



3. PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LABORATORIOS

- 1. NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS EXPUESTOS A RIESGO QUÍMICO Y FÍSICO.**
 - 1.1. INFORMACIÓN Y FORMACIÓN.**
 - 1.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES Y COLECTIVAS.**
 - 1.3. RIESGOS EN LOS LABORATORIOS.**
 - 1.4. EQUIPOS, PROCESOS Y MATERIALES DE TRABAJO.**

- 2. CONTROL DE CONTAMINANTES Y RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS.**
 - 2.1. SUSTANCIAS Y PREPARADOS QUÍMICOS PELIGROSOS.**
 - 2.2. RESIDUOS QUÍMICOS TÓXICOS Y PELIGROSOS: CLASIFICACIÓN Y GESTIÓN.**

ANEXO I: ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

ANEXO II: ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA.

ANEXO III: DUCHAS DE SEGURIDAD Y FUENTES LAVAOJOS.

INTRODUCCIÓN

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

En consecuencia, la prevención de los riesgos en el laboratorio presenta unas características propias que la diferencian de otras áreas de la enseñanza.

La implantación de criterios para el aseguramiento de la calidad; tanto si se trata de una acreditación *GLP* (Buenas prácticas en laboratorio), *NE 45.001* o la certificación en base a una Norma *I.S.O. 9.000*, lleva implícita la aplicación de una política de seguridad.



1. NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD EN LOS LABORATORIOS EXPUESTOS A RIESGO QUÍMICO Y FÍSICO.

Hábitos personales

- No comer, beber, fumar, ni aplicar cosméticos en el laboratorio.
- Mantener el puesto de trabajo siempre limpio y en orden.
- Revisar de forma periódica, en grupo, los hábitos de trabajo para detectar posibles actuaciones que puedan generar riesgos.
- Utilizar gafas de seguridad y evitar el uso de lentillas.
- Utilizar, si es necesario, equipos de protección individual (EPI).

Manipulación de productos

- Antes de manipular un producto químico, deben conocerse sus posibles riesgos y los procedimientos seguros para su manipulación .
- Si se manejan productos cancerígenos, mutágenos, tóxicos para la reproducción, radioisótopos y/o material biológico, adoptar las precauciones que, en cada caso, deben tenerse en cuenta para su manipulación.

Etiquetado de envases

- Comprobar que todo producto adquirido esté etiquetado correctamente.
- Etiquetar todo envase que contenga productos químicos o disoluciones generados en el laboratorio.
- Mantener la etiqueta en buen estado.
- No superponer etiquetas, ni escribir o roturar sobre la original.

Almacenamiento

- Disponer de un almacén separado del laboratorio o, en su defecto, de un armario de seguridad y de neveras para inflamables en el propio laboratorio.



- Almacenar sólo las cantidades imprescindibles de productos químicos en el laboratorio.
- Separar siempre los productos en función de sus incompatibilidades químicas. No almacenarlos, por ejemplo, por orden alfabético.
- Guardar por separado los productos de características especiales.

Residuos y vertidos

- Disponer de un programa de recogida selectiva según las características de los residuos generados.
- No acumular residuos en el laboratorio. Almacenarlos en un lugar específico y gestionarlos según las disposiciones legales vigentes.
- Recoger el material de vidrio en contenedores especiales.
- Tratar los derrames con los productos adecuados según sus características (ácidos, bases, disolventes, mercurio, etc.) y recogerlos como residuos.
- Minimizar los residuos, optimizando la gestión de compras, los procedimientos de trabajo, valorando su recuperación (materiales) y su reutilización.

Emergencias

- Disponer de un Plan de Emergencia con toda la información necesaria (teléfonos, vías de evacuación, equipos de protección individual, etc.).
- Señalizar la ubicación de las instalaciones y aparatos o materiales existentes para la actuación en caso de emergencia.
- Disponer de protocolos escritos de actuación para situaciones específicas, como derrames, salpicaduras, conatos de incendio, etc.
- Adiestrar a los trabajadores sobre la actuación correcta en casos de emergencia y accidente.
- Promover la práctica periódica de simulacros de accidentes y emergencias.



NORMAS GENERALES DE CONDUCTA EN LABORATORIOS

1. Recabe información sobre las características de peligrosidad de los productos que se van a utilizar y de los peligros que pueden comportar las operaciones que se van a realizar con ellos.
2. Consulte las etiquetas y fichas de datos de seguridad de los productos.
3. Antes de realizar cualquier tarea, reúna los productos y materiales necesarios y utilícelos según el procedimiento de trabajo establecido.
4. Ejecute las operaciones de modo seguro, siga las instrucciones de forma responsable.
5. Al finalizar el trabajo, recoja todo el material.
6. Lleve siempre la bata abrochada y el pelo recogido.
7. Evite la utilización de anillos y brazaletes y utilice ropa y calzado que cubra la mayor parte del cuerpo.
8. La zona de trabajo debe permanecer libre y despejada, depositando en ella sólo los materiales que se estén usando.
9. Revise periódicamente el material de vidrio que se utiliza en el laboratorio. Las piezas que presentan grietas deben desecharse. No se deben calentar las piezas que han recibido algún golpe.
10. Al trasvasar un producto se debe etiquetar el nuevo envase para permitir la identificación de su contenido y tomar las medidas de precaución necesarias. No se debe pegar una etiqueta sobre otra ya existente, pues puede inducir a confusión.
11. En el almacenamiento de productos químicos hay que evitar la proximidad de sustancias y preparados incompatibles, separándolos por sustancias inertes o distanciándolos entre sí. Fuera de los armarios, no hay que guardar envases por encima de la altura de la cabeza, ni en zonas de paso.
12. Se debe extraer únicamente la cantidad de producto necesaria para trabajar. No hay que devolver el producto sobrante al envase original.
13. En el caso de utilizar los productos en estado líquido, al pipetear no se debe succionar con la boca. Para realizar esta tarea, se debe usar una pera, émbolo o bomba.
14. Los residuos generados en el laboratorio deben neutralizarse de manera adecuada antes de su eliminación, o depositarse en los lugares establecidos para ello.
15. En caso de sufrir accidentes producidos por productos químicos, hay que seguir las recomendaciones de seguridad indicadas en la etiqueta y ficha de seguridad del producto.
16. Se debe utilizar el material de protección adecuado (colectivo e individual) y usarlo correctamente para cada tarea. Debe disponerse normalmente de batas, gafas y guantes que protejan especialmente de los peligros generados por los productos manipulados y de las operaciones a que se someten. En algunos casos, se puede requerir el uso de delantales, mandiles, máscaras o pantallas de protección.
17. Se recomienda no utilizar lentillas como única protección al trabajar en laboratorios; es preferible usar gafas de protección superpuestas a las habituales del trabajador, o gafas de seguridad graduadas.
18. No se debe comer, beber o fumar en la sala del laboratorio, ni se deben llevar objetos en la boca (chicles, palillos, etc.), mientras se trabaja.
19. Hay que evitar guardar cualquier objeto en los bolsillos (reactivos, objetos de vidrio, herramientas, etc.). Los objetos personales no deben dejarse ni en la mesa de trabajo ni en el suelo. Es preferible guardarlos en lugares específicos para ello (taquillas, armarios, etc.).
20. Al circular por la sala, se debe ir con precaución, sin interrumpir a los que están trabajando.
21. Los accesos y rutas de evacuación deben estar señalizados, iluminados y despejados, permitiendo una rápida evacuación. Las personas que entren en el mismo conocerán las rutas de evacuación.



1.1. INFORMACIÓN Y FORMACIÓN

Respecto de la información y formación necesaria para el trabajo en laboratorio se debe considerar lo siguiente:

- Disponer de información acerca de las características de peligrosidad de las sustancias.
- Disponer de la adecuada información para realizar el trabajo de manera segura.
- Adquirir y mantener buenas prácticas de trabajo.
- Disponer de un Plan de Emergencia propio del laboratorio o estar incluido en el del edificio o empresa en el que se halle ubicado.
- Tener un programa de implantación del Plan de Emergencia con simulacros periódicos.
- Formación a los trabajadores sobre manipulación, almacenaje y protección individual específico para cada producto.
- 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.
- Disponer de material de primeros auxilios y estar informado acerca de su correcta utilización.

Es muy recomendable realizar una charla o conferencia previa al ingreso del alumnado, donde se les alerte e induzca al comportamiento y a la manipulación correcta en el laboratorio.



1.2. MEDIDAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES Y COLECTIVAS.

Medios de protección individuales.

En el caso de laboratorios en los que se manipulen productos químicos estos medios incluirán bata, gafas de seguridad, y guantes de látex.. Las gafas de seguridad certificadas deberán proteger contra proyecciones de ácidos, bases y partículas de vidrio, como mínimo.

Deben existir en el laboratorio otros medios personales de protección tales como guantes de protección específica (para ácidos y bases concentrados, para trabajo con muestras a temperaturas extremas, para protección contra mordeduras de animales de laboratorio, etc.), máscaras antigases, pipeteadores, encendedores piezoeléctricos y cualquier otro elemento de protección que se considere necesario.

Medios de protección colectivos.

Los laboratorios, en función de su peligrosidad, el uso que se haga de productos químicos, su carga de fuego, etc., deberán disponer de vitrinas extractoras de gases, duchas de seguridad, lavaojos, extintores, mantas ignífugas, puertas resistentes al fuego y botiquín. Asimismo, deberán contar con iluminación de emergencia, megafonía y pulsadores de emergencia. Además de extintores, deberán existir, próximas a los laboratorios, bocas de incendio equipadas con manguera (BIEs).



1.3. RIESGOS EN LOS LABORATORIOS.

El siguiente conjunto de normas y recomendaciones intenta evitar el accidente en el laboratorio y la acción nociva de las sustancias químicas sobre el organismo:

- En todos los laboratorios donde exista riesgo químico y físico se mantendrá una copia de esta Normativa de Seguridad en lugar accesible.
- Se evitará trabajar solo en laboratorios de investigación. En el caso de que resulte imprescindible, el investigador deberá asegurar que exista comunicación con otros investigadores en laboratorios próximos o con conserjería.
- En los laboratorios se asegurará que la última persona en abandonar o cerrar el laboratorio revise el estado de las llaves de gases y salidas de agua asegurándose además de que no queden operaciones no atendidas (destilaciones, reacciones, etc.) peligrosas.

