

Danilo Ribotta

**HIGIENE Y SEGURIDAD
EN EL LABORATORIO**

QUI

HIGIENE
Y SEGURIDAD
EN EL LABORATORIO

**UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL LITORAL**



Higiene y seguridad en el laboratorio





**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DEL LITORAL**

Rector **Enrique Mammarella**

Director de Planeamiento y Gestión Académica **Daniel Comba**

Directora Ediciones UNL **Ivana Tosti**

.....

Ribotta, Danilo

Higiene y seguridad en el laboratorio /

Danilo Ribotta. - 1a ed. - Santa Fe :

Ediciones UNL, 2020.

Libro digital, PDF - (Cátedra)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-749-190-6

1. Seguridad. 2. Higiene. I. Título.

CDD 363.11

.....

© Danilo Ribotta, 2020.

© ediciones  UNL, 2020

Coordinación editorial

María Alejandra Sadrán

Coordinación diseño

Alina Hill

Producción general

Ediciones UNL

—

editorial@unl.edu.ar

www.unl.edu.ar/editorial

.....



hdl.handle.net/11185/5529

Higiene y seguridad en el laboratorio

Danilo Ribotta

Índice

- 9 Prólogo
- 11 Presentación
- 13 **Capítulo 1**
El laboratorio y sus anexos
- 37 **Capítulo 2**
Riesgos importantes en el laboratorio
- 55 **Capítulo 3**
Riesgo de incendio
- 77 **Capítulo 4**
Riesgos ambientales en el laboratorio
- 95 **Capítulo 5**
Higiene ambiental en el laboratorio
- 113 **Capítulo 6**
Riesgos producidos por métodos, técnicas y equipos de laboratorio
- 149 **Capítulo 7**
Organización de la seguridad integrada en el laboratorio
- 155 **Capítulo 8**
Elementos de protección y acción en casos de emergencia
- 164 Anexo A
Manejo de cilindros de gases especiales envasados y reductores de presión

- 167 Anexo B
Primeros auxilios en el laboratorio
- 182 Anexo C
Botiquín de primeros auxilios
- 184 Anexo D
Recomendaciones generales de trabajo en laboratorios
fisicoquímicos
- 190 Anexo E
Recomendaciones generales de trabajo en laboratorios
bioquímicos y biológicos
- 193 Anexo F
Incompatibilidad de los compuestos químicos
- 196 Anexo G
Evaluación de la seguridad en un laboratorio
- 202 Anexo H
Etiquetado de sustancias y preparados peligrosos
- 209 Anexo I
Reglamento de seguridad en laboratorios de la Facultad
de Ingeniería Química (UNL)
- 213 Anexo J
Acondicionamiento de un laboratorio
- 217 Anexo K
Auditoría de seguridad en el laboratorio

- 222 Anexo L
Metodología para extinguir un incendio con extintores portátiles
- 223 Anexo M
Señalización y colores de seguridad
- 231 Anexo N
Glosario de acrónimos sobre higiene y seguridad
y organismos de normalización
- 234 Bibliografía general y documentos

Dedicado

A Leonor, in Memoriam

A mi esposa Olga

A mis hijos: Alejandro Danilo, Pablo Adrián

A mis nietos: Abril, Gabriel Omar y Valentino

Agradecimientos

Al Ing. Miguel Ángel Barral, por sus consejos y lectura del texto

Al la Ing. Ester Mercedes Ocampo, por alentarme a realizar el escrito

Al Téc. Rubén Pantanali, por su colaboración en el diseño de los dibujos y gráficos

A mi esposa, por el apoyo brindado durante la elaboración del trabajo

Prólogo

Higiene y seguridad en el laboratorio es un libro que aborda temas a los que no siempre se les ha dado la importancia que tienen. De la lectura de la obra se deduce que la intención del autor es crear conciencia respecto de la problemática de la higiene y seguridad en los laboratorios.

Por los temas abordados: riesgo de incendio, riesgo eléctrico, riesgo químico, riesgos producidos por métodos, técnicas y equipos, riesgos ambientales, organización de la seguridad integrada, elementos de protección y acción en casos de emergencia, se infiere que el texto está dirigido a profesionales que se desempeñan en los distintos laboratorios, tales como fisicoquímicos, biológicos y bioquímicos. Además, en él se resaltan las causas técnicas y humanas, causantes de accidentes y enfermedades profesionales.

Los anexos o apéndices que lo acompañan –abarcativos de conceptos tales como primeros auxilios, manejo de cilindros de gases especiales, botiquín de primeros

auxilios, recomendaciones de trabajo en laboratorios fisicoquímicos, bioquímicos y biológicos, incompatibilidades de compuestos químicos, evaluación de la seguridad, etiquetados de sustancias y preparados peligrosos, auditoría de seguridad, metodología para extinguir un incendio, señalización y colores de seguridad en laboratorios– son secciones relativamente independientes que ayudan a una mejor comprensión y que permiten una aplicación rápida de los conocimientos.

Esta edición está desarrollada según la Ley 19584 de Higiene y Seguridad del Trabajo y la Ley 24557 de Riesgos del Trabajo, y según las distintas normas, como la IRAM, DIN y otras relacionadas con los temas abordados.

Con esta obra Danilo Ribotta logra reunir importante información para todos aquellos que trabajan en los laboratorios y para los que inician tareas en los mismos.

*Miguel Ángel Barral**

* Ex Director Provincial de Saneamiento Ambiental y Ecología (Ministerio de Salud, Provincia de Santa Fe). Ex Profesor Titular de Higiene Ambiental (Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe). Ex Asesor de la Comisión de Seguridad (Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe).

Presentación

En nuestro país tenemos la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, aprobada y sancionada por Boletín Oficial (BO) el 28 abril de 1972 y reglamentada por Decreto N° 351 del 5 de febrero de 1979, y la Ley 24.557 de Riesgos de Trabajo, sancionada el 13 de octubre de 1995, s/BO del 2 de octubre de 1995 y puesta en vigencia el 1° de julio de 1996 (Decreto 659/1996). Pese a ello, poseemos una reglamentación específica para los laboratorios en cuanto a higiene y seguridad en el trabajo.

A los efectos de este trabajo se propone adoptar la misma en todos aquellos aspectos que hacen a la funcionalidad, planificación y servicios generales y en todo lo relacionado con la prevención de accidentes en los laboratorios: químicos, físicos y biológicos. La mayoría de los países del mundo tiene normas y leyes de seguridad e higiene en el trabajo para el sistema “industria” similares a las de nuestra Ley 19.587.

Según estadísticas emanadas de las industrias, de las Aseguradoras de Riesgos de Trabajo (ART) y de los Organismos de Enseñanza Técnica y Universitaria, se infiere que los accidentes ocurren en personas jóvenes con menos de dos años de experiencia en el trabajo; pero no se cuenta con estadísticas de accidentes en los laboratorios en general. Esto lleva a pen-

sar que el aspecto “higiene y seguridad en laboratorios” no recibe la adecuada atención que se merece y sólo se valora cuando los accidentes se producen y cuando se cuantifican las pérdidas humanas y/o materiales y sus consiguientes costos.

En los últimos años, las organizaciones industriales y de enseñanza han comenzado a tener en cuenta la “prevención de accidentes en los laboratorios”.

Sin temor a equivocarnos, podemos decir que los distintos laboratorios, de acuerdo con su especialidad, tienen y aplican medidas de prevención propias.

Al comparar la información de esas medidas o normas, encontramos que tienen puntos en común. Ordenar esa información permite establecer la importancia de las condiciones en las que se encuentra el laboratorio, por un lado, y el “factor humano”, no sólo en la prevención de accidentes sino en otras actividades relacionadas con la industria y el sistema académico, por el otro.

El laboratorio es importante para cualquier analista por dos razones: porque es un lugar físico en el cual las personas pueden trabajar con total tranquilidad y seguridad ya que las condiciones estructurales, de confort y los procedimientos de trabajo están diseñados para que así ocurra. La segunda razón está vinculada al factor humano, que es el más importan-

te; en la cadena "causa-efecto", el hombre –por sus actitudes y aptitudes– es el responsable estadísticamente de más del 80% de los accidentes, acercándose al 99% según investigaciones de H. W. Heinrich y Frank E. Bird realizadas para las industrias en las décadas del '20 y del '70, respectivamente.

Cabe destacar que el presente trabajo forma parte del tema Higiene Ambiental en Laboratorios, de la asignatura Proyecto y Diseño de Laboratorios, de la carrera de Licenciatura en Química, que se dicta en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, desde el año 1966. Los temas a desarrollar en este libro están directamente relacionados con la realidad que se presenta en nuestros laboratorios y, en especial, con la de aquellos de la industria en general, de las organizaciones oficiales, de los entes autárquicos o de la actividad privada.

Asimismo, en este trabajo se relacionarán dos aspectos generales, como son la construcción de un laboratorio y/o la refor-

ma de uno existente en cualquiera de los ámbitos mencionados más arriba.

Por todo ello, los temas principales que se tratan en la presente edición son: diseño del laboratorio; accidentes y sus posibles causas (técnicas y humanas); los servicios esenciales que hacen a su funcionamiento; riesgos importantes que hay que conocer para evitar un accidente (riesgo eléctrico, riesgo de incendio, riesgos ambientales –químicos y físicos–, riesgos vinculados a la higiene ambiental, riesgos producidos por métodos, técnicas y equipos de laboratorio); organización de la seguridad integrada del laboratorio; elementos de protección y acción en caso de emergencia y, finalmente, anexos específicos para un mejor funcionamiento del sistema laboratorio.

El laboratorio es, en sí mismo, un lugar potencialmente riesgoso; convertirlo en un lugar seguro es responsabilidad de todos los integrantes del "sistema laboratorio".

Danilo H. Ribotta
Santa Fe, 2007

Capítulo 1

El laboratorio y sus anexos

1. Seguridad en el laboratorio. Introducción

Frederick Garfield, en su obra *Principios de Garantía de Calidad para Laboratorios Analíticos*, expresa: “Según la definición de seguridad de cualquier persona, un laboratorio químico no es un lugar seguro. Sin embargo en la actualidad, debido a que los analistas generalmente reconocen los peligros, (...) los accidentes mayores pueden evitarse y los pequeños pueden reducirse a un mínimo tolerable”. Clave para esta situación, por supuesto, es la capacitación adecuada de los empleados, reconocimiento y evaluación de peligros, la vigilancia apropiada del equipo, áreas y prácticas potencialmente peligrosas, y la inclusión de consideraciones de seguridad en el diseño de la instalación. Un manual de seguridad establece que “básicamente la seguridad es una *acción afirmativa* basada en el conocimiento de los peligros y otras propiedades de los materiales”.

A los estudiantes de Química generalmente se les enseña superficialmente sobre seguridad en su primera clase de trabajos prácticos. Estas actividades se les brindan en un momento en el cual aún no están preparados para entender la información. Se hace hincapié en los incendios y los solventes; quemaduras químicas y de otro tipo, protección de los ojos y los daños que pueden resultar por falta de cuidado en la utilización del vidrio y otros materiales de laboratorio y el costo de los elementos, pero quizás no se les mencione el costo del accidente desde el punto de vista humano. En un curso de química orgánica, generalmente se fija la atención en los peligros por derrames e inhalación de sustancias químicas peligrosas y tóxicas. Sin embargo, los peligros están siempre presentes y se le debe dar atención continua para evitar experiencias que pueden conducir a accidentes y/o enfermedades profesionales y para que los empleados aprendan cómo manejarlos. Un Comité de Seguridad del laboratorio que incluya a la gerencia y a los investigadores de planta es esencial para dar importancia a las prácticas de seguridad apropiadas. El comité será un punto focal para recibir inquietudes

de los empleados con relación a situaciones inseguras, hacer observaciones sobre las mismas y proporcione entrenamiento periódico al personal sobre la manera de evitar y manejar situaciones particularmente peligrosas. La mayor parte de las universidades posee Comités o Comisiones de Seguridad, de hecho en nuestra Facultad de Ingeniería Química, existe una Comisión Asesora que ha dictado su propio Reglamento de Seguridad para todo el Sistema Facultad en el año 1999 (ver *Anexo I*).

2. Planificación del laboratorio

La planificación de un laboratorio a construir, o bien a reformar, se inicia con una propuesta de diseño, continúa con el diseño y la construcción, la evaluación del mismo, si fuera necesario realizar correcciones.

2.1. Propuesta de diseño

De acuerdo con las necesidades, tendremos aspectos diferentes según:

- *Si es un laboratorio nuevo*, lo iniciamos preguntándonos ¿cuáles son las necesidades previas para un funcionamiento adecuado y para aplicar los criterios básicos como: funcionalidad; flexibilidad; seguridad e higiene, costos y, además, factores estéticos y técnicos? En determinados casos el criterio “costos” es el que establece los límites, pero los tres primeros son los que deben prevalecer para el caso que estamos tratando. Lo mismo ocurre con la ubicación física, ya sea del laboratorio de una empresa o de otra organización, teniendo en cuenta las áreas donde prestará servicios auxiliares en el sistema industrial y las características estructurales en general (como columnas, pisos, paredes, techos) y especiales (como acústica, iluminación, ventilación y servicios necesarios –energía eléctrica, gas, agua fría y caliente, vapor, sistema de evacuación de efluentes líquidos (industriales y sanitarios) y sólidos del laboratorio–). Finalmente, los elementos propios del laboratorio. Todo ello según que el tipo de laboratorio sea para la industria y/o para una organización pública o privada.

- *Si debemos modificar un laboratorio existente*, que estaba o está en funcionamiento, la importancia del nuevo planeamiento reside en que debemos saber si prestará servicios a las mismas áreas o a otras; si se utilizarán las mismas estructuras funcionales empleando todo aquello que se pueda utilizar en general (como apoyos de las columnas, pisos, muros, aberturas) o en especial (como energía eléctrica, gas, agua fría y caliente, vapor y sistemas de eliminación de efluentes líquidos y sólidos del laboratorio). Por último, los elementos que se continuarán usando (como equipos, mobiliario y anexos). Todo ello según que el tipo de laboratorio sea para la industria y/o para una organización pública o privada.

