

# Manual de Gestión de Residuos y Seguridad en Laboratorios Ambientales



María Fernández Armentia

Noviembre 2008

## Índice general

---

1. <u>Objetivo y alcance</u> .....	4
2. <u>Gestión de residuos generados en el laboratorio</u> .....	4
2.1. <u>Definiciones</u> .....	5
2.2. <u>Tipos de residuos generados en el laboratorio</u> .....	8
2.3. <u>Programa de gestión de residuos</u> .....	9
2.4. <u>Recogida selectiva</u> .....	11
2.4.1. <i>Estudio de la organización y actividad del laboratorio</i> .....	11
2.4.2. <i>Clasificación de los residuos</i> .....	11
2.4.3. <i>Tipos de envases</i> .....	16
2.4.4. <i>Etiquetado e identificación de los envases</i> .....	19
2.4.5. <i>Almacenamiento de residuos químicos peligrosos</i> .....	21
2.4.6. <i>Recogida de residuos químicos peligrosos</i> .....	22
2.4.7. <i>Normas generales de manipulación, transporte y almacenamiento de residuos químicos peligrosos</i> .....	23
2.4.8. <i>Actuaciones en caso de derrame de un residuo químico peligroso</i> .....	25
2.5. <u>Minimización de residuos químicos peligrosos</u> .....	25
2.5.1. <i>Reducción en la fuente</i> .....	25
2.5.2. <i>Reutilización y reciclaje</i> .....	27
2.5.3. <i>Tratamiento en el laboratorio</i> .....	28
2.5.4. <i>Sugerencias para la minimización en análisis ambientales</i> .....	29
2.6. <u>Eliminación de residuos generados en el laboratorio</u> .....	33
2.7. <u>Procedimientos de tratamiento previo a la eliminación o reciclaje de los residuos químicos peligrosos</u> .....	35
3. <u>Seguridad en el laboratorio</u> .....	39
3.1. <u>Normas generales de trabajo</u> .....	39
3.2. <u>Condiciones ambientales del laboratorio</u> .....	43
3.3. <u>Equipos de protección colectiva en el laboratorio</u> .....	47
3.4. <u>Equipos de protección individual (EPI's)</u> .....	52

3.5. <u>Manipulación de productos químicos y material de laboratorio</u> .....	57
3.5.1. <i>Productos tóxicos y peligrosos</i> .....	58
3.5.2. <i>Ácidos y bases fuertes</i> .....	58
3.5.3. <i>Elementos volátiles o inflamables</i> .....	59
3.5.4. <i>Otros productos peligrosos</i> .....	59
3.5.5. <i>Material de vidrio</i> .....	59
3.6. <u>Almacenamiento de productos químicos</u> .....	60
3.6.1. <i>Almacenamiento en armarios frigoríficos</i> .....	62
3.7. <u>Fichas de seguridad de productos químicos</u> .....	63
3.8. <u>Prácticas seguras en los laboratorios</u> .....	64
3.8.1. <i>Uso de material y equipos de laboratorio</i> .....	65
3.8.2. <i>Operaciones habituales en el laboratorio</i> .....	75

## **1. Objetivo y alcance**

---

El objetivo principal de este manual es convertirse en un instrumento sencillo y de fácil manejo para la realización de una adecuada gestión de los residuos que se generan en laboratorios ambientales. Este manual recomienda utilizar prácticas y materiales que eviten, reduzcan y controlen la generación de residuos, así como llevar a cabo la gestión de los residuos generados con periodicidad, seguridad y eficacia.

Este manual también pretende facilitar el trabajo seguro en el laboratorio, por lo que recopila una serie de nociones básicas sobre seguridad, sobre los posibles riesgos que conlleva el trabajo en un laboratorio y sobre la mejor manera de controlarlos para evitar que tanto la salud como el medio ambiente puedan verse afectados.

## **2. Gestión de residuos generados en el laboratorio**

---

La creciente preocupación de los países desarrollados por la salud y el medio ambiente, junto a la influencia que sobre ambos ejercen los distintos tipos de residuos producidos por el hombre obliga a una gestión lo más adecuada posible de los mismos para paliar sus efectos negativos.

Dentro de los residuos, uno de los tipos que mas atención requiere, si no por su cantidad si por los potenciales riesgos que encierran, son lo residuos producidos en los laboratorios. No debe olvidarse, que un residuo de laboratorio es una sustancia o un preparado que casi siempre presenta características de toxicidad y peligrosidad y cuya identificación o almacenamiento inadecuados constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio.

La gestión de este tipo de residuos presenta una problemática distinta a la de los residuos de origen industrial debido a que son residuos de gran variedad, alta peligrosidad y escaso volumen.

Por todo ello, resulta necesario incluir un programa de gestión de residuos en el laboratorio, que permita una adecuada protección de la salud y del medio ambiente. Aunque, a primera vista, todo ello implique un coste añadido, es evidente que repercute positivamente en la gestión del laboratorio, siendo rentable a medio plazo.

## 2.1. Definiciones

### Residuo

Se considera residuo todo aquel material sólido, pastoso o líquido que se genera como una consecuencia no deseada de la actividad humana. En sentido general, un producto se convierte en residuo en el momento en que su productor o poseedor lo destina al abandono.

### Residuo urbano

Los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquéllos que no tengan la clasificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. Estos residuos no requieren tratamiento especial antes de ser eliminados.

### Residuo peligroso

Aquéllos materiales sólidos, pastosos o líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes, que siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destina al abandono y que presenten alguna de las características de peligrosidad siguientes:

- ✓ **Explosivo:** sustancias y preparados que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o las fricciones que el dinitrobenceno.
- ✓ **Comburente:** sustancias y preparados que presenten reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, especialmente con sustancias inflamables.

- ✓ **Fácilmente inflamable:**
  - sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación < 21 °C (incluidos los líquidos extremadamente inflamables).
  - sustancias y preparados que puedan calentarse e inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aplicación de energía.
  - sustancias y preparados sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúen ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición.
  - sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en el aire a presión normal.
  - sustancias y preparados que, en contacto con agua o aire húmedo, emitan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.
- ✓ **Inflamable:** sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación comprendido entre 21 °C y 55 °C.
- ✓ **Irritante:** sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.
- ✓ **Nocivo:** sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.
- ✓ **Tóxico:** sustancias y preparados (incluidos los muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.
- ✓ **Carcinógeno:** sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia.
- ✓ **Corrosivo:** sustancias y preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.
- ✓ **Infecioso:** sustancias que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.
- ✓ **Tóxico para la reproducción:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia.

- ✓ **Mutagénico:** sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.
- ✓ **Reactivo:** Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, con el agua o con un ácido.
- ✓ **Sustancias o preparados susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera,** por ejemplo un lixiviado, que posea alguna de las características enumeradas anteriormente.
- ✓ **Peligroso para el medio ambiente:** sustancias y preparados que presenten o puedan presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

*NOTA: Estas características pueden variar, en función de la legislación específica aplicable en cada país, por lo que para una definición más precisa debe consultarse dicha legislación.*

#### **Minimización/ Reducción**

Conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción.

#### **Reutilización**

El empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

#### **Reciclado**

La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines.

#### **Valorización**

Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana ni perjudicar el medio ambiente.

#### **Eliminación**

Todo procedimiento dirigido al vertido o la destrucción, total o parcial, del residuo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

### **Recogida selectiva**

Sistema de recogida diferenciada de residuos que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los mismos.

### **Gestión**

La recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

### **Gestor**

La persona o entidad, pública o privada, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.

## **2.2. Tipos de residuos generados en el laboratorio**

En el laboratorio, considerando los conceptos anteriores y las características de los residuos generados, se pueden distinguir los siguientes grupos:

- **Residuos no peligrosos** (asimilables a urbanos): dentro de este grupo se puede diferenciar entre los residuos no peligrosos no reciclables que se depositan directamente en un vertedero municipal y los residuos peligrosos reciclables (por ejemplo, el papel, el cartón y el vidrio).
- **Residuos químicos peligrosos:** por sus características, no son fácilmente gestionables utilizando los circuitos establecidos, que están diseñados para residuos de origen industrial (volúmenes grandes y con poca diversidad). A este tipo de residuos se les denomina también "**residuos peligrosos en pequeña cantidad**" (**RPPC**) y las características de estos pueden resumirse en: poca cantidad, variedad y peligrosidad/toxicidad muchas veces elevada.

### 2.3. Programa de gestión de residuos

El programa de gestión de residuos es una herramienta útil para lograr una gestión eficaz de los residuos. Debe aplicarse a todo tipo de residuos generados en el laboratorio, tanto a los no peligrosos (asimilables a urbanos) como a los peligrosos (incluyendo los reactivos caducados, los reactivos no caducados pero innecesarios, los materiales de un solo uso contaminados o no, los patrones y todos aquellos materiales o productos que se hayan utilizado o generado en el mismo).

El programa de gestión de residuos debe recoger todas aquellas actividades encaminadas a dar a los residuos el destino final más adecuado de acuerdo con sus características; y se deben recoger en él, las operaciones de **recogida, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación y eliminación** de los mismos.

El programa de gestión de residuos debería incluir:

- **Responsable o responsables.** Debe nombrarse un responsable o responsables que supervisen y comprueben la correcta aplicación y ejecución del programa e informen a la Dirección.
- **Nivel de recursos necesarios.** Debe conocerse y evaluarse el coste del programa considerando todas las operaciones (recogida, transporte, reutilización, recuperación, tratamiento, etc.).
- **Inventario.** Debe confeccionarse una relación de los residuos generados y mantenerla actualizada.
- **Identificación.** Todos los productos considerados como residuos deben estar clasificados e identificados en función de su peligrosidad y/o destino final.
- **Minimización/reducción.** Deben estudiarse y valorarse las posibilidades de reutilización, recuperación, tratamiento en el propio laboratorio o racionalización de compras al objeto de reducir en lo posible la generación de residuos.
- **Almacén.** Debe disponerse de un espacio separado del laboratorio para almacén de residuos, provisto de los elementos de seguridad necesarios.