Incendio.

Estas indicaciones tratan de evitar el riesgo de incendio en el laboratorio:

- El responsable del Laboratorio informará de la situación de los extintores, bocas de incendio equipadas con manguera, pulsadores de emergencia, mantas ignífugas, duchas y lavaojos existentes en el laboratorio, se le facilitará al trabajador una copia de la Normativa de Seguridad.
- Sólo se autoriza el almacenamiento en el laboratorio de un máximo de 50 L de disolventes inflamables en botellas de vidrio de tamaño igual o inferior a 2 L. Los envases de tamaño superior deben almacenarse en armarios ignífugos, almacenes o en los búnkeres exteriores. En cualquier caso, las cantidades máximas de disolventes inflamables en cada laboratorio (incluyendo los contenidos en armarios ignífugos y almacenes anejos) será de 350 L.
- Está prohibido tener disolventes inflamables en recipientes abiertos fuera de vitrinas extractoras.
- Se tratará de evitar la destilación de disolventes inflamables en el laboratorio. Las operaciones de destilación sólo se podrán realizar en una



vitrina extractora con un máximo de 10 L de disolventes inflamables totales por vitrina. La destilación no debe realizarse jamás si el operario está solo en el laboratorio.

- Está prohibido fumar en todos los laboratorios.
- Las puertas resistentes al fuego y las ventanas del laboratorio estarán cerradas cuando se estén realizando operaciones que supongan el más mínimo riesgo de incendio (destilaciones, reacciones químicas, trasvase de disolventes, destrucción de residuos, etc.). Las ventanas deben quedar cerradas al abandonar el laboratorio.
- Está prohibido dejar operaciones no atendidas tales como destilaciones y reacciones que supongan riesgo de incendio. Sólo se permite realizar experimentos no atendidos que supongan riesgo de incendio en horario nocturno o durante fines de semana si se hallan convenientemente asegurados y separados de materiales inflamables, en vitrinas extractoras en funcionamiento. Los responsables de estos experimentos notificarán a la conserjería del Centro su localización en los laboratorios para su inspección periódica por los vigilantes.
- Está prohibido la realización de operaciones distintas a las de almacenamiento dentro de los almacenes de productos químicos anejos a los laboratorios. Entre las funciones que se prohíben dentro de los almacenes destaca por su peligrosidad la destrucción de metales alcalinos (litio, sodio o potasio) u otros compuestos reactivos o el lavado del material de vidrio con mezclas fuertemente ácidas u oxidantes.

Explosión.

Para evitar el riesgo de explosión se debe procurar:

- Todas las operaciones en las que exista riesgo de explosión (p. ej. trabajo con peróxidos, ácidos, sales de diazonio, diazometano, percloratos y ciertos oxidantes) se realizarán con protección adecuada para las personas (en vitrina con pantalla protectora) y a la menor escala posible. Los responsables del experimento informarán a los demás miembros del laboratorio del riesgo antes de comenzar a trabajar con el producto potencialmente explosivo.



- Es necesario reponer inmediatamente cualquier unidad de vidrio rota o que haya sufrido un golpe fuerte (aunque no se aprecie rotura o grieta a simple vista).
- Debe prestarse especial atención a las operaciones realizadas a presiones inferiores a la atmosférica ("a vacío") o a altas presiones. Se recomienda realizar estas operaciones en vitrina.

Ingestión.

Prevención de la ingestión de productos peligrosos:

- Está prohibido comer o beber alimentos en el laboratorio.
- No probar jamás un compuesto químico tóxico o de propiedades desconocidas.
- No pipetear nunca con la boca. Se deben de utilizar siempre pipeteadores manuales.

En caso de intoxicación accidental por ingestión avisar inmediatamente al Instituto de Toxicología y/o trasladar al intoxicado al Hospital más próximo. En este caso es conveniente aportar la información contenida en la Ficha de Seguridad del producto tóxico.

- No deben tocarse los ojos, el pelo o la cara con las manos sin haberlas lavado inmediatamente antes. Es obligatorio lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.

Absorción a través de la piel.

Prevención de contactos y absorción a través de la piel:

- Se aconseja no tocar ningún compuesto químico con las manos. Es conveniente utilizar espátula para trasvasar sólidos.
- Utilizar guantes de látex cuando se manipulan productos tóxicos y/o peligrosos excepto cuando se tenga encendida la llama del mechero. Muchos



disolventes disuelven la grasa de la piel, otros compuestos producen picores, irritación, alergias, etc. Utilizar guantes más impermeables (p. ej. de neopreno) al manipular ácidos, bases concentrados, o productos químicos muy tóxicos (p. ej. derivados de mercurio, arsénico y selenio).

- La bata sirve para protegerse del contacto accidental con contaminantes químicos por lo que su uso debe quedar restringido a los laboratorios. Está prohibido entrar con bata de laboratorio en las cafeterías, restaurantes.

Inyección subcutánea y cortes.

Prevención de cortes y punzaduras:

- Mantener el material de vidrio limpio, con cantos pulidos y en buen estado. Reponer inmediatamente cualquier unidad rota o que haya sufrido un golpe fuerte (aunque no se aprecie rotura o grieta a simple vista).
- No forzar directamente la separación de tapas, vasos o recipientes de vidrio que hayan quedado obturados unos dentro de otros.
- No se deben abandonar agujas hipodérmicas y objetos punzantes y cortantes contaminados sobre las mesas del laboratorio. Éstos deben eliminarse en recipientes especiales (recipientes amarillos) rígidos que mantienen el contenido inaccesible.

Inhalación.

Para evitar inhalar productos peligrosos seguiremos las siguientes recomendaciones:

- No se debe oler directamente ningún producto químico a menos que los profesores lo indiquen expresamente. La inhalación de disoluciones de algunas sustancias tóxicas a temperatura de ebullición es también peligrosa.
- La manipulación de productos tóxicos y/o peligrosos se realizará siempre en vitrina con el sistema de extracción en funcionamiento. Se asegurará que la ventana de la vitrina se halle lo más baja posible para aumentar la eficacia de la extracción y minimizar el riesgo de inhalación, incendio y explosión.



En caso de intoxicación accidental por inhalación proceder como se indica en el apartado 1.3.3. (intoxicación accidental por ingestión).

- Los recipientes de productos químicos deben quedar cerrados después de utilizarlos. Muchos de ellos tienen una presión de vapor elevada (ácido clorhídrico, amoníaco, etc.) y liberan gran cantidad de vapores nocivos o que, cuando menos, contribuyen a enrarecer el aire que se respira en el laboratorio.
- Los recipientes de ácidos y bases concentrados o de productos nocivos o muy tóxicos y a la vez volátiles que planteen un riesgo notable de intoxicación por inhalación estarán colocados dentro de las vitrinas extractoras de gases con el sistema de extracción en funcionamiento.
- Las vitrinas extractoras que contengan productos químicos permanecerán con el sistema de extracción en funcionamiento cuando el laboratorio se halle ocupado.

Quemaduras por contacto.

Para evitar las quemaduras por contacto se deben observar las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar encendedores piezoeléctricos largos para el encendido de mecheros; nunca se deben emplear cerillas ni encendedores de bolsillo.
- Se recomienda comprobar el enfriamiento de los materiales (particularmente del vidrio) antes de aplicar directamente las manos para cogerlos. Utilizar pinzas para sujetar tubos de ensayo durante su calentamiento en el mechero.
- Utilizar guantes de fibra térmica artificial (no de amianto) para manipular recipientes en estufas, hornos, etc.



Riesgo eléctrico.

Las normas para prevenir el riesgo eléctrico que deberemos aplicar son las siguientes:

- Disponer de un cuadro general, preferiblemente en cada unidad de laboratorio, con diferenciales y automáticos.
- Disponer de interruptor diferencial adecuado, toma de tierra eficaz e interruptor automático de tensión (magnetotérmico).
- Distribución con protección (automático omnipolar) en cabeza de derivación.
- Instalar la fuerza y la iluminación por separado con interruptores.
- Emplear instalaciones entubadas, siendo las > 750 V, rígidas.
- Aplicación del código de colores y grosores.
- No emplear de modo permanente alargaderas y multiconectores (ladrones).
- En áreas especiales (húmedas y laboratorios de prácticas) emplear bajo voltaje (24 V), estancos, tapas, etc. Emplear seguridad aumentada para el trabajo de manera permanente con inflamables.
- Efectuar el mantenimiento adecuado y realizar inspecciones y comprobaciones periódicas.
- Comprobar que la instalación está seca antes de conectarla y nunca trabajar con equipos eléctricos con las manos húmedas.
- Llevará protección antideflagrante el equipo eléctrico ubicado en áreas expuestas a vapores inflamables.
- Las bases de los enchufes para campanas de extracción de humos se hallan colocadas fuera de las mismas.
- No derramar líquidos sobre los enchufes.
- Si alguna persona queda atrapada en un circuito eléctrico, no intentar liberarla sin previamente cortar la corriente. En caso de que no fuera posible cortar la corriente, se deberá tratar de liberarla protegiéndose debidamente, p. ej. utilizando un palo, silla o cualquier otro objeto de material aislante (madera, plástico) que se encuentre seco. El riesgo será menor si se le coge por la ropa en vez de cogerle por la mano, cara o cualquier parte descubierta del cuerpo. Es especialmente peligroso cogerla por las axilas por estar húmedas.



Tratamiento de derrames.

En caso de derrames deberemos:

- Limpiar inmediatamente los derrames intentando neutralizar la actividad de la sustancia derramada, evitándose su evaporación y daños sobre las instalaciones. Para ello, deben seguirse las instrucciones específicas para cada producto empleando absorbentes específicos.
- Si accidentalmente se produce un derrame de mercurio, no deberá tocarse y deberá procederse a su recogida inmediatamente con el absorbente específico. El mercurio es un metal muy tóxico con una apreciable presión de vapor.