Es importante también que todo aquello que esté relacionado con la nueva planificación estructural y las necesidades del laboratorio esté precedido de las opiniones de profesio-

nales y/o técnicos que trabajan en él ya que conocen las reales necesidades de las modificaciones; después, por supuesto, trabajarán en la ejecución los arquitectos profesionales especialistas para cada una de las áreas. La importancia de la nueva modificación se debe iniciar con un estudio previo de todo lo que se posee aplicando el criterio de flexibilidad.

2.2. Diseño

Esta es la etapa en la que actúan solamente los arquitectos con la confección de los planos acorde con un programa de necesidades elaborado con la opinión de los profesionales del laboratorio.

2.3. Construcción y materiales

Una vez que el diseño está terminado, se inicia la etapa de construcción, que puede ser de un laboratorio nuevo o una modificación y, según lo visto, tanto en un caso como en otro, el arquitecto debe cumplir con el diseño tal como fue aprobado empleando los materiales de construcción en cantidad y calidad necesaria a los efectos de construir un laboratorio adecuado para que las personas que trabajen en él puedan hacerlo con total tranquilidad, seguridad y confort.

3. Causas de accidentes en la industria

Para adoptar medidas de prevención adecuadas contra accidentes es preciso saber con la mayor exactitud cómo ocurren; esto se logra con la investigación cuidadosa de cada caso.

Todo accidente, aun el más insignificante, debe investigarse. De estas investigaciones se debe encontrar no la causa, ya que no es única, sino las causas, puesto que hay factores o circunstancias concurrentes cuyo resultado es un accidente. El sólo hecho de eliminar alguna circunstancia hará posible que el accidente no ocurra o sea minimizado.

La causa principal de un accidente no es fácil de determinar, es decir, saber cómo se desarrolló en la realidad, porque además de los factores materiales debemos tener en cuenta los aspectos fisiológicos, psicológicos y educacionales del hombre; y otros como la edad del accidentado, sexo, antigüedad en el trabajo, hora del día, día de la semana, estación del año, etcétera.

4. Causas de accidentes en el laboratorio

Causa "es lo que produce, favorece, desencadena una acción, con efectos o consecuencias. En seguridad en el trabajo el efecto o la consecuencia expresan accidente o enfermedad".

Conocer la causa de los accidentes es indispensable para organizar seriamente cualquier campaña de prevención y orientar luego con posibilidades de éxito la lucha contra las posibles incapacidades resultantes de los mismos. Pero, como se comprobará, la determinación exacta de la causa verdadera directa, la más fácil de anular, conocida como causa primaria, es difícil y en ocasiones imposible.

En forma práctica la prevención de los accidentes no se realiza con acciones aisladas, por lo que es necesario establecer programas bien estructurados y posibles de ejecutar.

En general, un programa de prevención de accidentes debe iniciarse con el proyecto del laboratorio, seguir con la información y entrenamiento en normas de seguridad, el manejo de equipos de protección y supervisión y un control del programa durante y después de terminado el proyecto.

Al analizar las causas de los accidentes, es preciso indicar previamente que la policausalidad es uno de los problemas más complejos y evanescentes con los que se puede encontrar la mente humana, tanto desde el punto de vista científico, jurídico o psicológico. Será necesario capacitar para la prevención de accidentes dando importancia al aspecto psicológico que ayudará al hombre a coordinar su fuerza interior con su capacidad mental contribuyendo así a que piense en positivo durante sus actividades normales.

Podemos contribuir con la "seguridad en el laboratorio" recurriendo a la historia y a la escasa estadística, y desde allí inferir que las grandes causas que originan accidentes se pueden dividir en dos: una imputable a "condiciones peligrosas", causas técnicas, físicas o químicas; y la otra atribuible "al comportamiento imprudente del operador", como distracción, temeridad e ignorancia del peligro.

Para encontrar en forma práctica la causa de un accidente, tenemos que identificar a la causa principal –que se puede deducir considerando el criterio de "prevención"–; de ahí que la causa principal es aquella que es *más fácil de eliminar*. Lo ocurrido en un laboratorio servirá como sencillo ejemplo para aclarar lo expuesto.

Un analista sufre una caída al bajar una escalera porque ésta tenía un peldaño roto.

Al analizar el accidente se determina que:

1. En el laboratorio había una escalera con un peldaño roto.
2. El analista tomó esa escalera para buscar drogas ubicadas en un estante demasiado alto del armario.
3. Una vez localizada la droga, inicia el descenso olvidando que le faltaba un peldaño.

Cada uno de estos tres factores ya constituía un riesgo de por sí, pero el accidente sólo ocurrió cuando todos los factores confluyeron. Si se hubiera podido eliminar uno, el accidente no habría ocurrido. Para decidir cuál de los factores es la causa principal, debe elegirse aquél cuya repetición puede impedirse.

Al analizar los tres factores, si comenzamos por el *tercero* (distracción del analista) será muy difícil, casi imposible, lograr que el mismo deje de pensar en su trabajo, por lo que no prestará atención en el peldaño roto. Por lo tanto este factor no puede considerarse.

Veamos el *segundo factor* (empleo de la escalera defectuosa): podría subsanarse prohibiendo la utilización de escaleras en mal estado. Una orden de este tipo es difícil de cumplir porque siempre existe la posibilidad que al necesitarse una escalera se la tome por un momento para no perder el tiempo buscando otra en buen estado.

Finalmente, si tenemos en cuenta el *primer factor* (presencia de la escalera en el laboratorio), podría haberse evitado si el jefe del laboratorio o el encargado de la seguridad hubiese ordenado mandar la escalera rota a la carpintería para su arreglo y verificado luego que la orden se cumpliera. Este es el factor más fácil de eliminar, en consecuencia éste debe ser considerado como *causa principal* del accidente.

Una clasificación simple de causas de accidentes en el laboratorio puede ser:

| Causas | Técnicas (20%) | Humanas (80%) |
|--------|--|----------------------------------|
| | Diseño y construcción de laboratorios | Aptitud mental impropia |
| | Diseño y construcción de equipos y muebles | Falta de aptitud física y mental |
| | Diseño de depósitos, vestuarios y sanitarios | Falta de orden y limpieza |
| | | Aplicación de las 5 "eses" |
| | | Ergonomía (puesto de trabajo) |
| | | Propenso a los accidentes |

En las causas humanas es donde debemos detenernos más tiempo, pues estadísticamente el 80% de los accidentes en general se debe a este factor. Cuando lo relacionamos a causa-efecto podemos decir que el porcentaje es mayor, de acuerdo a estudios de Wilhelm M Heinrich, médico alemán, en un estudio sobre 75.000 accidentes estableció la bien conocida relación 88/10/2, cuyo significado es que "los actos imprudentes ocasionan el 88% de los accidentes, las condiciones peligrosas el 10% y las condiciones a prevenir el 2%". No obstante, en este estudio clásico, para cada accidente se dio sólo una causa y como ya se ha tenido ocasión de señalar, los accidentes ocurren como resultado de una serie de factores que influyen recíprocamente. Heinrich, al determinar para cada accidente si se debía, a su juicio, a un acto imprudente o a una condición peligrosa, eligió la imprudencia como la principal.

Y más reciente fue Frank E. Bird en 1971 quien llegó a un resultado similar: "Al estudiar unos 100 accidentes, demostró que de cada 100, 85 de ellos se debieron a prácticas inseguras y sólo uno ocurrió por condiciones inseguras. Los 14 restantes fueron una combinación de ambas causas: 99% de las veces por prácticas inseguras, e intervinieron indirectamente en el 1% de los accidentes las condiciones inseguras, ya que la condición insegura necesariamente fue causada por alguien". Por estas razones actualmente muchos consideran que la última relación es la que más se ajusta a la realidad.

4.1. Causas técnicas

Considerando que no se tienen normas oficiales y/o privadas sobre la construcción de laboratorios, podríamos adoptar la Ley 19.587 de “Higiene y Seguridad en el Trabajo” y adaptar varios de sus artículos a la construcción y funcionamiento de un laboratorio y a las medidas de prevención que se aplican en las industrias de nuestro país. Esta adaptación surge de que los laboratorios son parte integrante de una industria, como lo establece el artículo 42, capítulo 5: “En todo establecimiento que se proyecte, instale, acondicione o modifique sus instalaciones, tendrá un adecuado funcionalismo en la distribución y características de sus locales de trabajo y dependencias complementarias, previendo condiciones de higiene y seguridad en sus construcciones, en las formas, en los lugares de trabajo y en el ingreso, tránsito y egreso del personal, tanto para los momentos de desarrollo normal de sus tareas, como para las situaciones de emergencia. Con igual criterio deberán ser proyectadas las distribuciones, construcciones y montajes de los equipos, y depósitos. Los procesos riesgosos deberán quedar aislados y adecuadamente protegidos” y, en forma más general, también lo establece la Ley 24.557 de “Riesgos de Trabajo”, capítulo II, artículo 4º, inciso c: “...las medidas correctivas que deberán ejecutar las empresas para reducir los riesgos identificados y la siniestralidad registrada”.

4.1.1. Diseño y construcción de laboratorios

A los fines de planificar para la prevención, es necesario iniciar con un diseño estructural y/o de protección pasiva con el fin de lograr condiciones de trabajo seguras, confortables, funcionales, etc., para minimizar los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales.

Antes de iniciar la propuesta será necesario conocer el uso específico que tendrá el laboratorio: laboratorio químico, físico, fisicoquímico, biológico, de investigación, de docencia, de controles de rutina en una empresa, etcétera.

Además, en función de su uso, debemos establecer qué tipo de equipos serán ubicados en el mismo para prevenir potenciales riesgos por calor, frío, radiación, explosiones, vibraciones, etcétera.

Asimismo, es importante conocer aproximadamente el número máximo de personas que trabajarán al mismo tiempo, para calcular los espacios físicos necesarios de trabajo y movimientos tanto externos como internos (trabajo y desplazamientos). También es necesario saber cuáles serán las condiciones ambientales adecuadas (si ventilación natural o localizada, si iluminación natural o artificial, etc.) y/o relacionado con el medio ambiente externo (legislación municipal).

En la propuesta de diseño, además de condiciones de trabajo confortables, se debe lograr que los elementos que forman parte del diseño pasivo, reúnan determinadas condiciones. Como es el caso de las mesadas, que deben cumplir con determinadas características como: 1) ser ergonómicamente logradas (en relación con la altura, profundidad, tipo de revestimiento); 2) tener en cuenta el uso que se les dará (mesada

seca o húmeda; las primeras son especiales para trabajar con equipos eléctricos, la segunda para trabajos en general y lavado de elementos), y 3) su ubicación en el espacio físico del laboratorio (si son de tipo perimetrales o centrales).

Otro elemento que forma parte de la mayoría de los laboratorios es la *vitrina* (cabina o campana) que es un equipo de protección particular o colectivo, muy útil en el control de la exposición ambiental y de contaminantes químicos. Su correcta elección y emplazamiento, así como su utilización y funcionamiento para que la misma sea eficaz y ofrezca el nivel de protección adecuado son de suma importancia. Las vitrinas son necesarias por dos motivos: uno, que es el más común, consiste en que sirve para eliminar posibles tóxicos evacuando el aire contaminado y remplazándolo por aire nuevo; el segundo motivo es por la campana que se usa para evacuar posibles contaminantes de equipos, si es que así es considerado por los fabricantes y por el personal del laboratorio que conocen de seguridad.

Otra cosa que se deben prever en el diseño son los *servicios necesarios*: agua, gas, energía eléctrica, vapor, vacío. Tampoco debemos olvidarnos de ubicar convenientemente a todos aquellos elementos de *seguridad y primeros auxilios* que nos ayudarán en caso de accidentes, como ser armarios, botiquín, lavajos, ducha de emergencia, kit de primeros auxilios para derrames y matafuegos; todo perfectamente señalado e identificado con los colores correspondientes, según lo establecen las distintas normativas vigentes en el país (por ejemplo, norma IRAM N° 10.005, Partes I y II: "Colores y Señales de Seguridad").

Finalmente, otro factor a tener en cuenta es el confort térmico y auditivo, que contribuye a minimizar riesgos en los laboratorios y otros ámbitos de las empresas (ver en *Anexo K* cuándo no está bien definido).

4.1.2. Diseño y construcción de equipos y muebles

Cuando se diseñan o adquieren muebles para laboratorio u otras dependencias, como administración, oficinas, es importante tener en cuenta el uso que se les dará y en función de ello ver si se adecúan ergonómicamente al espacio físico y al medio ambiente donde se ubicarán a los fines de que sus estructuras sean seguras y confiables. Si son muebles para depósito de drogas, es importante que tengan divisiones para la separación de drogas sólidas de líquidas, oxidantes de reductoras, inflamables, corrosivas, etc. Los muebles deben ser resistentes al peso de las drogas, no ser demasiados altos, ni profundos, y protegidos contra la oxidación con pinturas y con los colores correspondientes según las normas vigentes.

Si son equipos que se arman en el lugar de trabajo con elementos del laboratorio, es importante hacerlo con paciencia y cuidado para que no sea causa de un posible accidente. Se debe trabajar con elementos en buen estado, en especial si son los tubos para gas o agua, y conductores adecuados si es energía eléctrica. La ventilación general de un laboratorio debe ser mecanizada y no debe interferir en la ventilación localizada.

Sí el equipo a armar o comprar trabaja con presión (reactores, autoclaves), se debe prever el lugar de ubicación de tal manera que sus válvulas de seguridad no se encuentren orientadas hacia el lugar de trabajo del personal.

Los posibles gases que generen los equipos deben ser evacuados hacia el exterior del recinto por ventilación forzada (campanas).

