la bomba al producto a trasvasar: Compatibilidad de materiales, corrosión, contaminación, riesgo de explosión, etc.

Al trasvasar cantidades importantes de líquidos no conductores debe valorarse siempre el problema de la electricidad estática.

## **Operaciones con vacío**

Entre las diferentes operaciones en que se puede utilizar el vacío destacan la evaporación, la destilación, la filtración y el secado (en desecadores) Estas operaciones presentan riesgos de implosión del aparato y proyección de material, aspiración de un líquido y mezcla imprevista de productos que reaccionen violentamente.

Para el control de estos riesgos es recomendable:

- Utilizar recipientes de vidrio especiales capaces de soportar el vacío (paredes gruesas o formas esféricas) e instalar el aparato en un lugar donde no haya riesgo de que sufra un choque mecánico.
- Recubrir con una cinta adhesiva o una red metálica el recipiente en depresión.
- El paso de vacío a presión atmosférica debe hacerse de manera gradual y lentamente.
- Tener en cuenta que cuando se utiliza para el vacío una trompa de agua y se cierra lentamente el grifo de alimentación, puede tener lugar un retorno de agua al recipiente donde se hace el vacío; si este recipiente contiene algún producto capaz de reaccionar con el agua, la reacción puede ser violenta. Para evitarlo hay que cerrar primero el grifo que debe colocarse entre el aparato sometido a vacío y la trompa. También es útil colocar entre ellos un recipiente de seguridad.

## **Evaporación al vacío**

Se llevan a cabo normalmente en evaporadores rotativos (rotavapor) que permiten el calentamiento y la agitación por rotación de la muestra tratada al vacío, debiéndose tener en cuenta las siguientes precauciones.

- Los balones no deben llenarse excesivamente y debe evitarse un sobrecalentamiento de la mezcla tratada por evaporación. Si existe la posibilidad de que se formen productos inestables (p.e., peróxidos) no se llevará la mezcla a sequedad.

- Debe esperarse el enfriamiento del balón que contenga la mezcla antes de eliminar el vacío. Este enfriamiento progresivo se puede lograr apartando la muestra del baño, mientras se mantiene la agitación.
- Para evitar que los vapores eliminados deterioren la bomba de vacío o bien contaminen el agua en caso de emplear trompas de agua se puede colocar una trampa refrigerada.

## **Destilación al vacío**

En las destilaciones a vacío, la ebullición del líquido debe regularse mediante un tubo capilar que haga borbotear aire o un gas inerte, en función de los requerimientos de ausencia de oxígeno o humedad. Conviene verificar que en el transcurso de la operación no se produzca una obturación del capilar por inicio de cristalización, por ejemplo. Si se utiliza refrigerante de paso estrecho también debe vigilarse que no ocurra la obturación en él.

La calefacción no debe empezar hasta que el vacío se ha establecido, a fin de evitar el desencadenamiento espontáneo de la ebullición, con riesgo de la pérdida de producto y contaminación general del sistema.

Al concluir la destilación debe enfriarse el sistema antes de detener el vacío, ya que la introducción del aire en un balón caliente podría producir inflamaciones o explosiones del residuo obtenido en la destilación. El paso del vacío a la presión normal debe hacerse de manera lenta, pudiéndose emplear para ello el capilar usado en la regulación del vacío.

## **Filtración al vacío**

Los matraces para la filtración al vacío deben ser de vidrio de elevada calidad, hallarse en excelente estado de conservación y deben fijarse con solidez evitando tensiones. Si la filtración es defectuosa por las características propias de los productos manipulados debe considerarse que un aumento de vacío no va a mejorar el rendimiento ni el tiempo de filtrado; sí, en cambio, el riesgo de implosión. Puede ser aconsejable la aplicación de otras medidas como la presión o el filtrado en pequeñas cantidades con el fin de evitar la colmatación del fritado o del filtro de papel. En este último caso debe estarse siempre pendiente de su posible rotura.

## **Secado al vacío**

Los desecadores deben colocarse en lugares poco expuestos a golpes y caídas, fuera del alcance de la luz solar, especialmente cuando contienen productos inestables. Cuando se hallan al vacío no deben ser jamás transportados. Cuando se emplee un desecador al vacío debe protegerse mediante redes metálicas o de un material cuya resistencia haya sido contrastada. Deben lubricarse adecuadamente los bordes de contacto y las llaves. Entre el desecador y la trompa de vacío debe colocarse un matraz o borboteador de seguridad a fin de evitar los posibles retornos del agua que podrían afectar los productos que tiene el desecador y reaccionar violentamente con los deshidratantes colocados en éste.

## **Mezcla de productos o adición de un producto**

Puede tener lugar una reacción imprevista acompañada de un fenómeno peligroso (explosión, proyección).

Para el control de este riesgo es recomendable disponer de un protocolo de actuación y de información sobre la identidad y peligrosidad de los productos que se manipulan. Por otro lado, cuando se trata de la adición de un reactivo, la velocidad debe de ser proporcionada a la reacción producida. Debe ser especialmente lenta si la reacción es exotérmica, provoca espuma, ocurre o puede ocurrir una polimerización rápida, etc.

## **Extracción con disolventes volátiles**

### **Extracción en caliente**

La extracción líquido-sólido o líquido-líquido en caliente es una operación relativamente rutinaria en los laboratorios de química. El caso más habitual es la extracción con el sistema soxhlet. Dado que para ella se suelen emplear líquidos volátiles inflamables, cualquier sobrepresión en el montaje o una fuga de vapor puede provocar un incendio. Téngase en cuenta que siempre que se manipulen sustancias de estas características se presenta riesgo de incendio y explosión.

Los sistemas para el control de estos *riesgos* son:

- Calentar el sistema de extracción empleando un baño maría o en un baño de aceite a una temperatura suficiente, pero no más alta, para asegurar la ebullición del disolvente.
- Realizar la operación en vitrina.
- Disponer de un sistema de actuación (extintor manual adecuado, manta ignífuga, etc.) próximo al lugar de la operación.
- Cuando la extracción sea de larga duración es recomendable disponer de un sistema de control del agua de refrigeración frente a posibles cortes.

### **Extracción líquido-líquido**

En la mayor parte de los procesos de extracción líquido-líquido a temperatura ambiente, una de las fases es un compuesto orgánico volátil, normalmente un disolvente inflamable, por lo que habrá que aplicarle las recomendaciones generales frente a la utilización de este tipo de compuestos que ya se han citado (sobrepresión, presencia de vapores inflamables).

Si se emplea un embudo de decantación con agitación manual, existe además el problema del contacto directo con los productos y la posibilidad de proyecciones de líquidos e inhalación de concentraciones elevadas de vapores al aliviar la presión del embudo (generada por la vaporización durante la agitación) a través de la válvula de la llave de paso. En esta operación es

recomendable usar guantes impermeables, ropa de protección y, si las sustancias que intervienen en el proceso tienen características de peligrosidad elevadas, realizar la operación en vitrina, aunque ello represente incomodidad.

## **Extracción sólido-líquido**

La extracción sólido-líquido (procedimiento mediante el cual se retiene el producto a extraer de un líquido en un sólido adsorbente o impregnado por un absorbente) presenta un uso cada vez más extendido. El procedimiento, por sus propias características (poca cantidad de muestra y, en consecuencia, de productos a manipular, posibilidad de automatización, etc.) presenta pocos problemas. Los riesgos más característicos son los derivados de la utilización de presión y vacío en los sistemas semiautomatizados y de manipulación inadecuada en caso de obstrucción del cartucho o del disco de extracción.

## **Destilación**

La destilación es una de las operaciones más habituales en los laboratorios. En ella hay que tener en cuenta los posibles riesgos de:

- Rotura del recipiente e inflamación.
- Paro de la refrigeración provocando la emisión de vapores y generación de una atmósfera inflamable.
- Ebullición irregular con posibilidad de desprendimiento de vapores y proyecciones y salpicaduras.

Las pautas de actuación para el control del riesgo son:

- El aparato o el montaje de destilación debe estar adaptado a las cantidades y características de los productos a destilar.
- Si el producto a destilar puede contener subproductos de descomposición de características peligrosas o desconocidas, debe llevarse a cabo la destilación con muchas precauciones (vitrina, apantallamiento, protecciones personales, material de intervención, etc.) y en cantidades pequeñas, que pueden aumentarse paulatinamente en caso de que no se observen anomalías. La utilización de pequeñas cantidades de productos en todas aquellas operaciones sobre las que no se tiene información previa del posible comportamiento de las sustancias presentes es una norma general a aplicar en la reducción de riesgos en el laboratorio.
- El calentamiento debe hacerse preferentemente mediante mantas calefactoras o baños (aceite, arena) que deben colocarse encima de sistemas móviles (elevadores) con el fin de permitir un cese rápido del aporte de calor en caso de necesidad.
- Para los líquidos inflamables puede ser ventajoso utilizar un recipiente metálico que evita los riesgos de rotura aunque presenta el inconveniente de que no permite ver la cantidad de líquido que queda en el recipiente.

- Examinar siempre el material y la estanqueidad del montaje de destilación, sobretodo en el caso de líquidos inflamables, antes de cada operación para evitar un fallo eventual o una fuga.
- Regularizar la ebullición introduciendo antes de iniciar la aplicación de calor algunos trocitos de porcelana porosa o de vidrio en el líquido a destilar.
- Trabajar, siempre que sea posible, en vitrinas.
- Disponer de equipos de protección personal (sobretodo, gafas de seguridad).
- Utilizar dispositivos de control de temperatura, de aporte de calor y de la refrigeración.
- Prestar atención a la temperatura de autoinflamación (autoignition point) de las sustancias presentes en la mezcla de destilación.
- La aplicación de vacío, que puede representar problemas añadidos, se ha comentado en el apartado de operaciones con vacío.

## **Riesgos en la destilación de éteres**

Los éteres, por envejecimiento a lo largo de su almacenamiento así como por acción de la luz, se oxidan a peróxidos explosivos. La oxidación de un éter recientemente destilado puede ser rápida (tres días para el tetrahidrofurano, una semana para el éter etílico). En el transcurso de una destilación de un éter peroxidado, el peróxido poco volátil se concentra y la explosión se produce cuando sólo queda el peróxido en el recipiente. Éste es un accidente descrito muy corrientemente. También hay que destacar que el éter isopropílico es aún más peligrosos que el éter etílico.

Para el control del riesgo, antes de la destilación de un éter es conveniente realizar una prueba para detectar la presencia de peróxido (con yoduro de potasio o tiocianato ferroso). Para eliminar el peróxido existen diferentes métodos dentro de los cuales se elegirá el más apropiado. Después de la operación se volverá a realizar la prueba de peróxidos para verificar la desaparición del mismo. La adición de un inhibidor a un producto recientemente obtenido puede ralentizar su peroxidación.

## **Evaporación - secado**

Las operaciones de evaporación y secado, cuando se trata de disolventes, presentan el riesgo de desprendimiento de vapores tóxicos o inflamables. Para su prevención son acciones adecuadas:

- Efectuar la operación en el interior de una vitrina o emplear un evaporador rotatorio.
- Si el aporte de calor mediante estufa es indispensable se utilizará una que esté ventilada, disponga de un sistema de aspiración de vapores y se trabajará siempre a temperaturas moderadas, asegurándose que en ningún punto del interior o exterior de la estufa se puede sobrepasar el punto de autoinflamación.
- La evaporación de un producto empapado de un líquido volátil se puede efectuar en frío.

- La evaporación y secado con aplicación de vacío se ha comentado en el apartado de operaciones con vacío.

## **Desecación de un líquido**

En muchos casos se utilizan compuestos sólidos peligrosos para eliminar el agua presente en líquidos orgánicos. Algunos de estos productos pueden presentar riesgo de explosión. Los más usuales son los que citan a continuación.

### **Perclorato de magnesio**

La mayoría de las explosiones como consecuencia de la utilización de este producto en el transcurso de una operación de deshidratación se deben al residuo de ácido perclórico (contenido en la sal) que se combina para formar un perclorato orgánico explosivo. Como medida de prevención puede ser reemplazado por el pentóxido de fósforo aunque éste, a su vez, es corrosivo (provoca quemaduras graves).

### **Sodio**

Sólo se debe utilizar para eliminar la humedad de un líquido ya secado previamente. No debe olvidarse que el sodio se transforma en hidróxido con la producción de hidrógeno a partir de la humedad. El hidrógeno puede crear una sobrepresión y es un gas muy inflamable. El peróxido de sodio es explosivo por simple frotación, igual que el peróxido de potasio.

## **Limpieza del material de vidrio**

El proceso de limpieza manual del material de vidrio del laboratorio es muy habitual. Además, en muchos casos suele ser llevado a cabo por personal no especialista (empresas de limpieza) que debe ser puntualmente informado de las características de esta operación, la manera de llevarla a cabo adecuadamente y los riesgos que presenta, que pueden ser debidos a: los propios productos de limpieza, como intoxicación, dermatitis y quemaduras cutáneas y oculares; al material de vidrio, como cortes y heridas debido a su rotura, y a los residuos de productos contenidos en el material.

Las medidas de prevención adecuadas frente a estos riesgos son:

- Formación e información del personal encargado de la limpieza.
- Ventilación del local destinado a la limpieza de material. La ventilación debe ser la suficiente para garantizar una atmósfera saludable.

Con el fin de reducir al mínimo el riesgo de contacto o de inhalación de sustancias peligrosas es necesario vaciar completamente los recipientes antes de entregarlos para lavar.

## **Mezcla crómica**

Mezcla de ácido sulfúrico (mayoritario) y trióxido de cromo o dicromato potásico. Se trata de un preparado tóxico, corrosivo y peligroso para el medio ambiente. Su utilización para destruir la materia orgánica, que es de gran eficacia, debe ser descartada excepto para aquellos casos en que no exista alternativa, empleándolo siempre en la mínima concentración necesaria. Debe tenerse en cuenta que el dicromato potásico está clasificado como compuesto cancerígeno, categoría 2. La clasificación de la mezcla crómica es: Producto tóxico y peligroso para el medio ambiente. Puede causar cáncer por inhalación y alteraciones genéticas hereditarias. Provoca quemaduras graves y puede causar sensibilización en la piel. Es muy tóxico para los organismos acuáticos y puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

En la actualidad, se comercializan sustitutivos de la mezcla crómica de baja toxicidad.

## **Metanol**

Es un alcohol tóxico por inhalación e ingestión y fácilmente inflamable. A corto plazo produce un efecto narcótico típico de todos los alcoholes. A largo plazo, provoca problemas visuales pudiendo entrañar la ceguera total. Para el aclarado y secado del vidrio se puede reemplazar por isopropanol que es menos tóxico.