Riesgos en la manipulación de gases en el laboratorio.

En todos los laboratorios en los que se usen gases se asegurará que la última persona en abandonar el laboratorio revise el estado de las válvulas de corte de los gases existentes.

Las normas de utilización para botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión vienen especificadas en la legislación vigente, siendo algunas de las más relevantes las que se citan a continuación:

- Las botellas deben ser manejadas sólo por personas experimentadas y previamente informadas, debiendo existir en los lugares de utilización las instrucciones oportunas.
- Se evitará el arrastre, deslizamiento o rodadura de las botellas en posición horizontal. Es más seguro moverlas, incluso para cortas distancias, empleando carretillas adecuadas. Si no se dispone de dichas carretillas, el traslado debe efectuarse rodando las botellas, en posición vertical, sobre su base o peana, siempre con la válvula cerrada y la caperuza debidamente fijada, aunque las botellas estén vacías.
- Las botellas deben almacenarse alejadas de fuentes de calor (p. ej. una ventana donde incida el sol), en posición vertical y estar fijadas por medio de



una abrazadera, cadena o similar, para evitar su caída. No debe olvidarse que una botella, al caer, puede ocasionar un accidente, ya que si la llave golpease sobre una superficie dura podría romperse, saliendo válvula y botella despedidas a gran velocidad.

- El usuario es responsable del manejo de las botellas y del buen estado y mantenimiento de los accesorios necesarios para su utilización, así como del correcto empleo del gas que contienen.
- Se prohíbe terminantemente desmontar las válvulas, dado el peligro que ello implica. Si la botella tiene una fuga y ésta no puede evitarse apretando simplemente el volante de la válvula, se cerrará esta y se sacará al exterior señalizándola, avisando al SPRL y al suministrador de la botella.
- Si el contenido de una botella no está identificado, deberá devolverse a su proveedor sin utilizarla.
- Las botellas no se situarán, para su uso, en lugares donde no exista una ventilación adecuada. En el recinto de consumo sólo estarán las botellas en uso y las de reserva.
- La válvula de la botella se abrirá siempre lentamente. La salida de la misma se colocará en sentido contrario a la posición del operador y nunca en dirección a otras personas. Se emplearán únicamente las herramientas aconsejadas por el proveedor y se evitará la salida de caudales de la botella superiores a los prescritos por el proveedor.
- No engrasar jamás la válvula. El aceite y las grasas, al combinarse con ciertos gases (O₂, N₂O, etc.) pueden producir fuertes explosiones.
- Las botellas no se conectarán nunca a un circuito eléctrico y se mantendrán alejadas de cualquier fuente de calor.
- Está prohibido fumar durante la manipulación y uso de botellas de gases inflamables y comburentes; a este efecto, se dispondrá de una señalización apropiada.

Inundación.

Para minimizar el riesgo de inundación se evitará dejar sistemas de refrigeración por agua abiertos durante la noche y fines de semana. En el caso que resulte imprescindible, se informará a Conserjería de la localización del sistema



refrigerante para su inspección periódica por los Vigilantes. La última persona en abandonar el laboratorio se asegurará de cerrar todas las válvulas de corte de la instalación de agua.



1.4. EQUIPOS PROCESOS Y MATERIALES DE TRABAJO

Ventilación.

Deberemos procurar una ventilación eficaz del laboratorio, independiente del resto de las dependencias y además:

- 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.
- Habilitar una ventilación de emergencia.

Material de vidrio.

El material de vidrio utilizado en los laboratorios deberá ser objeto de gran cuidado, procurando:

- 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 diferentes operaciones (reflujos, destilaciones ambientales y al vacío, reacciones con adicción y agitación, endotérmicas y exotérmicas, etc.) con especial cuidado, evitando que queden tensionadas, empleando soportes y abrazaderas adecuados y fijando todas las piezas según la función a realizar.
- No calentar directamente el vidrio a la llama; interponer un material capaz de difundir el calor (p.e., una rejilla metálica).
- Introducir de forma progresiva y lentamente los balones de vidrio en los baños calientes.
- Utilizar aire comprimido a presiones bajas (0,1 bar) para secar los balones.
- Evitar que las piezas queden atascadas colocando una capa fina de grasa de silicona entre las superficies de vidrio y utilizando siempre que sea posible tapones de plástico.



- Para el desatascado de piezas deben utilizarse guantes espesos y protección facial o bien realizar la operación bajo campana con pantalla protectora. Si el recipiente a manipular contiene líquido, debe llevarse a cabo la apertura sobre un contenedor de material compatible, y si se trata de líquidos de punto de ebullición inferior a la temperatura ambiente, debe enfriarse el recipiente antes de realizar la operación.
- Los aparatos de vidrio serán de vidrio borosilicado excepto las botellas de reactivos, los equipos de medida, varillas de agitación y tubuladuras.

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.

Frigoríficos.

- Emplear frigoríficos de seguridad aumentada que no dispongan de instalación eléctrica interior y, preferiblemente, los especialmente preparados para guardar productos inflamables que estén homologados (EX/d/2C/T6).



- No guardar recipientes abiertos o mal tapados en el frigorífico.
- Utilizar recipientes capaces de resistir la sobrepresión interna en caso de recalentamiento accidental.
- Controlar de manera permanente la temperatura interior del frigorífico.
- Las neveras no se emplearán para guardar alimentos o bebidas.

Aparatos con llama.

Para una correcta utilización de aparatos de llama deberemos procurar:

- Reducir al máximo la utilización de llamas vivas en el laboratorio. Para el encendido de los mecheros Bunsen emplear preferentemente encendedores piezoeléctricos.
- Suprimir la llama o la sustancia inflamable, aislándola, o garantizar una ventilación suficiente para que no se alcance jamás el límite inferior de inflamabilidad.
- Calentar los líquidos inflamables mediante sistemas que trabajen a una temperatura inferior a la de autoignición (p.e., baño maría).
- Utilizar equipos con dispositivo de seguridad que permita interrumpir el suministro de gases en caso de anomalía.
- Mantenimiento adecuado de la instalación de gas.

Baños calientes y otros dispositivos de calefacción.

En la utilización de dispositivos de calefacción y baños calientes, procuraremos:

- 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.
- Utilizar dispositivos aislantes térmicos que no contengan amianto.
- Disponer de un termostato de seguridad para limitar la temperatura.
- 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.

En caso de utilizar baños fríos cuidaremos:

- 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.

En caso de utilizar refrigerantes deberemos disponer de un sistema de seguridad que interrumpa el aporte de calor en caso de que se corte el suministro de agua, y asegurarse de que los tubos están bien sujetos, y renovarlos periódicamente.

Estufas.

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.

Deberemos emplear estufas con sistemas de seguridad de control de temperaturas (doble termostato, por ejemplo).



Y, por último efectuar un mantenimiento adecuado, comprobando además la ausencia de corrientes de fuga por envejecimiento del material y correcto estado de la toma de tierra.

Autoclave.

Las autoclaves son equipos de presión, por tanto:

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

Centrífugas.

Para el funcionamiento correcto y seguro de una centrífuga deberemos:

- Repartir la carga simétricamente.
- La centrífuga debe llevar un mecanismo de seguridad de tal manera que no pueda ponerse en marcha si la tapa no está bien cerrada e impidiendo su apertura si el rotor está en movimiento.
- Disponer de un procedimiento de actuación para el caso de roturas y/o formación de bioaerosoles.

Pipetas.

Como hemos comentado repetidamente en los apartados anteriores, el proceso de pipetear se debe realizar cuidando las siguientes recomendaciones:

- Prohibir pipetear con la boca.
- Utilizar siempre guantes impermeables al producto manipulado.



- Utilizar bombas de aspiración manual de caucho o cremallera que se adapten bien a las pipetas a utilizar.
- Para algunas aplicaciones y reactivos es recomendable utilizar un dispensador automático de manera permanente.

Instrumental Analítico.

CROMATÓGRAFO DE GASES

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

CROMATÓGRAFO DE LÍQUIDOS DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)

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

ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

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



ESPECTROFOTÓMETRO UV - VISIBLE E INFRARROJO, FLUORÍMETRO, BALANZA, PHMETRO, POLARÓGRAFO Y OTROS APARATOS DE ELECTROANÁLISIS, AUTOANALIZADORES, MICROSCOPIOS

- 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.
- Prestar especial atención al riesgo eléctrico en el caso de emplear la electroforesis.
- En la cromatografía de capa fina se prestará mayor atención al riesgo de cortes con los bordes de las capas.

Trasvases de líquidos.

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

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

- Emplear una bomba o un sifón para trasvases de gran volumen.
- Utilizar gafas o pantallas de protección facial cuando se trasvasen productos irritantes o corrosivos. Para trasvasar ácidos y bases se recomiendan los guantes de PVC (cloruro de polivinilo) 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.

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

Operaciones con vacío.

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

Para el control de estos riesgos es recomendable:

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



Evaporación al vacío

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

- Los balones no deben llenarse excesivamente y debe evitarse un sobrecalentamiento de la mezcla tratada por evaporación. Si existe la posibilidad de que se formen productos inestables (p.e., peróxidos) no se llevará la mezcla a sequedad.
- Debe esperarse el enfriamiento del balón que contenga la mezcla antes de eliminar el vacío. Este enfriamiento progresivo se puede lograr apartando la muestra del baño, mientras se mantiene la agitación.
- Para evitar que los vapores eliminados deterioren la bomba de vacío o bien contaminen el agua en caso de emplear trompas de agua se puede colocar una trampa refrigerada.

Destilación al vacío

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

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

Al concluir la destilación debe enfriarse el sistema antes de detener el vacío, ya que la introducción del aire en un balón caliente podría producir inflamaciones o explosiones del residuo obtenido en la destilación. El paso del vacío a la presión



normal debe hacerse de manera lenta, pudiéndose emplear para ello el capilar usado en la regulación del vacío.

Filtración al vacío

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

Secado al vacío

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

Mezcla de productos o adición de un producto.

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



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

Reacciones químicas.