4.1.3. Diseño de depósitos, vestuarios y sanitarios

La Ley 19.587 de “Higiene y Seguridad en el Trabajo” establece en el artículo 42 que “todo establecimiento que se proyecte, instale, amplíe, acondicione o modifique instalaciones, tendrá un adecuado funcionalismo en la distribución y características, previendo condiciones de higiene y seguridad en sus construcciones e instalaciones, en las formas, en los lugares de trabajo y en el ingreso, tránsito y egreso del personal tanto para los momentos de desarrollo normal de tareas como las situaciones de emergencia”. Con igual criterio, deberán ser proyectadas todas las distribuciones y montaje de los equipos industriales y las instalaciones de servicio. Los equipos, depósitos y procesos riesgosos deberán quedar aislados o adecuadamente protegidos. El artículo 46 determina “que todo establecimiento dispondrá de Servicios Sanitarios adecuados e independiente para cada sexo”; y en el artículo 49 “que todo establecimiento o unidad funcional independiente tendrá los servicios sanitarios proporcionales al número de personas que trabajen en cada turno según el siguiente detalle [...] Cuando el número de trabajadores no exceda de los 5 [...] habrá un inodoro, un lavabo y una ducha con agua caliente y fría”; estos artículos nos dan lugar a tenerlos en cuenta para el proyecto de diseño y construcción de lugares anexos y servicios necesarios en un laboratorio.

4.2. Causas humanas. Factor humano

Es esencial antes de hablar de error como parte de la prevención, definir *factor humano* como “el conjunto de características inherentes al ser humano que puede conducirlo a cometer errores o adoptar comportamientos y actitudes inseguras”.

Estos errores o comportamientos inseguros son fuente de perturbaciones en las interacciones entre los componentes del sistema laboratorio.

La definición nos indica las nociones de error y comportamientos inseguros que debemos distinguirlos para no llevar a la confusión, originando acciones de prevención poco eficaces.

Error humano puede definirse como “una respuesta inapropiada, o una ausencia de respuesta a un estímulo”; por ejemplo, un analista que ante una pérdida de gas de un cilindro, en lugar de cerrar la válvula la abre más. Contrariamente a esto, los comportamientos inseguros o actitudes inseguras son “comportamientos y actitudes voluntarias o involuntarias que reflejan normas o prácticas de seguridad”; por ejemplo, si saca la

tapa de protección de un cilindro de gas antes de transportarlo. Se habla de que el 80% de los accidentes se debe a la imprudencia (que es una actitud).

Aquí es difícil hablar en porcentajes porque los límites son pequeños e imprecisos. Asimismo, ¿no podríamos decir que el factor humano está presente en todos los accidentes? Si no hubiese hombres, no habría empresas, no habría laboratorios, no habría trabajos ni accidentes. Es decir que podríamos explicar todo bajo el factor humano, así como se pueden dar cifras y estadísticas.

El mecanismo del error humano en el sistema hombre-máquina frente a un estímulo se manifiesta en tres etapas (según Barbeau, N., *Prevention*, 1979):

1. Recepción de la información
2. Decisión
3. Acción

Cada una de estas etapas tiene fuentes de error, como se puede apreciar a continuación:

| | | |
|------------------------------------|--|---|
| Recepción de la información | No la detecta | a) estímulos muy violentos o muchos estímulos a la vez b) estímulo muy débil c) contraste pobre |
| | Mala identificación | a) las mismas razones enumeradas en a b) conflicto de índices |
| Decisión | Incapacidad de llegar a una decisión por | a) falta de información |
| | Mala decisión | a) falta de información b) malas prioridades c) inhibición a la acción apropiada |
| | Falta de acción | a) secuencias no asimiladas b) incapacidad de alcanzarlas |
| Acción | Mala selección del control | a) falta de uniformidad de una disposición b) separación e identificación inadecuada c) activación no intencional |
| | Mal ajuste de los controles | a) presencia de posición de descontrol b) no conformidad en los estereotipos |

4.2.1. Actitud mental impropia

Está referida a actitudes adquiridas a través de experiencias y conocimientos que moldean al individuo. Se la puede definir como “disposición de ánimo manifestada exteriormente”.

En esta característica mental del ser humano podemos distinguir: la personalidad, el conocimiento y la aptitud al trabajo. La personalidad juega un papel importante en el comportamiento para la seguridad, ya que según de qué tipo sea la misma, frente a situaciones no comunes, puede manifestarse como comportamientos impropios como distracciones; apresuramientos y desobediencias. El conocimiento: entre las actitudes mentales impropias tenemos la falta de conocimiento por razones voluntarias o involuntarias y/o conocimientos obsoletos que generan ignorancia sobre métodos de trabajo y de procesos sobre seguridad en el trabajo, desconocimiento del peligro y de los medios para saber qué hacer frente a éste.

4.2.2. Falta de aptitud física y mental

Está referida a condiciones innatas del individuo, es decir a características biológicas y hereditarias. Podemos definir la *aptitud* como aquella "cualidad que hace de un individuo objeto apropiado para un fin".

Entre las características que hacen que un sujeto sea más o menos apto tenemos:

a) Deficiencias sensoriales: de visión, audición, tacto, olfato y gusto. Las dos últimas percepciones, por motivos de seguridad, se deben emplear con reservas, es decir nunca degustar compuestos orgánicos o inorgánicos, ni inhalar directamente y menos aún cuando se desconoce la composición del mismo.

b) Deficiencias motrices: se manifiestan en falta de precisión en la coordinación del movimiento, en la velocidad y en la fuerza muscular.

c) Alteraciones pasajeras: se manifiestan psíquicamente en el individuo, entre ellas tenemos fatiga, por falta de descanso o enfermedad; estrés, debido a condiciones psicosociales y culturales de la organización en que trabaja y del medio en general.

d) Condiciones ambientales: tales como calor, frío, ruido, iluminación, vibración, espacio físico, etcétera.

e) Aptitud para el trabajo: la aptitud para el trabajo y el conocimiento para realizarlo son dos aspectos distintos, pues se pueden tener los conocimientos pero faltar la aptitud. Por ejemplo, conoce y sabe cómo cerrar la válvula de un cilindro de gas y el sentido de giro, pero carece de la fuerza necesaria para hacerlo. Todas estas causas pueden modificar las cualidades de un individuo y hacerlo no confiable para el trabajo.

4.3. Orden y limpieza

Aprender y mantener el orden y la limpieza en un laboratorio es uno de los principales factores para evitar accidentes. Valorar la importancia de los mismos es importante y contribuye a la seguridad por el efecto psicológico que ejerce sobre los integrantes de la organización de un laboratorio. Es probable que un operario sea más cuidadoso en

un laboratorio ordenado y limpio que en aquel donde reina el desorden y se descuida la limpieza. Mantener estos aspectos no es fácil y puede ser la causa de un accidente que desmoraliza al grupo y a la persona que lo sufrió.

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Deficiencias sensoriales | Visión |
| | Audición |
| | Tacto |
| | Gusto |
| | Olfato |
| Deficiencias motrices | Precisión |
| | Rapidez |
| Falta coordinación | Fuerza muscular |
| | Fatiga |
| Alteraciones ocasionales | Estrés (presión psicosocial) |
| | Pánico (educación y terapia) |
| | Uso de drogas (médicas) |
| | Preocupaciones |
| Condiciones ambientales | Ruido |
| | Calor y frío |
| | Iluminación |
| | Partículas, gases y vapores |
| | Espacios de trabajo y circulación |
| Aptitud para el trabajo | Falta de interés |
| | Falta de conocimientos |

Por *orden* se entiende “la organización que permite disponer de un lugar adecuado para cada cosa y que cada cosa se mantenga en el lugar asignado para ello”.

En todo laboratorio, un trabajo eficiente es sinónimo de trabajo limpio y ordenado; luego, un axioma de suma importancia es aquel que dice: *Todo trabajo ordenado y limpio redundará en éxitos.*

Un laboratorio ordenado y limpio no incluye sólo la limpieza de mesadas y equipos, sino también la adquisición de hábitos de trabajo seguro, tales como:

Guardar:

- los equipos que no se usan,
- drogas que no se emplean en depósitos, armarios, refrigeradoras,
- material de vidrio limpio y seco.

No dejar:

- material de vidrio en uso, sin rotular y/o destapado por ninguna causa.

Enjuagar:

- material usado para evitar accidentes en personas sin conocimiento, en especial cuando los residuos metálicos pueden reaccionar violentamente con agua, ejemplo: Na, K, Li, Mg, etcétera.

No arrojar:

- solventes, ácidos, álcalis, compuestos corrosivos en las piletas sin un tratamiento previo de neutralización.

Esterilizar:

- medios de cultivo ya empleados antes de arrojarlos al recipiente de los residuos, así se evitara efectos no deseados en personas inexpertas que desconocen su origen.

Señalizar:

- los lugares de trabajo, pasillos, salidas de emergencia,
- los armarios de primeros auxilios.

La limpieza, como complemento del orden, comprende a la estética y la confortabilidad del lugar de trabajo. Que se materializa por la pintura adecuada de paredes, techos y pisos, la eliminación de residuos y objetos molestos, también comprende la limpieza de pisos, ventanas y luminarias.

Estas son algunas de las pautas a tener en cuenta a fin de mantener el orden y la limpieza en un laboratorio.

4.4. Las “5 s”

Crear y consolidar hábitos de trabajo correctos dentro de una disciplina de trabajo, es la consigna. El laboratorio como objetivo último a alcanzar no se puede considerar como una actividad sino como “un estado o condición que existe”. Como la industria japonesa adolecía de falta de orden, calidad y seguridad, fue que después de la Segunda Guerra Mundial, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros (JUS) recomendó el empleo en las fábricas del sistema de las “5 s” que relacionaba la producción, la calidad y la seguridad en las empresas. Dado que un laboratorio forma parte de un sistema industrial, podemos aplicar las mismas al laboratorio para lograr: Seguridad, Orden y Limpieza del lugar de trabajo. Este sistema apunta a crear un ambiente de calidad en torno de sí mismo, usando *las manos para actuar, la cabeza para pensar y el corazón para sentir*. Con esta máxima lograron los japoneses combatir los desperdicios, el desorden y la suciedad en sus fábricas.

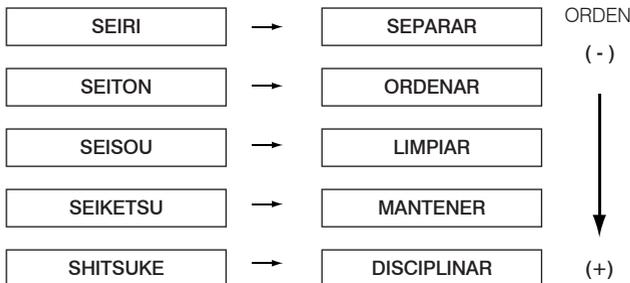
Para tal efecto sólo es necesario poner en acción los 5 sentidos que posee cada ser humano. El hecho de ser presentado en forma de pasos, apunta sólo a volver su práctica más consciente y sistemática. Si esta disciplina de trabajo no se mantiene y los

hábitos de trabajo no se consolidan, las condiciones vuelven a los viejos e indeseables niveles de partida; incluso la realización de campañas ocasionales no alcanzan los resultados previstos para convertir en hábitos la organización, el orden y la limpieza. Por ello se debe implementar una disciplina de trabajo que consista en:

- El apoyo firme de la dirección del laboratorio visiblemente involucrada y explícitamente comprometida en la consecución de tales objetivos.
- La asignación de tareas a realizar y de los involucrados en la ejecución de las mismas. Se debe decidir quién es responsable de que las actividades se deban realizar para mantener la organización, orden y limpieza.
- Integrar en las actividades regulares de trabajo las tareas de organización, orden y limpieza. de modo que no sean consideradas como “tareas extraordinarias” sino como “tareas ordinarias” integradas en el proceso normal de trabajo.
- Responsabilizar a una persona del laboratorio y hacer que comprenda las bondades del cumplimiento de los procedimientos establecidos, sin admitir ni tolerar incumplimientos ni tan siquiera excepcionalmente.

La tarea de verificación y control debe hacerse con una periodicidad establecida y es necesario, en lo posible, realizar cuestionarios de chequeo así queda documentado.

Los pasos a seguir en la aplicación de las “5 s” son:



A cada uno de los pasos del sistema lo podemos definir como:

SEIRI: hacer la distinción de lo que es necesario de lo que no lo es, eliminando este último. Por ejemplo: Separar lo que se necesita para trabajar. Separar lo que se necesita arreglar. Eliminar los desperdicios en los correspondientes recipientes.

SEITON: ubicar un objeto necesario en un lugar de fácil acceso, para que todos los integrantes del laboratorio lo ubiquen. Guardar cada elemento en el lugar adecuado. Por ejemplo, si hay algún equipo que se puede guardar en otro lugar, hacer arreglar los equipos y elementos que estén rotos o funcionen mal.

SEISOU: limpiar: polvo, manchas y suciedades mediante una limpieza normal y constante. Por ejemplo:

- Limpiar los equipos y el material empleado que esté sucio.
- Mantener limpio el lugar de trabajo, ordenar la documentación e información.

SEIKETSU: mantener los tres pasos ya dados. Por ejemplo: Limpiar el lugar de trabajo si se ensució; estar atento a las condiciones de seguridad e higiene. De este modo se mantiene en buenas condiciones la salud física y mental.

SHITSUKE: tener la capacidad de observar los pasos anteriores bajo cualquiera circunstancia. Por ejemplo:

- Mantener siempre ordenado el lugar de trabajo.
- Observar las reglas del lugar de trabajo (vestimenta, buenos modales).
- Aumentar la autodisciplina (como cumplir y ser puntual con los horarios de trabajo y de reuniones).