- **Recogida y transporte.** Se deben facilitar los recipientes y etiquetas adecuados para la recogida y el transporte de los residuos.
- **Medidas de seguridad.** Deben establecerse las medidas de seguridad necesarias indicando las prendas de protección que deben utilizarse, cuando se manipulen los mismos.
- **Actuación en caso de accidentes/incidentes.** Se deben dar las instrucciones de actuación en caso de vertidos o derrames, o de cualquier incidente que pueda producirse. Asimismo deben indicarse las pautas de actuación en caso de una emergencia.
- **Formación e información.** Todo el personal debe conocer el programa de gestión de residuos adoptado, su ejecución y la responsabilidad de cada uno en el mismo. Todas las informaciones sobre el programa deben proporcionarse por escrito.

## 2.4. Recogida selectiva

La implantación del programa de gestión de residuos comentado anteriormente, implica el establecimiento de un **plan de recogida selectiva** que conlleva distintas acciones:

### 2.4.1. *Estudio de la organización y actividad del laboratorio*

El programa de gestión de residuos estará en función del tipo de laboratorio, de la actividad del mismo y del sector al que pertenece. Son aspectos a considerar:

- Actividad del laboratorio (investigación, docencia, etc.).
- Organización del laboratorio.
- Relación de operaciones y determinaciones analíticas que se efectúan en el laboratorio.
- Relación de productos utilizados.
- Técnicas instrumentales utilizadas.
- Cantidad, periodicidad y variedad de residuos generados (inventario).
- Posibilidades de minimización (reducción, recuperación, tratamiento in situ, etc.).

### 2.4.2. *Clasificación de los residuos*

La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión de residuos, para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inseguros. Asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación.

Como hemos comentado anteriormente, los residuos generados en los laboratorios se pueden diferenciar en residuos no peligrosos (asimilables a urbanos) y residuos químicos peligrosos. En el caso de los laboratorios ambientales que nos ocupan, se han establecido los siguientes grupos de clasificación de los **residuos químicos peligrosos**, teniendo en cuenta las propiedades físico- químicas de los mismos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos. Hay que tener en cuenta que está clasificación es meramente orientativa y que cada laboratorio debe adaptarla a su situación real.

**Grupo I: Disolventes halogenados**

Se entiende por tales, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Ejemplos: Cloruro de metileno, bromoformo, etc

**Tabla 1. Clasificación disolventes halogenados**

FAMILIA DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos alifáticos	Cloroformo, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, yodometano
Hidrocarburos aromáticos	Clorobenceno, diclorobenceno, diclorofeno, bromotolueno, bromobutano, bromotolueno, clorotolueno, hexafluorobenceno, iodobenceno
Alcoholes halogenados	Tricloroetanol, cloropropanol, cloropropanodiol, alcohol clorobencílico, fluoroetanol
Aminas halogenadas	Bromoanilina, clorobencilamina, iodoanilina, dicloroanilina, tricloroanilina
Esteres halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformiatos
Amidas halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida, ac ortoiodohipúrico

**Grupo II: Disolventes no halogenados**

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

**Tabla 2. Clasificación disolventes no halogenados**

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos cíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano
Derivados de hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, decano, dimetilformamida (DMF), acetonitrilo
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno,
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol (IPA), butanol, alcohol amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, ciclohexilbutilcetona, cetonas aromáticas
Esteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, lauratos, succinatos, glutaratos, acrilatos
Aminas alifáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina
Resinas no halogenadas	
Aminas aromáticas	Anilina, toluidina, fenilendiamina, nitroanilina, clorroanilina, metilanilina, fenilpiperacina
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Antraceno, bifenilo, naftaleno, fluoreno, indeno, pireno
Compuestos sulfurados	Tiofenol, etilmercaptano (etanotiol), sulfuro de dialilo, sulfuro de dimetilo, difenilo disulfuro
Otros	Dimetilsulfóxido (DMSO), sulfuro de carbono, dioxano, tetrahidrofurano (THF), sulfato de metilo, sulfato de etilo

**Grupo III: Disoluciones acuosas**

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior:

- *Soluciones acuosas inorgánicas:* Soluciones acuosas básicas: Hidróxido sódico, hidróxido potásico.
- *Soluciones acuosas de metales pesados:* Níquel, plata, cadmio, selenio.
- *Soluciones acuosas de cromo VI.*
- *Otras soluciones acuosas inorgánicas:* sulfatos, fosfatos, cloruros.
- *Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO:* Soluciones acuosas de colorantes.
- *Soluciones de fijadores orgánicos:* Formol, fenol, glutaraldehído.
- *Mezclas agua/disolvente:* Eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

**Grupo IV: Ácidos**

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

**Grupo V: Aceites**

Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de muestras analizadas, operaciones de mantenimiento, etc... En el caso de que exista la sospecha de que los aceites estén contaminados con compuestos bifenilos policíclicos (PCB's) se recomienda, recogerlos separadamente, para facilitar su eliminación.

### **Grupo VI: Sólidos**

Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de Sólidos:

- **Sólidos orgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- **Sólidos inorgánicos:** A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- **Material desechable contaminado:** A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. En este grupo se pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.

### **Grupo VII: Especiales**

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:

- **Comburentes** (peróxidos)
- **Compuestos pirofóricos** (magnesio metálico en polvo)
- **Compuestos muy reactivos** [ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados]

- **Compuestos muy tóxicos** (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.)
- **Compuestos no identificados**

### 2.4.3. Tipos de envases

Cuando se trate de residuos no peligrosos no reciclables, el envasado se realiza en bolsas de basura soportadas en papeleras, que una vez llenas se depositan en los contenedores municipales de basura. En el caso de residuos no peligrosos reciclables (como el papel y el vidrio), se recoge cada uno de ellos en contenedores específicos por separado y se depositan en los contenedores municipales destinados al efecto, también por separado.

El envasado y correspondiente separación de los residuos químicos peligrosos es algo más complejo. Para ello, se emplean distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida. Para los residuos del grupo I al VII es recomendable emplear envases homologados para el transporte de materias peligrosas.

La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

- Contenedores (garrafas) de polietileno de 5 o 30 litros de capacidad. Se trata de polietileno de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.
- Bidones de polietileno de 60 y 90 litros de capacidad y boca ancha, destinados al material desechable contaminado.
- Cajas estancas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.

- Envases de seguridad, provistos de cortafuegos y compensación de presión, idóneos para productos muy inflamables (muy volátiles) o que desprendan malos olores.
- Envases de 1 ó 2 litros, para agujas, objetos punzantes o cortantes, puntas de pipeta. Una vez llenos se introducen en los envases para material desechable contaminado.

En la elección del tipo de envase debe tenerse en cuenta la posible incompatibilidad entre el envase y el residuo. Por ejemplo, en la utilización de envases de polietileno, es preciso tener en cuenta algunas recomendaciones, las más importantes de las cuales se resumen a continuación.

**Tabla 3.** Recomendaciones referentes al uso de envases de polietileno para el almacenamiento de residuos

Producto	Recomendación
Bromoformo y Sulfuro de Carbono	No utilizar
Ácido butírico, Ácido benzoico, Bromo y Bromobenceno	No utilizar en periodos de almacenamiento superior a un mes
Cloruro de amilío, cresoles, dietiléter, éter haluros de ácido, nitrobenceno, percloroetileno, tricloroetileno y tricloroetano	No utilizar con el producto a temperaturas superiores a 40°C
Diclorobencenos	No utilizar en periodos de almacenaje superiores a un mes

Algunos ejemplos de envases que se pueden utilizar, se muestran en la figura siguiente. Todos estos tipos de envases pueden ser suministrados por la empresa gestora o por empresas especializadas del sector



**Figura 1.** Ejemplos de envases que se pueden utilizar

#### 2.4.4. Etiquetado e identificación de los envases

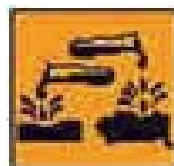
Todos los residuos y sus recipientes deberán estar **identificados** (indicación del productor) y correctamente **etiquetados** (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de cada país sobre clasificación, envasado y etiquetado. Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir los datos de la empresa productora, el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor, por lo que la etiqueta identificativa, además de los datos anteriores, debería incluir:

- Pictogramas e indicaciones de peligro, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente (ver figura 2)
- Los riesgos específicos y consejos de prudencia que correspondan.
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (p.e., metanol, metales pesados, cromo, plomo, etc.).



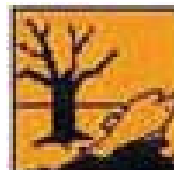
**T** Tóxico y **T+** Muy Tóxico



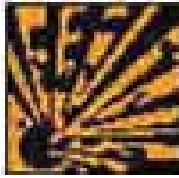
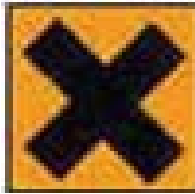
**C** Corrosivo



**F** Inflamable y **F+** Extremadamente inflamable



**N** Peligroso para el medio ambiente

**E** Explosivo**O** Comburente**Xn** Nocivo y **Xi** Irritante**Figura 2.** Pictogramas para identificar los residuos químicos peligrosos

Para facilitar la identificación del residuo, se propone asimismo, la utilización de etiquetas de diferentes colores en función del grupo al que pertenezca el residuo químico peligroso:

- Grupo I: Etiqueta de color naranja.
- Grupo II: Etiqueta de color verde.
- Grupo III: Etiqueta de color azul.
- Grupo IV: Etiqueta de color rojo.
- Grupo VI: Etiqueta de color amarillo.
- Grupo VII: Etiqueta de color lila.