## **Transporte de recipientes conteniendo productos químicos**

Durante el transporte de productos químicos puede tener lugar la rotura del recipiente, con la consiguiente contaminación, intoxicación y riesgo de explosión. Para el control de estos riesgos se recomienda:

- Transportar los recipientes de vidrio en contenedores especiales. Si se transportan varios productos o mucha cantidad se deben emplear carros para evitar los choques y roturas.
- No utilizar el ascensor destinado a las personas.
- No transportar los recipientes que están bajo vacío.

## 4.- Clasificación y etiquetado de las sustancias peligrosas

### Introducción

Para los productos químicos la información sobre su peligrosidad y el riesgo derivado de su utilización está recogida en la etiqueta y ampliada en la ficha de datos de seguridad (FDS). Su contenido está regulado por la legislación sobre comercialización de productos químicos relativa a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos recogida en los Reales Decretos **363/1995** y **255/2003**, que obliga a que todo producto químico esté debidamente etiquetado tanto si va destinado al público en general como al usuario profesional, en cuyo caso deberá también disponer de la FDS.

La obligación de identificar los productos químicos no es exclusiva de los productos comercializados sino que incluye cualquier producto presente en el lugar de trabajo, por lo que no es aceptable la presencia de productos sin etiquetar o identificar provenientes de un trasvase, generados en el proceso o como residuos (**RD 485/1997**).

### Peligrosidad de las sustancias químicas

#### Categorías de peligro

Las sustancias se consideran peligrosas si presentan alguna de las características de peligro establecidas de acuerdo con las propiedades fisicoquímicas, toxicológicas (efectos sobre la salud) y ecotoxicológicas (efectos sobre el medio ambiente).

#### Etiquetado

Todo producto químico, sustancia o preparado, clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación. Esta etiqueta, redactada en el idioma oficial del Estado, contendrá:

- *Nombre de la sustancia.*
- *Nombre, dirección y teléfono del fabricante o importador.* Es decir del responsable de su comercialización en la Unión Europea (UE).
- *Símbolos e indicaciones de peligro normalizadas* para destacar los riesgos principales.
- *Frases R* que permiten identificar y complementar determinados riesgos mediante su descripción.
- *Frases S* que, a través de consejos de prudencia, establecen medidas preventivas para la manipulación y utilización.
- *Número de registro CE* de la sustancia (número EINECS o ELINCS).

El etiquetado de un producto implica la asignación de unas categorías de peligro definidas y preestablecidas basadas en las propiedades fisicoquímicas, en las toxicológicas, en los efectos específicos sobre la salud humana y en los efectos sobre el medio ambiente, identificadas mediante pictogramas y símbolos de peligrosidad (E, O, F<sup>+</sup>, F, T<sup>+</sup>, T, Xn, Xi, C, N).

Las definiciones, las distintas categorías de peligros, los pictogramas y las frases de riesgo más características se recogen en los siguientes cuadros:

### Propiedades fisicoquímicas

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p><b>Explosivos</b> Las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno del aire, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.</p>	<p>E</p>  <p>Explosivo</p>
<p><b>Comburentes</b> Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.</p>	<p>O</p>  <p>Comburente</p>
<p><b>Extremadamente inflamables</b> Las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables con el aire.</p>	<p>F+</p>  <p>Extremadamente inflamable</p>
<p><b>Fácilmente inflamables</b> Las sustancias y preparados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía. o</li> <li>• Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente, o</li> <li>• Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo, o</li> <li>• Que, en contacto con agua o con aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.</li> </ul>	<p>F</p>  <p>Fácilmente inflamable</p>
<p><b>Inflamables</b> Las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.</p>	<p>R 10 Inflamable</p>

## Propiedades toxicológicas

DEFINICIONES		IDENTIFICACIÓN
<p><b>Muy tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>T+</p>  <p>Muy tóxico</p>
<p><b>Tóxicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>T</p>  <p>Tóxico</p>
<p><b>Nocivos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.</p>		<p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>
<p><b>Corrosivos</b> Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.</p>		<p>C</p>  <p>Corrosivo</p>
<p><b>Irritantes</b> Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.</p>		<p>Xi</p>  <p>Irritante</p>
<p><b>Sensibilizantes</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.</p>	<p>por inhalación</p>	<p>R42</p> <p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>
	<p>por contacto cutáneo</p>	<p>R43</p> <p>Xi</p>  <p>Irritante</p>

## Efectos específicos sobre la salud

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN	
<p><b>Carcinogénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.</p>	Categorías 1 y 2	<p>R45 R49</p> <p>T</p>  <p>Tóxico</p>
	Categoría 3	<p>R40</p> <p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>
<p><b>Mutagénicos</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.</p>	Categorías 1 y 2	<p>R46</p> <p>T</p>  <p>Tóxico</p>
	Categoría 3	<p>R68</p> <p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>
<p><b>Tóxicos para la reproducción</b> Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.</p>	Categorías 1 y 2	<p>R60 R61</p> <p>T</p>  <p>Tóxico</p>
	Categoría 3	<p>R62 R63</p> <p>Xn</p>  <p>Nocivo</p>

## Efectos sobre el medio ambiente

DEFINICIONES	IDENTIFICACIÓN
<p><b>Peligrosos para el medio ambiente</b> Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.</p>	<p>N</p>  <p>Peligroso para el medio ambiente</p>

**NATURALEZA DE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS ATRIBUIDOS A LAS  
SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS: FRASES R**

R1	Explosivo en estado seco.
R2	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R3	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
R5	Peligro de explosión en caso de calentamiento.
R6	Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire.
R7	Puede provocar incendios.
R8	Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
R9	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
R10	Inflamable.
R11	Fácilmente inflamable.
R12	Extremadamente inflamable.
R14	Reacciona violentamente con el agua.
R15	Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
R16	Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
R17	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
R18	Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
R19	Puede formar peróxidos explosivos.
R20	Nocivo por inhalación.
R21	Nocivo en contacto con la piel.
R22	Nocivo por ingestión.
R23	Tóxico por inhalación.
R24	Tóxico en contacto con la piel.
R25	Tóxico por ingestión.
R26	Muy tóxico por inhalación.
R27	Muy tóxico en contacto con la piel.
R28	Muy tóxico por ingestión.
R29	En contacto con agua libera gases tóxicos.
R30	Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
R31	En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
R32	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.

- R33 Peligro de efectos acumulativos.
- R34 Provoca quemaduras.
- R35 Provoca quemaduras graves.
- R36 Irrita los ojos.
- R37 Irrita las vías respiratorias.
- R38 Irrita la piel.
- R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves.
- R40 Posibles efectos cancerígenos
- R41 Riesgo de lesiones oculares graves.
- R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación.
- R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- R44 Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
- R45 Puede causar cáncer.
- R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
- R49 Puede causar cáncer por inhalación.
- R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R52 Nocivo para los organismos acuáticos.
- R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R54 Tóxico para la flora.
- R55 Tóxico para la fauna.
- R56 Tóxico para los organismos del suelo.
- R57 Tóxico para las abejas.
- R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R59 Peligroso para la capa de ozono.
- R60 Puede perjudicar la fertilidad.
- R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
- R63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
- R65 Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
- R66 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

- R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.  
R68 Posibilidad de efectos irreversibles.

**NOTA:** También se pueden utilizar las siguientes combinaciones de frases R:

R14/15, R15/29, R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22, R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25, R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38, R39/23, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23//24/25, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28, R42/43, R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22, R48/23, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R50/53, R51/53, R52/53, R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22.

#### CONSEJOS DE PRUDENCIA RELATIVOS A LAS SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS: FRASES S

- S1 Consérvese bajo llave.  
S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.  
S3 Consérvese en lugar fresco.  
S4 Manténgase lejos de locales habitados.  
S5 Consérvese en ... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).  
S6 Consérvese en ... (gas inerte a especificar por el fabricante).  
S7 Manténgase el recipiente bien cerrado.  
S8 Manténgase el recipiente en lugar seco.  
S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.  
S12 No cerrar el recipiente herméticamente.  
S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.  
S14 Consérvese lejos de ... (materiales incompatibles a especificar por el fabricante).  
S15 Conservar alejado del calor.  
S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas-No fumar.  
S17 Manténgase lejos de materias combustibles.  
S18 Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.  
S20 No comer ni beber durante su utilización.  
S21 No fumar durante su utilización.  
S22 No respirar el polvo.  
S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].

- S24 Evítese el contacto con la piel.
- S25 Evítese el contacto con los ojos.
- S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S27 Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante).
- S29 No tirar los residuos por el desagüe.
- S30 No echar jamás agua a este producto.
- S33 Evítese la acumulación de cargas electroestáticas.
- S35 Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S36 Úsese indumentaria protectora adecuada.
- S37 Úsense guantes adecuados.
- S38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S39 Úsese protección para los ojos/la cara.
- S40 Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese ... (a especificar por el fabricante).
- S41 En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos.
- S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S43 En caso de incendio, utilizar ... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua».)
- S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
- S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
- S47 Consérvese a una temperatura no superior a ... °C (a especificar por el fabricante).
- S48 Consérvese húmedo con ... (medio apropiado a especificar por el fabricante).
- S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen.
- S50 No mezclar con ... (a especificar por el fabricante).
- S51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

- S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados.
- S53 Evítese la exposición-recábense instrucciones especiales antes del uso.
- S56 Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S59 Remítirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.
- S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas/las fichas de datos de seguridad.
- S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
- S63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima de la zona contaminada y mantenerla en reposo.
- S64 En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente).

**NOTA:** También se pueden utilizar las siguientes combinaciones de frases S

S1/2, S3/7, S3/9/14, S3/9/14/49, S3/9/49, S3/14, S7/8, S7/9, S7/47, S20/21, S24/25, S27/28, S29/35, S29/56, S36/37, S36/37/39, S36/ 39, S37/39, S47/49.

Para cantidades iguales o inferiores a 125 ml que sean irritantes, fácilmente inflamables, inflamables o comburentes, así como las nocivas no destinadas al público en general, no será necesario indicar las frases R y las frases S.

## **Ficha de datos de seguridad (FDS)**

La FDS es una importante fuente de información complementaria de la contenida en la etiqueta y constituye una herramienta de trabajo imprescindible en el campo de la prevención de riesgos laborales y de la protección al medio ambiente ya que suministra información para tomar las medidas necesarias para la protección de la salud y de la seguridad en el lugar de trabajo. El responsable de la comercialización debe suministrarla obligatoriamente a los usuarios profesionales proporcionando información sobre las propiedades de la sustancia y los peligros para la salud y el medio ambiente, así como sobre los riesgos derivados de sus propiedades físicas y químicas, controles de exposición, manipulación, almacenamiento y eliminación. Estas fichas también informan sobre las medidas de lucha contra incendios, los medios de protección, precauciones a tomar en caso de vertido accidental y primeros auxilios. La FDS también deberá redactarse, al menos, en la lengua oficial del Estado.

La FDS se suministrará de forma gratuita y nunca más tarde de la primera entrega del producto y posteriormente siempre que se produzcan revisiones por nuevos conocimientos significativos relativos a la seguridad y a la protección de la salud y del medio ambiente.

### **Información contenida en una ficha de datos de seguridad**

- a. Identificación del preparado y del responsable de su comercialización.
- b. Composición/información sobre los componentes.
- c. Identificación de los peligros
- d. Primeros auxilios.
- e. Medidas de lucha contra incendios.
- f. Medidas en caso de caso de vertido accidental.
- g. Manipulación y almacenamiento.
- h. Controles de la exposición/protección personal.
- i. Propiedades físicas y químicas.
- j. Estabilidad y reactividad.
- k. Información toxicológica.
- l. Información ecológica.
- m. Consideraciones relativas a la eliminación.
- n. Información relativa al transporte.
- o. Información reglamentaria.
- p. Otra información.

## 5.- Sustancias carcinogénicas y mutagénicas: criterios para su clasificación

Se denomina agente cancerígeno a cualquier agente físico, químico o biológico que es capaz de dar origen a un cáncer en el organismo. Se entiende como cáncer a aquel grupo de enfermedades que presentan una característica común: la proliferación de células que se escapan a las leyes de la homeostasis tisular y cuyo resultado final es la formación de una masa tumoral.

Asimismo se entiende como agente mutágeno a aquella sustancia o preparado que puede producir alteración en el material genético de las células y como agente tóxico para la reproducción (teratógeno) a aquella sustancia o preparado que puede producir alteraciones en el feto durante su desarrollo intrauterino.

En este apartado, se hace referencia a la manipulación de sustancias cancerígenas en el laboratorio, pudiéndose extender las medidas preventivas para ellas sugeridas a las sustancias mutágenas y tóxicas para la reproducción.

### Criterios para la clasificación

Los distintos criterios para la clasificación de sustancias carcinogénicas están basados en pruebas obtenidas a partir de estudios en humanos y animales de experimentación, así como también otros datos relevantes (mecanismos de actuación, proliferación celular, metabolismo, genotoxicidad, farmacocinética, etc.).

### Clasificación en la Unión Europea

Las sustancias se clasifican dentro de la primera categoría a partir de datos epidemiológicos; la clasificación en la segunda y tercera categorías se basa en experimentos en animales.

**Primera categoría.** Sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Se dispone de elementos suficientes para establecer la existencia de una relación causa/efecto entre la exposición del hombre a tales sustancias y la aparición del cáncer.

**Segunda categoría.** Sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Se dispone de suficientes elementos para suponer que la exposición del hombre a tales sustancias puede producir cáncer. Dicha presunción se fundamenta generalmente en estudios apropiados a largo plazo en animales y/o en otro tipo de información pertinente.

**Tercera categoría.** Sustancias cuyos posibles efectos carcinogénicos en el hombre son preocupantes, pero de las que no se dispone de información suficiente para realizar una evaluación satisfactoria. Hay algunas pruebas procedentes de análisis con animales, pero que resultan insuficientes para incluirlas en la segunda categoría.

La tercera categoría comprende dos subcategorías:

- a. Sustancias sobre las que se ha investigado pero de las que no hay suficientes pruebas sobre la inducción de tumores para incluirlas en la segunda categoría, y no es probable que con más experimentos se pueda obtener la información necesaria para su clasificación.
- b. Sustancias sobre las que no se ha investigado bastante. Los datos disponibles son inadecuados, pero preocupantes en relación con el hombre. La clasificación es provisional y se requieren más experimentos antes de adoptar una decisión definitiva.