Posteriormente ampliaron el sistema de las “5 s” a un sistema de 6, y finalmente a uno de “9 s”. En este último se tiene en cuenta al hombre y su relación consigo mismo: disciplina y constancia; y la relación con la empresa: coordinación y estandarización. En la *Figura 1* se puede observar la distribución integral de gestión de las “5 s”, más los cuatro propósitos que hacen a las “9 s”.

| Relación con | | Nombre japonés | Significado | Propósito |
|--------------|-------------|----------------|--------------------|--|
| Las cosas | Usted mismo | SEIRI | Clasificación | Mantener sólo lo necesario |
| | | SEITON | Organización | Mantener todo en orden |
| | | SEISO | Limpieza | Mantener todo limpio |
| | | SEIKETSU | Bienestar personal | Cuidar su salud física y mental |
| | | SHITSUKE | Disciplina | Mantener un comportamiento fiable |
| | La empresa | SHIKARI | Constancia | Perseverar en los buenos hábitos |
| | | SHITSOKOKU | Compromiso | Ir hasta el final en las tareas |
| | | SEISHOO | Coordinación | Actuar como equipo con los compañeros |
| | | SEIDO | Estandarización | Unificar el trabajo a través de los estándares |

Figura 1

Cumplir con los cinco pasos o los nueve del sistema ayudará a que en el interior de cada uno ocurra la transformación; pero todo depende de la decisión personal tomada para vivir con dignidad y con seguridad, de lo contrario es muy difícil que alguien pueda ayudarnos.

4.5. Ergonomía y puesto de trabajo

La ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que apunta al mejoramiento de las condiciones del trabajo. En la mayoría de los casos se la asocia simplemente a aspectos antropométricos de diseño, ya sea de equipos, herramientas, sillas, puestos de trabajo administrativos; lo que no es poco de todos modos, atendiendo a las deficiencias que frecuentemente se observan en ese sentido.

Como en muchos casos de la vida diaria, gran parte de las soluciones ergonómicas están al alcance de la mano aplicando criterios de observación y sentido común.

Los riesgos laborales en general derivan de la organización del trabajo, del entorno laboral y de una mala adaptación del trabajador al puesto de trabajo. Sin embargo, en bibliografía suele denominarse así a los de origen psicosocial e incluso a los que originan fatiga y disconfort.

En la resolución N° 295 del MTESS/2003, en su artículo N° 1, aprueba el Anexo I "Especificaciones técnicas de Ergonomía", que pasa a integrar el Decreto 351/1979.

En el Anexo 1, expresa: "*Ergonomía* es el término aplicado al campo de los estudios y diseños como interfase entre el hombre y la máquina para prevenir la enfermedad y el daño mejorando la realización de los trabajos. Intenta asegurar que los trabajos y tareas se diseñen para ser compatibles con la capacidad de los trabajadores".

La misma tiene un papel fundamental en higiene y seguridad e inclusive puede que esté por arriba de éstos en importancia y los englobe, porque trata a la salud laboral desde una perspectiva integral que no se agota en la prevención de accidentes y enfermedades profesionales

Del tema *condiciones de trabajo* se habla mucho en los últimos años, pero ello no nos dice que todos los usuarios le den la misma importancia y significado.

Veamos cómo define la Organización Mundial de la Salud (OMS) condiciones de trabajo: "Conjunto de variables que definen una tarea concreta y el entorno en que esta se realiza en cuanto a que éstas definirán la salud del trabajador".

La ergonomía está relacionada con varias ciencias que concurren a la salud del trabajador. Ellas son: Medicina del trabajo, la Psicología laboral, la Fisiología del trabajo, la antropometría, la Biomecánica, las Organizaciones que estudian los métodos de trabajo y los Sistemas que estudian la información y la comunicación.

Ahora podemos dar una definición de la Revista Internacional del trabajo publicada en 1961 que dice: "La ergonomía [...] es la aplicación conjunta de ciencias biológicas y de ingeniería para asegurar entre el hombre y el trabajo lo óptimo de adaptación mutua, a fin de reincrementar el rendimiento del trabajo y contribuir a su bienestar". Esta ciencia se aleja de las rígidas disciplinas estadounidenses (escuela de Ingeniería Humana) para aproximarse a las escuelas de relaciones humanas. Es decir, agregan a los factores físicos factores psicosociales.

El objeto de la ergonomía (según V. Alvadalejo Fuertes, Jefe del Departamento de Sistemas Sociales FASA, Renault, España) es la adaptación y mejora de las

condiciones de trabajo del hombre tanto en su aspecto físico como psíquico, para ello conceptualiza la misma en ocho principios y siete objetivos de crecimiento. Los principios son:

1. Los dispositivos técnicos deben adaptarse al hombre.

Los equipos y elementos se deben diseñar pensando que van a ser empleados por el hombre, no se debe diseñar y después implantarlos para lo cual sería necesario buscar la persona adecuada al diseño.

2. El confort no es definible, es un punto de coincidencias entre una técnica concreta y un hombre concreto.

Pensando que los individuos no son todos iguales, luego deberá ser la técnica la que ayude a solucionar problemas y no a generarlos.

3. El confort en el trabajo no es un lujo, es una necesidad.

Debemos evitar el antiguo concepto de que el confort en los obreros va contra la productividad, los estudios actuales demuestran que el confort es parte de un aumento de la productividad.

4. Los grupos de población hay que tenerlos en cuenta con sus extremos.

Aunque la ergonomía estudia en general los puestos de trabajo y de las poblaciones, no debemos olvidar que en la población hay individuos de distinta talla o con necesidades especiales, para los cuales la ergonomía estudia casos especiales (Principio de Particularidad).

5. Unas buenas condiciones de trabajo favorecen un buen funcionamiento.

Es tan claro que no necesita explicación alguna.

6. Las condiciones de trabajo son también el contenido de trabajo y las repercusiones que éste tiene sobre la salud y la vida particular y social de la persona.

Existen factores que inciden sobre el puesto de trabajo y que la ergonomía los reintroduce (como autoría, participación, etc.).

7. La organización del trabajo se debe a la necesidad de la participación de los individuos.

Las acciones de la ergonomía no pueden realizarse sin la participación de los individuos.

8. El hombre es creador y hay que facilitar su creatividad. Debemos aprovechar la capacidad creativa del hombre, para así devolverle los conocimientos que la organización científica le quitó.

Estos principios nos llevan a *siete objetivos* de crecimiento que son:

1. La armonía entre el hombre y su entorno.
2. El confort y la eficacia productiva.
3. Mejorar la seguridad y el ambiente físico en el trabajo.
4. Disminuir la carga física y nerviosa.
5. Reducir las contraindicaciones del trabajo repetitivo.

6. Mejorar la calidad del producto.
7. Crear puestos de contenidos más elevados.

Estos principios con sus correspondientes objetivos se pueden adaptar de forma completa a un laboratorio para lograr un trabajo seguro y un producto confiable (Datos y Resultados).

5. Propensión a los accidentes

Cuando queremos saber por qué determinados analistas sufren incidentes y/o accidentes en el laboratorio y no se entiende, dado que el mismo es trabajador y sabe cómo hacer su trabajo, pero los problemas los tiene, entonces hay que pensar en el factor humano.

El concepto de “propensión a los accidentes” se ha desarrollado ahora y siempre en los trabajos y en la vida diaria, y se lo suele tomar con bastante ligereza. Pareciera que algún poder inexplicable los atrae a cometer errores. Emocionalmente la persona propensa a los accidentes es considerada una persona sin suerte, que ha nacido con “mala estrella”, pero con conocimientos y experiencia se da cuenta que no es un estrellado.

Hay evidencias que el ser propenso a accidentes es una cuestión de hábitos personales, es decir, se forman en el individuo como tantos otros hábitos debido a diferentes circunstancias. Algunas personas adquieren un comportamiento que parece indicar: *actuar ahora y pensar después*. Pareciera que hay cierta relación entre la gente que no respeta los horarios de llegar a una cita, o que es descuidada con su ropa y su aspecto, o que deja descuidadamente sus cosas en cualquier lugar. Esta es la gente que, generalmente, tiene una participación desproporcionada en los accidentes que ocurren en su trabajo o en su vida diaria.

Si se pretende establecer un patrón, existe la posibilidad de que al emplear personal se pueda identificar a aquellos que tienen características personales que indiquen que son propensos a los accidentes, y aún antes de emplearlos. Esto serviría para saber que en lugar de predicar higiene y seguridad únicamente, habría que orientar la seguridad desde el punto de vista del descuido en general.

Tratar de inculcar hábitos de orden y limpieza en una persona, no sólo en el trabajo sino en su vida personal, puede dar como resultado un mejoramiento en su actitud hacia la seguridad. Esto se logra automáticamente. Una persona cuidadosa, meticulosa y ordenada, se transforma involuntariamente en una persona que trabaja y actúa con seguridad, aun sin proponérselo. No se puede separar una cosa de la otra.

El problema que se presenta es que la mayoría de las personas tiene hábitos adquiridos desde la niñez que son muy difíciles de cambiar. Para lograr éxitos o cambios en ellas será necesario tener mucha paciencia y tiempo.

Los rasgos básicos de la personalidad no son fáciles de cambiar, principalmente para los que ya están formados. En ciertos casos será preferible asignarle una tarea menos riesgosa que tratar de cambiar al analista. El hecho de atribuir a un individuo el sello

de “propenso a los accidentes” ayuda muy poco a no tener accidentes, y a la persona menos. En realidad puede hacer más mal que bien ya que es una forma de esconder el problema y tratar de ignorarlo en lugar de solucionarlo. Una característica que puede ayudar a entender por qué suceden los accidentes es la *apatía*. Una actitud de este tipo en las costumbres personales, y sobre todo en las prácticas de prevención y seguridad, es una característica de la personalidad que se opone al deseo o necesidad de evitar accidentes. Generalmente una persona apática desafía y se aleja del deseo de prevenir los accidentes. Otra característica a tener en cuenta es el hábito a competir y así no se piensa en seguridad. Un ejemplo típico es tratar de terminar antes que los demás una tarea. Cuando el Jefe de laboratorio se da cuenta de la posibilidad de accidentes debido a esa actitud es preferible que demoren algún tiempo extra. Finalmente, otra característica que no se debe olvidar es que en muchas ocasiones tenemos en el grupo un individuo que es *osado*; para ellos la vida no tendría sentido si no corriesen riesgos. Esta actitud se repite diariamente en la vida. ¿Por qué nos deleitamos mirando un equilibrista caminar sobre una cuerda a gran altura? ¿Por qué es popular el boxeo? El jugar con el peligro tiene cierto magnetismo que atrae a la gente. El vivir situaciones peligrosas y salir airoso brinda muchas satisfacciones. Todos estos rasgos de personalidad complican enormemente la tarea de inculcar normas de prevención de accidentes. Este es un problema que se presenta diariamente: el solo hecho de ver programas de televisión donde los protagonistas corren riesgos y cuánto más complicados mejor, pongamos por caso. Estos *héroes* no son los mejores para presentar como ejemplo. Pero no se puede escapar al hecho de que la mayoría de los individuos siente el deseo de imitarlos o disimularlos.

Frente a estos problemas, el Jefe de laboratorio que tenga algún analista con las características mencionadas, no puede ni debe ignorarlo, tendrá que trabajar mucho para encontrar las razones que tiene ese analista de exponerse innecesariamente a un accidente. Quizás lo más acertado sería buscar ayuda en un profesional de la psicología, dado que es una tarea específica de un psicólogo y no de un químico o bioquímico, que están formado para trabajar en las ciencias exactas y no en las ciencias humanas.

6. Supervisión

Las reglas, normas, equipos de seguridad, no siempre son suficientes para evitar accidentes. Frecuentemente las prevenciones vistas hasta ahora se ven privadas de eficiencia por falta de cuidado del operador, por desconocimiento de riesgos y por *falta de supervisión*.

La supervisión de la seguridad en el laboratorio es una tarea de mucha responsabilidad, que debe ser ejercida por una persona que será la responsable de eventuales daños físicos y patrimoniales, por lo tanto debe reunir una serie de condiciones tales como:

- Ser responsable y criterioso.
- Poseer conocimientos sobre normas, reglas, medidas de seguridad.

- Poseer experiencia en el laboratorio.
- Saber dar las indicaciones en forma clara y precisa y en el momento oportuno.
- Debe asegurarse de que las ordenes dadas han sido comprendidas y bien recibidas.
- No hacer comentarios sarcásticos ante un accidente, pues ello conlleva a ocultar sucesos por parte de sus dirigidos, a esa actitud se la conoce como “la conspiración del silencio”.

En todo grupo humano en un lugar de trabajo los sujetos deben convivir, y si se pretende que el éxito corone los esfuerzos es de fundamental importancia *una buena convivencia* entre ellos.

Finalmente, si en la supervisión se producen situaciones de injusticia que generan sospechas, envidias y/o habladurías, los riesgos de accidente pueden incrementarse mucho.

7. Prevención de accidentes

Los métodos de prevención son la aplicación de técnicas de actuación sobre los peligros con el fin de minimizarlos o suprimirlos y evitar sus consecuencias que pueden ser perjudiciales para el hombre y los objetos.

Veamos algunas definiciones que ayudan a entender el concepto de prevención:

- *Incidente*: “Es todo suceso *no* deseado o *no* intencionado que bajo circunstancias poco diferentes *podría* ocasionar pérdidas para las personas, la propiedad o los procesos”. “Todo accidente deriva de un incidente, lo contrario no es posible.”

Todo accidente/incidente es generado por *una causa*, pero generalmente son muchas las causas concurrentes (policausalidad).

- *¿Qué es un accidente?*: El accidente se lo puede definir desde dos puntos de vista:

- 1) General: “Es un hecho fortuito que ocurre inesperadamente y de pronto entre el hombre y el objeto, generando daños a uno de ellos o a ambos”.

- 2) Operacional: “Un accidente es la consecuencia no planeada, ocasional, pero previsible de uno o más actos inseguros que se combinan en circunstancias riesgosas”.