Un ejemplo de etiqueta identificativa podría ser el siguiente:

**Figura 3.** Ejemplo de etiqueta de identificación

#### **2.4.5. Almacenamiento de residuos químicos peligrosos**

Los residuos químicos peligrosos no deben almacenarse nunca en el propio laboratorio, ya que ello aumentaría el riesgo en el mismo. Debe buscarse un emplazamiento en un lugar específico, separado y que reúna las adecuadas medidas de seguridad, hasta su recogida.

En el almacén debe llevarse un registro, anotando las fechas de entrada y salida, y no debe admitirse residuo alguno si no está debidamente etiquetado.

El periodo máximo de almacenamiento no debe ser superior a un año (se recomienda un periodo máximo de seis meses), y el correspondiente envase deberá ser retirado a pesar de que no esté completo, antes de ese periodo.

Hay que tener en cuenta que el almacenamiento de los distintos residuos debe efectuarse de acuerdo con los grupos establecidos, evitando incompatibilidades y otras situaciones peligrosas que puedan incrementar el riesgo. En este sentido, es especialmente importante lo expuesto en el apartado 2.4.4. referente a la identificación de los envases.

Las ***incompatibilidades son especialmente destacables en el grupo VII***, por lo que debe tenerse en cuenta que éstos jamás se mezclarán entre ellos ni con los otros grupos. Siempre que sea posible, los residuos de este grupo, en cantidades iguales o inferiores a 1 litro, se mantendrán en su envase original. En caso de duda, se ha de consultar al responsable o a la empresa gestora.

**Algunas posibles incompatibilidades** a tener en cuenta en el almacenamiento de residuos, se resumen a continuación:

**Tabla 4. Ejemplos de incompatibilidades en el almacenamiento**

Sustancias incompatibles
<b>Ácidos con bases:</b> Ejemplo: ácido sulfúrico con hidróxido sódico
<b>Ácidos fuertes con ácidos débiles que desprenden gases tóxicos:</b> Ejemplo: Ácido clorhídrico con cianuros o sulfuros
<b>Oxidantes con reductores:</b> Ejemplo: Ácido nítrico con compuestos orgánico
<b>Agua con compuestos varios:</b> Ejemplo: Boranos, anhídridos, carburos, triclorosilanos, hidruros, metales alcalinos....
Sustancias incompatibles de elevada afinidad
<b>Oxidantes con</b> nitratos, halogenatos, óxidos, peróxidos, flúor
<b>Reductores con</b> materias inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquimetales, aluminio, magnesio y zirconio en polvo
<b>Ácidos fuertes con</b> bases fuertes
<b>Agua con compuestos varios:</b> Ejemplo: Boranos, anhídridos, carburos, triclorosilanos, hidruros, metales alcalinos....
<b>Ácido sulfúrico con</b> azúcar, celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos sulfocianuros.

#### **2.4.6. Recogida de residuos químicos peligrosos**

Al objeto de racionalizar el volumen de residuos acumulados y evitar costes suplementarios, es importante conocer la periodicidad de generación para poder establecer unos plazos de recogida y tratamiento razonables.

La recogida deberá realizarla el gestor de residuos autorizado, siempre que sea posible.

### ***2.4.7. Normas generales de manipulación, transporte y almacenamiento de residuos químicos peligrosos***

A continuación se enumeran una serie de medidas preventivas básicas sobre seguridad y salud, para que el transporte, manipulación y almacenamiento de residuos peligrosos se realice sin perjuicio para la salud humana y el medio ambiente. Dichas medidas son las siguientes:

- Deben considerarse las disposiciones legales vigentes, tanto a nivel general, como local.
- Al manipular los envases de residuos, hay que informarse de las indicaciones de peligro y condiciones de manejo de las sustancias.
- En caso de desconocer exactamente las propiedades y características del producto a trasladar, se aplicará el máximo nivel de protección. Si se tienen dudas acerca de la naturaleza del producto o la utilización de los equipos de protección individual, se consultará al Responsable de Laboratorio que corresponda.
- En ningún caso se manipularán envases de residuos en los laboratorios sin la supervisión del correspondiente Responsable de Laboratorio.
- El transporte de los envases de residuos se realizará siempre que sea posible mediante medios mecánicos de carga, que en el caso de ser motorizados la energía utilizada será eléctrica, y la zona dispuesta para el transporte de los envases se encontrará completamente ventilada y aislada de cualquier foco de ignición (Ver figura 4).
- Queda totalmente prohibido fumar y/ o comer durante la manipulación y transporte de residuos.
- Para residuos líquidos se evitará el empleo de envases mayores de 30 litros, para facilitar su manipulación y evitar riesgos innecesarios.
- Los envases que contengan los residuos deben cerrarse herméticamente.
- Nunca se ha de manipular los residuos en solitario.

- Los residuos generales de laboratorio no deben mezclarse con los desechos y productos químicos. No se deben tirar al recipiente de basuras habitual (papeleras, etc.), trapos, papeles de filtro u otras materias impregnables o impregnadas.
- El vertido de los residuos a los envases correspondientes se ha de efectuar de una forma lenta y controlada. Esta operación será interrumpida si se observa cualquier fenómeno anormal, como la producción de gases o el incremento excesivo de temperatura. Para trasvasar líquidos en grandes cantidades, se empleará una bomba preferentemente de accionamiento manual; en el caso de utilizar una bomba eléctrica, esta debe ser antideflagrante, en todos los casos se comprobará la idoneidad del material de la bomba con el residuo trasvasado.
- Los envases no se han de llenar más del 90% de su capacidad con la finalidad de evitar salpicaduras, derrames y sobrepresiones.
- Siempre que sea posible, los envases se depositarán en el suelo, sobre cubetos confinados, para prevenir posibles caídas y derrames accidentales. En cualquier caso no se almacenarán a más de 170 cm de altura.
- Se evitará el contacto directo con los productos químicos. En cualquier caso durante todo el proceso de transporte y manipulación de residuos, deberán utilizarse equipos de protección individual como, guantes, gafas y calzado de seguridad.



**Figura 4.** Ejemplo de transporte de residuos

#### **2.4.8. Actuaciones en caso de derrame de un residuo químico peligroso**

- Evacuar la zona afectada por el derrame.
- Utilizar los equipos de protección individual correspondientes.
- Absorber el líquido derramado con un material lo más inerte posible (vermiculita, arena, etc..) o en papel, tela, etc..
- Descontaminar bien toda la zona con agua y jabón.
- Echar todo el material con el que se ha absorbido el líquido derramado en un recipiente resistente a la sustancia derramada y cerrarlo herméticamente.
- Etiquetar el recipiente con las sustancias que contiene y tratarlo como un residuo peligroso.

En caso que el producto derramado sea inflamable, además de la actuación detallada anteriormente deben eliminarse todas las fuentes de ignición de la zona.

### **2.5. Minimización de residuos químicos peligrosos**

Las posibilidades de minimización son fundamentales en la elaboración de un programa de gestión de residuos. El objetivo de la minimización es la reducción, dentro de lo posible, de los residuos que se generan en el laboratorio. Esto incluye cualquier reducción en la fuente, reciclaje o actividades de tratamiento que resulten en la reducción del volumen total o en la cantidad de residuos peligrosos generados, o la reducción de la toxicidad de los residuos químicos peligrosos, o ambos.

#### **2.5.1. Reducción en la fuente**

Se define como toda aquella actividad que reduce o elimina la generación de un residuo químico peligroso en un proceso. Ésta debe ser la opción preferida siempre que sea posible.

Algunos métodos de reducción son los siguientes:

**a) Cambio de reactivos**

La generación de residuos peligrosos en el laboratorio se puede reducir sustituyendo ciertos reactivos tóxicos que se utilizan en los análisis o en las actividades relacionadas a los mismos, por otros cuya toxicidad sea menor o incluso que no sean tóxicos en absoluto

**Ejemplo.** *En la determinación de aceites y grasas en aguas residuales se utilizaba como disolvente para la extracción el 1,1,2- trifluoroetano (freón) que es un disolvente muy peligroso. Actualmente, el uso de este disolvente está prohibido y ha sido sustituido por hexano, que es mucho menos tóxico, obteniéndose igualmente buenos resultados en los análisis. Cuando se realice un cambio de este tipo en alguno de los procedimientos de análisis, es necesario volver a validar el método de ensayo, para asegurar que el cambio no influye en la calidad de los resultados.*

**Ejemplo.** *Sustitución de disolventes orgánicos, agua regia o mezcla crómica, utilizados en la limpieza del material de laboratorio por detergentes biodegradables, siempre que sea posible.*

**b) Disminuir los volúmenes de reactivos químicos usados en los análisis**

Se pueden disminuir los volúmenes de reactivos químicos usados en los análisis realizando los análisis 'a escala' analizando menor volumen de muestra o aumentando el uso de instrumentación analítica. Los análisis con instrumentos requieren menores volúmenes de reactivos y generan menor cantidad de residuos. En todos los casos, es necesario validar los métodos de ensayo para demostrar que no afecta a la calidad de los resultados analíticos.

**Ejemplo:** *La utilización de los sistemas de extracción de compuestos orgánicos Soxhlet en lugar de sistemas de extracción Soxhlet clásicos, disminuyen el volumen de disolventes utilizados por lo cual el volumen de residuos generados es también menor.*

**Ejemplo:** *La utilización de la técnica de cromatografía iónica para la determinación de aniones, permite la determinación simultánea de muchos de ellos, lo que se traduce en una disminución de los residuos generados.*

### **c) Cambios de procedimientos y operación**

La aplicación de unas buenas prácticas de laboratorio es muy importante en la reducción de los residuos. Para ello es fundamental formar al personal, realizar control de inventarios, incentivar la propia iniciativa de los técnicos para aumentar la conciencia de la necesidad de minimizar los residuos y reforzar el uso de metodologías preventivas en un esfuerzo por reducir el número de fugas y de derrames.