Si se identifica la presencia de uno o más agentes cancerígenos o mutágenos, se deberá considerar la posibilidad de sustituir dicho agente o agentes por otras sustancias, preparados o procedimientos no peligrosos o menos peligrosos y, en cualquier caso, no cancerígenos ni mutágenos.

Siempre que sea técnicamente posible, la medida obligatoria para eliminar el riesgo por exposición a agentes cancerígenos o mutágenos debe ser la sustitución de estos agentes o el procedimiento que los origine. La obligación de la sustitución se mantiene incluso si la alternativa (sustancia, preparado o procedimiento) es más costosa que el original.

En el caso de no ser posible su sustitución, debe llamarse la atención sobre el hecho de que las medidas a aplicar son **TODAS** las que se exponen a continuación, no tratándose de seleccionar según un criterio de preferencia sino de aplicar todas las que se consideren adecuadas o técnicamente correctas en su conjunto, exceptuando únicamente aquellas que no tengan sentido en el caso concreto.

- a. Limitar las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo.
- b. Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos o mutágenos.
- c. Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- d. Evacuar los agentes cancerígenos o mutágenos en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- e. Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.
- f. Velar para que todos los recipientes, envases e instalaciones que contengan agentes cancerígenos o mutágenos estén etiquetados de manera clara y legible.
- g. Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de los agentes cancerígenos o mutágenos.

## **Conocimiento del riesgo**

Para un adecuado control en las medidas a tomar en el trabajo con productos cancerígenos debe tenerse un conocimiento preciso de cuáles son dichos productos para poder identificarlos claramente.

## **Medidas de prevención**

El trabajo con productos cancerígenos exige una serie de medidas encaminadas a evitar en lo posible, cualquier exposición a dichos agentes por parte de los trabajadores. El ideal es la exposición cero (que podría lograrse mediante la sustitución de todas las sustancias cancerígenas o potencialmente cancerígenas por otras). Ello no es siempre posible debido a limitaciones de índole técnica o económica.

A continuación se describen una serie de recomendaciones para el trabajo con productos cancerígenos en el laboratorio, al objeto de disminuir los riesgos derivados de su utilización.

## **Plan general de prevención**

Los trabajos que impliquen la síntesis o manipulación de sustancias cancerígenas deberán ser efectuados de acuerdo a un riguroso plan preestablecido (protocolos de trabajo). Este plan de trabajo no podrá ser alterado o modificado sin haberse discutido y valorado previamente sus aspectos de seguridad.

El responsable del experimento deberá asegurarse antes de que éste comience a desarrollarse de que el personal que lo va a llevar a cabo conoce perfectamente todos los aspectos del plan. En este tipo de trabajos se dará prioridad absoluta a la seguridad, por lo que únicamente deberán ser realizados cuando se disponga de los materiales y equipos adecuados.

## **Formación e información del personal**

Todo el personal del laboratorio que trabaje con cancerígenos deberá estar perfectamente informado sobre la naturaleza de los riesgos (a corto y a largo plazo) del puesto de trabajo que desempeña al objeto de que pueda participar activamente tanto en la conservación de su salud como la de sus compañeros e incluso del resto de la comunidad.

El plan de formación e información deberá incluir tanto la etapa de comienzo del trabajo como las distintas actualizaciones que periódicamente se efectúen. Deberá contemplar los siguientes puntos básicos:

- Disponibilidad de las fichas toxicológicas de las sustancias que se manejan. Información sobre el significado de los datos contenidos en las fichas toxicológicas y las consecuencias de la exposición a los agentes cancerígenos.

- El personal que vaya a trabajar con cancerígenos deberá conocer perfectamente, antes de iniciar el proceso, en qué consiste éste, cuáles son las operaciones, acciones o situaciones que pueden dar lugar a una contaminación por el agente tóxico y cuales son los medios y métodos para protegerse.
- Información sobre el equipo de protección personal que es necesario utilizar durante el experimento, su correcta utilización y sus limitaciones, sobre todo las referidas a los equipos de protección de las vías respiratorias y a los guantes.
- Deberá estudiarse la posibilidad de existencia de otras situaciones de riesgo en el área, como por ejemplo de incendio o de explosión, al objeto de incluirlas en el plan de trabajo.

## **Medidas de higiene y de protección personal**

En las áreas de trabajo con cancerígenos estará prohibido fumar, beber, comer, aplicarse cosméticos y tendrán que utilizarse las protecciones adecuadas.

Los compuestos cancerígenos no deben tocarse directamente, ni con las manos desnudas ni utilizando guantes; se debe utilizar siempre la espátula, las pinzas u otros utensilios adecuados.

Las heridas abiertas favorecen la penetración de los tóxicos, por lo que si se tiene una herida en las manos o lugar visible, no se deberá trabajar con estos productos. Durante el proceso se tendrá especial cuidado en no tocarse la cara con las manos, rascarse, etc..

Después de toda manipulación deben lavarse las manos con los guantes puestos, vigilando no contaminar los grifos innecesariamente, posteriormente se quitarán los guantes y se lavarán las manos, preferiblemente, con un líquido detergente y abundante agua. Deberá evitarse la utilización de disolventes orgánicos, ya que favorecen la penetración del tóxico a través de la piel.

## **Preparación del proceso**

El personal deberá proveerse del equipo de protección adecuado, considerando que los guantes pueden ser permeables a los tóxicos, como ocurre, por ejemplo, con las nitrosaminas y los guantes de látex.

## 6.- Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos

Al trabajar con productos químicos, es primordial prever las posibles reacciones entre ellos con el fin de evitar posibles reacciones químicas peligrosas, no sólo la formación de compuestos intermedios o finales que su exposición entrañe un riesgo para la salud, como gases desprendidos en el transcurso de una reacción, sino la posibilidad de explosiones o salpicaduras. Habrá que tener muy en cuenta las posibles incompatibilidades entre los productos químicos y el grado de exotermicidad en sus reacciones.

En este sentido, se relacionan una serie de características de peligrosidad de los productos químicos y se comentan desde el punto de vista de su manipulación y almacenamiento. La reactividad se contempla desde las siguientes perspectivas:

- Compuestos que reaccionan violentamente con el agua
- Compuestos que reaccionan violentamente con el aire
- Incompatibilidad
- Reacciones peligrosas con los ácidos
- Formación de peróxidos
- Reacciones de polimerización
- Reacciones de descomposición

### Compuestos que reaccionan violentamente con el agua

Si bien generalmente el agua es una sustancia inocua, existen diversas sustancias químicas que pueden reaccionar de forma peligrosa con ella por diversos motivos: exotermicidad de la reacción, generación de sustancias inflamables, tóxicas o corrosivas, o incluso descomposición violenta o explosiva de los reactivos. Ello implica una manipulación, almacenamiento y eliminación diferenciada. Ejemplos de sustancias que reaccionan violentamente con el agua se dan en la siguiente tabla.

#### Compuestos que reaccionan fuertemente con el agua

Ácidos fuertes anhídros	Halogenuros inorgánicos anhídros (excepto alcalinos)
Alquilmetales y metaloides	Hidróxidos alcalinos
Amiduros	Hidruros
Anhídridos	Imiduros

Carburos	Metales alcalinos
Flúor	Óxidos alcalinos
Fosfuros	Peróxidos inorgánicos
Halogenuros de ácido	Siliciuros
Halogenuros de acilo	

La relación de sustancias expuesta no es exhaustiva y con el objeto de facilitar el conocimiento de la peligrosidad de las mismas, se han agrupado por familias o grupos químicos que tienen un comportamiento similar.

Estas sustancias deberían almacenarse separadas de los materiales inflamables, a fin de evitar que puedan verse implicadas en un incendio en el que presumiblemente pudiera utilizarse agua como sustancia extintora.

## Metales alcalinos - Grupo 1A

Los elementos metálicos alcalinos del grupo 1 de la Tabla Periódica son todos ellos sólidos que en contacto con el agua provocan la rápida descomposición de ésta para combinarse vigorosamente con el anión (OH) -creando los correspondientes hidróxidos estables y liberando hidrógeno.

Dicha reacción es muy exotérmica.

Influye en la celeridad o violencia de la reacción, además de la temperatura del agua, el grado de subdivisión del sólido, ya que si el elemento está troceado o particulado, la superficie de contacto con el agua es mucho mayor, acrecentándose entonces la peligrosidad.

- Li Litio
- Na Sodio
- K Potasio
- Rb Rubidio
- Cs Cesio

Reacción típica



Singularidades

- El calor de reacción en el caso del potasio es suficiente para inflamar el hidrógeno.
- El potasio en contacto con el oxígeno del aire genera trazas de hiperóxido potásico (KO<sub>2</sub>), producto también muy reactivo con el agua (ver peróxidos), por lo que una atmósfera rica en oxígeno acrecienta la peligrosidad del potasio en su reacción con el agua.

- En el caso del Cesio la reacción de descomposición del agua es capaz de iniciarse a muy baja temperatura (-116 °C), inflamándose fácilmente también el hidrógeno liberado.

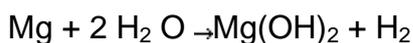
## Metales alcalino térreos - Grupo 2A

Los elementos alcalino térreos igual como los alcalinos pero con menor vigorosidad reaccionan exotérmicamente con el agua generando los correspondientes hidróxidos y liberando hidrógeno.

Su reactividad se acrecienta al incrementarse su peso atómico aunque el calor liberado por la reacción no es suficiente para iniciar la combustión del gas inflamable.

- Mg Magnesio
- Ca Calcio
- Sr Estroncio
- Ba Bario

Reacción típica



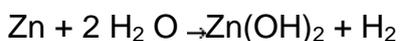
Singularidades

- El magnesio finamente dividido, en contacto con el agua es susceptible de explotar bajo la acción de un impacto.
- La acción del calcio sobre el agua puede ser vigorosa particularmente en presencia de cloruro férrico, cloruro de oro o cloruro de platino.

## Cinc - Grupo 2B

El cinc en estado de subdivisión y en masa humidificada por vapor de agua da lugar a un desprendimiento de hidrógeno susceptible de inflamarse por el calor de reacción.

Reacción típica



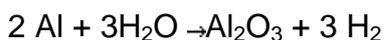
Singularidad

- En contacto con el aire y una pequeña cantidad de agua el cinc en polvo reacciona desprendiendo calor suficiente para mantener incandescente el polvo del metal.

## Boro y aluminio - Grupo 3B

Tales elementos en estado pulverulento descomponen vigorosamente el agua liberando hidrógeno capaz de inflamarse por el calor de la reacción.

Reacción típica

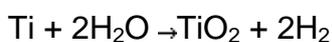


## **Silicio, titanio, circonio y hafnio - Grupo 4 A y B**

Estos elementos en un alto grado de subdivisión y en condiciones térmicas especiales reaccionan exotérmicamente con el agua liberando hidrógeno capaz de inflamarse en presencia de un foco de ignición.

- Si Silicio
- Ti Titanio
- Zr Circonio
- Hf Hafnio

Reacción típica



Singularidades

- El Titanio a 700 °C descompone el vapor de agua, autoinflamándose el hidrógeno liberado.
- El Circonio y el Hafnio en estado pulverulento, conteniendo bajos porcentajes de humedad (5-10%), son más difíciles de inflamar que secos, pero si se inflaman arden explosivamente proyectando partículas en combustión. El polvo debe contener al menos un 25% de humedad para poder ser manipulado con seguridad.

## **Amalgamas cerio-bismuto y cerio-mercurio**

La aleación Cerio-Bismuto en estado de subdivisión se pone incandescente en contacto con agua, por la elevada exotermicidad de la reacción, ardiendo el hidrógeno liberado.

El agua descompone la amalgama de Cerio-Mercurio produciendo también hidrógeno que puede inflamarse por el calor de la reacción.

Reacción típica



## **Peróxidos inorgánicos**

Estos productos dan reacciones exotérmicas muy violentas.

- Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> peróxido de sodio
- KO<sub>2</sub> hiperóxido de potasio
- K<sub>2</sub>O<sub>2</sub> peróxido de potasio
- SrO<sub>2</sub> peróxido de estroncio

- BaO<sub>2</sub> peróxido de bario

Reacciones típicas



Singularidades

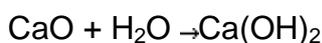
- Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Con agua caliente o vapor libera además de hidróxido sódico, O<sub>2</sub> (oxígeno).

## Óxidos inorgánicos

Estos productos dan reacciones exotérmicas y en ocasiones muy violentas.

- Cs<sub>2</sub>O óxido de cesio
- CaO óxido de calcio
- P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trióxido de fósforo
- ClO<sub>3</sub> trióxido de cloro

Reacciones típicas



Singularidades

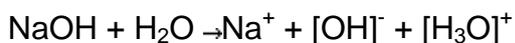
- P<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - con agua hirviendo libera hidrógeno fosforado, espontáneamente inflamable en aire.
- Cs<sub>2</sub>O - reacciona con incandescencia.
- ClO<sub>3</sub> - reacciona de forma explosiva con formación de Cl<sub>2</sub> (cloro) y O<sub>2</sub> (oxígeno).

## Hidróxidos inorgánicos

Los hidróxidos alcalinos en estado sólido, muy solubles en agua, al diluirse liberan mucho calor, pudiendo dar lugar a proyecciones de líquidos corrosivos.

- NaOH Hidróxido sódico
- KOH Hidróxido potásico

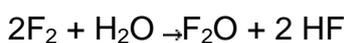
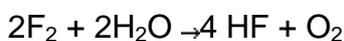
Reacción típica



## Halógenos: flúor

El Fluor reacciona violentamente con el agua, generando ácido fluorhídrico y oxígeno y algo de difluoruro de oxígeno.

Reacciones típicas



Singularidad

- En contacto prolongado con hielo puede explotar debido al parecer a la formación de hidrato de fluor muy inestable.

## Haluros

Se incluyen en este grupo a los fluoruros, cloruros, bromuros e ioduros. Generan reacciones violentas, liberando sustancias ácidas corrosivas, generalmente los hidrácidos correspondientes.