En esta última definición se encuentra implícito el concepto de que los accidentes normalmente se pueden atribuir sólo a “factores humanos”. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) los accidentes de trabajo pueden atribuirse directa o indirectamente a fallas en el hombre. Simonin dijo que el hombre es “*la causa de las causas* en cuanto a la génesis de los accidentes”. Para W. Heindrich, en su obra *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach*, accidente de trabajo es “un suceso no planeado en el cual la acción o reacción de un objeto, sustancia, persona provoca lesiones personales y/o daños materiales”. Siempre hay una secuencia de eventos y circunstancias concurrentes antes de que un accidente se produzca. Investigar y analizar las distintas causas es importante para seleccionar la medida más adecuada para prevenir un accidente.

Enfermedad ocupacional: en general se puede definir como: "un proceso que se genera en forma lenta e insidiosa, como resultado de la exposición al trabajo realizado".

Tanto los accidentes como las enfermedades ocupacionales pueden producir efectos transitorios o permanentes, que veremos más adelante.

Prevención eficaz: implica "el conocimiento de que se dispone, de su correcta aplicación y de su concreta eficacia".

De acuerdo con el concepto teórico de accidente y de riesgo, sobre el que se funda la prevención hombre-objeto, podemos distinguir distintas secuencias de orden creciente de complejidad:

1) *Eliminación total de los peligros ligados al objeto.* Por ejemplo, protección de un equipo de destilación con una pantalla entre el mismo y el sujeto.

2) *Eliminación de la zona de protección del peligro* que es el espacio temporal en el cual las personas y los objetos pueden encontrarse o superponerse y constituirse en un peligro; para evitar esto debemos aislarlos para que el encuentro no se produzca. Por ejemplo, colocar un divisorio entre el hombre y el tablero que trabaja con alta tensión.

3) *Supresión de los peligros ligados al sujeto, mediante* información, motivación y entrenamiento. Esta última parte de la secuencia es de carácter psicológico y su eficacia no siempre es la deseada, ya que el comportamiento buscado se logra en pequeños límites.

Para lograr un comportamiento afín a la seguridad, exige del hombre mayores esfuerzos, contra el que con frecuencia se revela consciente o inconscientemente. Por lo que es necesario que adquiera actitudes especiales para adaptarse a algunos riesgos.

"Poseer una aptitud" no significa que será utilizada en el momento preciso. Es decir, que el sujeto en su lugar de trabajo necesita aumentar su grado de concentración, atención, prudencia, y criterios cuando existe un riesgo potencial.

Para lograr un comportamiento para la seguridad, el sujeto debe poseer aptitudes físicas adecuadas.

La acción psicológica es difícil en razón de la imperfección humana, en consecuencia los límites naturales se alcanzan rápidamente. Los límites se pueden regular con el comportamiento, pero no pueden eliminarse.

De lo anterior se infiere que todo accidente es imputable a un comportamiento defectuoso del hombre ya que siempre se encuentra en los extremos de la cadena causa-efecto.

En forma práctica, la prevención de los accidentes no se da por acciones aisladas sino que es necesario establecer programas bien estructurados, con objetivos fáciles de cumplir.

En general en un laboratorio el programa de prevención de accidentes se inicia con el proyecto de laboratorio, seguido de información sobre normas de seguridad y entrenamiento, en el uso de equipos de protección general y personal y con la supervisión del programa.

8. Consecuencias de los accidentes

A causa de los accidentes pueden producirse lesiones de distinto tipo e intensidad. A tal fin se las clasifica de diferentes maneras. Una clasificación general y simple es la siguiente:

| | | | |
|-------------------|--------------------|---------------------------|---------|
| Accidentes | a) Sin incapacidad | | |
| | b) Con incapacidad | b,) Permanente | Parcial |
| | | | Total |
| | | b ₂) Temporal | Parcial |

a. Sin incapacidad: no existe acuerdo en cuanto a informar daños no incapacitantes, pero el accidente que hoy produce un daño menor, tal como un rasguño, una contusión, etc., es señal de que algo no anda bien y mañana ser la causa de un accidente mayor, con consecuencias que pueden llevar hasta la muerte de un obrero.

b1) Con incapacidad permanente: se evidencia en la limitación de las aptitudes laborales, ya sean físicas o psíquicas, en forma irreversible y para siempre.

- Incapacidad permanente parcial: se concreta con la limitación en parte de sus funciones laborales, pero sin posibilidad de recuperación; o sea que dicha disminución de la capacidad laboral es definitiva. Por ejemplo, pérdida de una mano.

- Incapacidad permanente total: es la que priva completamente de la aptitud para realizar actividades laborales. En el marco de esta incapacidad se destacan la incapacidad propiamente dicha, que se refiere al cercenamiento completo de la aptitud laboral para las tareas desempeñadas habitualmente; y la incapacidad total absoluta, que comprende la restricción completa de la aptitud laboral para el ejercicio de cualquier trabajo, y en ocasiones el trabajador requiere de la ayuda de otra persona para desenvolverse en las necesidades de la vida diaria, es denominada "superinvalidez" o "invalidez agravada".

b2) Incapacidad temporal: comprende la limitación de la función laboral en el tiempo, es decir que su duración puede ser mayor o menor.

- Incapacidad temporal parcial: se produce cuando disminuye la aptitud laboral del trabajador, o sea que se refiere a la restricción del ejercicio normal de sus funciones y limitadas éstas en un tiempo no preciso. Por ejemplo: una fractura.

9. Costos de los accidentes

Para poder cumplir con determinados objetivos que hacen a la prevención de accidentes, es evidente que es necesario contar con medios económicos, además de los humanos y materiales.

Los costos totales por accidentes, tanto para una empresa, una institución, etc., se desglosan en costos fijos y costos variables.

La higiene y la seguridad tienen incidencia en ambos: en los costos fijos, en cuanto a las medidas de organización y técnicas necesarias para incrementar la seguridad; y, en los costos variables, por las pérdidas que ocasionan los accidentes.

$$\text{Costo total de accidentes} = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$$

Si presentamos gráficamente la relación de costos totales respecto de número de accidentes, tendríamos una representación del tipo hiperbólica, como se indica en el *Gráfico 1*.

Sobre el trazado real de las curvas de “costos de accidentes” y “costos de prevención”, en el punto M de la curva, el “costo total” representa el óptimo económico de la planificación de la prevención, donde no obstante se asume un determinado número de accidentes.

Estas curvas *sólo tienen la validez teórica* necesaria para un análisis global del problema, dado que el accidente no es un suceso único de parámetros económicos repetitivos, pero es importante para estudiar el necesario perfeccionamiento de las técnicas preventivas.

Si nos situamos en la curva “costo total” y a la derecha del punto M, un aumento en la prevención es rentable para la organización de la que se trate; y no es rentable si la misma se ubica a la rama izquierda de la curva.

Lograr el punto M, óptimo económicamente, parece sencillo. Pero no es así, dado que las curvas de costos de prevención y costos de accidentes no son únicas y tienen una importante dependencia de cada programación, organización y metodología aplicada.

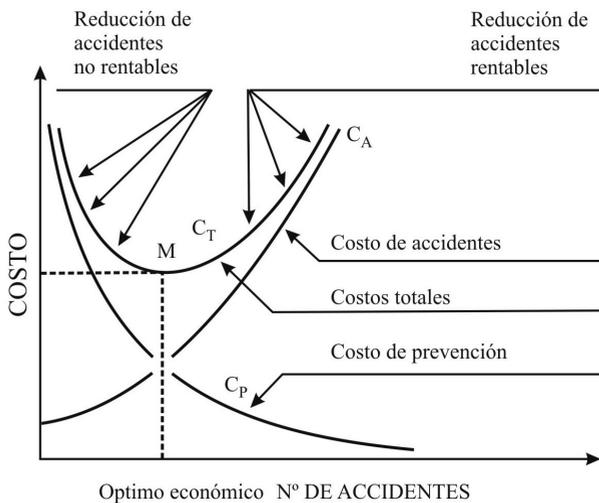


Gráfico 1: Costo de los accidentes

Bibliografía

Mondelo, P.R.; Gregori Torada, E.; Comas Uriz, S.; Bartolomé Lacambra, E. (edits.) (2002): *Ergonomía. Confort y Estrés Térmico*, 3ra. Edición, México, Alfaomega Grupo Editor SA.

Everett, H. K. and Hughes, D. (1975): *Laboratory Design*, Butherworths [1981].

Martínez de la Cuesta, P. J.; Rus Martínez, Eloisa (1999): *Manual de seguridad en los laboratorios*. Ediciones Montes, S. L., Málaga, España.

Capítulo 2

Riesgos importantes en el laboratorio

1. Riesgo eléctrico

1.1. Generalidades

El uso generalizado de la energía eléctrica es lo que caracteriza el desarrollo de la humanidad. Tal es así que un índice de progreso socioeconómico o no de un país es su consumo en kw-hora/habitante (que es un índice progreso, bienestar o pobreza).

El consumo de la energía eléctrica ha crecido en forma exponencial, y ello debido al crecimiento también en forma explosiva de la tecnología, que es la que hace uso de este tipo de energía. En consecuencia, es cada vez mayor el número de individuos que emplean la energía eléctrica y que abarca un amplísimo espectro que va desde el hogar hasta las grandes empresas fabriles.

Este gran aumento del uso ha llevado como contrapartida a que se pierda el miedo a su utilización; así, el hombre común llega a familiarizarse con las ventajas y no con los peligros que conlleva su utilización, y los capacitados técnicamente, por acostumbramiento, hacen uso de ella olvidándose de elementales normas básicas de seguridad. El hecho es que la gran demanda y la intangibilidad de su manejo incrementan las posibilidades de accidentes, a la vez que afectan en forma directa la integridad física de los usuarios y/o provocan siniestros en los que se arriesgan vidas y bienes materiales.

De aquí la necesidad de realizar una tarea de divulgación de conocimientos y concientización en la prevención de accidentes con la energía eléctrica.

1.2. Leyes y magnitudes fundamentales

A los efectos de dar las bases para la prevención en el uso de la electricidad, recordaremos algunas definiciones y leyes fundamentales:

Electricidad: "es un agente físico presente en toda sustancia, que en condiciones apropiadas se manifiesta como una diferencia de potencial entre dos puntos de esa sustancia". Si entre esos dos puntos se establece un vínculo, tendrá lugar la circulación de una corriente. Esta corriente eléctrica puede ser de dos tipos:

1) *Corriente continua*: es aquella en que la diferencia de potencial, intensidad y sentido de circulación son invariables en el tiempo.

2) *Corriente alterna*: es aquella que tiene su intensidad, diferencia de potencial y sentido de la circulación varía en forma regular en el tiempo. La corriente alternada se caracteriza por su frecuencia de variación, que en nuestro país es de 60 ciclos por segundo (60Hz).

Para intensidades de nivel similar, es más peligrosa la corriente alterna que la continua, el umbral de percepción para esta última es del orden de 5,2 mA y de sólo 1,1 mA para la corriente alterna.

Estadísticamente, un accidente eléctrico ocurre en el 80% de los casos al trabajar con corriente alterna, frente al 20% que ocurre al hacerlo con corriente continua (podría deberse a que es menor la corriente continua instalada). No obstante, no hay que perderle el respeto a la corriente continua, pues puede producir una electrolisis de la sangre, con el consiguiente riesgo de embolia y muerte.

Intensidad de corriente: "es el número de cargas eléctricas negativas que circulan en la unidad de tiempo". En corriente alternada se define un "valor eficaz" equivalente en cuanto a trabajo a un verdadero desplazamiento. La unidad es el Ampere (A).

Diferencia de potencial (o tensión entre dos puntos de un circuito): "es la diferencia de nivel entre esos dos puntos", es decir, es la fuerza impulsora del movimiento de cargas. En corriente alternada se define un "valor eficaz" equivalente a un valor de potencial constante. La unidad es el Voltio (V).

Resistencia eléctrica: "es el grado de oposición de un circuito o elemento a la circulación de una corriente". Es dependiente de los elementos del circuito. La unidad es el Ohm (Ω).

Potencia: "es el trabajo eléctrico realizado en la unidad de tiempo.

Potencia = Diferencia de potencial x Intensidad = $V \times I = I^2 \times R$. La unidad es el watt (w).

Ley de Ohm: "relaciona la intensidad de corriente (I) con la diferencia de potencial (V) y la resistencia": $I = V/R$. Donde I es la intensidad de corriente que recorre el cuerpo = diferencia de potencial aplicado (V)/Resistencia del cuerpo (R).

Ley de *Joule*: "expresa la transformación de energía eléctrica en energía térmica", es decir, en calor: $Q = 0,24 \times V \times I \times t = 0,24 \times I^2 \times R \times t$

Donde: Q = calor desarrollado o disipado en calorías; 0,24 = factor de conversión de joule en calorías; V = diferencia de potencial (volt); I = intensidad de corriente (A); R = resistencia (Ω); t = tiempo (seg).

1.3. Valores umbrales

a) Umbrales de tensión: con el fin de normalizar se han establecido los siguientes umbrales de tensión:

Umbrales de tensión de seguridad:

- 24 V: tensión de seguridad
- Hasta 1.000 V: baja tensión
- Más de 1.000 V: alta tensión

Umbral de tensión para redes de distribución:

- Hasta 1.000 V: baja tensión
- Entre 1.000 y 33.000 V: media tensión
- Más de 33.000 V: alta tensión
- 220-380 V: tensión de distribución

b) Umbrales de intensidad: *la intensidad es el factor más influyente en una electrocución*. En seguridad, cuando se habla de intensidades de seguridad empleamos la unidad miliamper (mA). Cuando accidentalmente tocamos un elemento activo de un circuito, se establece una ddp (diferencia de potencial) entre la parte de nuestro cuerpo en contacto y la parte puesta a tierra, normalmente mano-pie. Esta ddp hace que circule una corriente por nuestro cuerpo, en función de la resistencia que éste presente; es decir, el cuerpo responde a la ley de Ohm.