Algunas actuaciones que pueden ayudar al control de la generación de residuos en los laboratorios es la siguiente:

- Adquirir material no tóxico o el menos tóxico para el uso.
- Comprar sólo lo necesario. Un stock elevado, significa un mayor número de residuos generados por acumulación de reactivos no utilizados, o por caducidad de los mismos antes incluso de ser utilizados.
- Tratar de adquirir materiales y envases del tamaño y la cantidad necesitada.
- Promover el uso en conjunto de reactivos o el intercambio de los mismos entre usuarios comunes
- Mantener un inventario dinámico para los materiales en stock

### **2.5.2. Reutilización y reciclaje**

Hay que promover la reutilización de productos químicos utilizados en el laboratorio, siempre que sea posible, así como el reciclaje de los mismos. Existen una serie de procesos que pueden realizarse sobre los residuos químicos peligrosos de modo que puedan volver a ser utilizados para el mismo u otro fin.

Los más importantes pueden ser:

- Recuperación de disolventes a través de la destilación, para poder ser utilizados de nuevo bien en la realización de nuevos análisis o bien en operaciones de homogeneización y limpieza.

**Ejemplo:** El cloroformo empleado en el análisis de detergentes se puede destilar para volver a utilizarlo en análisis posteriores.

- Recuperación de metales de los residuos mediante precipitación.

**Ejemplo:** Uno de los ejemplos más característicos, por la elevada toxicidad del residuo generado, es la precipitación del mercurio, para su posterior reutilización.

En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio.

### **2.5.3. Tratamiento en el laboratorio**

Por tratamiento se entienden todas aquellas operaciones realizadas sobre los residuos peligrosos para disminuir o eliminar la toxicidad del mismo, y que se realizan antes de la reutilización-reciclado o de la eliminación del residuo.

La reducción de la toxicidad de los residuos químicos peligrosos generados en el laboratorio puede venir dada por:

- Alteración de los constituyentes tóxicos del residuo a formas menos tóxicas o no tóxicas.
- Disminución de la concentración de constituyentes tóxicos en el residuo, mediante técnicas diferentes a la dilución.

El tipo de tratamiento a aplicar dependerá, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado, que para ciertos productos resulta muy aconsejable.

Algunas de los procesos más empleados son la neutralización de ácidos y bases o la precipitación de metales pesados. En el apartado 2.7, se describen los procedimientos de tratamiento de residuos más comunes que pueden emplearse para tratar los residuos químicos peligrosos producidos en laboratorios ambientales.

#### ***2.5.4. Sugerencias para la minimización en análisis ambientales***

En el presente apartado se recogen algunas sugerencias para la minimización de los residuos químicos peligrosos generados en la realización de algunos de los análisis ambientales más habituales:

##### **Análisis de metales**

El análisis de metales es uno de los más habituales dentro de la actividad de un laboratorio ambiental. Existen diversos métodos para realizar el análisis, y su elección dependerá de la matriz de la muestra, del elemento a analizar y del nivel de cuantificación requerido. Las técnicas más comunes son la espectrometría de emisión por plasma (ICP-AES), y la absorción atómica con todas sus variantes: llama, cámara de grafito y FIAS o generador de hidruros.

Para minimizar la generación de residuos, se recomienda el empleo del ICP-AES ya que permite la determinación simultánea de los metales y por tanto disminuye el volumen de reactivos necesarios en el análisis. Actualmente, se puede acoplar el generador de hidruros al ICP, de modo que se mejoran sensiblemente los límites de cuantificación de metales pesados como el Hg, Se, Sb.

Asimismo, muchos metales pueden determinarse por espectrofotometría de absorción UV/VIS, mediante la formación de complejos coloreados que se producen por la unión de los metales con quelante orgánicos, normalmente tóxicos. Debido al uso de estas sustancias y a que normalmente se requieren volúmenes de muestra mayores para el análisis, se recomienda utilizar las técnicas anteriormente descritas para minimizar la generación de residuos.

En el caso específico de la determinación de metales totales, es necesario realizar una digestión previa de la muestra para disolver los metales que se encuentran en forma particulada. Para realizar la digestión, se requieren ácidos o mezclas de ácidos, normalmente concentrados, que constituyen una fuente de residuos químicos peligrosos importante. Por lo que, como opciones de minimización, se recomienda por un lado, estudiar la muestra a analizar para poder utilizar el ácido o mezcla de ácidos menos tóxicos y por otro utilizar para realizar la digestión medios instrumentales como el microondas, que permite una digestión completa de la muestra con menor volumen de reactivos. Asimismo, también se propone para la neutralización del vertido, el uso de neutralizadores automáticos como el que se muestra en la figura 5.



**Figura 5.** Microondas y neutralizador automático

### Analisis de compuestos orgánicos: aceite mineral, PCB's, PAH's, pesticidas, detergentes, fenoles etc....

El análisis de compuestos orgánicos requiere normalmente el uso de técnicas cromatográficas. Las más utilizadas son la cromatografía de gases con detección masas, FID, ECD y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Ambas técnicas requieren volúmenes de muestra mínimos para el análisis pero mientras que en el caso de la cromatografía de gases no se genera prácticamente ningún residuo, en el caso del HPLC, hay que tener en cuenta que los eluyentes utilizados, normalmente metanol, se van a convertir en residuo. Como opción de minimización se propone la recuperación de estos eluyentes mediante destilación.

Aunque el análisis instrumental no genera demasiados residuos, si que se generan en las etapas previas de extracción de los contaminantes orgánicos. En la extracción, se utilizan habitualmente disolventes orgánicos que una vez utilizados se convierten en residuos químicos peligrosos. Como opciones de minimización, se propone la utilización del sistema soxtec (figura 6) en lugar del clásico soxhlet, que utiliza un volumen menor de disolvente para la extracción y la reutilización de los disolventes tras su recuperación mediante destilación.



**Figura 6.** Sistema de extracción soxtec

### **Analisis de aniones**

Se recomienda la determinación simultánea de aniones mediante cromatografía iónica, ya que el volumen de muestra utilizado es mínimo y los eluyentes empleados normalmente (mezcla de carbonato sódico e hidrogenocarbonato) no son tóxicos. Dependiendo de las condiciones, columnas etc... se pueden determinar simultáneamente: bromuros, cloruros, fluoruros, nitratos, nitritos, fosfatos y sulfatos.

Siempre que sea posible es preferible frente a técnicas como la espectrofotometría UV/VIS, gravimetría, volumetrías etc...

### **Analisis de aceites y grasas**

El análisis se realiza mediante la extracción con triclorotrifluoroetano, evaporación del disolvente y posterior determinación gravimétrica. La sustitución de este disolvente tóxico por hexano constituye la mejor opción de minimización.

### **Analisis de amonio y NTK, cianuros, tiocianatos, sulfuros, nitratos, etc**

Se recomienda el uso siempre que sea posible, de electrodos de ion selectivo para la determinación de estos compuestos, ya que el volumen de residuos generados es muy inferior al que se obtiene con otras técnicas como la espectrofotometría UV/VIS y volumetrías.

### **Analisis de DQO**

Se recomienda la realización del ensayo a escala, mediante espectrofotometría UV/VIS (reflujo cerrado) en lugar de por volumetría a reflujo abierto. Disminuye el residuo de Cr (VI) y mercurio en gran medida, ya que el volumen de muestra necesario para el análisis es muy pequeño.

## 2.6. Eliminación de residuos generados en el laboratorio

Tras la recogida selectiva de los residuos generados en el laboratorio y una vez evaluadas las posibilidades de minimización, se debe proceder a la eliminación de los mismos. El procedimiento de eliminación que se elija dependerá directamente de los siguientes factores:

- Volumen de residuos generados.
- Periodicidad de generación.
- Facilidad de neutralización.
- Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización.
- Coste del tratamiento y de otras alternativas.

Todos estos aspectos combinados deberán ser convenientemente valorados con el objeto de optar por un modelo de gestión de residuos adecuado y concreto. Así por ejemplo, si se opta por elegir una empresa especializada en eliminación de residuos, se debe concertar de antemano la periodicidad de la recogida y conocer los procesos de eliminación empleados por la empresa, así como su solvencia técnica.

La elección de una empresa especializada es recomendable en aquellos casos en que los residuos son de elevada peligrosidad y no les son aplicables los tratamientos generales habitualmente utilizados en el laboratorio.

### **Residuos no peligrosos**

Estos residuos, considerando sus propiedades, pueden eliminarse mediante vertido, directamente a las aguas residuales, cuando se trate de un residuo no peligroso líquido, o a un vertedero, cuando se trate de un residuo no peligroso sólido.

### **Residuos químicos peligrosos**

*Combustibles:* Pueden utilizarse como combustible suplementario o incinerarse. Debe controlarse la posible peligrosidad de los productos de combustión.

*No combustibles:* Pueden verterse a las aguas residuales o vertederos controlados siempre que previamente se haya reducido su peligrosidad mediante tratamientos adecuados.

*Explosivos:* Son residuos con alto riesgo y normalmente deben ser manipulados fuera del laboratorio por personal especializado.

*Gases:* Su eliminación está en función de sus características de peligrosidad (tóxicos, irritantes, inflamables). Para su eliminación, deberán tenerse en cuenta las normativas sobre emisión existentes.

En función de los factores considerados anteriormente los **procedimientos de eliminación** de residuos más habituales son:

### **Vertido**

Recomendable para residuos no peligrosos y para peligrosos, una vez reducida su peligrosidad mediante neutralización o tratamiento adecuado. El vertido se puede realizar directamente a las aguas residuales o bien a un vertedero. En caso de vertido a desagüe, añadir abundante agua. Los vertederos deben estar preparados convenientemente para prevenir contaminaciones en la zona y preservar el medio ambiente.