La peligrosidad de las reacciones químicas se puede evaluar a partir de los grupos químicos de las moléculas que intervienen, haciendo un balance de oxígeno para conocer el comportamiento de un compuesto durante su oxidación o a partir de los datos termodinámicos conocidos o medidos de los elementos, grupos químicos o moléculas que constituyen los productos o reactivos.

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, si las sustancias que intervienen en el proceso tienen características de peligrosidad elevadas, realizar la operación en vitrina, aunque ello represente incomodidad.

Extracción sólido-líquido

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

Destilación.

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

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



Las pautas de actuación para el control del riesgo son:

- El aparato o el montaje de destilación debe estar adaptado a las cantidades y características de los productos a destilar.
- Si el producto a destilar puede contener subproductos de descomposición de características peligrosas o desconocidas, debe llevarse a cabo la destilación con muchas precauciones (vitrina, apantallamiento, protecciones personales, material de intervención, etc.) y en cantidades pequeñas, que pueden aumentarse paulatinamente en caso de que no se observen anomalías. La utilización de pequeñas cantidades de productos en todas aquellas operaciones sobre las que no se tiene información previa del posible comportamiento de las sustancias presentes es una norma general a aplicar en la reducción de riesgos en el laboratorio.
- El calentamiento debe hacerse preferentemente mediante mantas calefactoras o baños (aceite, arena) que deben colocarse encima de sistemas móviles (elevadores) con el fin de permitir un cese rápido del aporte de calor en caso de necesidad.
- Para los líquidos inflamables puede ser ventajoso utilizar un recipiente metálico que evita los riesgos de rotura aunque presenta el inconveniente de que no permite ver la cantidad de líquido que queda en el recipiente.
- Examinar siempre el material y la estanqueidad del montaje de destilación, sobretodo en el caso de líquidos inflamables, antes de cada operación para evitar un fallo eventual o una fuga.
- Regularizar la ebullición introduciendo antes de iniciar la aplicación de calor algunos trocitos de porcelana porosa o de vidrio en el líquido a destilar.
- Trabajar, siempre que sea posible, en vitrinas.
- Disponer de equipos de protección personal (sobretodo, gafas de seguridad).
- Utilizar dispositivos de control de temperatura, de aporte de calor y de la refrigeración.
- Prestar atención a la temperatura de autoinflamación (autoignition point) de las sustancias presentes en la mezcla de destilación.
- La aplicación de vacío, que puede representar problemas añadidos, se ha comentado en el apartado de operaciones con vacío.



Riesgos en la destilación de éteres

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

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

Evaporación - secado.

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

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



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

Desecación de un líquido.

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

Perclorato de magnesio

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

Sodio

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



2. CONTROL DE CONTAMINANTES Y RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS.

2.1. Sustancias y preparados químicos peligrosos.

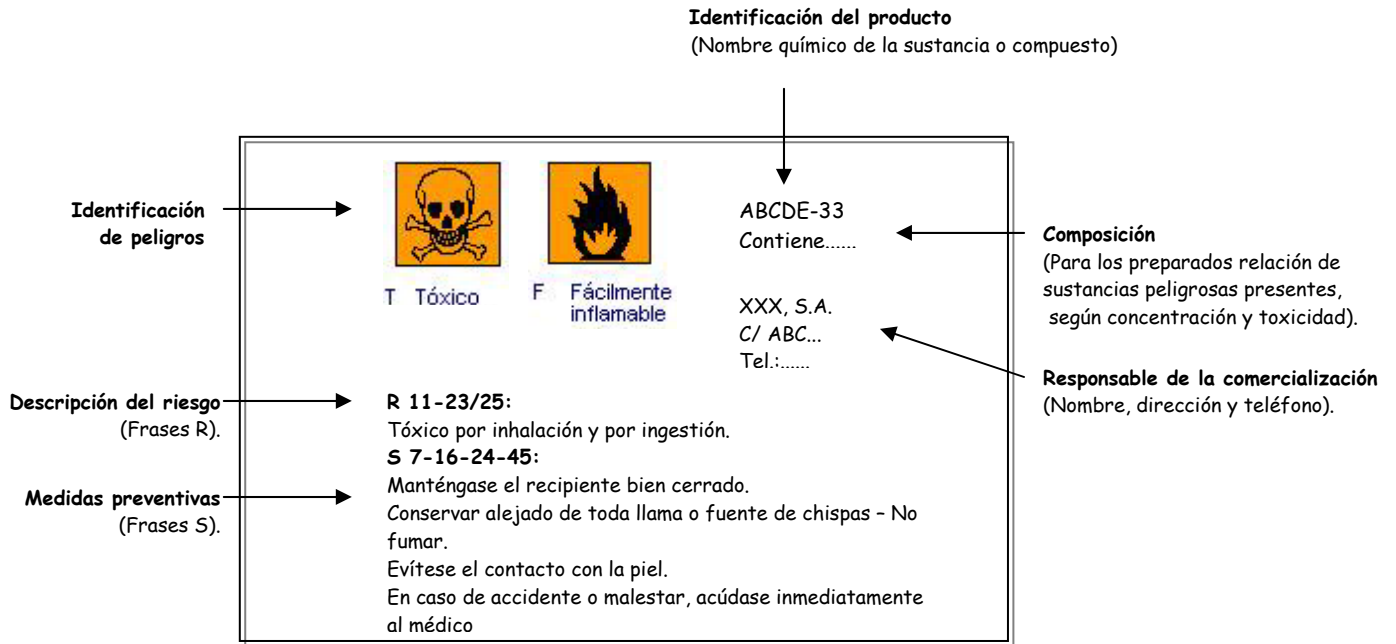
Muchos de los productos que se utilizan o se producen en los experimentos son sustancias o preparados peligrosos. Se define como sustancia peligrosa aquella que puede presentar una o varias de las características siguientes:

- Provocar incendios y/o explosiones.
- Ser peligrosa para la salud.
- Ser corrosiva o irritante.
- Ser peligrosa para el medio ambiente.

Las sustancias peligrosas se clasifican en: explosivas, comburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, inflamables, muy tóxicas, tóxicas, nocivas, corrosivas, irritantes, sensibilizantes, peligrosas para el medio ambiente, carcinogénicas, tóxicas para la reproducción y mutagénicas.

Un preparado peligroso es toda mezcla o solución que esté compuesta de dos o más sustancias químicas, siendo al menos una de éstas una sustancia química peligrosa de las citadas anteriormente.

Las sustancias y los preparados peligrosos deben venir identificados por el fabricante en los envases en que los comercializa mediante una etiqueta. En esta etiqueta aparece el nombre del producto, el nombre del fabricante, un pictograma y el tipo de sustancia peligrosa de que se trata, el nombre del fabricante, unas frases definiendo los riesgos específicos de la sustancia y otras con consejos de prudencia. A continuación se muestra un ejemplo de etiqueta de identificación de un producto químico:



Además, el fabricante tiene obligación de entregar la ficha de seguridad de cada producto entregado si se le solicita.

2.2. Residuos químicos tóxicos y peligrosos: clasificación y gestión.

Durante los procesos que sufren en los laboratorios, estas sustancias peligrosas se transforman en residuos tóxicos y peligrosos, definidos como "los materiales sólidos, pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes que, siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destine al abandono y contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que figuran en el anexo de la presente Ley en cantidades o concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente".

El SPRL ha clasificado los residuos que se generan en los laboratorios en los grupos siguientes:

- Grupo I: Disolventes orgánicos halogenados.
- Grupo II: Disolventes orgánicos no halogenados.
- Grupo III: Disoluciones ácidas de metales no incluidos en el grupo VIII.
- Grupo IV: Disoluciones básicas de metales no incluidos en el grupo VIII.



- Grupo V: Aceites usados.
- Grupo VI: Vidrio contaminado.
- Grupo VII: Basura contaminada con productos químicos (no vidrio contaminado).
- Grupo VIII: Tóxicos especiales: Disoluciones o sólidos metálicos u otros compuestos de especial toxicidad. Este grupo se divide en subgrupos de residuos que se recogerán separadamente: VIII-A: Arsénico y sus compuestos. VIII-B: Antimonio y sus compuestos. VIII-C: Berilio y sus compuestos. VIII-D: Cadmio y sus compuestos. VIII-E: Cromo y sus compuestos. VIII-F: Cobre y sus compuestos. VIII-G: Derivados orgánicos de Estaño. VIII-H: Mercurio y sus compuestos. VIII-I: Plomo y sus compuestos. VIII-J: Selenio y sus compuestos. VIII-K: Talio y sus compuestos. VIII-L: Teluro y sus compuestos.

Otros residuos tóxicos especiales que se producen en pequeñas cantidades se recogerán igualmente separadamente clasificándose dentro del grupo VIII.

Envasado y etiquetado de residuos tóxicos.

La eliminación de estos residuos es realizada a través de una empresa gestora autorizada por la Comunidad Autónoma de Murcia.

Los residuos inflamables (especialmente los del grupo II) se almacenarán hasta su recogida en lugar seguro del laboratorio o taller (preferentemente en armarios ignífugos).

Tratamiento de residuos reactivos.

Los residuos reactivos deberán ser desactivados en el laboratorio antes de ser recogidos como residuos tóxicos y peligrosos. Así, los reactivos fácilmente hidrolizables (cloruros y anhídridos de ácidos carboxílicos, isocianatos, etc.), los ácidos concentrados (ác. sulfúrico, ác. nítrico, tetracloruro de titanio, etc.) deberán ser previamente hidrolizados (o diluidos) por adición sobre cantidad suficiente de agua-hielo.



Los reactivos muy oxidantes (especialmente los potencialmente explosivos como peróxidos e hidroperóxidos) deberán reducirse por tratamiento con los reductores adecuados.