Luego {
Hasta 25 mA = Intensidades de corriente no peligrosas
Más de 25 mA = Intensidades de corriente peligrosas

Esta clasificación sirve de base para que los equipos de protección del tipo diferencial se accionen abriendo el circuito antes de que se superen los 30 mA de intensidad de defecto.

1.4. Resistencia del cuerpo humano

La resistencia total del cuerpo depende de varios factores: del recorrido de la corriente a través del cuerpo, de la superficie de contacto con la piel, de la temperatura, de las características de la piel, del grado de humedad, del tiempo de contacto, tensión de contacto, etcétera.

La gravedad del contacto eléctrico dependerá también del punto de entrada y del de salida de la corriente.

Los recorridos probables de la corriente en el cuerpo pueden ser varios pero los más comunes son mano-mano y mano-pie. La trayectoria mano-pie tendrá una resistencia de 1.000 Ω ; en cambio una trayectoria manos-pecho es de 250 Ω (valores obtenidos por U. Sam en 1968) como se puede observar en la *Tabla 1*.

| Resistencia (Ω) | | |
|--------------------------|-------------|-------------|
| Tipo de trayectoria | Piel húmeda | Piel mojada |
| mano-mano | 1.000 | 650 |
| mano-pie | 1.000 | 650 |
| mano-2 pies | 750 | 487 |
| 2 manos-2 pies | 500 | 325 |
| pie-pie | 1.000 | 650 |
| 2 manos-pie | 250 | 162 |

Tabla 1: Resistencia del cuerpo humano según distintos trayectos de la corriente

La trayectoria que más se repite es la de mano-pie, que es la más peligrosa pues normalmente atraviesa el músculo cardíaco con el consiguiente riesgo de fibrilación ventricular¹ (ver *Gráfico 2*) que puede conllevar a la muerte. Al respecto, Weis efectuó experiencias con perros haciéndoles pasar una corriente de 400 mA entre el cráneo y el maxilar inferior con el resultado de un paro respiratorio. La misma intensidad la aplicó entre el cráneo y una pata provocando la muerte del animal por fibrilación ventricular al ser atravesado el órgano cardíaco por la corriente eléctrica.

La resistencia total disminuye con el incremento de tensión y tiende a un valor prácticamente constante alrededor de 1.000 Ω . Este valor varía en función de la constitución física del individuo.

Al tomar valores promedio y de acuerdo a la ley de Ohm, se puede ver en el *Gráfico 2* que el límite de los 25 mA corresponde a un valor de tensión alrededor de los 70 V; mientras que para un valor de 220 V (tensión domiciliar) el valor que le corresponde es 116 mA, valor que sobrepasa con creces a los 25 mA (que es el umbral peligroso).

El cuerpo humano no tiene una resistencia constante; para Boisselier la resistencia del cuerpo es función de la tensión aplicada y de la mayor o menor humedad relativa del lugar.

Debemos distinguir la resistencia de la piel-cuerpo de la resistencia de los órganos internos. De hecho, un contacto directo con la lengua, una herida, etc., es siempre más peligroso que sobre la piel.

Otro factor a tener en cuenta es *la atención*: un individuo que está esperando la descarga puede tener mas resistencia que aquel que lo toma distraído, y también la dureza de la piel de las manos.

1. Fibrilación ventricular: consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual deja de enviar sangre a los distintos órganos, y aunque esté en movimiento no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

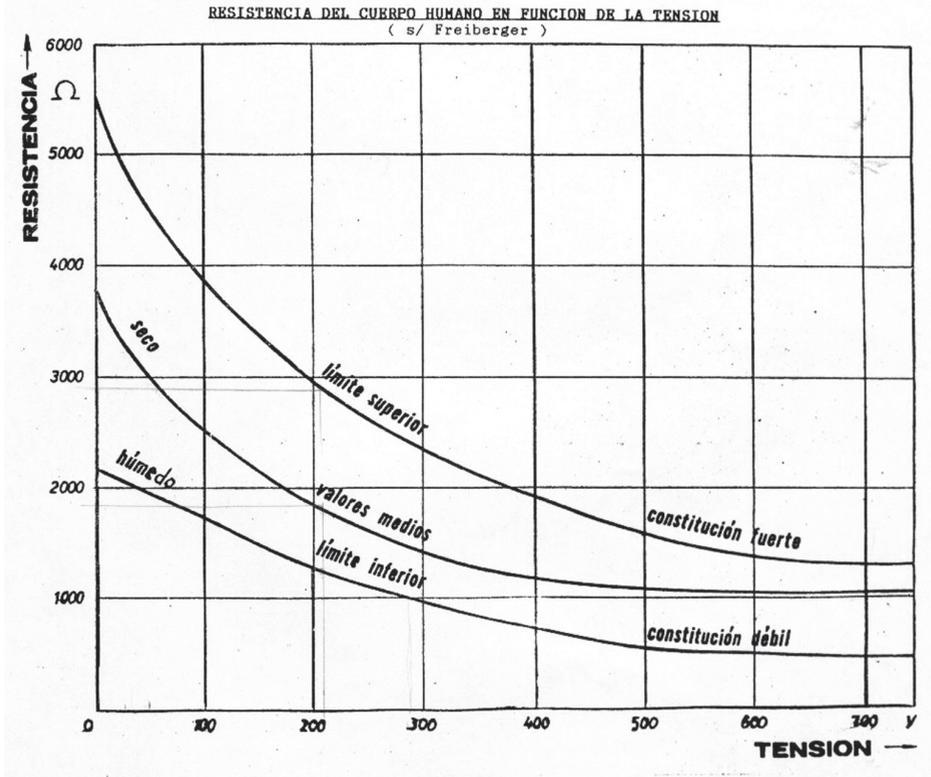


Gráfico 2: Curvas de resistencia del cuerpo humano en función de la tensión aplicada (según Freiberger)

Resistencia(Ω): 3.500; 3.300; 3.200; 3.000; 290; 2.600; 2.300; 1.900; 1.300; 1.100; 1.000
Tensión (V): 20; 35; 50; 65; 70; 80; 110; 150; 220; 380; 500; 750
Intensidad (mA): 6; 11; 16; 22; 25; 28; 42; 55; 116; 290; 455; 750 (valores aproximados)

1.5. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano

El riesgo eléctrico es función de la intensidad y del tiempo que circula la corriente por el cuerpo. Sería de importancia contar con valores tabulados que fuesen importantes para calcular elementos de protección para el hombre; pero surge un inconveniente para ello porque la resistencia del cuerpo no es lineal con la tensión. La resistencia disminuye a medida que aumenta la tensión, y esto es debido a que la piel actúa como un dieléctrico que va perforando a medida que la tensión aumenta, dependiendo del estado, espesor, humedad y temperatura de la misma.

Los efectos dependerán de una serie de causas tales como: Tipo de corriente; Intensidad; Tiempo de contacto; Resistencia del cuerpo; Tensión y Recorrido de la corriente a través del cuerpo.

Las mismas tienen una relación con el cuerpo humano al que se lo puede comparar con un circuito con impedancias y resistencias. Estas últimas estarían representadas por los músculos y órganos del cuerpo; y las primeras por la piel, cuya resistencia oscila entre 1.000 y 50.000 Ω , en tanto que las resistencias internas del cuerpo están en el orden de 500 a 1.000 Ω .

En el siguiente cuadro tenemos una clasificación de los potenciales efectos debidos a las causas enunciadas. Veremos una breve descripción de los más importantes.

Quemaduras: son lesiones producidas en los tejidos por el calor desarrollado al paso de la corriente eléctrica, de acuerdo a la ley de Joule.

En los circuitos de “media y alta tensión” las quemaduras pueden ser provocadas por un arco eléctrico, las mismas son generalmente de lenta curación, y generalmente se producen sobre la piel dado que la corriente circula superficialmente. Las quemaduras eléctricas de penetración son profundas y difíciles de determinar hasta qué estrato ha penetrado. En el punto de entrada es dable observar una zona central que es el punto de ingreso de la corriente y alrededor una zona periférica de quemadura superficial, con zonas rojas y ampolladas Si la quemadura es de penetración y profunda, puede evolucionar como una quemadura leve, que se cura en una o dos semanas, o una quemadura grave que puede requerir cirugía o injerto, etcétera.

| Efectos | Directos | Efectos Primarios | Efectos térmicos | Quemaduras por arco |
|---------|---------------------|------------------------------|--------------------|--|
| | | | | Quemaduras por contacto |
| | | Efectos musculares nerviosos | Efectos musculares | Musculares |
| | | | | Tetанизación de músculos respiratorios |
| | | | | Fibrilación ventricular |
| | | | | Inhibición de centros nerviosos |
| | Efectos Secundarios | Precoces | | Cerebral |
| | | | | Motor |
| | | | | Circulatorios (gangrenas) |
| | | Tardíos | | Problemas renales |
| | | | | Neuróticos |
| | | | | Trastornos mentales |
| | Indirectos | | | Caídas |
| | | | | Golpes contra objetos |
| | | | | Cortes |
| | | | | Quemaduras al tocar elementos sin protección |

En la *Figura 2* se pueden apreciar las corrientes mínimas soportadas por el cuerpo humano, sus efectos y las acciones que deben llevarse a cabo para evitar males mayores.

| Peligro | Intensidad de corriente | Fenómeno fisiológico | Sensación o incidencia fatal | Tratamiento |
|--------------------------|--------------------------------|---|--|---|
| Corrientes no peligrosas | < de 1 mA | Ninguno | Imperceptible | Ninguno |
| | 1 mA | Umbral de percepción | Hormigueo | Ninguno |
| | 1 a 9 mA | Aumento de la percepción | De mediana a no dolorosa, el individuo puede soltar el objeto tomado | Ninguno |
| Corrientes peligrosas | 9 a 25 mA | Umbral de la contracción de los brazos (parálisis) | Se opone a soltar el objeto tomado. El individuo puede ser repelido. Pueden producirse arritmias cardíacas benignas y transitorias y fibrilación auricular fugaz | Retirar al electrizado con objeto aislante. Intervención médica |
| | 25 a 70 mA | Parálisis respiratoria y cardiorrespiratoria reversible | Se paraliza la respiración. Peligro de muerte salvo intervención rápida | Respiración artificial y masaje cardíaco. Intervención médica |
| | 70 a 100 mA | Umbral de contracción ventricular en el 0,5% de los casos | La actividad del corazón se desordena; frecuentemente es fatal. Puede producirse espasmo laríngeo. | Respiración artificial y masaje cardíaco. Intervención médica |
| | 100 a 200 mA | Fibrilación ventricular en el 99,5% de los casos | Efecto mortal | Respiración artificial. Intervención médica |
| | 250 mA a 3A | Gran depresión cardiorrespiratoria de origen central | Desmayos y quemaduras | Respiración artificial y masaje cardíaco. Intervención médica |
| | 4 A | Umbral de sin fibrilación | El corazón se paraliza durante el pasaje de la corriente restituyéndose la normalidad al cesar la misma. No es letal porque no hay paro cardíaco | Intervención cortando la corriente. Si es necesario realizar respiración artificial |
| | 0 = a 5A | Quemaduras en la piel | No es fatal a menos que órganos vitales se quemen | Intervención médica |

Figura 2: Intensidades mínimas de corriente alterna que afectan el cuerpo humano

Para las quemaduras se han establecido curvas (Gráfico 3) que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por una área determinada (mA/mm^2) y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las zonas siguientes:

Zona 0: habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso la piel en contacto (con el elemento eléctrico) puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.

Zona 1: se produce enrojecimiento de la piel con hinchazón en los bordes donde estaba situado el contacto.

Zona 2: se provoca una coloración parda de la piel que estaba bajo el punto de contacto. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del punto de contacto.

Zona 3: se puede provocar una carbonización de la piel.

Las quemaduras de origen eléctrico tienen menor tendencia a infectarse, debido al efecto esterilizante que la misma produce.

Cuando la corriente atraviesa el tórax puede afectar directamente el corazón produciéndose un fenómeno irreversible que se llama fibrilación ventricular. Por el mismo se altera la frecuencia y la amplitud de la pulsación cardiaca normal.

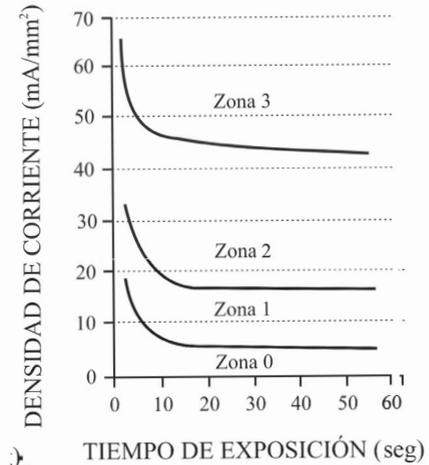


Gráfico 3: Efecto de la corriente eléctrica sobre la piel (quemaduras)

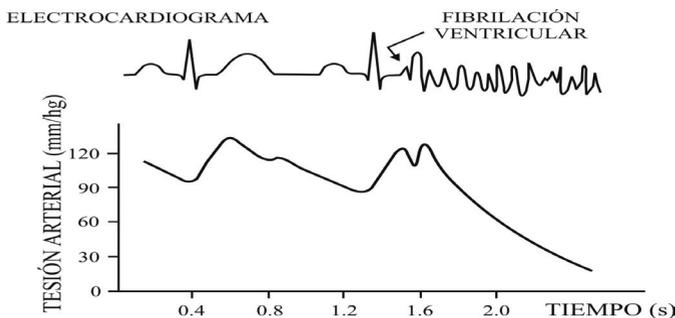


Gráfico 4: Efecto de la fibrilación ventricular en el electrocardiograma y en la tensión arterial

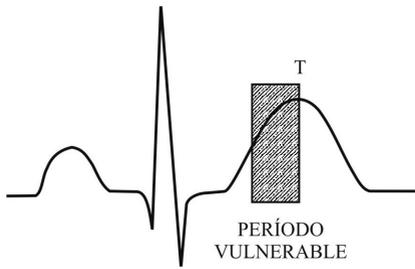


Gráfico 5: Período vulnerable del ciclo cardíaco

La presión sanguínea disminuye y los tejidos se irrigan pobremente. Afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardíaco, durante el cual las fibras del corazón están en un período no homogéneo de excitabilidad; la fibrilación ventricular se produce por una corriente eléctrica de intensidad insuficiente, y se sitúa en el electrocardiograma en la primera parte de la onda "T". Ello supone un 10% del ciclo cardíaco completo.