### **Incineración**

Los residuos son quemados en un horno y reducidos a cenizas. Es un método muy utilizado para eliminar residuos de tipo orgánico y material biológico. Debe controlarse la temperatura y la posible toxicidad de los humos producidos. La instalación de un incinerador sólo está justificada por un volumen importante de residuos a incinerar o por una especial peligrosidad de los mismos.

## 2.7. Procedimientos de tratamiento previo a la eliminación o reciclaje de los residuos químicos peligrosos

Seguidamente se describen los procedimientos generales para el tratamiento de sustancias y compuestos que por su volumen o por la facilidad del tratamiento pueden ser efectuados en el laboratorio.

Estas operaciones deben realizarse antes de la eliminación o reciclaje de los mismos.

**Tabla 5.** Sustancias o compuestos que pueden eliminarse a través del vertido a la red de saneamiento tras el tratamiento previo

GRUPO ANALITICO	TRATAMIENTO
<b>Haluros de ácidos orgánicos</b>	Añadir NaHCO <sub>3</sub> y agua.
<b>Clorhidrinas y nitroparafinas</b>	Añadir Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Neutralizar
<b>Ácidos orgánicos sustituidos</b>	Añadir NaHCO <sub>3</sub> y agua.
<b>Aminas alifáticas (*)</b>	Añadir NaHCO <sub>3</sub> y pulverizar agua. Neutralizar.
<b>Sales inorgánicas</b>	Añadir un exceso de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> y agua. Dejar en reposo (24h). Neutralizar (HCl 6M).
<b>Oxidantes</b>	Tratar con un reductor (disolución concentrada). Neutralizar.
<b>Reductores</b>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> y agua (hasta suspensión). Dejar en reposo (2h). Neutralizar.
<b>Cianuros</b>	Tratar con (ClO) <sub>2</sub> Ca (disolución alcalina). Dejar en reposo (24h).
<b>Nitrilos</b>	Tratar con una disolución alcohólica de NaOH (conversión en cianato soluble), evaporar el alcohol y añadir hipoclorito cálcico. Dejar en reposo (24h).
<b>Hidracinas (*)</b>	Diluir hasta un 40% y neutralizar con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Alcalis cáusticos y amoníaco</b>	Neutralizar con ácido

(\*) Estas sustancias o sus residuos también pueden eliminarse por incineración

GRUPO ANALITICO	TRATAMIENTO
<b>Hidruros</b>	Mezclar con arena seca, pulverizar con alcohol butílico y añadir agua (hasta destrucción del hidruro). Neutralizar (HCl 6M) y decantar. Verter al desagüe. Residuo de arena: enterrarlo.
<b>Amidas inorgánicas</b>	Verter sobre agua y agitar. Neutralizar (HCl 3M ó NH <sub>4</sub> OH 6M).
<b>Compuestos internometálicos (cloruro de sulfúrico, tricloruro de fósforo, etc.)</b>	Rociar sobre una capa gruesa de una mezcla de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> y cal apagada. Mezclar y atomizar agua. Neutralizar
<b>Peróxidos inorgánicos</b>	Diluir.
<b>Sulfuros inorgánicos</b>	Añadir una disolución de FeCl <sub>3</sub> con agitación. Neutralizar (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ).
<b>Carburos</b>	Adicionar sobre agua en un recipiente grande, quemar el hidrocarburo que se desprende. Dejar en reposo (24h). Verter el líquido por el desagüe. Precipitado sólido: tirarlo a un vertedero

**Tabla 6.** Sustancias o compuestos que pueden eliminarse a través de la incineración tras el tratamiento previo

GRUPO ANALITICO	TRATAMIENTO
<b>Aldehídos</b>	Absorber en vermiculita ó mezclar con un disolvente inflamable
<b>Alcalinos, alcalinotérreos, alquilos, alcóxidos</b>	Mezclar con Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , cubrir con virutas.
<b>Clorhidrinas, nitroparafinas</b>	Incinerar
<b>Compuestos orgánicos halogenados</b>	Absorber sobre vermiculita, arena o bicarbonato
<b>Ácidos orgánicos sustituidos</b>	Absorber sobre vermiculita y añadir alcohol, o bien disolver directamente en alcohol
<b>Aminas aromáticas</b>	Absorber sobre arena y Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Mezclar con papel o con un disolvente inflamable
<b>Aminas aromáticas halogenadas, nitrocompuestos</b>	Verter sobre NaHCO <sub>3</sub> . Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Aminas alifáticas</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Fosfatos orgánicos y compuestos</b>	Mezclar con papel, o arena y cal apagada
<b>Disulfuro de carbono</b>	Absorber sobre vermiculita y cubrir con agua. Incinerar. (Quemar con virutas a distancia)
<b>Mercaptanos, sulfuros orgánicos</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Eteres</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Hidracinas</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Hidruros</b>	Quemar en paila de hierro
<b>Hidrocarburos, alcoholes, cetonas, ésteres</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Amidas orgánicas</b>	Mezclar con un disolvente inflamable
<b>Ácidos orgánicos</b>	Mezclar con un disolvente inflamable

**Tabla 7. Sustancias o compuestos recuperables.**

GRUPO ANALITICO	TRATAMIENTO
<b>Mercurio metal</b>	Aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico
<b>Mercurio compuestos</b>	Disolver y convertirlos en nitratos solubles. Precipitarlos como sulfuros
<b>Arsénico, bismuto, antimonio</b>	Disolver en HCl y diluir hasta aparición de un precipitado blanco (SbOCl y BiOCl). Añadir HCl 6M hasta redisolución. Saturar con sulfhídrico. Filtrar, lavar y secar.
<b>Selenio, telurio</b>	Disolver en HCl. Adicionar sulfito sódico para producir SO <sub>2</sub> (reductor). Calentar. (se forma Se gris y Te negro). Dejar en reposo (12h). Filtrar y secar
<b>Plomo, cadmio</b>	Añadir HNO <sub>3</sub> (Se producen nitratos). Evaporar, añadir agua y saturar con H <sub>2</sub> S. Filtrar y secar.
<b>Berilio</b>	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH <sub>4</sub> OH 6M). Filtrar y secar.
<b>Estroncio, bario</b>	Disolver en HCl 6M, filtrar. Neutralizar (NH <sub>4</sub> OH 6M). Precipitar (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ). Filtrar, lavar y secar.
<b>Vanadio</b>	Añadir a Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (capa) en una placa de evaporación. Añadir NH <sub>4</sub> OH 6M (pulverizar). Añadir hielo (agitar). Reposar (12h). Filtrar (vanadato amónico) y secar.
<b>Disolventes halogenados</b>	Destilar y almacenar

### 3. Seguridad en el laboratorio

---

El laboratorio es en sí mismo un lugar de riesgo potencial, en virtud de los equipos, aparatos, sustancias y elementos que se utilizan y la posibilidad de cometer algún error al realizar el ensayo. Convertirlo en un lugar seguro es una responsabilidad de todos.

Sabemos que el **riesgo** nunca podrá hacerse nulo, pero si **podrá reducirse**, y que la protección del personal, de la comunidad y del medio ambiente es una necesidad social. Por lo que es fundamental difundir la importancia de la seguridad dentro del laboratorio.

#### 3.1. Normas generales de trabajo

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, lavajos, 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**

- Debe seguirse cuidadosamente las instrucciones de seguridad contenidas en este manual o en otro similar.
- 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 abrochada 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.
- Debe estar familiarizado con la ubicación y uso de los elementos de seguridad con que cuenta el laboratorio (duchas, lava ojos, matafuegos, etc.).
- 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.
- Debe estar prohibido fumar, llevar maquillaje, beber 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.
- Debe estar prohibido correr dentro del laboratorio, salvo en casos de extrema urgencia. Provocar alborotos y bromas.

- No debe distraerse, ni distraer a otros mientras está trabajando. La concentración es la mejor aliada.
- No debe estar autorizado el trabajo en una zona con ventilación deficiente.
- Debe comunicar todo accidente o irregularidad por insignificante que parezca, ello ayudará a prevenir otros.
- Planifique su trabajo de manera de ejecutarlo con máxima seguridad. Ningún trabajo es tan **urgente** ni **importante** que no pueda ser planeado y ejecutado según las normas. Esté al tanto de los potenciales peligros que dicha actividad involucra.

### 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 por encima de la mitad de su capacidad, 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.
- La gestión de los residuos debe estar regulada, disponiendo de un plan específico.
- Utilice la campana extractora de gases para toda actividad que involucre el uso de sustancias inflamables y/o de elevada toxicidad y siempre que sea posible.
- Cierre las puertas de las diferentes salas del laboratorio al finalizar la jornada laboral.
- No utilice vidrio agrietado, el material de vidrio en mal estado aumenta el riesgo de accidente.

### 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, la velocidad de captación en fachada, su estado general y que no se conviertan en un almacén improvisado de productos químicos.

### 3.2. Condiciones ambientales del laboratorio

Algunos de los aspectos a tener en cuenta en lo concerniente a **orden y limpieza, espacios de trabajo, ventilación, iluminación**, etc., se detallan a continuación.

#### Orden y limpieza

Ambos factores deben ser consustanciales con el trabajo, porque un laboratorio limpio y ordenado significa disponer de lo necesario y en condiciones óptimas para desarrollar cualquier actividad en todo momento.

Algunas directrices generales para mantener limpia y ordenada el área de trabajo en el laboratorio son:

- No sobrecargar las estanterías y zonas de almacenamiento.
- Mantener siempre limpias, libres de obstáculos y debidamente señalizadas las escaleras y zonas de paso.
- No bloquear los extintores, mangueras y elementos de lucha contra incendios con cajas o mobiliario.
- No dejar botellas, garrafas y objetos en general tirados por el suelo y evitar que se derramen líquidos por las mesas de trabajo y el piso.
- Colocar siempre los residuos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.
- Recoger los frascos de reactivos, materiales y útiles de trabajo al acabar de utilizarlos.
- Limpiar, organizar y ordenar sobre la marcha, a medida que se realiza el trabajo.
- Disponer de un lugar en el puesto de trabajo que resulte fácilmente accesible, que se pueda utilizar sin llegar a saturarlo y sin que queden ocultos los útiles y equipos de uso habitual, así como los manuales de instrucciones.
- Mantener limpio el puesto de trabajo, evitando que se acumule suciedad, polvo o restos de los productos utilizados.
- Limpiar, guardar y conservar correctamente el material y los equipos después de usarlos, de acuerdo con las instrucciones y los programas de mantenimiento establecidos.
- Desechar el material de vidrio roto o con fisuras en el contenedor apropiado.