Los metales alcalinos no podrán ser recogidos como residuos dado el alto riesgo de incendio y explosión que plantean. Para eliminarlos es necesario tratarlos previamente, de acuerdo con las siguientes instrucciones:

Sodio y Litio:

Añadir cuidadosamente el sodio o litio (cortado en pequeñas piezas mientras está mojado con un hidrocarburo) sobre etanol frío, de manera que la reacción no sea violenta pero tampoco se detenga (toma apariencia viscosa). Cuando todo el metal haya sido añadido, agitar la mezcla hasta que la reacción se pare. Comprobar que todo el metal ha reaccionado tomando una pequeña cantidad y añadiéndola sobre agua en un Erlenmeyer. Cuando se ha comprobado que todo el metal ha reaccionado, diluir la mezcla con agua, neutralizar con H_2SO_4 o HCl 6 N y verterla al desagüe con exceso de agua.

Potasio:

Es el más peligroso de los metales alcalinos. Añadir potasio a alcohol tert-butílico o tert-amílico de la misma forma que se hacía con el etanol en el caso anterior. Cualquiera que sea el alcohol utilizado, es importante que sea anhidro. Cuando todo el metal haya sido añadido, agitar la mezcla hasta que la reacción se pare. Comprobar que todo el metal ha reaccionado tomando una pequeña cantidad y añadiéndola sobre agua en un Erlenmeyer. Cuando se ha comprobado que todo el metal ha reaccionado, diluir la mezcla con agua, neutralizar con H_2SO_4 o HCl 6 N y verterla al desagüe con exceso de agua.

Estos procedimientos presentan un peligro elevado de incendio, por lo que se tomarán las debidas precauciones (trabajo en vitrina, gafas de seguridad, inexistencia de materiales inflamables en las proximidades, etc.). Procedimientos análogos deben seguirse al destruir residuos de hidruros metálicos (NaH , KH ,



LiAlH₄, etc.) o derivados organometálicos reactivos (BuLi, Me₃Al, etc.) así como otros reactivos pirofóricos. Estas operaciones sólo se realizarán por personas experimentadas o bajo la supervisión de un profesor. En ningún caso se realizarán si se está solo en el laboratorio.

Control de contaminantes químicos.

El control de la producción de contaminantes aparece como una práctica preventiva que puede reducir notablemente el nivel de riesgos en los laboratorios.

Áreas específicas de trabajo.

Es necesario que los Jefes de laboratorios organicen el laboratorio de forma que sea posible realizar las prácticas y manipulaciones más peligrosas (como el trasvase de líquidos inflamables o tóxicos volátiles, la realización de experimentos que conllevan la producción de gases tóxicos o inflamables, etc.) en zonas específicas, bien señalizadas y adecuadamente equipadas (en vitrina, en zonas alejadas de fuentes de calor, etc.).

Sustitución de disolventes y otros productos.

Una forma eficaz de reducir la producción de contaminantes es la sustitución de los productos químicos de marcada acción biológica por otros de menos toxicidad, siempre que sea posible. Este caso se plantea con frecuencia en las extracciones. En la siguiente tabla se recoge una serie de posibles sustituciones.

| Producto | Sustituto |
|---|----------------------|
| Benceno ¹⁰ | Ciclohexano, Tolueno |
| Cloroformo, 10 Tetracloruro de carbono, 10 Percloroetileno, Tricloroetileno | Diclorometano |
| 1,4-Dioxano | Tetrahidrofurano |
| n-Hexano, n-Pentano | n-Heptano |
| Acetonitrilo | Acetona |
| N,N-Dimetilformamida | N-Metilpirrolidona |
| Etilenglicol | Propilenglicol |
| Metanol | Etanol |



Precisamente es en la utilización de los disolventes orgánicos donde se ofrecen las mejores posibilidades para la sustitución, buscando aquellos de menor toxicidad, mayor punto de ebullición, menor inflamabilidad, etc.

Por otra parte, y con respecto a los materiales, los casos más señalados para la sustitución son el amianto (material muy empleado en rejillas, guantes, cordones, etc.) y el mercurio. Es necesario sustituir el amianto por fibras artificiales comercializadas, cuyas propiedades aislantes son equivalentes. Asimismo, es conveniente sustituir (particularmente en futuras compras) los termómetros de mercurio por los de alcohol a fin de evitar los frecuentes derrames de mercurio como consecuencia de roturas de termómetros.

Control de almacenes de productos químicos.

Los encargados de Laboratorios deberán llevar control periódico de la existencia en los almacenes. En particular, es necesario disponer de un listado de productos almacenados, sus cantidades y gasto de los mismos, que se actualice con cierta frecuencia (cada cuatro meses, como mínimo). Este listado estará a disposición de cualquier estudio o inspección que pudiera ordenarse desde el Departamento o el SPRL.

A continuación se describen tres líneas de actuación básicas para alcanzar un almacenamiento adecuado y seguro:

➤ Reducción al mínimo de existencias.

Esta medida de seguridad sugiere la conveniencia de realizar varios pedidos o solicitar al proveedor el suministro de un pedido mayor por etapas. Este tipo de acciones es particularmente necesario en el caso de sustancias inflamables y peroxidables (éteres), cuya cantidad almacenada debe ser limitada.



➤ Separación

La primera actuación en el almacenamiento, una vez reducida al máximo las existencias, es la separación entre familias de sustancias incompatibles. En este sentido es necesario recordar que un almacén de productos químicos nunca debe organizarse simplemente por orden alfabético, siendo lo correcto separar, al menos; ácidos de bases, oxidantes de inflamables, y separados de éstos, los venenos activos, las sustancias cancerígenas, las peroxidables, etc.

Estas normas se completan con las de "ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS. CRITERIOS DE INCOMPATIBILIDAD" que recoge condiciones de almacenamiento, señalando, en particular, incompatibilidades, tipo de ventilación necesaria, etc. Además de la reactividad química, los pictogramas que indican el riesgo de cada sustancia pueden servir como elemento separador, procurando alejar lo más posible sustancias con pictogramas diferentes.

Almacenamiento de productos.

- Mantener el stock al mínimo operativo 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.
- Comprobar que todos los productos están adecuadamente etiquetados, llevando un registro actualizado de productos almacenados. Se debe indicar la fecha de recepción o preparación, nombre del técnico responsable y de la última manipulación.
- Emplear armarios de seguridad RF-15 como mínimo, lo que reduce el riesgo del almacenamiento en el propio laboratorio y permite guardar mayores cantidades de productos inflamables. Emplear armarios específicos para corrosivos, especialmente si existe la posibilidad de la generación de vapores.



- Emplear frigoríficos antideflagrantes o de seguridad aumentada para guardar productos inflamables muy volátiles.
- Los recipientes grandes de vidrio que contienen productos químicos líquidos que no sean inflamables, agentes oxidantes y ácidos, dispondrán de cubiertas protectoras para prevenir proyecciones o salpicaduras en caso de rotura.
- Las estanterías dispondrán de bordes protectores para evitar el vuelco y caída de las botellas de vidrio de los reactivos.



ANEXO I: ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS. CRITERIOS DE INCOMPATIBILIDAD

Para disponer de un almacén de productos químicos seguro y elaborar las normas preventivas y de protección adecuadas se ha de establecer previamente una estrategia de almacenamiento que evite posibles incompatibilidades entre productos. Para ello es necesario obtener la máxima información posible sobre los riesgos de los productos y su reactividad con otros, es necesario conocer las fichas de seguridad de sustancias y productos suministrados por los proveedores.

Estrategias de almacenamiento

Consideramos diez grupos que pueden llegar a generar riesgos de importancia en su almacenamiento. Estos son: inflamables, oxidantes, reductores, ácidos y bases fuertes concentrados, productos reactivos con el agua, tóxicos, peroxidables, pirofóricos y gases comprimidos, licuados o disueltos, contenidos en botellas y botellones.

Los cinco primeros grupos pueden dar lugar, como riesgos principales, a reacciones fuertemente exotérmicas, liberándose cantidades importantes de calor en forma violenta, incluso explosiva, si entran en contacto con productos incompatibles.

Los productos reactivos con el agua, además de producir reacciones violentas o de liberar productos altamente tóxicos, dificultan las tareas de extinción en caso de incendio. Los tóxicos requieren zonas de almacenaje ventiladas, en especial los de alta volatilidad. Los peroxidables son productos que pueden formar peróxidos inestables, debiéndose almacenar en ambientes frescos y oscuros. Los pirofóricos entran en combustión en contacto con el aire y, en ocasiones, con el agua; son necesarias medidas especiales de confinamiento. Por último, los gases plantean, además de los riesgos inherentes al producto, riesgos por la elevada energía cinética que poseen al estar comprimidos en un recipiente.



La forma más correcta de almacenar sería separando estos grupos y aplicándoles las medidas de seguridad adecuadas a cada uno de ellos.

Desafortunadamente, la estrategia de almacenamiento se nos puede complicar debido al hecho de que es fácil encontrar productos químicos que se pueden clasificar en dos o más grupos simultáneamente. Así, por ejemplo, el fluoruro de hidrógeno es un gas tóxico que en contacto con la humedad se hace corrosivo. Los ácidos nítrico y perclórico son ácidos muy fuertes, aparte de ser también fuertemente oxidantes. El cloruro de acetileno es inflamable, tóxico y reacciona violentamente con el agua.

Se hace necesario establecer un criterio adicional. La segregación debería realizarse atendiendo, en primer término, a la inflamabilidad pues el incendio es el accidente que puede reportar consecuencias más graves y que se da con mayor frecuencia, y en segundo término, a la incompatibilidad del producto con el agua por ser éste el agente extintor más adecuado y efectivo contra los incendios y que en contacto con ciertos productos químicos liberaría productos inflamables, tóxicos o corrosivos o que por la insolubilidad del producto y de menor densidad que el agua fría pudiera extender el incendio.

Así, las separaciones entre grupos de productos podría establecerse de la siguiente manera:

- Grupo 1: Inflamables compatibles con el agua.
- Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua.
- Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua.
- Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua.
- Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales.
- Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperatura ambiente que necesitan un ambiente refrigerado.
- Grupo 7: Pirofóricos.
- Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones.



Medidas preventivas

Grupo 1: Inflamables compatibles con el agua

Sólidos, como el azufre, y líquidos, como la acetona, metanol, etanol o ácido acético, son algunos ejemplos de este grupo.