Principales haluros que producen reacciones peligrosas con el agua:

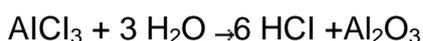
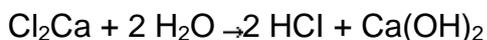
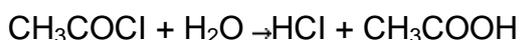
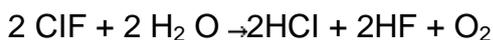
Fluoruros	
ClF	Monofluoruro de cloro
ClF <sub>3</sub>	Trifluoruro de cloro
BrF <sub>3</sub>	Trifluoruro de bromo
BrF <sub>5</sub>	Pentafluoruro de bromo
IF <sub>5</sub>	Pentafluoruro de yodo
OF <sub>2</sub>	Difluoruro de oxígeno
O <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Difluoruro de dióxígeno
BiF <sub>5</sub>	Pentafluoruro de bismuto
XeF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de xenon
HCOF	Fluoruro de formilo

Bromuros	
CH <sub>3</sub> COBr	Bromuro de acetilo
ZrBr <sub>2</sub>	Dibromuro de circonio
AlBr <sub>3</sub>	Tribromuro de aluminio
BBr <sub>3</sub>	Tribromuro de boro

Cloruros			
CH <sub>3</sub> CO Cl	Cloruro de acetilo	SiCl <sub>4</sub>	Tetracloruro de silicio
CaCl <sub>2</sub>	Cloruro de calcio	TiCl <sub>4</sub>	Tetracloruro de titanio
POCl <sub>3</sub>	Cloruro de fosforilo	ZrCl <sub>3</sub>	Tricloruro de circonio
SOCl <sub>2</sub>	Cloruro de tionilo	ZrCl <sub>4</sub>	Tetracloruro de circonio
SO <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	Cloruro de sulfurilo	AlCl <sub>3</sub>	Tricloruro de aluminio anhidro
TiCl <sub>2</sub>	Dicloruro de titanio	SbCl <sub>5</sub>	Pentacloruro de antimonio
PCl <sub>3</sub>	Tricloruro de fósforo		
PCl <sub>5</sub>	Pentacloruro de fósforo		
BCl <sub>3</sub>	Tricloruro de boro		
SnCl <sub>4</sub>	Tetracloruro de estaño		

Ioduros	
P <sub>3</sub>	Triioduro de fósforo
BBrI <sub>2</sub>	Bromodioduro de Boro
BBr <sub>2</sub> I	Dibromodioduro de boro

## Reacciones típicas



## Singularidades

- HCOF - Libera además de HF, CO (monóxido de carbono muy tóxico).
- XeF<sub>6</sub> - Es hidrolizado en trióxido de xenon (XeO<sub>3</sub>), compuesto muy inestable y explosivo. Su explosividad se acentúa en concentraciones de humedad superiores al 20%.
- SOCl<sub>2</sub>- Libera además de HCl, SO<sub>2</sub> (anhídrido sulfuroso), cuando reacciona con poca cantidad de agua con respecto a la de SOCl<sub>2</sub>.
- ZrCl<sub>3</sub> y TiCl<sub>2</sub> - Liberan además de HCl, H<sub>2</sub> (Hidrógeno).

## Hidruros

Se incluyen en este grupo a los hidruros simples que son combinaciones binarias del hidrógeno con algún elemento, y los hidruros complejos.

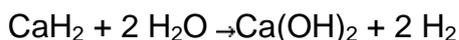
La mayoría de los hidruros encierran peligrosidad pero no todos ellos son reactivos con el agua, siendo incluso su reactividad con ésta muy dispar.

Las reacciones con el agua son exotérmicas liberando hidrógeno capaz de inflamarse.

Principales hidruros que producen reacciones peligrosas con el agua:

Hidruros simples		Hidruros complejos	
LiH	Hidruro de litio	NaBH <sub>4</sub>	Boro hidruro de Sodio
NaH	Hidruro de sodio	Al(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Boro hidruro de Aluminio
BeH <sub>2</sub>	Hidruro de berilio	Be(BH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Boro hidruro de Berilio
MgH <sub>2</sub>	Hidruro de magnesio	U(BH <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Boro hidruro de Uranio III
CaH <sub>2</sub>	Hidruro de calcio	LiAlH <sub>4</sub> (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	Dietileterato de hidruro
SrH <sub>2</sub>	Hidruro de estroncio		de Aluminio y Litio
BaH <sub>2</sub>	Hidruro de bario	LiAlH <sub>4</sub>	Hidruro de Aluminio y Litio
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Hidruro de Boro	NaAlH <sub>4</sub>	Hidruro de Aluminio y Sodio
AlH <sub>3</sub>	Hidruro de aluminio		
Si <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Hidruro de silicio		
Th <sub>4</sub> H <sub>15</sub>	Hidruro de torio		

## Reacciones típicas



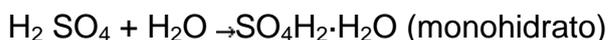
## Singularidades;

- Los hidruros de álcalis dan reacciones más violentas que las de los propios metales con agua.
- El Hidruro de magnesio comercial del 97% preparado por síntesis directa es estable y reacciona lentamente con agua. El preparado por reducción de compuestos de magnesio por hidruro de Aluminio y Litio ( $\text{LiAlH}_4$ ) es inestable y muy reactivo. Es descompuesto violentamente por el agua y puede inflamarse.
- En general los hidruros de los metales alcalinos y alcalinotérreos al reaccionar con poca cantidad de agua en relación con la cantidad de hidruro, se incrementa la posibilidad de inflamación del hidrógeno liberado por el calor de la reacción.
- El Hidruro de Berilio es violentamente descompuesto por el agua incluso a  $-196^\circ\text{C}$ .

## Ácido sulfúrico

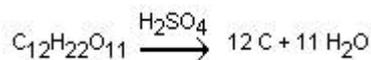
Esta sustancia reacciona exotérmicamente y de forma muy violenta al adicionarle agua, provocando proyecciones corrosivas.

## Reacción típica



## Singularidad

- La afinidad del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  por el agua es tan elevada que no sólo la elimina de los materiales que la contienen, si no que con frecuencia elimina también el hidrógeno y el oxígeno de los compuestos, y especialmente si contienen estos elementos en igual proporción a la que están en el agua.  
Por ejemplo el papel y la madera constituidos en su mayor parte por celulosa ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ )<sub>x</sub> y el azúcar-sacarosa ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) se carbonizan.



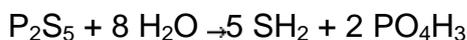
## Sulfuros, carburos, fosfuros y nitruros

Algunas de estas sustancias se hidrolizan exotérmicamente con agua liberando productos inflamables y en algunas casos tóxicos.

## SULFUROS

- $P_2S_5$  Pentasulfuro de fósforo

### Reacción típica



### Singularidad

- El pentasulfuro de fósforo puede inflamarse por el simple contacto con el aire húmedo.

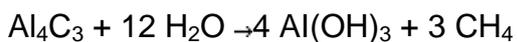
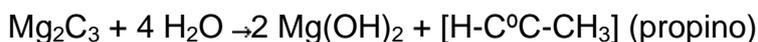
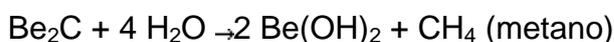
## CARBUROS

Los carburos son compuestos binarios que contienen carbono aniónico. Algunos de ellos son reactivos con el agua.

El carbón se presenta en varios grupos  $C_2^{-2}C^{-4}$  y  $C_3^{-4}$

- $Be_2C$  Carburo de berilio
- $Mg_2C_3$  Carburo de magnesio
- $CaC_2$  Carburo cálcico
- $Al_4C_3$  Carburo de aluminio

### Reacciones típicas



### Singularidades

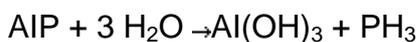
- Cada una de estas reacciones es suficientemente exotérmica para provocar la ignición de los gases desprendidos.

## FOSFUROS

Los fosfuros son compuestos binarios que contienen el anión Fósforo  $P^{-3}$

Los más frecuentes son el fosfuro de aluminio y de calcio, que son utilizados como fumigantes de granos.

### Reacción típica



## Singularidad

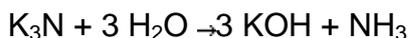
La fosfamina liberada -  $\text{PH}_3$  -es además de altamente inflamable, entrando espontáneamente en combustión por el calor de la reacción, muy tóxica.

## NITRUROS

Los nitruros son compuestos binarios que contienen el anión Nitrógeno  $\text{N}^{3-}$ , liberando al reaccionar con agua, amoníaco y en algunos casos hidrógeno. Las reacciones son en general explosivas.

- $\text{K}_3\text{N}$  Nitruro de potasio
- $\text{Mg}_3\text{N}_2$  Nitruro de magnesio
- $\text{Cu}_3\text{N}_2$  Nitruro de cobre
- $\text{BN}$  Nitruro de boro
- $\text{SbN}$  Nitruro de antimonio
- $\text{BiN}$  Nitruro de bismuto
- $\text{CeN}$  Nitruro de cerio
- $\text{Ti}_3\text{N}$  Nitruro de talio
- $\text{N}_3\text{S}_2\text{O}_6\text{K}$  Nitruro polisulfato de potasio

## Reacciones típicas



## Singularidades

- El Nitruro de cerio se pone incandescente con la adición de gotas de agua o agua pulverizada.
- Varios nitruros han sido encontrados en la combustión inicial de ciertos metales como el Magnesio, Litio, Titanio, que son capaces de arder en atmósfera de Nitrógeno, según la reacción siguiente:  
$$\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2 \text{NH}_3$$

## Derivados alquílicos de metales y metaloides

Los derivados alquílicos de los metales alcalinos reaccionan exotérmicamente con agua de forma violenta. La reacción de hidrólisis puede estar acompañada de inflamación de la masa orgánica y de proyecciones por formación brusca de vapor de agua.

Ciertos derivados alquílicos de algunos elementos de los grupos II, III y IV de la tabla periódica (Be, Mg, Zn, Cd, Ga, Si, Sn), reaccionan asimismo también violentamente con el agua.

- $\text{C}_2 \text{H}_5\text{Na}$  Etil sodio
- $\text{C}_{14} \text{H}_9\text{Na}$  Sodio antraceno y sodio fenantreno
- $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{Na}$  Sodio naftaleno

- $(C_3H_7)_2Be$  Diisopropil berilio
- $(CH_3)_2Mg$  Dimetil magnesio
- $(C_2H_5)_2Mg$  Dietil magnesio
- $(CH_3)_2Zn$  Dimetil cinc
- $(CH_3)_2Cd$  Dimetil cadmio
- $(CH_3)_4Sn$  Tetrametil estaño
- $(C_2H_5)_3Ga$  Trietil galio
- $CH_3SiCl_3$  Triclorometil silicio
- $(CH_3)_2SiCl_2$  Diclorodimetil silicio
- $(CH_3)_3SiCl$  Monoclorotrimetil silicio
- $C_2H_5SiCl_3$  Tricloroetil silicio
- $C_2H_3SiCl_3$  Triclorovinil silicio

## Alquilaluminios y derivados

Los alquilaluminios y sus derivados producen reacciones exotérmicas muy violentas con el agua.

- $(CH_3)_3Al$  Trimetil aluminio
- $(C_2H_5)_3Al$  Trietil aluminio
- $(C_3H_7)_3Al$  Triisopropil aluminio
- $(C_4H_9)_3Al$  Triisobutil aluminio
- $(CH_3)_4Al_2H_2$  Hidruro de tetrametil dialuminio
- $(CH_3)_5Al_2H$  Hidruro de pentametil dialuminio
- $(CH_3)_3Al_2H_3$  Hidruro de trimetil dialuminio
- $(C_3H_7)_2AlH$  Hidruro de dipropil aluminio
- $(C_4H_9)_2AlH$  Hidruro de diisobutil aluminio
- $(CH_3)_3Al_2Cl_3$  Tricloro trimetil dialuminio
- $(C_2H_5)AlCl_2$  Dicloroetil aluminio
- $(C_2H_5)_2AlCl$  Monocloro dietil aluminio
- $(C_2H_5)_3Al_2Cl_3$  Tricloro trietil dialuminio
- $(C_4H_9)_2AlCl$  Monocloro diisobutil aluminio
- $(CH_3)_3Al_2Br_3$  Tribromo trimetil dialuminio
- $(C_2H_5)_2AlBr$  Monobromo-dietil aluminio
- $(C_2H_5O)_3Al_2Br_3$  Etilato de Tribomodialuminio

## Derivados nitrados de metales alcalinos

Son sustancias explosivas con una pequeña cantidad de agua.

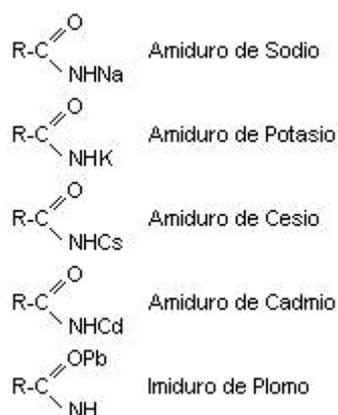
- $KCH_2-NO_2$  Nitrometano potasio
- $NaCH_2-NO_2$  Nitrometano sodio

## Aminas

- $N(SiH_3)_3$  - Trimonisililamina. Es violentamente descompuesta por el agua en Silicio (Si), Amoníaco ( $NH_3$ ) e Hidrógeno ( $H_2$ ).
- $(ClCH_2)_2NH$  - Diclorometil amina. Puede reaccionar violentamente con el agua sometida a calentamiento externo.

## Amiduros e imiduros

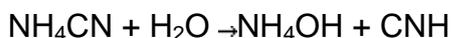
Determinados amiduros e imiduros reaccionan violentamente con el agua, pudiendo producirse la combustión espontánea de la materia orgánica.



## Cianuros

Todos los cianuros en medio ácido liberan gas cianhídrico, sustancia inflamable y muy tóxica. Dado el carácter anfótero del agua, puede igualmente favorecer la formación del ácido cianhídrico.

Reacción típica



## Compuestos que reaccionan violentamente con el aire

Se trata de sustancias cuyo mero contacto con el oxígeno del aire genera o puede generar al cabo del tiempo su inflamación espontánea. En algunos casos puede influir también el nivel de la humedad del aire. En la tabla 2 se dan algunos ejemplos.

### Compuestos que reaccionan violentamente con el aire o el oxígeno (inflamación espontánea)

Alquilmetales y metaloides	Hidruros
Arsinas	Metales carbonilados
Boranos	Metales finamente divididos
Fosfinas	Nitruros alcalinos
Fósforo blanco	Silenos
Fosfuros	Siliciuros

## Incompatibilidad

Otro aspecto a señalar es el de aquellas sustancias de elevada afinidad cuya mezcla provoca reacciones violentas, tanto por calentamiento, como por emisión de gases inflamables o tóxicos. Este aspecto es especialmente importante considerarlo en su almacenamiento, que se ha de realizar separadamente. En las siguientes tablas se dan casos generales y se presentan ejemplos específicos.