- En el caso de que se averíe un equipo, informar inmediatamente al supervisor, evitando utilizarlo hasta su completa reparación.
- Guardar los materiales y productos, en las zonas de almacenamiento habilitadas a tal fin.

### **Espacios de trabajo por trabajador**

Para que puedan darse unas buenas condiciones de orden y limpieza es necesario también respetar las dimensiones mínimas de los espacios de trabajo, permitiendo a trabajadores realizar sus actividades sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

La separación entre los elementos materiales existentes en el laboratorio deberá ser suficiente para que los trabajadores puedan realizar su labor en condiciones de seguridad, salud y bienestar.

Cuando el espacio libre de que se disponga en el laboratorio no permita a los trabajadores la libertad de movimientos requerida para el desarrollo de su actividad, deberá disponerse de un espacio adicional suficiente en las inmediaciones del puesto de trabajo.

### **Temperatura, humedad y ventilación**

La exposición de los trabajadores a las condiciones ambientales de los laboratorios en general no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia. Deben evitarse:

- Humedad y temperaturas extremas.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Corrientes de aire molestas.
- Olores desagradables.

El aislamiento térmico de los locales donde se hallan ubicados los laboratorios debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

Los riesgos asociados a la ventilación del laboratorio se pueden resumir en:

- Contaminación ambiental residual y olores.
- Elevadas concentraciones ambientales generadas por derrames, vertidos y fugas de gases.
- Productos peligrosos que pasen a la atmósfera cuando se manipulan y se realizan operaciones con ellos.

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.

Mención especial merece el trabajo con cámaras de climatización y frigoríficas. Aunque, por las características propias del trabajo no sea habitual que los trabajadores permanezcan en su interior durante espacios de tiempo prolongados, es preciso tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Considerando las diferencias de temperatura con el exterior, las personas que deban acceder al interior de dichas cámaras irán provistas de ropa adecuada, especialmente en aquellas cuya temperatura es inferior a 0 °C.
- Las puertas de las cámaras de climatización deben disponer de un sistema de cierre que facilite la apertura desde su interior. En ningún caso deberán disponer de cerradura con llave.
- Es conveniente que en el exterior de dichas cámaras exista una señal luminosa que advierta de la presencia de personas en su interior.

Con independencia de las condiciones de aireación del local, siempre que sea necesario manipular productos que puedan originar emanaciones de sustancias peligrosas u olores desagradables, el trabajo en cuestión se llevará a cabo bajo campana extractora, que deberá ir provista de filtros adecuados y estar sujeta a un programa de mantenimiento preventivo acorde a sus características.

## Iluminación

La iluminación de los laboratorios debe adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ellos, debiendo tener en cuenta las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Algunas normas generales a seguir para una adecuada iluminación del laboratorio son:

- Siempre que sea posible, los laboratorios deben tener preferentemente iluminación natural.
- La iluminación artificial debe complementar la natural.
- La iluminación localizada se utilizará en zonas concretas que requieran niveles elevados de iluminación.
- La distribución de los niveles de iluminación debe ser uniforme, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de trabajo y entre ésta y sus alrededores.
- Evitar los deslumbramientos directos, producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia, y los indirectos, originados por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- No utilizar fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, profundidad o distancia entre objetos dentro de la zona de trabajo.
- Instalar alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad en los lugares en los que un fallo del alumbrado normal suponga riesgo para la seguridad de los trabajadores. Por último, los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión.

### 3.3. Equipos de protección colectiva

Son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc.). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados, procurando que su ubicación no genere un nuevo riesgo para el laboratorio.

Los equipos de protección colectiva más habituales son las **vitrinas de gases, los extractores, los neutralizadores, las duchas y lavaojos de emergencias.**

#### Vitrinas extractoras de gases

Las vitrinas extractoras capturan, contienen y expulsan las emisiones generadas por sustancias químicas peligrosas. Protegen contra proyección y salpicaduras y facilitan la renovación del aire limpio.

El propósito de las vitrinas extractoras de gases es prevenir el vertido de contaminantes en el laboratorio. Ello se consigue extrayendo el aire del laboratorio hacia el interior de la campana.



**Figura 7.** Vitrina extractora de gases

A continuación, se detallan algunas recomendaciones para la utilización de las vitrinas extractoras:

- Se debe trabajar, al menos, a 15 cm del marco de la campana.
- Las salidas de gases de los reactores deben estar enfocadas hacia la pared interior, y si fuera posible, hacia el techo de la campana.
- No se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos. La superficie de trabajo debe mantenerse limpia y diáfana.
- Hay que tener precaución en las situaciones que requieren bajar la ventana de guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. La ventana debe colocarse a menos de 5 cm de la superficie de trabajo.
- Las vitrinas extractoras deben estar siempre en buenas condiciones de uso. El operador no debería detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su interior. Si se detectan, hay que asegurarse de que el extractor está en funcionamiento.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo de las vitrinas para que la velocidad siga estando dentro de los márgenes de seguridad, además de prestar especial atención a los conductos para evitar fugas.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que presentan los siguientes inconvenientes:

- Las vitrinas aspiran y extraen el aire climatizado del laboratorio ocasionando un gasto energético que hay que considerar.
- No aseguran la protección del operador frente a los microorganismos y los contaminantes presentes en el laboratorio.

### **Campanas localizadas (extractores)**

Las utilidades de estos equipos son:

- facilitan la renovación del aire
- eliminan los productos no deseables del ambiente.

En muchos casos es aconsejable instalar pequeñas campanas o rendijas en lugar de utilizar vitrinas. Por ejemplo, en ensayos fisicoquímicos que pueden implicar desprendimientos de humos, es más recomendable instalar alguno de los elementos mencionados que alojar los aparatos en el interior de una vitrina, ya que además del coste de construcción que supone una vitrina, ésta quedaría inutilizada para otros usos debido al tamaño de los aparatos.



**Figura 8.** Campanas extractoras localizadas

Mediante esta técnica de extracción podrían ser retirados por ejemplo, los humos y gases calientes provenientes de baños calientes de aceite y de agua, placas calefactoras, muflas, estufas y cromatógrafos de gases.

### 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 capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de mano.

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. El agua debe ser potable y es recomendable que sea templada.



**Figura 9.** Lavaojos

### 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.



**Figura 10.** Ducha de seguridad

## Extintores

Los extintores son aparatos que contienen un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre el fuego por acción de una presión interna.

Dado que existen distintos tipos de fuego, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, polvo polivalente, espuma o CO<sub>2</sub>. 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. Es totalmente desaconsejable la utilización de extintores no adecuados a las características del material que arde, ya que pueden favorecer el desarrollo del incendio.



**Figura 11.** Extintores

## 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”. Así mismo es recomendable disponer de materiales altamente adsorbentes para control físico de vertidos que no requieran tratamientos especiales o como complemento de éstos.

### **3.4. Equipos de protección individual (EPI's)**

Se define los Equipos de Protección Individual (EPI) como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

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

Los equipos de protección individual pueden clasificarse, considerando la parte del cuerpo que protejan, en los siguientes grupos:

- Protectores de los ojos y la cara
- Protectores de la piel
- Protectores de las manos y los brazos
- Protectores de las vías respiratorias
- Protectores del oído
- Protectores de las piernas
- Protectores del tronco y del abdomen
- Protectores de la totalidad del cuerpo

De todos ellos los más utilizados en el laboratorio son los protectores de la piel, de los ojos, de las vías respiratorias, de las manos y de los brazos.

#### **Protección de la cara y los ojos**

Los equipos destinados a la protección de la cara y los ojos permiten protegerse frente a los riesgos causados por proyecciones de partículas sólidas, proyecciones de líquidos (corrosivos, irritantes) y exposición a radiaciones ópticas (infrarrojo, ultravioleta, láser). Se pueden clasificar en dos grandes grupos: pantallas, que cubren toda la cara y gafas, que protegen los ojos del trabajador.

Debe utilizarse gafas protectoras siempre que se manipule:

- Material de vidrio a presión reducida
- Material de vidrio a presión elevada
- Explosivos
- Sustancias cáusticas, irritantes o corrosivas
- Luz ultravioleta
- Sustancias químicas tóxicas
- Materiales inflamables
- Sustancias carcinogénicas
- Luz láser

Las personas que utilicen lentes correctoras pueden llevar gafas de protección ocular sobre las primeras sin que perturben el ajuste de las mismas.



**Figura 12. Gafas**

Las personas que utilicen lentes de contacto en el laboratorio deben ser conscientes de los peligros potenciales que supone:

- será prácticamente imposible retirar las lentes de contacto de los ojos después de que se haya derramado una sustancia química en el área ocular.
- Las lentes de contacto interferirán con los procedimientos de lavado de emergencia
- Las lentes de contacto pueden atrapar y recoger humos y materiales sólidos en el ojo.
- Si se produce la entrada de sustancias químicas en el ojo y la persona se queda inconsciente, el personal de auxilio no se dará cuenta de que lleva lentes de contacto.