El volumen de estos productos almacenados determinará si es necesario disponer de un almacén exclusivo para ellos, o simplemente bastará con un armario de seguridad o, incluso, una separación física con otros grupos mediante un tabique o material incombustible. Siempre que sea posible, se recomienda la instalación de rociadores (o sprinklers) para el control o la extinción automática de incendios, sin riesgos para el personal. También es recomendable la instalación de cubetas, o simples bandejas si son pequeñas cantidades, para la retención de posibles derrames o fugas.

Si un producto de este grupo posee características de toxicidad acentuadas, como, por ejemplo, la acrilamida, epíclorhidrina, disulfuro de carbono o acroleína, debería constituirse como subgrupo, separándose del resto, colocándose en otra zona, o dependencia, o armario con buena ventilación. Si estos productos deben ser transvasados en el interior del almacén se recomienda la instalación de un adecuado sistema de extracción localizada que evite la acumulación de vapores.

Igualmente, si en este grupo existieran productos *peroxidables*, como el tetrahidrofurano o el dioxano, deberíamos separarlos del resto, almacenándolos en lugares frescos, preferentemente oscuros, y llevando un control del tiempo que permanece en stock, sobre todo si el envase ya ha sido abierto.

Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua

Los mismos criterios y normativa serán aplicables en este grupo, excepto, lógicamente, en la presencia de agua.



Como mencionamos anteriormente, la incompatibilidad con el agua se puede dar de dos maneras distintas:

- La primera, en base a una reactividad peligrosa. Metales alcalinos y alcalinotérreos, como el sodio, litio, magnesio (sobre todo, finamente dividido) o calcio, reaccionan vigorosamente con el agua, liberando hidrógenos, gas inflamable, capaz de inflamarse por el calor liberado en la reacción. Metales como el cinc, aluminio o boro, en estado pulverulento, también liberan hidrógeno. Hidruros como el de calcio, sodio, aluminio-litio y berilio son otros compuestos que liberan hidrógeno en contacto con el agua. Carburos como el de berilio, calcio o aluminio producen gases inflamables, tales como metano o acetileno, los cuales se inflaman con el calor de reacción liberado. Amiduros, imiduros, nitruros y fosfuros son otros ejemplos de compuestos que pueden generar gases inflamables, incluso con resultado de explosión.

El hidrosulfito o ditionito, de sodio es una sustancia sólida inflamable de amplio uso industrial que, en presencia de humedad, puede calentarse hasta el punto de ser capaz de incendiar materias combustibles próximas a él. Su descomposición por calentamiento puede desprender oxígeno, que apoya la autocombustión. El bisulfito de sodio, formado en contacto con el agua, es también posible que se inflame cuando se seca.

- La segunda, en base a la inmiscibilidad y menor densidad que el agua, hecho que puede dificultar las tareas de extinción. En este caso, el criterio de almacenamiento será muy parecido al del grupo 1, pudiéndose incluso almacenarse junto a ellos si las cantidades son pequeñas como, por ejemplo, el almacén de un laboratorio. Si, por el contrario, las cantidades almacenadas son elevadas, deberá tomarse la precaución de encontrar un sistema de extinción adecuado, empleándose, generalmente, sistemas de espuma, polvo o incluso agua pulverizada. Ejemplo de estos productos son: tolueno, hexano, ciclohexano, acetato de etilo, éter de petróleo, etc.



Productos con una **toxicidad acentuada**, como el cloruro de acetilo o benceno, deberían almacenarse según hemos indicado anteriormente. Lo mismo ocurre con **peroxidables** como el éter etílico o estireno.

Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua

Este es un grupo heterogéneo de productos, donde se incluyen ácidos, bases, tóxicos, oxidantes o reductores que tienen en común su compatibilidad con el agua. Como se podrá comprobar, en este grupo también se puede presentar situaciones de incompatibilidad, lo que nos obliga a realizar varios subgrupos, atendiendo a estos riesgos.

Los tóxicos deberán almacenarse en lugares ventilados. Si alguno de ellos tiene una toxicidad muy manifiesta o es carcinogénico, como, por ejemplo, el cianuro sódico o potásico, cloruro de bario, trióxido de arsénico, óxido de cadmio o la bencidina, es recomendable almacenarlo bajo llave y con control por parte de un responsable.

Los ácidos, las bases, los oxidantes y reductores deberán almacenarse por separado. Algunos ácidos inorgánicos tienen un poder oxidante muy marcado, como, por ejemplo, el ácido perclórico o el ácido nítrico. En estos casos deberemos almacenarlos como oxidantes y alejarlos de productos y materiales combustibles. Los sólidos no suelen plantear tantos problemas como los líquidos, puesto que no fluyen espontáneamente, por lo que es más difícil un contacto accidental con otro producto sólido. No es así cuando coexisten sólidos y líquidos o líquidos juntos. En estos casos, las roturas o derrames pueden favorecer las mezclas. Por ello, conviene separar sólidos de líquidos.

Algunos ejemplos de productos del grupo 3 son los siguientes:

- Sólidos ácidos: ácido adípico, benzoico, cítrico, cianoacético, oxálico y cloroacético.
- Líquidos ácidos: ácido fosfórico y ácido clorhídrico.
- Sólidos básicos: hidróxido de bario.



- Líquidos básicos: amoníaco en solución, hidróxido de sodio en solución, etanolamina (es un líquido combustible, T_{infl} 93 °C, que, según cantidades almacenadas, debe aplicársele la ITC-MIE-APQ-001).
- Sólidos reductores: sulfato de hidracina e hidrocloreuro de hidroxilamina.
- Líquidos reductores: solución de formaldehído.
- Sólidos oxidantes: nitrato de amonio, perclorato de amonio, persulfato de amonio, dióxido de manganeso, clorato de potasio, nitrato de plata y permanganato de potasio.
- Líquidos oxidantes: hipoclorito de sodio, ácido perclórico y ácido nítrico (no fumante).
- Sólidos tóxicos: 1-cloro-2,4-dinitrobenceno, óxido de cadmio, bencidina, cianuro de potasio y cloruro de mercurio.
- Líquidos tóxicos: dimetilsulfato (combustible, T_{infl} 83 °C), cloropicrina, cloroformo y tetracloruro de carbono.
- Otros sólidos (riesgos moderados): carbonato de calcio, caprolactama, sulfato de amonio, tiocianato de amonio, sulfato de cobre y cloruro de cinc.
- Otros líquidos (riesgos moderados): acetofenona (combustible, T_{infl} 82 °C) y 1,1,1-tricloroetano.

Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua

Este grupo, al igual que el anterior, es heterogéneo, con el agravante que al contacto con el agua producen reacciones peligrosas.

- Peróxidos inorgánicos, como el de sodio, potasio, estroncio o bario, producen reacciones muy violentas con el agua.
- También algunos óxidos inorgánicos, como el óxido de calcio, cesio o trióxido de cloro, el cual reacciona de forma explosiva con formación de cloro y oxígeno.
- Los hidróxidos inorgánicos en estado sólido, como el hidróxido de potasio o sodio, liberan mucho calor en contacto con el agua, pudiendo dar lugar a proyecciones líquidas corrosivas.
- Los haluros (fluoruros, cloruros, bromuros o ioduros) generan reacciones violentas, liberando sustancias ácidas corrosivas, generalmente los



hidrácidos correspondientes. Por ejemplo, el fluoruro de formilo (HCOF) libera, además de fluoruro de hidrógeno (muy corrosivo y tóxico), monóxido de carbono, gas muy tóxico.

- El ácido sulfúrico concentrado es una sustancia ampliamente utilizada que reacciona con el agua, liberando gran cantidad de calor y pudiendo provocar proyecciones corrosivas.
- Los subgrupos se constituirán como en el grupo 3, separando ácidos, bases, oxidantes, reductores y tóxicos.

Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales

Este grupo lo componen productos químicos que se tornan inestables a temperaturas moderadamente superiores a la temperatura ambiente. Por ejemplo, el peróxido de hidrógeno es una sustancia oxidante fuerte, soluble en agua, que puede descomponerse violentamente al estar expuesta a calor excesivo. Los peróxidos orgánicos son también muy sensibles a la temperatura, como, por ejemplo, el peróxido de benzoilo, que es un oxidante fuerte que puede descomponerse a temperaturas superiores a 80 °C.

El ácido pícrico, en forma sólida, es explosivo a temperaturas del orden de 300 °C.

El almacenamiento de estas sustancias deberá asegurar el alejamiento de fuentes de calor. Huelga decir que en este grupo pueden existir subgrupos de incompatibilidad y que, si en el lugar del almacenamiento de los grupos anteriores no existen fuentes de calor peligrosas, los productos de este grupo 5 podrían asimilarse al resto, en función de sus riesgos y compatibilidad con el agua.

Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperatura ambiente que necesitan un ambiente refrigerado.

El grupo 6 requiere para su almacenamiento un frigorífico o una habitación fría, que posean dos características esenciales: interior libre de posibles focos de ignición y disposición de sistemas alternativos de suministro energético para el



caso de fallo de la fuente principal energética, con el consiguiente riesgo de calentamiento. Atención, sobre todo, a los frigoríficos domésticos. Una parte importante de laboratorios utilizan estos frigoríficos para almacenar dichos productos e incluso inflamables estables. Estos comportan un grave riesgo de explosión, debido a que el frigorífico es un recinto cerrado que contienen elementos eléctricos en su interior. Una acumulación de vapores inflamables, seguida de una chispa producida por algún elemento eléctrico, se convierte en un artefacto explosivo que puede destruir un laboratorio, como de hecho ya ha ocurrido. No almacenar nunca productos inflamables estables en frigoríficos de este tipo. Y si es preciso almacenar productos inflamables inestables, deberá adquirirse un frigorífico con garantías de no tener elementos internos que puedan producir fuentes de ignición. También cabe la posibilidad de adaptar un frigorífico doméstico, eliminando todo elemento eléctrico en su interior.

Ejemplos de este grupo son el acetaldehído (inflamable) y el yoduro de metilo.

Grupo 7: Pirofóricos

Los productos pirofóricos arden espontáneamente en contacto con el aire y, normalmente, en contacto con el agua.