### Grupos de sustancias incompatibles

<b>Oxidantes con:</b>	Materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales, aluminio, magnesio y circonio en polvo. Reductores en general.
<b>Reductores con:</b>	Nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor. Oxidantes en general.
<b>Ácidos fuertes con:</b>	Bases fuertes.
<b>Ácido sulfúrico con:</b>	Azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos, sulfocianuros.

### Relación de sustancias químicas y sus correspondientes incompatibilidades

SUBSTANCIA QUÍMICA	INCOMPATIBILIDADES
Acetileno	Cloro, bromo, cobre, flúor, plata y mercurio.
Acetona	Ácido nítrico concentrado y mezclas con ácido sulfúrico.
Ácido acético	Ácido crómico, ácido nítrico, compuestos hidroxilo, etilenglicol, ácido perclórico, peróxidos y permanganatos.
Ácido cianhídrico	Ácido nítrico y álcalis.
Ácido crómico y cromo	Ácido acético, naftaleno, alcanfor, glicerina, alcoholes y líquidos inflamables en general.
Ácido fluorhídrico anhídrido	Amoníaco, acuoso o anhidro.
Ácido nítrico concentrado	Ácido acético, anilina, ácido crómico, ácido hidrocianico, sulfuro de hidrógeno, líquidos y gases inflamables, cobre, latón y algunos metales pesados.
Ácido oxálico	Plata y mercurio.
Ácido perclórico	Anhídrido acético, bismuto y sus aleaciones, alcohol, papel, madera, grasas y aceites.
Ácido sulfúrico	Clorato potásico, perclorato potásico, permanganato potásico (compuestos similares de metales ligeros, como sodio y litio).
Amoníaco anhidro	Mercurio (por ejemplo en manómetros), cloro, hipoclorito cálcico, yodo, bromo, ácido fluorhídrico anhidro.
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno.
Azidas	Ácidos.
Bromo	Véase cloro.
Carbón activado	Hipoclorito cálcico y todos los agentes oxidantes.

Cianuros	Ácidos.
Clorato potásico	Ácido sulfúrico y otros ácidos.
Cloratos	Sales de amonio, ácidos, metales en polvo, azufre, materiales combustibles u orgánicos finamente divididos.
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano, y otros gases del petróleo, hidrógeno, carburo sódico, benceno, metales finamente divididos y aguarrás.
Cobre	Acetileno y peróxido de hidrógeno.
Dióxido de cloro	Amoníaco, metano, fósforo y sulfuro de hidrógeno.
Fósforo (blanco)	Aire, oxígeno, álcalis y agentes reductores.
Flúor	Todas las otras sustancias químicas.
Hidrocarburos	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido sódico.
Hidroperóxido de cumeno	Ácidos orgánicos e inorgánicos.
Hipocloritos	Ácidos, carbón activado.
Líquidos inflamables	Nitrato amónico, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido sódico, halógenos.
Materiales de arsénico	Algunos agentes reductores.
Mercurio	Acetileno, ácido fulmínico y amoníaco.
Metales alcalinos y alcalinotérreos	Agua, tetracloruro de carbono, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono y halógenos.
Nitrato amónico	Ácidos, polvo de metales, líquidos inflamables, compuestos de cloro, nitritos, azufre, materiales orgánicos combustibles finamente divididos.
Nitratos	Ácido sulfúrico Nitrato amónico y otras sales de amonio.
Nitrito sódico	Ácidos.
Nitritos	Bases inorgánicas y aminas.
Nitroparafinas	Agua.
Óxido cálcico	Aceites, grasas e hidrógeno; líquidos, sólidos o gases inflamables.
Oxígeno	Ácido sulfúrico y otros ácidos. Ver también cloratos.
Perclorato potásico	Glicerina, etilenglicol, benzaldehído, ácido sulfúrico.
Permanganato potásico	Cobre, cromo, hierro, la mayoría de los metales o sus sales, alcoholes, acetona, materiales orgánicos, anilina, nitrometano y materiales combustibles.
Peróxido de hidrógeno	Alcohol etílico y metílico, ácido acético glacial, anhídridoacético, benzaldehído, disulfuro de carbono, glicerina, etilenglicol, acetato de etilo y de metilo, furfural.
Peróxido sódico	Ácidos orgánicos e inorgánicos.
Peróxidos orgánicos	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico, compuestos amónicos, ácido fulmínico.
Plata	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y agua.
Potasio	Agentes reductores.
Seleniuros	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono, agua.

Sodio	Ácido nítrico fumante y gases oxidantes.
Sulfuro de hidrógeno	Ácidos.
Sulfurosos	Agentes reductores.
Teliuros	Sodio.
Tetracloruro de carbono	Acetileno, amoníaco (acuoso o anhidro), hidrógeno.

## Reacciones peligrosas con los ácidos

La adición de ácidos a efectos de reducir el pH de un medio o simplemente para limpieza, debe realizarse conociendo previamente si existe incompatibilidad entre los componentes del medio y el ácido adicionado. En la tabla 5 se relacionan una serie de ejemplos de reacciones peligrosas de los ácidos.

**Tabla 5. Reacciones peligrosas de los ácidos**

REACTIVO	REACTIVO	SE DESPRENDE
Ácido clorhídrico	Sulfuros	Sulfuro de hidrógeno
	Hipocloritos	Cloro
	Cianuros	Cianuro de hidrógeno
Ácido nítrico	Algunos metales	Dióxido de nitrógeno
Ácido sulfúrico	Ácido fórmico	Monóxido de carbono
	Ácido oxálico	Monóxido de carbono
	Alcohol etílico	Etano
	Bromuro sódico	Bromo y dióxido de azufre
	Cianuro sódico	Monóxido de carbono
	Sulfocianuro sódico	Sulfuro de carbonilo
	Yoduro de hidrógeno	Sulfuro de hidrógeno
Algunos metales	Dióxido de azufre	

## Formación de peróxidos

Dentro del grupo de sustancias que pueden sufrir una evolución, es un ejemplo la formación de peróxidos, que en ciertos casos pueden explotar violentamente. Su presencia se puede detectar de una manera muy sencilla mediante la aplicación del test de detección de peróxidos: a 10 ml de la

muestra, añadir 1 ml de una solución acuosa al 10% de KI recientemente preparada. Si aparece una coloración amarilla estable, debida a la liberación de yodo, se puede dar por confirmada la presencia de peróxidos. La adición de algunas gotas de ácido favorece la reacción. En caso de resultado positivo, es necesario eliminar los peróxidos columnando el producto a través de alúmina activada, tratándolo con solución acuosa ácida de sulfato ferroso o con hidruro de litio y aluminio. En la tabla se presenta una lista de grupos de sustancias que forman fácilmente peróxidos. Aunque la mayoría suelen comercializarse con estabilizantes, debe tenerse en cuenta que si han sido manipuladas (destilación, extracción) puede haberse eliminado el estabilizante.

### Sustancias fácilmente peroxidables

Compuestos alílicos
Compuestos diénicos
Compuestos isopropílicos
Compuestos vinilacetilénicos
Compuestos vinílicos
Cumeno, estireno, tetrahidronaftalenos
Éteres
Haloalquenos
N-alquilamidas, ureas, lactamas

## Reacciones de polimerización

Algunos monómeros pueden polimerizarse rápidamente provocando una explosión o rotura de los frascos: acetato de vinilo, acroleína, acrilonitrilo, 1,3-butadieno, óxido de etileno, estireno, etc. La polimerización puede tener lugar por calentamiento, exposición a la luz, impurezas ácidas o metálicas, choques, etc. El almacenamiento de monómeros debe realizarse en pequeñas cantidades, conteniendo estabilizadores o inhibidores de polimerización y lejos de productos susceptibles de liberar trazas de ácidos y bases.

## Reacciones de descomposición

El almacenamiento prolongado de productos inestables entraña la posibilidad de su descomposición que, en ciertas circunstancias, como choque, calentamiento o desplazamiento simple, puede generar una explosión. Los amidos alcalinos y ciertas sales de diazonio se pueden incluir dentro de este grupo de productos. El cloruro de aluminio, por otra parte, acumula el ácido formado por descomposición a causa de la humedad absorbida a lo largo del tiempo. Cuando se abre el recipiente, puede ocurrir la rotura del mismo y la proyección de su contenido.

La apertura de un recipiente que ha permanecido largo tiempo cerrado sin usarse es una operación que debe realizarse con precauciones, especialmente, la apertura de frascos esmerilados cuyo tapón haya quedado trabado. Los productos líquidos inestables es recomendable guardarlos en ampollas selladas.

## **Medidas preventivas para llevar a cabo reacciones químicas peligrosas**

Si la reacción que se va a llevar a cabo reviste características de peligrosidad, se trata de una reacción no descrita previamente, existe la posibilidad de la aparición de reacciones secundarias peligrosas o los parámetros para su control deben ser fijados de manera muy precisa, debe procederse de manera cuidadosa con la preparación y desarrollo de la misma, tomando las medidas preventivas adecuadas entre las que cabe citar:

- No realizarla nunca sin autorización del responsable del laboratorio o del proyecto.
- Emplear las mínimas cantidades posibles de reactivos.
- Los procedimientos a escala micro o semimicro están hoy en día disponibles y la sensibilidad de los métodos analíticos de separación y confirmación suele ser elevada.
- Recoger toda la información disponible sobre la reactividad y características de peligrosidad de los reactivos y productos esperados de la misma.
- Disponer del material adecuado y suficiente para su realización, que cumpla los requisitos técnicos necesarios.
- Llevar a cabo la reacción en una vitrina o instalación específica adecuada a los riesgos esperables de aquella.
- Disponer de ropa de trabajo y equipos de protección personal adecuados al riesgo y de los elementos de actuación suficientes (extintores adecuados, mantas ignífugas, neutralizadores, adsorbentes, equipos de ventilación y respiración de emergencia, duchas y lavajojos) en relación a los posibles incidentes y accidentes.
- Avisar al resto del personal del laboratorio de la realización de la reacción y organizar el trabajo de tal manera que el número de personas expuestas a los riesgos ocasionados por el desarrollo de la reacción sea el mínimo posible.

# Reacciones químicas exotérmicas: factores de riesgo y prevención

## Introducción

Casi todas las reacciones químicas muestran un efecto térmico. Cuando se produce calor durante una reacción (exotérmica), puede tener lugar una situación peligrosa dependiendo de la velocidad de la reacción, la cantidad de calor generada, la capacidad del equipo para eliminar el calor y la posible generación de gases.

De una manera general, todas las reacciones exotérmicas están catalogadas como peligrosas ya que pueden ser incontrolables en ciertas condiciones y dar lugar a derrames, emisión brusca de vapores o gases tóxicos o inflamables o provocar la explosión de un recipiente.

Para controlar estos riesgos cuando se trabaja a una temperatura a la que las sustancias reaccionan inmediatamente, es recomendable controlar la reacción adicionando los reactivos en pequeñas cantidades. También es recomendable emplear un termostato para controlar y no sobrepasar la temperatura indicada.

Una reacción fuera de control puede desencadenarse por diversas causas como, por ejemplo, una pérdida de la capacidad refrigerante del sistema (provocada por la pérdida de fluido refrigerante, por disminución del área de intercambio, por disminución del coeficiente de intercambio de calor, por una temperatura de refrigeración demasiado alta, o por pérdida de la agitación), alteraciones en la materia prima utilizada como reactivo (en su concentración, en las características del flujo de adición, presencia de impurezas, etc.), o incluso por causas externas (fuego, etc.).

Una explosión es una transformación rápida de un sistema material, en el cual se libera una cantidad elevada de energía en un periodo de tiempo corto, a la vez que hay una emisión de gas eventualmente inflamable. Cuando el origen de la transformación se debe a un aumento de la temperatura, se habla de explosión térmica. Este aumento de la temperatura puede ser de origen externo o de origen interno. Todo proceso químico exotérmico mal dominado, por desconocimiento de la energía producida o por insuficiente evacuación de la energía calorífica emitida, puede derivar en un régimen de explosión térmica incontrolable.

En resumen, puede producirse una explosión por descontrol térmico con la combinación de dos o más factores de los listados a continuación:

- desprendimiento elevado de calor de la reacción principal
- desprendimiento elevado de calor de la posible descomposición de reactivos
- desprendimiento elevado de calor de una reacción secundaria
- acumulación de reactivos o productos intermedios
- eliminación insuficiente del calor generado

- materiales involucrados térmicamente peligrosos
- pérdida de solvente (disipador de calor) o de refrigerante
- presencia de una fuente de ignición

Como medida preventivas fundamental, debemos conocer el desarrollo de la reacción antes de ponerla en marcha.

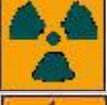
En este tipo de reacciones es fundamental controlar la temperatura y el caudal adecuado de refrigerante si fuera necesario emplearlo, además de realizarlas en vitrina. Estas reacciones nunca se dejarán de vigilar.

## **7.- Almacenamiento de productos químicos**

Desde el punto de vista de seguridad la principal medida es el mantenimiento de los “stocks” de productos químicos peligrosos al nivel más bajo posible y en la utilización de locales separados.

Un aspecto muy importante en el almacenamiento de los productos químicos es el de la incompatibilidad. En consecuencia, los productos que puedan reaccionar entre sí de forma violenta, no deben almacenarse conjuntamente a partir de ciertas cantidades. En caso de incendio, caídas, roturas o cualquier tipo de incidente, los envases o embalajes pueden resultar dañados y los productos contenidos en ellos pueden entrar en contacto produciendo reacciones peligrosas.

Los productos tóxicos no deben almacenarse junto a productos comburentes y ambos no deben almacenarse junto a inflamables (de cualquier categoría), peróxidos, gases comprimidos, licuados o disueltos y productos que desprendan gases inflamables en contacto con el agua. Evidentemente, pueden darse muchas más incompatibilidades; por ejemplo, entre ácidos y bases. En la siguiente figura se resumen las incompatibilidades más características.

						
	+	-	-	-	-	+
	-	+	-	-	-	-
	-	-	+	-	-	+
	-	-	-	+	-	-
	-	-	-	-	+	O
	+	-	+	-	O	+

Cuadro resumen de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias peligrosas.

- + Se pueden almacenar conjuntamente
- O Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención
- No deben almacenarse juntas

## Características de peligrosidad a considerar en los almacenamientos

Además de las características intrínsecas de la peligrosidad de los productos químicos ya descritas (explosividad, inflamabilidad, toxicidad, corrosividad, etc.), debe considerarse también otros factores:

- Las estanterías deberán estar fijadas o sujetas a la pared para evitar su caída.
- No se deberá emplear ningún equipo eléctrico.
- La instalación de iluminación deberá ser estanca.
- Dispondrá de sistema de ventilación forzada.