Por estos motivos **se recomienda encarecidamente no usar lentes de contacto en el laboratorio.**

## Protección de la piel

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

Cuando se trabaja en el laboratorio es obligatorio llevar una bata de laboratorio, para proteger la piel de sustancias químicas que puedan derramarse o producir salpicaduras y protección en los pies para prevenir heridas producidas por sustancias corrosivas, objetos pesados, descargas eléctricas y para evitar deslizamientos en suelos mojados. Se recomienda llevar zapatos que cubran y protejan completamente los pies, prohibiéndose llevar sandalias, zuecos, tacones altos o zapatos que dejen el pie al descubierto.

Asimismo, es obligatorio el uso de guantes de seguridad que 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.

- **Nitrilo:** Son guantes con buena resistencia frente a los químicos en general. Son resistentes a la gasolina, queroseno y otros derivados del petróleo. Se utilizan para prevenir las alergias al látex que presentan algunos guantes. No se recomienda su uso frente a cetonas, ácidos oxidantes fuertes y productos químicos orgánicos que contengan nitrógeno.
- **Látex:** proporciona una protección ligera frente a sustancias irritantes (algunas personas pueden tener alergia a este material).

- **Vinilo:** Son muy usados en la industria química porque son baratos y desechables, además de duraderos y con buena resistencia al corte. Ofrecen una mejor resistencia química que otros polímeros frente a agentes oxidantes inorgánicos diluidos. No se recomienda usar los frente a cetonas, éter y disolventes aromáticos o clorados. Algunos ácidos concentrados endurecen y plastifican los guantes de PVC. No ofrecen una buena protección frente a material infeccioso y además no ofrecen la sensibilidad táctil del látex.
- **Caucho natural:** protege frente a sustancias corrosivas suaves y descargas eléctricas.
- **Neopreno:** Son excelentes frente a productos químicos, incluidos alcoholes, aceites y tintes. Presentan una protección superior frente a ácidos y bases y muchos productos químicos orgánicos. Otra característica es su flexibilidad y dexteridad. No se recomienda su uso para agentes oxidantes.
- **Algodón:** absorbe la transpiración, mantiene limpios los objetos que se manejan y retarda el fuego.
- **Zatex:** cuando se manipulan pequeños objetos muy calientes. Este material es un buen sustituto del amianto en los guantes.

Cuando se trabaja con materiales extremadamente corrosivos, como el ácido fluorhídrico, se debe llevar guantes gruesos y tener mucho cuidado que no tengan agujeros, pinchazos y rasgaduras.



**Figura 13.** Guantes de nitrilo

## Protección de las vías respiratorias

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias son aquellos que tratan de impedir que el contaminante penetre en el organismo a través de esta vía.

Las mascarillas son los equipos de este tipo, de uso más habitual en los laboratorios. Utilizan el aire del ambiente y lo purifican, es decir retienen o transforman los contaminantes presentes en él para que sea respirable. Presentan dos partes claramente diferenciadas: el adaptador facial y el filtro. El adaptador facial tiene la misión de crear un espacio herméticamente cerrado alrededor de las vías respiratorias, de manera que el único acceso a ellas sea a través del filtro.

Los adaptadores deben tener, entre otras, las siguientes propiedades: máxima hermeticidad, mínima resistencia al paso del aire, máxima visibilidad en las máscaras y máximo confort de utilización.



**Figura 14.** Mascarilla con filtros de gases combinados

Los filtros tienen la misión de purificar el aire y eliminar la contaminación. Existen diferentes filtros según los productos químicos que se utilicen y diferentes tamaños de poro según el tamaño de la partícula a retener. Los filtros tienen fecha de caducidad. Suelen caducar a los seis meses para uso continuado.

La **mascarilla autofiltrante** es un tipo especial de protector respiratorio que reúne en un solo cuerpo inseparable el adaptador facial y el filtro. No son adecuadas para la protección de gases o vapores, siendo más adecuada para la protección frente a partículas sólidas y aerosoles.

### **3.5. Manipulación de productos químicos y material de laboratorio**

La correcta manipulación de los productos e instrumentos de laboratorio, es uno de los factores clave para la prevención de accidentes. A continuación se recogen una serie de recomendaciones generales de manipulación:

- Evitar el contacto directo con productos químicos. Muchas sustancias que hoy se consideran seguras, pueden no serlo mañana. Utilizar guantes.
- Manipular bajo campana de seguridad o extracción o en ambientes bien ventilado los reactivos y/o solventes, ya que estos pueden penetrar en el organismo por inhalación.
- No utilizar productos que no estén etiquetados correctamente o cuyas etiquetas se encuentren en mal estado. Descartarlos.
- Antes de usar un producto químico leer atentamente su etiqueta y su ficha de seguridad para familiarizarse con la peligrosidad del mismo.
- Ser cuidadoso al abrir botellas.
- Durante la utilización de un reactivo, apoyar su tapa con la parte interior hacia arriba. Tapar inmediatamente los frascos de reactivos.
- No introducir pipetas directamente en las botellas de disolventes. Verter en un recipiente adecuado la cantidad aproximada y pipetear desde ahí. No pipetear con la boca.
- No verter productos químicos directamente desde las botellas.
- Verter las disoluciones más concentradas sobre las más diluidas para evitar reacciones violentas y salpicaduras.
- No agarrar las botellas por su cuello o tapa.
- Mantener los líquidos inflamables lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa.
- Usar embudos siempre que se deba verter productos químicos o disolventes a través de aberturas pequeñas.
- Antes de echar productos químicos o disolventes en buretas, asegurarse que la llave este perfectamente cerrada. Colocar un recipiente debajo por si hay pérdidas.
- No identificar el contenido de una botella o recipiente aspirando directamente para percibir su olor.

A continuación se detallan precauciones específicas a considerar en función del tipo de producto químico que se va a manipular:

### ***3.5.1. Productos tóxicos y peligrosos***

- Toda persona que trabaja en el laboratorio debe estar entrenada para las tareas que va a desarrollar. Se debe estar informado de la toxicidad de los productos que se va a utilizar y de las medidas particulares de seguridad que rigen su correcta manipulación. Se debe informar de estos detalles antes de empezar a trabajar. Imprescindible consultar las fichas de seguridad de los productos.
- Ciertos productos altamente tóxicos (hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos halogenados, bases nitrogenadas, etc.) solo deben ser utilizados bajo expresa autorización del responsable del laboratorio.
- Estos productos se absorben por la piel y mucosas, por lo tanto deben manipularse con guantes, bajo campana y usando protección ocular, respetando las indicaciones

### ***3.5.2. Ácidos y bases fuertes***

- Abrir los frascos despacio o bajo campana.
- Los ácidos y bases deben almacenarse en envases de vidrio perfectamente tapados e identificados.
- No exponer los recipientes al calor.
- Antes de coger una botella verificar que no esté húmeda y que no posea pérdidas.
- Trabajar con guantes.
- No apoyar las pipetas usadas directamente en la encimera.
- Si va a utilizar grandes cantidades de ácidos, disponer a su alcance, carbonato de sodio o bicarbonato de sodio.

### **3.5.3. Elementos volátiles o inflamables**

- Se debe conocer la volatilidad e inflamabilidad de los productos que va a utilizar.
- Muchos de los productos empleados en el laboratorio (Hidrocarburos, éter, Hidrógeno, etc.) son peligrosos. Manejarlos con sumo cuidado.
- Calentar productos volátiles bajo campana en recipientes abiertos.
- Calentar por medio de un baño de agua. No utilizar llama directa o placa eléctrica.

### **3.5.4. Otros productos peligrosos**

- Habitualmente se utiliza en el laboratorio peróxidos inestables o compuestos químicos que forman peróxidos con facilidad (acetato de vinilo, cetonas cíclicas, ciclohexeno, etc.). Tratarlos con mucho cuidado.
- Los cloratos, percloratos y nitratos son muy sensibles al impacto, luz o chispas.
- Se debe evitar cualquier contacto de compuestos oxidantes con materia orgánica.

### **3.5.5. Material de vidrio**

- No apoyar material de vidrio en el borde de las mesas de trabajo.
- Antes de emplear material de vidrio verificar su perfecto estado. Descartar materiales con bordes rotos o astillados, así como el que presente rajaduras.
- Evitar los calentamientos y enfriamientos bruscos del material de vidrio.
- No ejercer tensiones sobre el material de vidrio.
- Apoyar los balones desde la base y el cuello.
- Al coger un recipiente de vidrio con un líquido, recuerde que el mismo podrá comprimirse o expandirse de acuerdo a su temperatura.
- Utilizar tubos o varillas con bordes redondeados a la llama.
- No forzar uniones esmeriladas.
- Enjuagar el material de vidrio inmediatamente después de usarlo y lavarlo bien antes de guardarlo.
- Para manipular tubos, varillas o uniones de vidrio, proteger sus manos, con guantes o con un paño. Lubricar todas las partes de vidrio con agua o glicerina antes de insertarlas en tubos o tapones de goma.<sup>1</sup>

### 3.6. Almacenamiento de productos químicos

En el laboratorio, el almacenamiento de productos químicos presenta unas características de peligrosidad que pueden materializarse en accidentes importantes si no se han tomado las medidas técnicas u organizativas necesarias. Estos riesgos están relacionados con la peligrosidad intrínseca de los productos, la cantidad almacenada, el tipo y tamaño del envase, la ubicación del almacén, la distribución dentro del mismo, su gestión, el mantenimiento de las condiciones de seguridad y el nivel de formación e información de los trabajadores usuarios del mismo.

Para su correcta manipulación y almacenamiento es imprescindible que el usuario sepa identificar los distintos productos peligrosos, de acuerdo con lo dispuesto en la normativa vigente en cada país.

El almacenamiento prolongado de los productos químicos representa en si 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 si 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, pestilentes, etc.

A modo de ejemplo, no deben almacenarse juntos productos combustibles y oxidantes, porque su contacto provoca reacciones exotérmicas muy violentas que pueden ocasionar incendios. Tampoco deben almacenarse productos tóxicos con productos comburentes o inflamables.

En la figura 1 se muestra un esquema en el que se resumen las incompatibilidades de almacenamiento de los productos peligrosos.