En general se estima que para el hombre el nivel de fibrilación está situado alrededor de los 100 mA y depende fundamentalmente de dos factores: 1) la intensidad de corriente que circula por el músculo y 2) el tiempo que dura el pasaje de la corriente.

G. F. Dalziel, investigador americano, propuso una fórmula que relaciona la intensidad con el tiempo que puede producir una fibrilación ventricular en el 0,5% de los casos estudiados, la misma es:

$$I^2 \times t = 0,027 = \text{constante}; [\text{donde: } I = \text{intensidad (mA)}; t = \text{tiempo (seg)}] (\#)$$

Con dicha expresión (#) se obtuvieron los siguientes datos:

| | | | | | | |
|---------|------|------|-----|-----|------|-----|
| I (mA) | 20 | 50 | 100 | 150 | 200 | 300 |
| t (seg) | 67,5 | 10,8 | 2,7 | 1,2 | 0,67 | 0,3 |

La veracidad de la expresión de Dalziel fue verificada a través de datos de ajustamiento por electrocución.

El Gráfico 6 fue obtenido en función de la expresión anterior. Se definen los límites de seguridad, intensidad-tiempo, producidos por corrientes alternadas de 50-60 ciclos.

En el Gráfico 7 se observan los efectos que produce una corriente continua de una frecuencia que varía entre 15 y 100 Hz, con recorrido de mano izquierda a los dos pies, donde se distinguen cuatro zonas:

Zona 1: habitualmente no se produce ninguna reacción.

Zona 2: por lo general, no hay efecto fisiológico peligroso.

Zona 3: no se produce daño orgánico alguno. Con una duración del paso de la corriente superior a dos segundos, se pueden producir contracciones musculares dificultando la respiración, paradas temporales del corazón, sin llegar a la fibrilación ventricular.

Zona4: hay riesgo de parada cardíaca por fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves.

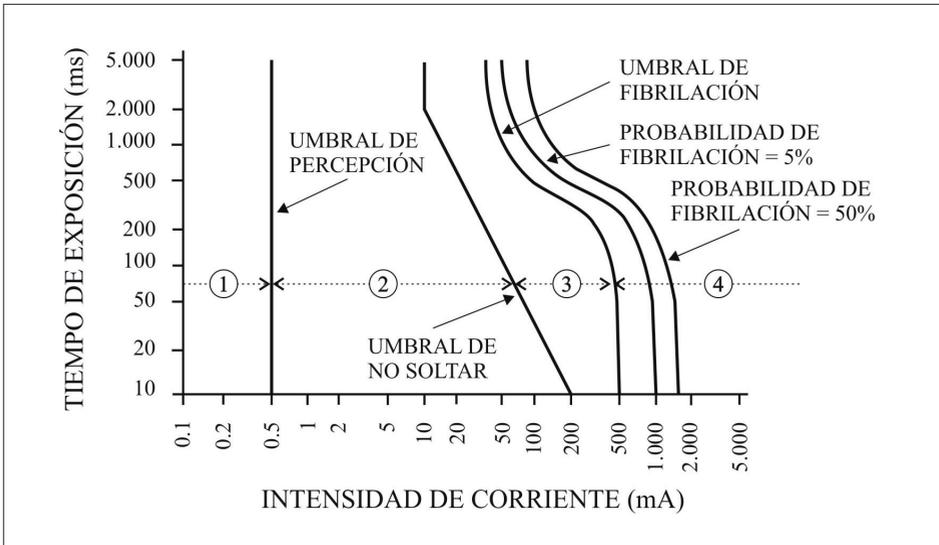


Gráfico 6: Efecto de la corriente alterna sobre el organismo

La corriente continua puede producir efectos similares a la corriente alternada pero se necesitan intensidades cuatro veces mayores.

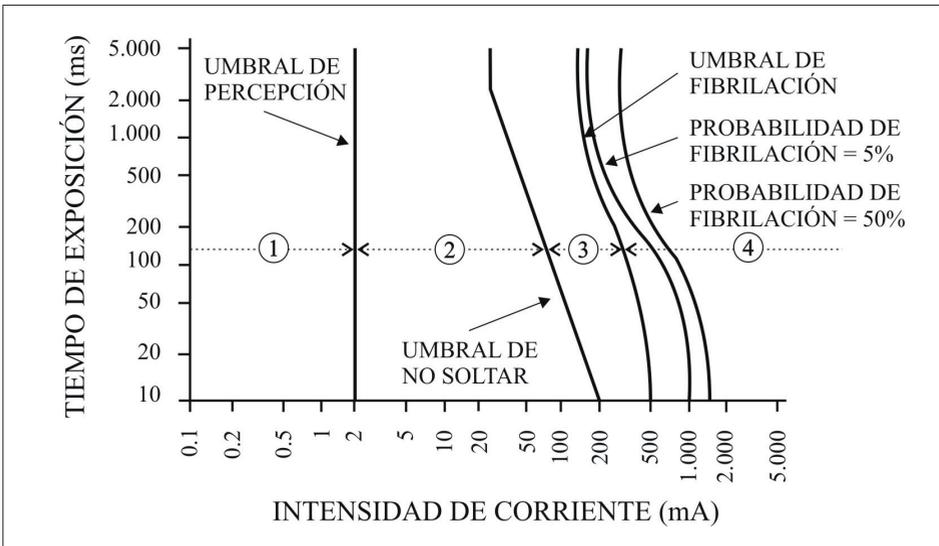


Gráfico 7: Efecto de la corriente continua sobre el organismo

1.5.1. Intensidad de la corriente: principal factor que influye en el efecto eléctrico

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente son importantes los conceptos que a continuación veremos.

Umbral de percepción: es el valor mínimo en la corriente que provoca una sensación en una persona a través de la cual pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio e interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. La Norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera sea el tiempo de exposición.

Umbral de reacción: es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

Umbral de no soltar: es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltar cualquiera sea el tiempo de exposición. En corriente continua es difícil establecer un umbral ya que el comienzo e interrupción del paso de corriente provoca dolor y contracciones musculares.

Umbral de fibrilación ventricular: es el valor mínimo de la corriente que provoca la fibrilación ventricular. En corriente alterna el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. La adecuación de resultados a los seres humanos, de experiencias efectuadas sobre animales, ha permitido establecer unas curvas en las que se puede visualizar que debajo de ciertos valores no es susceptible de producirse fibrilación ventricular. Ésta está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico. En corriente continua, si el polo positivo está en los pies (corriente descendente), el umbral es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo negativo estuviese en los pies (corriente ascendente) si en lugar de ser corrientes longitudinales fuesen transversales, la experiencia sobre animales hace suponer que sólo se producirá fibrilación con intensidades considerablemente más elevadas. En el *Gráfico 7* están representados los efectos de una corriente continua ascendente con un trayecto mano izquierda-los dos pies; se puede apreciar que para una duración de choque superior a un ciclo cardíaco, el umbral de fibrilación en corriente continua es muy superior que en corriente alterna (*Gráfico 6*).

Paro respiratorio y cardíaco: el bulbo raquídeo es asiento de cuatro centros de la vida vegetativa: el respiratorio, el cardíaco, el vasomotor y el de la deglución. Los dos primeros son afectados por la circulación de corriente eléctrica, inhibiendo su funcionamiento produciendo paros respiratorios y cardíacos. Al pasar corriente eléctrica por el bulbo, primero se inhibe el centro respiratorio y luego el cardíaco. En general la baja tensión afecta principalmente el centro cardíaco y la media tensión el centro respiratorio. Intensidades del orden de 25 a 70 mA producen parálisis respiratoria y luego paro cardíaco reversible. Intensidades menores producen contracción muscular refleja, que

pueden impedir soltar elementos asidos. Si los músculos respiratorios se contracturan o tetanizan puede presentarse asfixia.

Lesiones del sistema nervioso, lesiones oculares y auditivas: las lesiones del sistema nervioso, ocasionadas en víctimas de accidentes eléctricos, son relativamente frecuentes. Pueden ser inmediatas o tardías, curarse totalmente, sin dejar secuelas u ocasionar perturbaciones permanentes, entre los que se pueden citar: pérdida del sentido del equilibrio, paralizaciones, disminución de los reflejos, lesiones oculares, pérdida parcial del oído, pérdida parcial del habla. Las perturbaciones auditivas consisten principalmente en hipoacusia, que puede desembocar en pérdida permanente del oído. Las lesiones oculares más frecuentes y de manifestación inmediata consisten en procesos inflamatorios en el tegumento anterior y en el fondo de ojo (conjuntivitis, retinitis, etc.) que provienen principalmente del efecto luminoso y calórico del arco eléctrico.

1.6. Causas de los accidentes eléctricos

Las causas que pueden ser origen de un accidente eléctrico son varias, pero podemos limitarlas a dos: 1) debidas al factor humano y 2) causas técnicas.

1.6.1. Causas humanas (factor humano)

Estas causas deben atribuirse directamente al ser humano; son causas muy difíciles de eliminar, en razón de la imperfección humana.

Se pueden clasificar así:

- Ignorancia o desconocimiento
- Confianza
- Imprudencia
- Precipitación
- Indisciplina

• *Ignorancia:* es quizás el factor que ocasiona mayor número de accidentes y víctimas. Con frecuencia se realizan trabajos con elementos eléctricos con total desconocimiento de su funcionamiento y de las normas de seguridad.

La acción preventiva en este caso se debe orientar a divulgar los conceptos fundamentales para el buen uso de la electricidad, los riesgos que implica su utilización y las medidas de seguridad a conocer, además de asegurarse que quien recibe los conocimientos los aplique en el momento oportuno. Es evidente que el nivel cultural del usuario juega un papel preponderante en la reducción de accidentes.

• *Confianza:* el hecho de realizar en forma rutinaria un trabajo, genera una excesiva confianza hacia la electricidad y lleva esto a olvidarse de elementales normas de seguridad. Más peligroso aún es creer falsamente que después de haber sufrido descargas eléctricas

de baja tensión, el organismo no tiene inconveniente en seguir recibíendolas. Aquí es válido el aforismo que dice: "A la electricidad no se le debe perder nunca el respeto".

- *Imprudencia*: es otro factor que genera numerosos accidentes y es una causa que se la puede considerar como una actitud mental impropia, frecuentemente se cree que el hecho de emplear una herramienta o ejecutar una acción en forma intensiva, trae consigo la adquisición de una cierta inmunidad, llevando al individuo a olvidar las normas de seguridad. Esta causa es difícil de eliminar, pero se debe inculcar que cada operación realizada con elementos eléctricos debe considerarse que es una y única, por más que sea repetitiva. Se pueden lograr resultados positivos a través de la repetición en forma oral y escrita (carteles, afiches, etc.), sobre los riesgos a que está expuesto el trabajador.

- *Precipitación*: generalmente ocurre que por hacer las cosas en forma precipitada para terminar lo antes posibles debido a diversas razones, o por necesidades del trabajo, ocurra un accidente eléctrico con consecuencias no deseadas en el hombre y en sus bienes. Esto nos lleva a recordar que el ganar unas horas o minutos, puede en más de una ocasión, conducirnos a pérdidas mayores en bienes y vidas.

- *Indisciplina*: con frecuencia, a pesar de conocer las normas de seguridad y de los peligros que su no acatamiento conlleva, se hace caso omiso de ellas. Esta actitud se origina al creer que las normas son demasiado excesivas, y que los peligros no son tan graves ni tan comunes como se indican. Las indisciplinas se deben minimizar a través de la enseñanza y el ejemplo; pero en el caso que la indisciplina subsista, deberá llegarse a la aplicación de sanciones.

1.6.2. Causas técnicas

Las causas técnicas son imputables directamente a los elementos eléctricos y a las instalaciones. Pero no siempre las causas son completamente técnicas, muchas veces están asociadas al factor humano. En muchos casos los defectos técnicos se deben a la falta de controles por parte de los fabricantes, con el afán de ahorrar costos o desaprensión. No debemos olvidar que en la cadena causa-efecto el hombre ocupa el primer y último lugar de la misma.

Las causas más importantes observadas son:

- Soldaduras mal terminadas
- Deficiencias de aislamiento de los sistemas
- Instalaciones sin aislar
- Daños en el aislamiento por defectos mecánicos

Una forma adecuada de evitar accidentes consiste en emplear elementos de calidad reconocida y avalados por normas de calidad como las normas IRAM-IEC. Es de

destacar que la inversión en materiales eléctricos generalmente no supera el 10% de la inversión total en una obra, por lo que resulta absurdo e irresponsable ahorrar en mano de obra y materiales, cuando hay vidas humanas de por medio.

Por último, toda norma de seguridad referida al empleo de energía eléctrica establece que “toda instalación y reparación debe ser hecha por personal capacitado y con conocimiento de normas de seguridad”.

1.7. Elementos de seguridad

Antes de iniciar cualquier trabajo con energía eléctrica de baja tensión en el laboratorio, se deberá proceder a *identificar el conductor o instalación* sobre la que se debe trabajar.

Toda instalación será considerada de *baja tensión* mientras no se compruebe lo contrario con equipos destinados al efecto.

Siempre que sea posible, deberá dejarse sin tensión la parte de la instalación sobre la que se va a trabajar (de allí la importancia de sectorizar las redes eléctricas).