## **8.- Extracción localizada en el laboratorio.**

Un sistema de extracción localizada tiene como objetivo captar el contaminante en el lugar más próximo posible del punto donde se ha generado, el foco contaminante, evitando que se difunda al ambiente general del laboratorio.

Cuando se trabaja con sustancias químicas de baja toxicidad, una buena ventilación general en el laboratorio, es suficiente para renovar el aire eliminando así el contaminante, siempre y cuando no se trabaje con cantidades importantes.

Para sustancias de alta toxicidad, (cancerígenos, mutágenos, etc.) la ventilación general no es suficiente para garantizar una buena calidad ambiental, estando expuesto el trabajador a dicho contaminante. Por este motivo, es necesario trabajar con estas sustancias en las vitrinas o campanas de laboratorio, siendo una de las prioridades en los laboratorios, su correcto funcionamiento y empleo.

Las campanas de laboratorio destinadas a productos de alta toxicidad tienen un caudal de aire mínimo establecido, de forma que se pueda trabajar en ellas con la ventana abierta asegurando la retirada del contaminante. Por ello, deberán ser revisadas periódicamente para comprobar dicho caudal. Aparte de las campanas propiamente dichas, en muchos casos, el bajo rendimiento es debido a la instalación o conductos de salida hacia el exterior del edificio (codos, altura a salvar) sobre todo si se trabaja con sustancias en las que sus vapores son más pesados que el aire.

El correcto funcionamiento de vitrinas de laboratorio es prioritario en la prevención de la exposición a agentes químicos en laboratorios, debiendo estar totalmente prohibido trabajar con sustancias muy tóxicas fuera de ellas o en aquellas que no alcancen el caudal mínimo exigido.

La cabina debe situarse en zonas de poco tránsito y alejada de puertas, ventanas o rejillas de suministro de aire al laboratorio. Los ventiladores deben estar situados fuera del edificio, y se deben prever los filtros necesarios para depurar el aire extraído según la naturaleza de los productos manipulados y las reglamentaciones sobre contaminación ambiental.

Es necesario prever en el laboratorio un suministro de aire igual al volumen eliminado por la extracción de las cabinas, o ligeramente inferior de forma que el local se encuentre a una ligera depresión con respecto a los pasillos o habitaciones colindantes.

### **Normas para la utilización de las vitrinas de gases**

Antes de utilizar una vitrina hay que hacer una valoración del riesgo de las operaciones que se van a realizar y comprobar si la vitrina es adecuada en cuanto a diseño, materiales de construcción, servicios (como electricidad, agua,

etc.), situación y ubicación en el laboratorio y sistema de ventilación. Concretamente se deben contemplar los siguientes aspectos:

### **Extracción de caudal de aire**

- Comprobar que el sistema de extracción funciona correctamente (nunca operar sin la extracción en marcha).
- Comprobar que el indicador de flujo de la vitrina, si existe, funciona correctamente y no presenta situación de alarma.
- Comprobar que no haya puertas o ventanas abiertas, principalmente en el entorno que puedan distorsionar el correcto funcionamiento de la vitrina.

### **Organización del trabajo**

- No se debe utilizar la vitrina de gases como unidad de almacenamiento.
- Disponer en el interior de la vitrina el material indispensable para llevar a cabo trabajo que se vaya a realizar y evitar material innecesario que dificulte el buen funcionamiento de la vitrina, así como movimientos de brazos innecesarios.
- Situar las operaciones que generan la contaminación a una distancia no inferior a 15 ó 20 cm del plano de abertura de la vitrina.
- Evitar la generación de contaminantes a velocidades altas.
- Situar la zona de generación de contaminantes lo más baja posible para favorecer la salida de contaminantes por la ranura inferior del plenum de extracción (deflector trasero) con el fin de evitar su diseminación en la parte superior de la vitrina donde se suelen formar turbulencias que pueden provocar que el tiempo de residencia del contaminante en la vitrina sea mayor.
- Evitar la obstrucción de paso de aire al deflector trasero.
- Manipular las mínimas cantidades necesarias de producto.
- Limitar las fuentes de calor a las mínimas necesarias ya que perturban la aspiración del aire de la vitrina.
- Reducir la abertura de la vitrina al mínimo espacio compatible con el trabajo que se va a realizar y estar siempre por debajo de la altura operacional máxima. No introducir la cabeza en al cámara interior de la vitrina.
- No operar en la vitrina con las ventanas vertical y horizontal, en su caso, abiertas a la vez.
- Realizar movimientos lentos con el fin de evitar turbulencias.
- Mantener los criterios de uso de ropa y equipos de protección adecuados (gafas, bata, guantes).
- En caso de detectar una anomalía en la aspiración, cerrar la guillotina y dar a conocer la situación. No utilizar la vitrina y señalizarla convenientemente como fuera de uso o averiada.

### **Después de su utilización**

- Dejar la vitrina limpia y ordenada.

- Cerrar la guillotina y dejar la vitrina funcionando hasta que se haya eliminado la contaminación generada.

## **Mantenimiento**

La vitrina debe tener un programa de mantenimiento preventivo con el fin de prolongar su vida útil y mantener la seguridad del operador. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante o suministrador y todo el sistema desde la entrada de la vitrina hasta el conducto de salida debe estar sometido a inspecciones periódicas, registrando y anotando la última revisión realizada.

### **Operaciones que se aconsejan realizar semanalmente**

- Control del funcionamiento del indicador de caudal y de su alarma, en su caso.
- Repaso de limpieza al interior de la vitrina.

### **Operaciones que se aconsejan realizar semestralmente**

- Limpieza del deflector trasero.
- Limpieza general del interior de la cámara del deflector con una solución de detergente diluida.
- Inspeccionar los mecanismos de funcionamiento de la guillotina.

### **Operaciones a realizar periódicamente**

- Control de aspiración (medida de velocidad del aire en el plano de la guillotina o de caudal de extracción).
- Inspección detallada de los mecanismos de maniobra de la guillotina.
- Examen visual del conducto de extracción y sus accesorios; revisión del equipo de aspiración.
- Control del nivel de ruido.
- Comprobación del estado de saturación de filtros (sí dispone).
- Nivel de iluminación.
- Revisión del estado de instalaciones de fluidos asociadas a la vitrina.

## **9.- Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de vertidos**

### **Actuación en caso de vertidos. Procedimientos generales**

En caso de vertidos de productos líquidos en el laboratorio debe actuarse rápidamente para su neutralización, absorción y eliminación. La utilización de los equipos de protección personal se llevará a cabo en función de las características de peligrosidad del producto vertido (consultar con la ficha de datos de seguridad). De manera general se recomienda la utilización de guantes y delantal impermeables al producto, y gafas de seguridad.

## **Líquidos inflamables**

Los vertidos de líquidos inflamables deben absorberse con carbón activo u otros absorbentes específicos que se pueden encontrar comercializados. No emplear nunca serrín, a causa de su inflamabilidad.

## **Ácidos**

Los vertidos de ácidos deben absorberse con la máxima rapidez ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generen, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipos. Para su neutralización lo mejores emplear los absorbentes-neutralizadores que se hallan comercializados y que realizan ambas funciones. Caso de no disponer de ellos, se puede neutralizar con bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

## **Bases**

Se emplearán para su neutralización y absorción los productos específicos comercializados. Caso de no disponer de ellos, se neutralizarán con abundante agua a pH ligeramente ácido. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.

## **Otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos**

Los vertidos de otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos se pueden absorber con serrín.

## **Eliminación**

En aquellos casos en que se recoge el producto por absorción, debe procederse a continuación a su eliminación según el procedimiento específico recomendado para ello o bien tratarlo como un residuo a eliminar según el plan establecido en el laboratorio.

## **Actuación en caso de vertidos. Ejemplos de procedimientos específicos**

### **Mercurio**

Absorber con polisulfuro cálcico, amalgamantes (existe comercializados en forma de estropajos) o azufre. Si se ha depositado en ranuras, se pueden intentar sellarla con una laca fijadora; también es posible su recogida mediante aspiración con una pipeta Pasteur, guardando el metal recogido en un recipiente cerrado, a poder ser protegido con agua y sellado con glicerina.

La recuperación del mercurio o la neutralización de un vertido es importante ya que de esta manera se evita un foco de contaminación permanente. Téngase

en cuenta que la división del mercurio en pequeñas gotas aumenta su capacidad de evaporación, junto con la cercanía de focos de calor o la incidencia de luz solar.

## Otros ejemplos

En el cuadro 5 se resumen algunos procedimientos de absorción y neutralización de productos químicos y de familias de ellos. De manera general, previa consulta con la ficha de datos de seguridad y no disponiendo de un método específico, se recomienda su absorción con un adsorbente o absorbente de probada eficacia (carbón activo, vermiculita, soluciones acuosas u orgánicas, etc.) y a continuación aplicarle el procedimiento de destrucción recomendado. Proceder a su neutralización directa en aquellos casos en que existan garantías de su efectividad, valorando siempre la posibilidad de generación de gases y vapores tóxicos o inflamables.

<b>PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAME</b>	
<b>PRODUCTO O FAMILIA DERRAMADO</b>	<b>PROCEDIMIENTO - REACTIVOS</b>
Acetiluro de calcio	Recoger con vermiculita seca
Ácidos inorgánicos	Ver procedimiento general
Ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Ácido fluorhídrico	Solución de hidróxido cálcico o de carbonato cálcico
Alcaloides	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aldehídos	Solución de bisulfito sódico en exceso
Agua oxigenada	Vermiculita en gran exceso
Amiduros alcalinos	Cloruro amónico en exceso
Aminas alicíclicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas alifáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Aminas aromáticas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Anhídridos de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Azoderivados	Solución 10% de nitrato de cerio amoniacal
Bases inorgánicas	Ver procedimiento general
Bases pirimidínicas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Borohidruros	Agua fría en exceso
Bromuro de etidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Carbamatos	Solución de hidróxido sódico 5 M
Cesio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Cetonas	Solución de bisulfito sódico en exceso. Ver también procedimiento general de inflamables

Cianuros	Solución de hipoclorito sódico. Mantener siempre a pH básico
Clorometilsilanos	Agua fría en exceso
Compuestos orgánicos de azufre	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Diisocianatos	Metanol frío
Etanolaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Fluoruros	Solución de cloruro cálcico
Formol	Solución de hipoclorito sódico
Fósforo blanco y fosfuros	Solución de sulfato de cobre y neutralización posterior con bicarbonato o hipoclorito sódico
Halogenuros inorgánicos	Bicarbonato sódico y solución de hidróxido sódico en exceso
Halogenuros de ácidos orgánicos	Bicarbonato sódico
Halogenuros orgánicos	Solución de hidróxido sódico 10%
Hidracina (hidrato)	Solución de hipoclorito sódico
Hidracinas sustituidas	Solución de hipoclorito sódico, bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Hidroperóxidos	Vermiculita en gran exceso
Hidruros (en general)	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Yoduro de propidio	Carbón activo, Amberlita XAD-16 o Azul algodón (colorante)
Litio	Agua en gran exceso
Mercaptanos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Mercurio	Ver procedimiento específico
Metales pesados y derivados en solución	Formar derivados insolubles o recoger y precipitar a continuación
Metales carbonilados	Recoger con agua procurando que el pH se mantenga neutro
Organometálicos	Recoger con disolventes orgánicos. No emplear agua ni alcoholes
Perácidos	Vermiculita en gran exceso
Peranhídridos	Vermiculita en gran exceso
Perésteres	Vermiculita en gran exceso
Peróxidos	Vermiculita en gran exceso
Poliaminas	Bisulfato sódico, ácido sulfúrico diluido (pH=5-6) o ácido sulfámico
Potasio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Rubidio	Butanol o terbutanol en gran exceso
Silano	Solución diluida de sulfato cúprico
Sodio	Metanol en gran exceso
Sulfato de dimetilo y dietilo	Solución de hidróxido sódico 5 M
Sulfuros alcalinos	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico
Sulfuro de carbono	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua

	jabonosa con hipoclorito sódico
Tetróxido de osmio	Solución de hidróxido amónico a pH 10
Tioéteres	Solución de hipoclorito sódico en gran exceso y agua jabonosa con hipoclorito sódico

## 10.- Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia

### Introducción

La experiencia indica que los pequeños incidentes o accidentes que se producen en los laboratorios pueden ser controlados y tener unos efectos mínimos si se dispone de elementos de actuación adecuados y en número suficiente.

La eficacia de estos elementos está supeditada a su idoneidad y correcto funcionamiento, su buen estado de mantenimiento, y a un suficiente entrenamiento y formación del personal de laboratorio.

Los denominados elementos de actuación están constituidos básicamente por: **duchas de seguridad, fuentes lavaojos, mantas ignífugas, extintores y neutralizadores**. En la actualidad no existe ninguna legislación que regule la instalación de estos elementos en los laboratorios, salvo en aquellos aspectos relativos a la protección de incendios que se indican en la Norma Básica de Edificación (**NBE-CPI 96** y anteriores). No obstante, la instalación de elementos de actuación y el establecimiento de un programa para su mantenimiento y utilización debe constituir una exigencia dentro del plan de emergencia y prevención de riesgos del laboratorio.

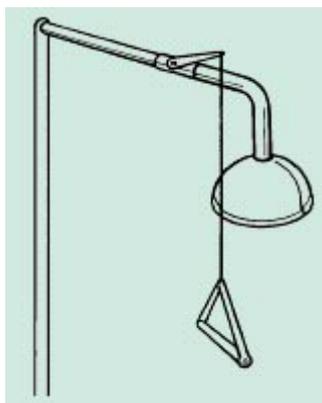
### Elementos de actuación y protección. características

Los elementos de actuación y protección son sistemas que deben permitir una rápida actuación para el control de incidentes producidos en el laboratorio, tales como incendios y derrames, así como para la descontaminación de personas que hayan sufrido una proyección, salpicadura o quemadura. Su número y ubicación (que se comentan más adelante) están, relacionados con la distribución, los productos manipulados y almacenados y las operaciones que se lleven a cabo en el laboratorio. Desde el punto de vista práctico, deben hallarse ubicados en lugares en los que su utilización implique un mínimo desplazamiento desde el conjunto de puestos de trabajo en los que exista el factor de riesgo que desencadene la necesidad de su utilización.