Cada producto pirofórico debe almacenarse en recipientes especiales, requiriendo, en muchas ocasiones, de atmósferas inertes y secas.

Un ejemplo de sustancia pirofórica es el fósforo blanco, sólido que se inflama espontáneamente con aire. En cambio, no reacciona con el agua, por lo que puede transportarse en un contenedor con agua o también en un recipiente que contenga una atmósfera inerte.

Otros ejemplos pirofóricos son las siguientes sustancias organometálicas: dietilcinc, soluciones trietilaluminio o soluciones de butillitio, los cuales reaccionan con aire y con agua.



Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones.

El almacenamiento de gases contenidos en botellas y botellones viene regulado por la ITC-MIE-APQ-005. En términos generales, podemos resumir esta ITC diciendo que las botellas y botellones de gases deben estar almacenados en lugares bien ventilados, ubicados preferentemente en el exterior, libres de toda fuente de ignición, colocados en posición vertical, debidamente protegidos para evitar su caída, separando físicamente (por una distancia determinada o por un muro) los gases inflamables del resto (oxidantes, inertes, tóxicos y corrosivos), y las botellas llenas de las que estén vacías.

Almacenamiento de pequeñas cantidades. Laboratorio

Se recomienda seguir en el mayor grado posible la estrategia de almacenamiento anterior, aunque podemos simplificarla de la siguiente manera:

Los inflamables, compatibles o incompatibles con el agua en términos de inmiscibilidad (no por reactividad peligrosa), separados del resto y almacenados en un armario de seguridad o en una zona ventilada y libre de focos de ignición.

- Ácidos fuertes.
- Bases fuertes.
- Oxidantes fuertes.
- Reductores fuertes.
- Tóxicos que no posean ninguno de los riesgos anteriores. En tal caso, se almacenarán con el grupo de riesgo correspondiente. Los muy tóxicos o carcinógenos, será recomendable almacenarlos con un control por parte del responsable e incluso bajo llave.
- Gases, aparte, preferiblemente en el exterior.
- Productos químicos de especial peligrosidad (incompatibles con el agua, inestables, pirofóricos, etc.), almacenados en las condiciones preventivas necesarias en función de lo explicitado anteriormente.
- Resto de productos sin riesgos específicos.



ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

1. Almacenar en los lugares de trabajo las cantidades de productos químicos que sean estrictamente necesarias. De este modo, es más fácil aislar y disminuir los peligros que se derivan de su manipulación y dotar a las instalaciones y locales de los medios de seguridad adecuados.
2. guardar los líquidos peligrosos en recipientes abiertos. Los envases adecuados para tal fin se deben cerrar después de ser usados o cuando queden vacíos. Serán, preferentemente, de seguridad (con cierre automático).
3. Almacenar las sustancias peligrosas debidamente separadas, agrupadas por el tipo de riesgo que pueden generar (tóxico, de incendio, etc.) y respetando las incompatibilidades que existen entre ellas: por ejemplo, las sustancias combustibles y reductoras deben estar separadas de las oxidantes y de las tóxicas.
4. Colocar los recipientes de pequeña capacidad que contengan sustancias corrosivas, como los ácidos y los álcalis, separados entre sí y sobre bandejas que puedan retener los derrames producidos en el caso de rotura del recipiente.
5. Elegir el recipiente adecuado para guardar cada tipo de sustancia química y tener en cuenta el posible efecto corrosivo que pueda tener sobre el material de construcción del envase. Los recipientes metálicos son los más seguros.
6. Guardar sólo pequeñas cantidades de productos en recipientes de vidrio, ya que este material es muy frágil. Esta clase de envases deben transportarse protegidos y las botellas de dos litros tienen que disponer de un asa que facilite su manejo.
7. Tener en cuenta que el frío y el calor deterioran el plástico, por lo que este tipo de envases deben ser revisados con frecuencia y mantenerse protegidos del sol y de las bajas temperaturas. Los envases empleados para guardar sustancias peligrosas deben ser homologados.
8. Disponer de una buena ventilación en los locales, especialmente en los lugares donde se almacenen sustancias tóxicas o inflamables, así como de sistemas de drenaje que ayuden a controlar los derrames que puedan producirse (rejillas en el suelo, canalizaciones, etc.).
9. Dividir las superficies de los locales en secciones distanciadas unas de otras, que agrupen los distintos productos, identificando claramente qué sustancias son (siempre con etiquetas normalizadas) y su cantidad. En el caso de una fuga, derrame o incendio, podrá conocerse con precisión la naturaleza de los productos almacenados y actuar con los medios adecuados. También se deben despejar los accesos a las puertas y señalar las vías de tránsito.
10. Evitar realizar trabajos que produzcan chispas o que generen calor (esmerilar, soldar, amolar, etc.) cerca de las zonas de almacenamiento, así como el trasvasar sustancias peligrosas.
11. Los locales en los que se almacenen sustancias químicas inflamables deberán, además, cumplir con una serie de requisitos básicos: evitar la existencia de focos de calor; disponer de paredes de cerramiento resistentes al fuego y puerta metálica; contar con una instalación eléctrica antiexplosiva; tener una pared o tejado que actúe como paramento débil para que en caso de deflagración se libere la presión a un lugar seguro; y disponer de medios de detección y protección contra incendios.
12. Seguir procedimientos seguros en las operaciones de manipulación y almacenamiento, por lo que las personas que trabajan con sustancias químicas deben estar informadas y formadas sobre los riesgos que comporta trabajar con ellas.

ETIQUETADO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS. SÍMBOLOS DE PELIGRO Y SU SIGNO.

Sustancias explosivas:

Son sustancias muy peligrosas y deben ser almacenadas en lugares separados.



Sustancias y preparados que pueden explotar bajo el efecto de una llama o que son muy sensibles a los choques o a la fricción y pueden explotar bajo determinadas condiciones.

Precaución: Evitar choque, percusión, fricción, chispas y calor.

Ejemplos: nitroglicerina, dinamita, peróxido de dibenzoilo, nitrocelulosa con más del 12.6 % de nitrógeno.

Sustancias comburentes:



En contacto con otros originan una reacción fuertemente exotérmica. Aumentan la violencia de la reacción y favorecen la rápida propagación del fuego.

Los compuestos oxidantes pueden inflamar sustancias combustibles o favorecer la amplitud de incendios ya declarados, dificultando su extinción. Pueden mantener un incendio sin necesidad de aportación de aire (oxígeno)

Precaución: Evitar cualquier contacto con sustancias combustibles

Ejemplos: Nitrato de potasa, peróxido de sodio, peróxido de hidrógeno, ácido perclórico.

Sustancias (fácil y extremadamente) inflamables:



Su punto de destello es igual a 21 grado centígrado.

1. Sustancias autoinflamables.

Precaución: Evitar el contacto con el aire.

2. Gases fácilmente inflamables.

Precaución: Evitar la formación de mezclas inflamables gas-aire y aislar las fuentes de ignición.

3. Sustancias sensibles a la humedad productos químicos que desarrollan emanaciones de gas inflamable en contacto con el agua.

Precaución: Evitar el contacto con la humedad o el agua.

4. Líquidos inflamables.

Líquidos con un punto de inflamación inferior a 21 grados centígrados

Precaución: Aislar de llamas, fuentes de calor y chispas.

Sustancias tóxicas:

Estas sustancias son muy peligrosas para la salud si se inhalan, ingieren o entran en contacto (muy) tóxicas con la piel e incluso pueden causar la muerte.

Precaución: Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano y en caso de malestar recúrrase inmediatamente al médico.

Sustancias corrosivas:

En contacto con los tejidos vivos pueden ejercer sobre ellos una acción destructiva.

Precaución: No inhalar los vapores y evitar el contacto con la piel, los ojos y la ropa.

Sustancias nocivas:

La incorporación de estas sustancias por el organismo produce efectos nocivos de menor trascendencia.

Precaución: Evitar el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de vapores. En caso de malestar recurrir al médico.

Sustancias Irritantes:

Este símbolo indica aquellas sustancias que pueden producir acción irritante sobre la piel, en los ojos y sobre los órganos respiratorios.

Precaución: No inhalar los vapores y evitar el contacto con la piel y los ojos.

Sustancias peligrosas para el medio ambiente:













Presentan riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

Frases R y S:

R- Riesgos específicos de las sustancias peligrosas. Ejemplo R 22 Nocivo por ingestión.

S- Consejos de prudencia relativos a las sustancias peligrosas. Ejemplo S 3 Consérvese en lugar fresco.

CUADRO RESUMEN DE INCOMPATIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS.

| |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | - | - | - | <input checked="" type="checkbox"/> |
|  | - | <input checked="" type="checkbox"/> | - | - | - |
|  | - | - | <input checked="" type="checkbox"/> | - | <input checked="" type="checkbox"/> |
|  | - | - | - | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | - | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

| | |
|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Se pueden almacenar conjuntamente. |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención. |
| - | No deben almacenarse juntas. |



ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

1. Es obligatorio que los fabricantes, comerciantes o distribuidores de productos químicos peligrosos los etiqueten correctamente, tal y como indica el Real Decreto 363/95.
2. Los envases con productos intermedios o restos de trasvases, así como los que contengan cualquier residuo, deben etiquetarse de forma que se dé la información necesaria sobre su contenido y peligrosidad.
3. Toda etiqueta debe contener los siguientes datos: nombre de la sustancia o del preparado; nombre, dirección completa y teléfono del responsable de la comercialización (fabricantes, importadores o distribuidores); pictogramas e indicaciones de peligro, que estarán impresos en negro sobre fondo anaranjado; "frases R" que definen los riesgos que se atribuyen a las sustancias y complementan lo indicado en el pictograma; "frases S" que enuncian las recomendaciones de prudencia adecuadas para el trabajo con sustancias peligrosas. Es opcional que figure el teléfono del Instituto Nacional de Toxicología.
4. La etiqueta debe colocarse en zonas visibles del envase, no se debe poder borrar o quitar y tiene que ser legible. El idioma utilizado debe corresponder a la lengua o lenguas oficiales del Estado.
5. Las indicaciones incluidas en la etiqueta deben estar sólidamente fijadas en una o varias caras del envase, o impresas directamente en él.
6. El tamaño de la etiqueta debe ser acorde con el tamaño y forma del envase, para que permita su lectura de forma clara.
7. El color y la presentación de la etiqueta deben permitir que pictogramas, letras y fondo queden claramente diferenciados.
8. Hay que almacenar los productos peligrosos siguiendo las indicaciones de seguridad de la etiqueta ("frases S").
9. Existen otras fuentes de comunicación del riesgo químico que complementan la función realizada por las etiquetas, como las Fichas de Datos de Seguridad (FDS); éstas es obligatorio que se faciliten al "usuario profesional" con la primera entrega del producto. Las FDS, además de informar sobre la naturaleza y composición de los productos, así como de su peligrosidad, aportan otros aspectos como son, entre otros: la gestión de residuos, primeros auxilios, valores límite y datos fisicoquímicos o toxicológicos.
10. Es obligatorio informar y formar a los trabajadores sobre los riesgos de su puesto de trabajo y de los productos químicos que se utilizan. Por parte de los trabajadores, es obligatorio participar en las actividades formativas.
11. Se debe disponer de los equipos de protección individual (EPI) o colectivos, y usarlos si lo indica la etiqueta del producto con el que se está trabajando.
12. Las sustancias inflamables deben conservarse alejadas del calor y de toda llama o fuente de chispa.