					
	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

<b>+</b>	Se pueden almacenar juntos
<b>0</b>	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
<b>-</b>	No deben almacenarse juntos

**Figura 15.** Incompatibilidades de almacenamiento de productos químicos

- 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.
- No se deben almacenar productos químicos en pasillos ni lugares de paso de vehículos, en huecos de escaleras, en vestíbulos de acceso general, salas de visitas y lugares de descanso.

- Emplear armarios específicos para corrosivos e inflamables, especialmente si existe la posibilidad de la generación de vapores.
- Emplear frigoríficos antideflagrantes o de seguridad aumentada para guardar productos inflamables muy volátiles.
- Colocar los envases de productos químicos lo más cerca del suelo posible y en estanterías adecuadas sujetas a la pared.
- Almacenar bajo llave los productos de extrema peligrosidad (tóxicos, inflamables, etc.)
- Mantener las botellas de reactivos alejadas de la luz directa, fundamentalmente aquellos con un índice de refracción alto ya que pueden actuar como lentes e iniciar ignición espontánea.
- En el almacén de reactivos, debe estar señalado de manera clara la salida y los espacios de circulación deben estar permanentemente libres.
- Almacenar de forma inmediata y eliminar el material de embalaje de los productos químicos en cuanto se reciben.

### **3.6.1. Almacenamiento en armarios frigoríficos**

Almacenar productos químicos en frigoríficos es una práctica habitual, asociada no solamente a la necesidad de mantener muestras y reactivos a temperaturas inferiores a la ambiental (por ejemplo, 4°C), sino también por requerimientos de estabilidad de la misma. También se emplean congeladores (-20°C y -80°C), aunque en este caso, las bajas temperaturas reducen drásticamente el riesgo de presencia de vapores tóxicos y, especialmente, inflamables, que es el principal peligro existente en almacenamientos cerrados no ventilados.

Las **recomendaciones básicas** sobre este tipo de almacenamiento son las siguientes:

- No deben emplearse frigoríficos de tipo doméstico para el almacenamiento de productos inflamables.
- Si se guardan productos inflamables, el frigorífico ha de ser de seguridad aumentada. Es decir, que no disponga de instalación eléctrica en el interior.
- Los recipientes han de estar bien tapados. Caso de que ello no pueda garantizarse, deberá recurrirse a frigoríficos ventilados, de gran consumo energético.

- No deben guardarse alimentos ni bebidas en los frigoríficos destinados a productos químicos y muestras que pudieran contener agentes biológicos.
- Debe llevarse un control de temperaturas (máxima/ mínima).
- Es recomendable que los botes pequeños se dispongan en bandejas para evitar que se rompan dentro de los frigoríficos.

### **3.7. Fichas de seguridad de productos**

La ficha de datos de seguridad es una importante fuente de información complementaria de la contenida en la etiqueta constituye una herramienta de trabajo imprescindible en el campo de la prevención de riesgos laborales y de la protección del medio ambiente ya que suministra información tomar las medidas necesarias para la protección de la salud y de la seguridad en el lugar de trabajo. 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.

Cuando sea necesario preparar instrucciones de trabajo para la correcta manipulación de productos químicos o siempre que se precise información sobre los productos disponibles en el laboratorio, conviene recurrir a las llamadas **fichas de seguridad**. Por ello, la existencia de un inventario actualizado de los productos en uso permite llevar a cabo un estricto control de tales documentos que a su vez, ofrecen información sobre las propiedades de la sustancia y 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.

La información que debe recoger la ficha de seguridad es la siguiente:

1. Identificación del preparado y del responsable de su comercialización.
2. Composición/información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones sobre la eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones.

La ficha de datos de seguridad debe ser suministrada por el suministrador del producto.

### **3.8. Prácticas seguras en el laboratorio**

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.

### 3.8.1. *Uso de material y equipos de laboratorio*

#### 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.
  - 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 de resistencia mecánica 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.
- Para sacar la pera de seguridad de una pipeta, hacerlo ejerciendo la fuerza en un punto de la pipeta cercano a la pera, para evitar roturas.
- En el caso de tubos de refrigerante unidos a alguna pieza de vidrio cuya extracción resulta complicada, es preferible cortar un trozo de goma para evitar roturas.

### Aparatos eléctricos

Las tomas de corriente para usos generales deben estar en número suficiente y convenientemente distribuidas con el fin de evitar instalaciones provisionales.

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.
- 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, estancos, tapas, etc. Emplear seguridad aumentada para el trabajo de manera permanente con inflamables. Utilizar índice de protección correspondiente al tipo de área (motor, etc).
- Efectuar el mantenimiento adecuado y realizar inspecciones y comprobaciones periódicas.

### Aparatos con llama

El trabajo con llama abierta genera **riesgos** de incendio y explosión por la presencia de gases comburentes o 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.
- Prestar especial atención al rellenar los mecheros de alcohol

### **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.

Medidas eficaces para la **prevención** de los riesgos mencionados son entre otras: 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.

## 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 la aplicación de las siguientes **medidas preventivas**:

- 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 (bimetal, 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.

## Centrífugas

El uso de centrífugas en el laboratorio puede presentar los siguientes **riesgos**:

- Rotura del rotor o de los tubos.
- Heridas en caso de contacto con piezas o partes en movimiento.
- Explosión por una atmósfera inflamable.
- Formación de bioaerosoles.

El control del riesgo en la utilización de las centrifugas se basa en la aplicación de las siguientes **medidas preventivas**:

- Repartir la carga simétricamente.
- La centrifuga 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 de vidrio

El uso de pipetas en el laboratorio puede presentar los siguientes **riesgos**:

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

El control del riesgo en la utilización de las pipetas se basa en la aplicación de las siguientes **medidas preventivas**:

- 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.
- Introducir la pera de seguridad sujetando la pipeta por la parte más cercana al extremo donde se va a introducir.

### Termómetros

- Antes de usar un termómetro verifique que su graduación sea acorde a la temperatura que va a censar. Si debe conectarlo a corchos o tapones recuerde las recomendaciones realizadas para el trabajo con material de vidrio.
- Ante una rotura, suspenda la tarea y proceda a descontaminar eliminando todo resto de mercurio. Informe al responsable del laboratorio de lo ocurrido y proceda de acuerdo a sus instrucciones para el tratamiento y/o eliminación del mismo.

### 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.
- Dificultar el paso del eluyente al ambiente mediante el uso de tapones de caucho y parafina en las entradas y salidas de eluyente.

### 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:**

- Discomfort 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 climatización 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 destructivos y 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.

### 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 u 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, electroforesis, 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, al de contacto con los reactivos (riesgo químico) empleados en los autoanalizadores y con las muestras (riesgo biológico), etc.

### **3.8.2. Operaciones habituales en el laboratorio**

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.

#### **Operaciones bajo campanas de extracción**

- Antes de iniciar una tarea bajo campana, asegúrese el correcto funcionamiento de la extracción, la limpieza de la mesa de trabajo y el cierre de la misma.
- No debe haber sobre la campana ningún tipo de producto inflamable.
- Solo lleve a la campana el material que va a utilizar.
- Mantenga la puerta de cierre con la menor abertura posible.
- Si se paraliza el sistema de extracción, interrumpa inmediatamente el trabajo. Avise al responsable del laboratorio y de la alarma a los compañeros de trabajo. No reinicie las actividades hasta que transcurran 5 minutos de haberse normalizado el sistema de extracción.
- En caso de incendios dentro de la campana, corte el suministro de gas y de energía eléctrica de los equipos que se encuentran dentro de la misma.

#### **Trasvase 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) o de policloropreno. 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.

### 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 o plástica 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 la llave 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. 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.

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. Si la reacción es muy peligrosa, se emplean en ella cantidades importantes de producto (nivel planta piloto) o bien requiere un control muy ajustado de la temperatura, los termostatos se colocan en cascada para reforzar la seguridad. En todo caso debe existir un protocolo de actuación para el caso de pérdida del control de la reacción.

Otros tipos de reacciones consideradas peligrosas son las siguientes:

- Compuestos que reaccionan violentamente con el agua.
- Compuestos que reaccionan violentamente con el aire o el oxígeno (inflamación espontánea)
- Sustancias incompatibles de elevada afinidad.

- Reacciones peligrosas de los ácidos.
- Formación de peróxidos y sustancias fácilmente peroxidables
- Reacciones de polimerización.
- Reacciones de descomposición.

### 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 gafas, 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 o agitador magnético.
- Trabajar, siempre que sea posible, en vitrinas.
- Disponer de equipos de protección personal (sobretudo, 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.
- Pueden producirse cortes de aguador lo que la mejor solución es trabajar con sistema cerrado de refrigeración.
- La aplicación de vacío, que puede representar problemas añadidos, se ha comentado en el apartado de operaciones con vacío.

### 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. Para eliminar el sodio, puede usarse isopropanol para su destrucción, en campana.

## 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.

Ejemplos de sustancias que se utilizan para limpieza de material y que presentan riesgos importantes:

### ***Mezcla crómica***

Mezcla de ácido sulfúrico (mayoritario) y trióxido de cromo o dicromato potásico. Se trata de un preparado tóxico, comburente, 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. Es recomendable su sustitución por permanganato potásico, por ejemplo, que es una sustancia clasificada como nociva por ingestión y comburente (peligro de fuego con materias combustibles).

### ***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.

#### 4. Referencias

---

- *NTP 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales.* INSHT, 1991.
- *NTP 359: Seguridad en el laboratorio: Gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades.* INSHT, 1994.
- *NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación.* INSHT, 1998.
- *Gestión de los residuos especiales de laboratorio.* Universidad Autónoma de Barcelona, 1996.
- *Prudent Practices in the Laboratory.* National Research Council, 1995.
- *Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide,* M.A. Armour, Universidad de Alberta, 1989.