### Duchas de seguridad

Constituyen el sistema de emergencia más habitual para casos de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas e incluso si se prende fuego

en la ropa. A continuación se resumen las características más importantes que se requieren de una ducha de seguridad.



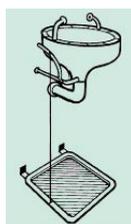
**Ducha de seguridad**

La ducha deberá proporcionar un caudal de agua suficiente para empapar el sujeto completa e inmediatamente. El agua suministrada debe ser potable, procurando que no esté fría (preferiblemente entre 20 y 35° C) para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada en estado de shock y también que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante, al acortar el periodo de ducha. Asimismo es conveniente que disponga de desagüe (facilita enormemente su mantenimiento).

Las llaves de paso de agua de la instalación deben estar situadas en un lugar no accesible para el personal, al objeto de evitar que se corte el suministro de manera permanente por existencia de fugas u otras anomalías, que, por otra parte, deben ser inmediatamente comunicadas y reparadas. De este modo, las llaves se cerrarán exclusivamente en el momento de efectuar la reparación.

## **Fuentes lavaojos**

Es un sistema que debe permitir la descontaminación rápida y eficaz de los ojos y que está constituido básicamente por dos rociadores o boquillas (hay modelos con una sola) separadas entre 10 y 20 cm capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta, de 25 a 35 cm, provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de codo.



**Fuente lavaojos**

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. Igual que se ha indicado para la ducha, el agua debe ser potable y es recomendable que sea templada. Con las llaves de paso del agua de la instalación se tendrán las mismas precauciones que para las duchas de seguridad.

## Mantas ignífugas

Las mantas permiten una acción eficaz en el caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando se prende fuego en la ropa, como alternativa a las duchas de seguridad. La utilización de la manta puede en ciertos casos evitar el desplazamiento del sujeto en llamas, lo que ayuda a limitar el efecto y desarrollo de éstas. Ver figura 3.



**Manta ignífuga**

Existen en el mercado distintos mecanismos de almacenamiento que permiten su rápida utilización. Como material de la manta, descartada la utilización de amianto, existen actualmente alternativas basadas en fibra de vidrio y otros tejidos ignífugos o tratados con ignífugantes.

Una alternativa a las mantas ignífugas es la utilización de prendas o textiles poco combustibles o previamente humedecidos.

## Extintores

Si no es factible controlar los pequeños incendios que se producen en el laboratorio, por su ubicación, características, persistencia o extensión, con mantas ignífugas o textiles mojados, hay que recurrir a los extintores.



**Extintor portátil**

Dado que existen distintos tipos de fuego, que se clasifican según se trate de sólidos, líquidos, gases, metales o de origen eléctrico, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, polvo polivalente, espuma, hidrocarburos halogenados o CO<sub>2</sub>.

## Tipos de extintores según clases de fuego

Clases de fuego	Agentes extintores						
	Agua chorro	Agua pulverizada	Espuma física	Polvo seco	Polvo polivalente	Nieve carbónica CO <sub>2</sub>	Halones
A SÓLIDOS	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
B LÍQUIDOS	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
C GASES	<b>NO</b> Extingue <b>SI</b> Limita propagación			<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
D METALES	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>	<b>NO*</b>
E ELÉCTRICOS	<b>NO</b>	<b>SI</b> HASTA 20.000 V	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b> HASTA 1.000 V	<b>SI</b>	<b>SI</b>

CLAVES: **SI** Bueno **SI** Aceptable **NO** Inaceptable o Peligroso  
\* REQUIERE AGENTES ESPECIALES

Para su uso en el laboratorio, la experiencia demuestra que los más prácticos y universales son los de CO<sub>2</sub>, ya que, dada la presencia de instrumental eléctrico delicado y productos químicos reactivos, otros agentes extintores podrían producir agresiones irreparables a los equipos o nuevos focos de incendios. Debe tenerse en cuenta, además, que el extintor portátil, que debe ser de fácil manejo y poco peso, puede volcar, romper o proyectar el material de vidrio que se halla en las poyatas, generando, asimismo, nuevos focos de incendio, vertidos o reacciones imprevistas. Es totalmente desaconsejable la utilización de extintores no adecuados a las características del material que arde, ya que pueden favorecer el desarrollo del incendio. Téngase en cuenta que, a los inconvenientes citados, deben añadirse los problemas de limpieza posterior.

## Neutralizadores

Otros elementos de actuación y protección para actuaciones de emergencia en caso de derrames o vertidos accidentales son los agentes neutralizadores. Los neutralizadores y absorbentes o adsorbentes necesarios estarán en función de la actividad del laboratorio y de los productos utilizados. Normalmente debe disponerse de agentes específicos para ácidos, bases, disolventes orgánicos y mercurio, lo que constituye el denominado "equipo básico". Ver figura 5.



### Equipo básico de neutralización

## Situación, instalación y mantenimiento

Los elementos de actuación y protección deben situarse en lugares de fácil accesibilidad desde cualquier lugar del laboratorio, y lo más cerca posible de las zonas de mayor riesgo, procurando que su ubicación no genere un nuevo riesgo para el laboratorio.

Las duchas y fuentes lavaojos pueden disponerse como equipo conjunto o de forma separada, considerando la proximidad de conducciones de agua y desagües. El lugar elegido para su instalación debe ser fácilmente accesible y visible, preferiblemente en la dirección de salida del laboratorio, y no debe tener en las proximidades tomas ni aparatos eléctricos. La zona de ubicación debe mantenerse libre de materiales, aparatos y productos. Es importante considerar que la situación de las duchas y fuentes lavaojos, en determinados casos, puede significar un entorpecimiento en situaciones de evacuación.

La ubicación de las mantas ignífugas está en función de su proximidad a las zonas del laboratorio en las que existe un mayor riesgo de incendio.

Los neutralizadores y adsorbentes necesarios deben situarse en un lugar centralizado del laboratorio cerca de las mesas de trabajo, y en todos aquellos lugares en los que puedan producirse derrames o vertidos accidentales, como es el caso del almacén.

En el siguiente cuadro se resumen a modo de recomendación una serie de aspectos relativos a la situación de los diversos elementos de actuación, y a su control y mantenimiento.

## Situación, control y mantenimiento de los elementos de actuación

ELEMENTOS DE ACTUACIÓN	SITUACIÓN	CONTROL Y MANTENIMIENTO <sup>A)</sup>
DUCHA FUENTE LAVAOJOS	Lugar alcanzable en menos de 15 s desde cualquier puesto de trabajo. En dirección a la salida habitual del laboratorio.	Comprobación mensual del caudal de agua y correcto funcionamiento del sistema.
MANTA IGNÍFUGA	Laboratorio, o unidad, en que se trabaje con productos inflamables. Cerca de la mesa de trabajo.	No precisa mantenimiento.
EXTINTOR	Ver <b>NBE-CPI/96</b> Laboratorio, o unidad, en que se trabaje con productos inflamables. En un extremo de la mesa de trabajo y en la dirección habitual de salida del laboratorio. Almacén de productos inflamables.	Revisión anual y retimbrado cada 5 años. Debe estar contemplado en el plan general de medios de extinción del edificio.
NEUTRALIZADORES	Lugar centralizado. Cerca de las mesas de trabajo. En el almacén de productos.	Control de stock. Gestión de los residuos generados. <sup>B)</sup>

- A. Se debe designar por el responsable del laboratorio a una persona encargada del seguimiento del programa de mantenimiento.
- B. Los residuos generados por la vía de vertidos, una vez neutralizados deben recogerse y gestionarse de acuerdo con el programa de residuos general del laboratorio.

## Señalización, información y formación

La presencia en los laboratorios de diferentes elementos de actuación y protección no implica que los aspectos de seguridad por ellos cubiertos se den por resueltos. Su eficacia radica, no sólo en que estén en perfecto estado de utilización, sino que el personal de laboratorio conozca su ubicación y sus condiciones de utilización. Ello hace necesario que todos los elementos de actuación estén correctamente señalizados y que el personal de laboratorio este informado, formado y entrenado.



### Señalización de los elementos de actuación

El personal debe conocer la utilidad, situación y condiciones de utilización de las duchas de seguridad y fuentes lavaojos, especialmente en aquellos aspectos tales como el tiempo mínimo que debe aplicarse agua a los ojos,

habitualmente 20 minutos, tiempo de ducha o bien en qué casos es preferible quitar la ropa al accidentado, etc. En el caso de los derrames o vertidos accidentales el procedimiento de actuación establecido debe incluir la designación de responsables, así como la manera de reducir la exposición del personal y la dispersión de la contaminación.

El entrenamiento es especialmente importante para el uso de los extintores, ya que debido a su peso y a la rapidez con que se agota su contenido, su empleo puede resultar no sólo inútil, sino contraproducente. En caso de duda sobre la posibilidad de controlar el fuego, es recomendable activar el plan de emergencia y proceder a la evacuación del laboratorio. Por otro lado, el personal debe conocer la utilidad de las mantas ignífugas, su ubicación (no suelen disponer de señalización específica) y su forma de utilización.

Para la instalación definitiva de los equipos debe considerarse la adaptación de las necesidades existentes a las disponibilidades de espacio, distribución, y de organización, excepto, evidentemente en las zonas de riesgo elevado, en las que primarán de manera absoluta las medidas de protección, aunque ello implique modificaciones estructurales u organizativas importantes. Los casos especiales deben considerarse de manera independiente, como sería el de los laboratorios docentes o de prácticas en donde en determinados momentos puede haber un elevado número de personas poco expertas en espacios relativamente grandes, o bien laboratorios donde se manipulan sustancias o fuentes radiactivas, con elevado riesgo biológico o de incendio y explosión. Paralelamente a la instalación de los equipos, debe elaborarse el programa de mantenimiento por escrito y, de acuerdo con los criterios descritos en los apartados anteriores, el de formación e información del personal.

## **11.- Equipos de protección individual**

### **Gafas**

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

- Gafas tipo universal. Pueden ir provistas, aunque no necesariamente, de protección adicional.
- Gafas tipo copa o cazoleta. Encierran cada ojo aisladamente. Están constituidas por dos piezas, integrando el aro portaocular y la protección lateral. También puede ser adaptables al rostro con un único ocular.
- Gafas integrales. La protección adicional esta incluida en la misma montura. Pueden ser utilizadas conjuntamente con gafas graduadas.

En determinados casos, en que vayan a ser utilizadas de forma continuada por una persona que necesita gafas graduadas, pueden confeccionarse gafas de seguridad graduadas.

## **Guantes**

Los guantes de seguridad se fabrican en diferentes materiales (PVC, PVA, nitrilo, látex, neopreno, etc.) en función del riesgo que se pretende proteger. Para su uso en el laboratorio, además de la necesaria resistencia mecánica a la tracción y a la perforación, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos. Téngase en cuenta que la utilización de guantes no impermeables frente a un producto, si hay inmersión o contacto directo importante, no solamente no protege sino que incrementa el riesgo. Por estos motivos, a la hora de elegir un guante de seguridad es necesario conocer su idoneidad, en función de los productos químicos utilizados, mediante el correspondiente certificado de homologación que debe ser facilitado por el suministrador.

La certificación de un guante de protección exige unos mínimos de resistencia a la tracción y a la perforación que garantice la integridad del mismo en situaciones normales de trabajo y los clasifica según los productos o familias de compuestos contra los que protege. Otros aspectos que han de considerarse en la elección de los guantes son la longitud del manguito (zona que forma el guante desde el borde superior hasta la muñeca) y el forro o revestimiento. En la elección debe prevalecer, a igualdad de características protectoras, la comodidad.

La disminución en el sentido del tacto que ocasiona el uso de los guantes es una dificultad para la realización de algunos trabajos. En estos casos, y si está justificado, debe optarse por la utilización de guantes de menor espesor, aunque no sean los más adecuados para el contaminante presente, observando la precaución de aumentar la frecuencia de cambio de los mismos. En otras circunstancias puede recomendarse la utilización de un doble guante si se juzga insuficiente la protección ofrecida por uno sólo. Estas situaciones ocurren a menudo con la utilización de guantes de látex, generalizada en gran número de laboratorios.

En la siguiente tabla se indican algunos tipos de guantes y su resistencia frente a determinados productos químicos.

COMPUESTO QUÍMICO	COMPOSICIÓN DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-n (nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
<b>Ácidos inorgánicos</b>						
Ácido crómico	M	R	R	B	B	M
Ácido clorhídrico 38%	B	E	B	B	E	M
Ácido fluorhídrico 48%	B	E	B	B	B	M
Ácido fosfórico	B	E	B	B	B	M
Ácido nítrico 70%	M	B	I	B	R	M
Ácido nítrico fumante (Humos rojos)	NC	I	I	NC	I	M
Ácido nítrico fumante (Humos amarillos)	NC	I	I	NC	I	M
Ácido sulfúrico 95%	E	E	R	B	R	M
<b>Ácidos orgánicos</b>						
Ácido acético	E	E	B	B	B	M
Ácido fórmico	E	E	R	B	E	I

COMPUESTO QUÍMICO	COMPOSICIÓN DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-n (nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
<b>Aminas</b>						
Anilina	R	R	B	B	B	R
Dietilamina	R	B	E	NC	R	R
Hidracina	B	R	B	NC	B	M
<b>Disolventes aromáticos</b>						
Benzol	M	I	B	NC	I	E
Destilados de alquitrán de hulla	M	R	B	NC	R	E
Estireno	M	R	B	NC	I	E
Tolueno	M	M	E	M	B	E
Xileno	M	I	B	R	M	E
<b>Disolventes acetonas</b>						
Acetona	E	B	I	B	I	R
Metil etil cetona	E	B	R	B	M	E
Metil isobutil cetona	E	B	R	B	R	B

COMPUESTO QUÍMICO	COMPOSICIÓN DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-n (nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
<b>Disolventes clorados</b>						
Cloroformo	M	B	B	R	M	E
Cloruro de metilo	R	B	B	NC	M	E
Percloro etileno	M	M	B	M	M	E
Tetracloruro de carbono	M	R	B	M	R	E
Tricloroetileno t.c.e.	M	B	B	NC	M	E
<b>Disolventes derivados del petróleo</b>						
Hexano	M	R	E	NC	R	E
Keroseno	M	B	E	M	R	E
Pentano	R	B	E	M	M	E
<b>Disolventes varios</b>						
Acetato de etilo	I	B	B	B	M	I
Acetato de propilo	B	B	B	B	I	B
Acrilonitrilo	B	B	R	B	I	E
Bromuro de metilo	R	B	B	NC	M	E
Disolventes de pintura	R	B	B	NC	R	E
Freón 11, 12, 21, 22	M	B	I	NC	R	E

COMPUESTO QUÍMICO	COMPOSICIÓN DE LOS GUANTES					
	Caucho natural o látex	Neopreno	Buna-n (nitrilo)	Butilo	PVC	PVA
<b>Otros productos</b>						
Aceite de corte	I	E	B	M	B	R
Baños electrolíticos	E	E	B	I	E	M
Barniz para madera (tung oil)	M	B	B	NC	R	E
Decapantes para pintura y barnices	R	B	B	NC	M	B
Diisocianato de tolueno	B	R	B	NC	M	B
Disulfuro de carbono	M	R	B	M	R	E
Etilenoglicol	E	E	B	B	B	B
Glicerina	E	B	B	B	E	R
Grasas animales	E	B	B	NC	B	E
Peróxido de hidrógeno 50% (Agua oxig.)	B	B	B	B	R	I
Resinas de époxi	E	E	B	B	E	E
Tintas de imprimir	B	E	E	NC	I	E
Trinitrotolueno	B	B	B	B	E	E
Trementina	M	B	E	M	B	E
E=excelente   B=bueno   R=regular   I=inferior   M=malo   NC=no comprobado						

Aparte de los guantes para proteger de las sustancias químicas, en los laboratorios en los que se trabaje con nitrógeno líquido, muflas, estufas, etc. deberá disponerse de los guantes antitérmicos adecuados a las temperaturas necesarias.