ANEXO II: ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA

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

Vertidos

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

Atmósfera contaminada

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

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

Si la contaminación es débil.

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

Si la contaminación es importante.

- Activar el sistema de emergencia (ver más adelante).
- Evacuar el personal del local.

Avisar al equipo de intervención provisto del material de protección adecuado al riesgo: equipos de protección respiratoria, vestidos de protección, guantes, etc.



- Cerrar todos los aparatos con llama si el producto contaminante es volátil e inflamable. Abrir las ventanas.
- Poner en marcha las vitrinas.
- Si ha tenido su origen en un vertido, absorberlo con el absorbente indicado para dicho vertido y guardarlo en un recipiente estanco, lavando y aclarando con agua corriente, siempre empleando guantes. Si no se dispone del absorbente adecuado, emplear papel absorbente.
- Prohibir la entrada al local hasta que la concentración ambiental de la sustancia peligrosa en la atmósfera deje de ser un riesgo.
- Hacer mediciones ambientales para conocer los niveles de contaminación.

Incendio

Una parte importante de las instrucciones generales de seguridad en el laboratorio están destinadas a la prevención y protección contra incendios. El conjunto de una adecuada prevención y una rápida detección y actuación son las armas más eficaces para la reducción del riesgo de incendio. Deben considerarse siempre todas las medidas encaminadas en este sentido (normas de trabajo, instalaciones adecuadas, alarmas, sistemas contraincendios automáticos elementos de primera intervención, etc.) ajustadas a las características y necesidades de cada laboratorio.

El laboratorio debe estar dotado de extintores portátiles (agua pulverizada, halogenados, CO_2 , polvo) adecuados a los tipos de fuegos posibles, debiendo el personal del laboratorio conocer su funcionamiento a base de entrenamiento. Los extintores deben estar colocados a una distancia de los puestos de trabajo que los hagan rápidamente accesibles, no debiéndose colocar objetos que puedan obstruir dicho acceso.

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



Accidentes

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

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

Salpicaduras en los ojos y sobre la piel

Sin perder un instante lavarse con agua durante 10 o 15 minutos, empleando si es necesario la ducha de seguridad; quitarse la ropa y objetos previsiblemente mojados por el producto. Si la salpicadura es en los ojos emplear el lavaojos durante 15-20 minutos, sobretodo si el producto es corrosivo o irritante. No intentar neutralizar y acudir al médico lo más rápidamente posible con la etiqueta o ficha de seguridad del producto.

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

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



Electrocución

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

Quemaduras térmicas

- Lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada.
- no quitar la ropa pegada a la piel, tapar la parte quemada con ropa limpia.
- Debe acudir siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas.

Son recomendaciones específicas en estos casos:

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

Intoxicación digestiva

- Debe tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad.
- La actuación inicial está encaminada a evitar la acción directa del tóxico mediante su neutralización o evitar su absorción por el organismo.
- Posteriormente, o en paralelo, se tratan los síntomas causados por el tóxico.
- Es muy importante la atención médica rápida, lo que normalmente requerirá el traslado del accidentado, que debe llevarse a cabo en condiciones adecuadas.
- No debe provocarse el vómito cuando el accidentado presenta convulsiones o está inconsciente, o bien se trata de un producto corrosivo o volátil.
- Para evitar la absorción del tóxico se emplea carbón activo o agua albuminosa.



- Existe una lista de antídotos recomendada por la UE (Anexo III de la Resolución 90/329/03).
- En caso de pequeñas ingestiones de ácidos, beber solución de bicarbonato, mientras que se recomienda tomar bebidas ácidas (refrescos de cola) en el caso de álcalis.



ANEXO III: Duchas de seguridad y fuentes lavaojos

Seguidamente se resumen, a modo de recomendación, las características principales que deben reunir las duchas de seguridad y las fuentes lavaojos, que pueden ser colocados juntos o separadamente.

Situación del sistema

El lugar elegido para la implantación del sistema:

- Deberá estar a menos de 8m de los puestos de trabajo, al objeto de que una posible proyección o salpicadura a los ojos sea atendida en menos de 15 segundos.
- Deberá ser fácilmente visible y accesible.
- No deberá tener en sus proximidades enchufes ni aparatos eléctricos.
- Deberá estar situado en dirección a la salida habitual del laboratorio, y deberá estar libre de materiales, aparatos y productos.
- Los lugares más habituales para la instalación del sistema en el laboratorio son:
 - Formato parte de la mesa central.
 - Junto a la puerta principal.
 - Encima de las puertas del laboratorio (las duchas).
 - En el ángulo formado por la pared que contiene la puerta de salida con la pared que contiene las vitrinas.
- Otra posible ubicación para las duchas de seguridad es el corredor del departamento debido a que:
 - No ocupa espacio útil.
 - No presentan problemas con aparatos e instalaciones eléctricas.
 - Permite cubrir la emergencia de un incendio en los locales que carecen de ellas.

No obstante, la situación de fuentes lavaojos en los corredores de departamento puede significar un entorpecimiento en caso de evacuaciones de emergencia.



Características de las duchas de seguridad

- La distancia del suelo a la base de la cabeza de la ducha suele ser de 2,1 a 2,3 metros.
- La distancia desde el suelo al pulsador debe estar próxima a los 2m.
- La separación del eje de la cabeza a la pared debe ser de 60-70 cm.
- Debe disponer siempre de desagüe.

La ducha deberá proporcionar un caudal de agua capaz de empujar al sujeto inmediatamente y debería ser lo suficientemente amplia como para acomodar a dos personas si fuese necesario.

El agua suministrada deberá ser potable, siendo recomendable que sea templada (entre 20 y 35°C) para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada o en shock. Se evita de esta manera también que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante.

El cabezal deberá tener no menos de 20 cm. de diámetro, y agujeros lo suficientemente gruesos como para que no se obstruyan fácilmente con los depósitos. En ocasiones, se pueden asociar varias de menor diámetro de forma que se consiga una superficie de riesgo semejante a la anterior.

Las llaves de cierre de agua de la instalación deben estar situadas en un lugar no accesible para el personal al objeto de evitar que se corte el suministro porque aparezcan pequeñas fugas o anomalías. Estas llaves deben cerrarse exclusivamente en el momento de efectuar la reparación, por lo que ésta se llevará a cabo inmediatamente de ser detectada la anomalía. Por ello, cualquier anomalía debe ser inmediatamente comunicada y reparada.

La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido, por lo que no deben utilizarse los grifos convencionales. El pulsador-accionador debe ser fácilmente atrapable. Así los modelos más adecuados son los que constan de un accionador triangular unido al sistema mediante una barra rápida (mejor que con cadena).



Los pulsadores de pie no suelen utilizarse en las duchas, por la facilidad de que se pisen inadvertidamente dando lugar al accionamiento del sistema y a tropiezos con caídas. Una excepción son los sistemas que se accionan al situarse sobre una plataforma.

Un dispositivo muy conveniente es el que al ponerse en funcionamiento la ducha se active un sistema de alarma acústica o visual en las áreas inmediatas, al objeto de que el resto del personal se entere de que la situación existe, y pueda acudir en auxilio.

Las duchas colocadas en los vestuarios pueden realizar las funciones subsidiarias de las duchas de seguridad, especialmente en casos de pequeñas quemaduras o salpicaduras en la ropa, ya que al hallarse fuera de la vista, permiten a la persona afectada despojarse de la misma sin ningún tipo de complejos.

Características de las fuentes lavaojos

Es un sistema construido fundamentalmente por:

- Dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara. La separación entre las boquillas suele estar comprendida entre 15 y 20 cm.
- Una pileta de 25 a 35 cm provista del correspondiente desagüe.
- Un pie para soporte de la pileta en el caso de que no esté adosada a la pared.
- Las fuentes lavaojos se suelen accionar mediante un pedal, aunque existen modelos de accionamiento manual.

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

Mantenimiento de la instalación

Se debe comprobar diariamente que hay agua en la ducha y la fuente lavaojos.



Periódicamente se comprobará:

- El estado general de la instalación.
- El estado de las válvulas.
- Que las válvulas se accionan suavemente.
- El estado de los desagües.
- Que el flujo suministrado es el adecuado.
- Se eliminarán los depósitos calcáreos que pueden llegar a obstruir la ducha.
- Cualquier corte del agua de la instalación general deberá ser comunicado previamente al laboratorio al objeto de que se tomen las precauciones oportunas.

Obligaciones del personal

El personal deberá conocer:

- Cuál es la ubicación de la ducha de seguridad y fuente lavaojos.
- Cómo se pone en funcionamiento el sistema.
- Cuáles son los métodos de descontaminación, los primeros auxilios (tiempo de lavado) y la manera de actuar en caso de emergencia.

El personal, asimismo, deberá ser entrenado para llegar a ella con los ojos cerrados.