### Prendas de protección

- Para el trabajo con productos químicos es obligatorio el uso de bata (100% algodón) y calzado cerrado.
- La bata nunca se llevará puesta fuera del laboratorio ya que puede estar impregnada con algún compuesto químico y, sobre todo en zonas comunes como cafeterías.

## ANEXO

### RECOMENDACIONES GENERALES

- No debe trabajar nunca una persona sola en el laboratorio y muy especialmente en el caso de realizarlo fuera de horas habituales, por la noche o realizando operaciones con riesgo.
- Cuando se realicen operaciones con riesgo, las personas que no intervengan en ellas deben estar perfectamente informadas de las mismas.
- Se debe trabajar siempre que sea posible y lógico, en las vitrinas. En éstas debe comprobarse periódicamente el funcionamiento del ventilador, su estado general, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, que no se transformen en almacén de productos, etc.
- También debe comprobarse la ventilación general del laboratorio (trabajo en depresión, renovación suficiente, etc.).
- Debe revisarse periódicamente la instalación de gases. Esta debe ajustarse al máximo a las necesidades del laboratorio (ni más tomas de las necesarias ni menos para evitar conexiones múltiples).
- Deben efectuarse a menudo inventarios del almacén para controlar el stock de reactivos y su envejecimiento. Los reactivos almacenados en el laboratorio deben preservarse del sol, no guardarse en estanterías altas, cuidar su etiquetado, mantenerlos en las cantidades imprescindibles, etc.
- Nunca debe estar permitido fumar ni comer en el laboratorio.
- No deben emplearse refrigeradores domésticos si no han sido modificados para reducir el riesgo de chispas.
- Debe regularse adecuadamente la eliminación de residuos. Tener especial cuidado en no eliminar por el desagüe, aunque sea en pequeñas cantidades productos tales como: los que reaccionan violentamente con el agua, Muy tóxicos (incluyendo metales pesados), inflamables, pestilentes, lacrimógenos, no biodegradables y cancerígenos.

### HÁBITOS PERSONALES

- Mantener en todo momento las batas y los vestidos abrochados
- No abandonar objetos personales en mesas de trabajo o poyatas.
- No ingerir alimentos en el laboratorio.
- No guardar alimentos ni bebidas en los frigoríficos del laboratorio.
- No fumar en el laboratorio.
- Lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.
- Llevar recogidos los cabellos.
- No llevar pulseras, colgantes o mangas anchas que pudieran engancharse en los montajes.

## HÁBITOS DE TRABAJO

- No llenar los tubos de ensayo más de dos o tres centímetros.
- Calentar los tubos de ensayo de lado y utilizando pinzas.
- Utilizar en todo momento gradillas y soportes.
- Tomar los tubos de ensayo con los dedos, nunca con la mano.
- No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas.
- No tocar con las manos ni probar los productos químicos.
- No efectuar pipeteos con la boca.
- No trabajar separados de la mesa o la poyata.
- Para el encendido de mecheros, utilizar encendedores piezoeléctricos largos; no emplear cerillas ni mecheros de bolsillo.
- Asegurarse del enfriamiento de los materiales antes de aplicar directamente las manos para cogerlos.
- Utilizar la vitrina siempre que sea posible.
- Al terminar el trabajo, asegurarse de la desconexión de aparatos, agua, gases. etc.
- Al finalizar una tarea u operación, recoger materiales, reactivos, equipos, etc., evitando las acumulaciones innecesarias.
- En la mesa de trabajo no habrá más reactivos que los que se vayan a utilizar en ese momento.
- Emplear y almacenar sustancias inflamables en las cantidades imprescindibles.

## IDENTIFICACIÓN

- Etiquetar debidamente las soluciones preparadas en el laboratorio.
- Comprobar el adecuado etiquetaje de recipientes y botellas.
- No reutilizar envases para otros productos sin quitar la etiqueta original.
- Se deberá quitar la etiqueta antigua antes de poner una nueva. No sobreponer etiquetas.

## TRASVASE

- Trasvasar, siempre que sea posible, cantidades pequeñas de líquidos. En caso contrario, emplear una zona específica para ello.
- Efectuar los trasvases de sustancias inflamables lejos de focos de calor.
- Efectuar los trasvases de sustancias tóxicas, irritantes y corrosivas con las prendas de protección adecuadas a los riesgos del producto.
- Evitar que ocurran vertidos empleando para el trasvase embudos, dosificadores o sifones.

## **PRODUCTOS Y REACCIONES QUÍMICAS PELIGROSAS**

- Conocerla reactividad de los productos empleados y las posibles reacciones.
- Asegurarse de disponer el material necesario y adecuado antes de iniciar un experimento.
- Instalar un montaje experimental en una vitrina cerrada.
- Utilizar la cantidad mínima de reactivos.
- Llevar prendas y accesorios de protección individual.
- Tener uno o varios extintores al alcance de la mano (agua pulverizada, dióxido de carbono, compuesto halogenado, polvo, según el caso).
- Prevenir a todo el personal de laboratorio, así como al responsable de seguridad.

## **ELIMINACIÓN DE RESIDUOS**

- Debe disponerse de información e instrucciones para la eliminación de residuos en el laboratorio.
- Siempre hay que neutralizar las soluciones antes de verterlas por el desagüe.
- No guardar botellas vacías destapadas.
- No acumular residuos de ningún tipo, excepto indicaciones en sentido contrario.
- Solicitar la retirada de los residuos inflamables.
- Recuperar en lo posible los metales pesados.
- Considerar las disposiciones legales existentes a nivel local para residuos y desechos.

## **MEDIOS DE PROTECCIÓN**

- Las batas serán obligatorias en trabajos con productos químicos y deberán ser 100% de algodón. No se deberá salir con la bata puesta del laboratorio y en especial a zonas comunes como las cafeterías.
- Si se manipulan productos en polvo de marcada acción biológica, utilizar batas sin bolsillo.
- Tener siempre a disposición las gafas de seguridad. Es recomendable el uso permanente de las mismas.
- Conocer y ensayar el funcionamiento de equipos extintores.
- Utilizar los guantes adecuados para cada tarea que requiera el uso de tales prendas.
- Conocer la protección brindada por los distintos equipos de protección individual para las vías respiratorias.
- Conocer la aplicación de los productos de primeros auxilios del botiquín y los mecanismos para recibir posibles ayudas exteriores.
- Sustituir los guantes de amianto por otros de fibra térmica artificial.

## MATERIAL DE VIDRIO

- Desechar el material que deseche el más mínimo defecto.
- Desechar el material que haya sufrido un golpe de cierta consistencia, aunque no se observen rajaduras o fracturas.
- Comprobar cuidadosamente la temperatura de los recipientes, conectores, etc. que hayan estado sometidos a calor, antes de aplicar las manos directamente.
- Abandonar las piezas defectuosas o los fragmentos de piezas rotas en contenedores específicos para el vidrio, nunca en papeleras.
- Revisar con atención la mesa de trabajo cuando se hayan utilizado cubreobjetos.
- Si el material de vidrio es lavado por personal ajeno al laboratorio, instruirle adecuadamente, insistiéndole en la necesidad de desechar el material que sufra golpes importantes.
- Utilizar placas de vidrio soporte para cromatografías, con los cantos pulidos.
- No forzar la separación de vasos o recipientes que hayan quedado obturados unos dentro de otros.
- Verificar que la calidad del vidrio responde al esfuerzo a que va a ser sometido.
- No forzar directamente con las manos los cierres de frascos o botellas, las llaves de paso, conectores, etc. que hayan obturado.
- Caso que se deba proceder a la apertura de frascos de tapón esmerilado obturados y ampollas selladas, se procederá de la siguiente manera:
  - Se llevará protección facial.
  - Se realizará la operación bajo campana y con pantalla protectora.
  - Se emplearán guantes espesos.
  - Se llevará a cabo la apertura sobre una bandeja, o preferiblemente en un recipiente, de material compatible con el producto contenido en el frasco a abrir.
  - En el caso de líquidos de punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, se enfriará la botella antes de realizar la operación.

## SALPICADURAS

- **En piel y ojos:** Deben lavarse con abundante agua (si es el los ojos, mediante un lavaojos). No intentar neutralizar. Acudir al médico con prontitud.
- **En batas o vestidos:** Debe quitarse rápidamente la ropa, lavándola, o colocarse bajo la ducha, según la magnitud de la impregnación. Si hay contacto con la piel, acudir al médico.

## INGESTIÓN

- Si es un ácido, beber solución de bicarbonato.
- Si es una base, beber bebidas ácidas.
- No provocar el vómito, salvo indicación expresa.
- Disponer de información sobre los productos que se manipulan, consultando a un servicio de información toxicológica cuando sea posible.
- Acudir al médico con una etiqueta del producto.

## INCENDIO

- Dar la alarma inmediatamente.
- Apagar los fuegos pequeños tapándolos, sin utilizar agua.
- Escoger adecuadamente el tipo de extintor, recordando el modo de empleo y la duración de la carga.
- Si prende fuego a la ropa, utilizarla ducha o la manta de seguridad.
- Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir.

## ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTES

### Norma general

En un lugar bien visible del laboratorio debe colocarse toda la información necesaria para la actuación en caso de accidente: que hacer, a quien avisar, números de teléfono, tanto interiores como exteriores (emergencia, servicio de prevención, mantenimiento, ambulancias, bomberos, mutua, director del laboratorio), direcciones y otros datos que puedan ser interés en caso de accidente, especialmente los referentes a las normas de actuación.

En caso de accidente debe activarse el sistema de emergencia (PAS: Proteger, Avisar, Socorrer). Al comunicarse, se debe dar un mensaje preciso sobre:

- Lugar donde ha ocurrido el accidente.
- Tipo de accidente (intoxicación, quemadura térmica o química, herida, etc.).
- Número de afectados o víctimas.
- Estado aparente de las víctimas (consciencia, sangran, respiran, etc.).
- No colgar antes de que el interlocutor lo haya autorizado, ya que puede necesitar otras informaciones complementarias.
- Disponer de una persona del laboratorio que reciba y acompañe a los servicios de socorro con el fin de guiarlos rápidamente hasta el lugar del accidente.

### Salpicaduras en los ojos y sobre la piel

Sin perder un instante lavarse con agua durante 10 o 15 minutos, empleando si es necesario la ducha de seguridad; quitarse la ropa y objetos previsiblemente mojados por el producto. Si la salpicadura es en los ojos, emplear el lavaojos

durante 15-20 minutos, sobretodo si el producto es corrosivo o irritante. No intentar neutralizar y acudir al médico lo más rápidamente posible con la etiqueta o ficha de seguridad del producto.

### **Mareos o pérdida de conocimiento debido a una fuga tóxica que persista**

Hay que protegerse del medio con un aparato respiratorio antes de aproximarse a la víctima y ventilar el laboratorio abriendo ventanas. Trasladar al accidentado a un lugar seguro y dejarlo recostado sobre el lado izquierdo. Aflojarle la ropa o todo aquello que pueda oprimirlo, verificando si ha perdido el sentido y si respira; tomarle el pulso. Activar el PAS y, practicar, si es necesario, la reanimación cardiopulmonar. No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

### **Electrocución**

La electrocución o choque eléctrico tiene lugar cuando, por un contacto eléctrico directo o indirecto, una persona pasa a formar parte de un circuito eléctrico, transcurriendo por su organismo una determinada intensidad eléctrica durante un tiempo. La intensidad depende del voltaje y de la resistencia del organismo, que a su vez, depende del camino recorrido y de factores fisiológicos. Las acciones a llevar a cabo cuando alguien queda "atrapado" por la corriente son las siguientes:

- Cortar la alimentación eléctrica del aparato causante del accidente antes de acercarse a la víctima para evitar otro accidente y retirar al accidentado.
- Activar el PAS y, practicar, si es necesario, la reanimación cardiopulmonar.
- No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

### **Quemaduras térmicas**

Las instrucciones básicas para el tratamiento de quemaduras térmicas son: lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada, no quitar la ropa pegada a la piel, tapar la parte quemada con ropa limpia. Debe acudir siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas. Son recomendaciones específicas en estos casos:

- No aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes).
- No enfriar demasiado al accidentado.
- No dar bebidas ni alimentos.
- No romper las ampollas.
- No dejar solo al accidentado.

### **Intoxicación digestiva**

Debe tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad. La

actuación inicial está encaminada a evitar la acción directa del tóxico mediante su neutralización o evitar su absorción por el organismo. Posteriormente, o en paralelo, se tratan los síntomas causados por el tóxico. Es muy importante la atención médica rápida, lo que normalmente requerirá el traslado del accidentado, que debe llevarse a cabo en condiciones adecuadas. No debe provocarse el vómito cuando el accidentado presenta convulsiones o está inconsciente, o bien se trata de un producto corrosivo o volátil. Para evitar la absorción del tóxico se emplea carbón activo o agua albuminosa. Existe una lista de antídotos recomendada por la UE (Anexo III de la Resolución 90/329/03). En caso de pequeñas ingestiones de ácidos, beber solución de bicarbonato, mientras que se recomienda tomar bebidas ácidas (refrescos de cola) en el caso de álcalis.