Elementos de seguridad: se consideran elementos de seguridad, en instalaciones de baja tensión empleadas en plantas fabriles y laboratorios los siguientes:

- Guantes aislantes
- Calzado de seguridad aislado
- Protectores faciales
- Alfombras aislantes
- Escaleras de madera
- Herramientas aisladas
- Detectores o verificadores de tensión
- Material de señalización
- Lámparas portátiles
- Interruptores diferenciales de alta sensibilidad
- Llaves térmicas

Se deben emplear estos u otros tipos de elementos adecuados según el tipo de trabajo.

1.8. Normas de prevención en el trabajo

En el manejo de equipos eléctricos portátiles o instalados que siempre hay que controlar antes de emplear, además de:

- Mantener el lugar de trabajo ordenado y limpio.
- No usar joyas que puedan ponerse en contacto con los circuitos eléctricos.
- Recordar que aun cuando una lámpara no encienda o un elemento no funcione, no por eso deja de estar bajo tensión.

- Los equipos o aparatos eléctricos deben desconectarse completamente de la fuente de energía, cuando se trabaje con ellos, no basta con apagarlos.
- Antes de operar con elementos eléctricos, tales como llaves, reóstatos, etc., debe asegurarse que las manos se encuentren secas.
- Cuando se trabaje sobre superficies húmedas o mojadas, deberá usarse un aislamiento adicional.
- Cuando se emplean equipos eléctricos, hay que asegurarse antes y después del uso que funciona correctamente.
- Antes de realizar una maniobra, recordar los riesgos potenciales que pueden estar involucrados en la misma.

El empleo de tomacorrientes con triples y/o múltiples, conlleva un riesgo potencial por falta de conocimiento de quién provoca la sobrecarga. Generalmente se conectan dos o más equipos donde normalmente debe conectarse uno solo, con lo cual se somete a los conductores y tomacorriente a peligrosas sobrecargas que elevan la temperatura de los mismos a valores muy altos. Además los triples, múltiples y adaptadores están prohibidos porque no tienen descarga a tierra. La prohibición rige desde el 18 de agosto de 1999, la misma alcanza también a los adaptadores, prolongadores y enchufes múltiples (zapatillas) que tengan ese tipo de conexión y también a los artefactos que los incluyan.

- Cuando en una instalación se quema un fusible, no cambiarlo por otro de mayor sección, y menos aún eliminarlo por un puente; lo que se debe hacer es investigar por qué se quema.
- No cambiar enchufes de equipos de alto consumo por otro de menor amperaje. Esto no sólo puede llegar a provocar combustiones, sino que constituye un permanente peligro de electrocución para el operario.
- No emplear enchufes tipo “Europlug” (dos patas redondas), sólo emplear de dos o tres patas planas de acuerdo con el tipo de equipo. Así, para un equipo con carcasa metálica se debe emplear tres patas; si tienen carcasa aislada (plástico) con dos patas es suficiente.

1.8.1. Sistema de protección contra riesgos por contacto directo

Para la protección de las personas contra contactos directos se adoptará una o varias de las siguientes medidas:

a) Protección por alejamiento: se alejarán las partes activas de una instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen para evitar un contacto fortuito con las manos o con objetos conductores que habitualmente se utilicen cerca de las instalaciones.

b) Protección por aislamiento: las partes activas de una instalación o equipo deberán estar recubiertas con aislamientos adecuados que conserven sus propiedades durante su vida útil y que limite la corriente de contacto a un valor inocuo y no superior a 1 mA.

c) *Protección por obstáculos*: significa interponer elementos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de una instalación. Los obstáculos deben estar fijados en forma segura y resistir potenciales esfuerzos mecánicos.

1.8.2. Sistema de prevención contra riesgos por contacto indirecto

Para proteger a las personas contra riesgos de contacto con masas puestas accidentalmente bajo tensión, deberán estas instalaciones estar puestas a tierra y, además, disponer de dispositivos de protección activa (transformadores de seguridad, disyuntores diferenciales, etc.).

a) *Puesta a tierra de las masas*: para un sistema eléctrico, libre de peligros, es necesario asegurarse un aislamiento seguro en toda la longitud de los conductores eléctricos de la instalación y tierra. Cualquier defecto en una instalación puede conducir a que ciertas partes de la misma, normalmente sin tensión, la adquieran en esas circunstancias. Puede ocurrir también que debido a la humedad se aumente la conductividad de elementos de por sí malos conductores o aislantes, y que dejen bajo tensión partes de la instalación que normalmente no debería tenerla. De esta manera se generan riesgos para cualquier persona que en forma casual tome contacto con la instalación.

Las masas deberán estar unidas eléctricamente a una toma a tierra o a un conjunto de tomas de tierra interconectadas. El circuito de puesta a tierra deberá ser continuo, permanente y tener capacidad de carga para conducir la corriente de falla y una muy baja resistencia. Todo esto es capaz de canalizar la mayor parte de corriente de la descarga hacia tierra, sin que circule a través de la persona electrizada.

Los valores de las resistencias de las puestas a tierra de las masas, deberán estar de acuerdo con el umbral de tensión de seguridad (24 V) y los dispositivos de corte elegidos, como fusibles disyuntores, de modo de evitar llevar o mantener las masas a un potencial peligroso con relación a la tierra y que se limite el tiempo de contacto de las corrientes por debajo de los valores del umbral de tensión de contacto. Debe ser inferior a 25 V en zonas mojadas o húmedas, e inferior a 50 V en zonas secas. Es recomendable la revisión periódica de las puestas a tierra, midiendo la resistencia mediante el empleo de un telurómetro de manera tal de mantener todo el sistema en las mejores condiciones de seguridad.

b) *Dispositivos de seguridad activa en un laboratorio*: las instalaciones eléctricas deben contar con dispositivos que indiquen automáticamente la existencia de cualquier defecto en la misma e inmediatamente la saquen de servicio antes de que las masas adquieran un potencial peligroso.

Con este fin se puede intercalar en la alimentación de un receptor un disyuntor diferencial. Es un interruptor de lo más seguro para la protección contra descargas eléctricas a las personas. Se puede emplear tanto en instalaciones industriales como domiciliarias. El disyuntor, básicamente, detecta todas aquellas corrientes que no siguen el

circuito normal, se las conoce como corrientes de fuga. Cuando se produce una fuga a tierra o defecto, esta intensidad de fuga desequilibra el campo magnético, creándose un flujo que induce en una bobina (circuito secundario) una corriente que previamente amplificada acciona un *relee* de disparo el cual abre el circuito.

Son capaces de detectar corrientes de fuga tan pequeñas como 10 mA y en un tiempo no mayor a 0,03 seg.

El costo de estos equipos es accesible, su confiabilidad y sensibilidad son buenos, además son fáciles de instalar y de forma rápida. Poseen además elementos que permiten controlar su normal funcionamiento simulando una falla. Por lo tanto es conveniente realizar verificaciones periódicas, para asegurarse de que funciona correctamente.

1.8.3. Procedimientos de rescate de un accidentado

En caso de tener que intervenir para rescatar a una víctima en contacto con un elemento bajo tensión se deben extremar las precauciones para evitar que el auxiliador ocupe el lugar de la víctima y un especial cuidado de los actos incontrolados del accidentado tratando de salvarse.

En intervenciones de este tipo siempre se debe actuar con celeridad y con todas las precauciones posibles por parte del personal actuante.

En todos los casos de accidentes eléctricos debemos tener siempre presente que:

- 1.** El accidentado es la prioridad.
- 2.** Cuide su propia vida y tome precauciones, un accidentado tiende a tomarse del auxiliador.
- 3.** No actúe descontroladamente.

Si el accidente es con un conductor eléctrico, una vez separado el accidentado, comprobar la respiración y pulso; si la víctima no respira, procederemos a realizar la respiración boca-boca. Si no tiene pulso, dar un fuerte golpe en la zona cardiaca y comprobar el pulso nuevamente. En caso de continuar sin pulso, iniciar rápidamente la recuperación cardiopulmonar, hasta que se recupere o tenga asistencia médica o llegue al hospital, mientras tanto:

- 1.** Mantenga a la víctima abrigada.
- 2.** No perturbe a la víctima con preguntas innecesarias, movimientos o ruidos.
- 3.** No darle a la víctima estimulantes como bebidas fuertes, sales de amoníaco o café. *Agua sola es mejor y más seguro.*

Si el accidente se produce con media o alta tensión, el rescate debe hacerse siempre cortando la corriente, pues cualquier maniobra, aun aislándose, resulta arriesgadísima.

Si se produce en baja tensión, no tocar directamente al accidentado para intentar separarlo del conductor de corriente, dado que quedaríamos formando parte del circuito y por lo tanto en peligro también. Desconectar la corriente lo más rápido posible

buscando un interruptor o fusible. Si el interruptor no está cerca, buscar un elemento aislante y seco, como un palo, objetos de goma, una plataforma de madera (una puerta de madera) con los que podremos retirar al accidentado de la corriente, golpear o hacer palanca sobre el herido para poder despegarlo del elemento conductor.

Si el accidente es por avería en un equipo: como siempre: no toque a la víctima para no pasar a ser una víctima más. Siga los siguientes pasos:

1. Corte el suministro de energía al equipo,
2. Retire a la víctima,
3. Compruebe el pulso y la respiración de la víctima,
4. Si no hay pulso inicie masaje cardíaco,
5. Si no hay respiración inicie la RCP inmediatamente,
6. Que otra persona llame por ayuda médica, y
7. No deje de practicar la RCP hasta que respire o llegue el auxilio médico.

Bibliografía

Pérez Gabarda, L.: NTP N° 400: Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano. Ind. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

Fundación Mapfre (1992): *Manual de Seguridad en el Trabajo*. Ediciones Mapfre, Madrid.

Ley 19.587: "Higiene y Seguridad en el Trabajo". Dec. Reg. 315/79 y Res. 444/91.

Steere, Norman V. (Editor)(1970): *Handbook of Laboratory SAFETY*: Editor , 2da. ed. CRC PRECC, Inc. Mineapolis, 1.

Agencia Interdeco Canadá (1993):Manual de Emergencias Médicas. Ediciones ACME SACI, Buenos Aires.

Norma IRAM N° 2.317, parte 1/mayo 85, CDU 4210.

Capítulo 3

Riesgo de incendio

Desde que el hombre descubrió el fuego, pasó a ser éste uno de los fenómenos más fascinantes, a la par de un misterio inagotable por los infinitos factores que concurren en su generación y propagación. Cuanto más se lo investigue mayores serán las ventajas y beneficios que otorgue, pero mayores aun los cuidados a tener en cuenta.

Así como el fuego contribuyó al avance de la humanidad, al desarrollo de la tecnología, también produjo y produce grandes pérdidas de vidas humanas cuando se torna incontrolable en la naturaleza, y también cuando el mismo sucede en el trabajo y en particular en la industria.

1. Causas de incendio en la industria

Según estadísticas de la NFPA (*National Fire Protection Association*) de USA, aproximadamente el 90% de los accidentes ocurridos en la industria son causados por las siguientes fuentes de ignición, y en porcentajes atribuidos a cada una de ellas.

| | |
|-----------------------|-----|
| Incendios eléctricos | 19% |
| Fricción | 14% |
| Chispas mecánicas | 12% |
| Ignición espontánea | 8% |
| Fósforos y fumar | 8% |
| Superficies calientes | 7% |
| Chispas de combustión | 6% |

[continúa pág. sig.]

[continuación]

| | |
|---|----|
| Llamas abiertas | 5% |
| Corte y soldadura | 4% |
| Materiales recalentados | 3% |
| Electricidad estática | 2% |
| Incendios debidos a causas indeterminadas | 1% |

2. Química del fuego

El fuego es uno de los riesgos más importantes que puede generar un accidente en el laboratorio. El mismo se produce como consecuencia de un proceso de óxido-reducción en el que se libera gran cantidad de energía.

El fuego no siempre se inicia con la participación del oxígeno. Es sabido que determinados metales como el polvo de aluminio o el calcio pueden quemarse en presencia de nitrógeno; el óxido nitroso alimenta la combustión del fósforo, del carbón; el magnesio en polvo puede arder en una atmósfera de anhídrido carbónico.

Ciertas sustancias se descomponen fácilmente al ser expuestas a temperaturas suficientemente altas y en ausencia de cualquier otro compuesto, por ejemplo el ozono, el peróxido de hidrógeno, la hidrazina y otros. Existen reacciones de carácter exotérmico sin la intervención del oxígeno, pero a los fines de describir la formación del fuego, sólo trataremos el fuego que se inicia por la presencia de oxígeno (del aire) con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Durante años se utilizó el triángulo como modelo del fuego mediante el cual se pretendía demostrar el mecanismo y la acción de los agentes extintores, pero a la luz de nuevas investigaciones este modelo resultó insuficiente para explicar determinados fenómenos que aparecían como anómalos. Tal es el caso de la acción extintora de polvos y halógenos, la mayor efectividad del potasio sobre el sodio, o del yodo sobre el bromo, o de éste sobre el cloro; también hay que mencionar como "anomalía" el aumento de la velocidad de reacción cuando los combustibles se someten a emanaciones radioactivas, la acción extintora de las ondas de detonación aplicadas para apagar los pozos de petróleo; la existencia de llamas frías, etc. Todos éstos constituyeron algunos de los argumentos que abogaron por la necesidad de ampliar el modelo.

Así se pasa del triángulo, *Figura 3* (modelo físico) compuesto por comburente, oxígeno (aire) y temperatura, a una pirámide triangular con el agregado de un cuarto factor: "La reacción en cadena", modelo químico que mantiene en forma concurrente y simultánea a los tres factores presentes en el fuego físico, es decir la: Temperatura (Energía de activación), Comburente (Oxígeno), Combustible, (sólidos, líquidos ó gases) y la Reacción en cadena.

A la pirámide se la conoce por el Tetraedro del Fuego, como se puede observar en la *Figura 4*.

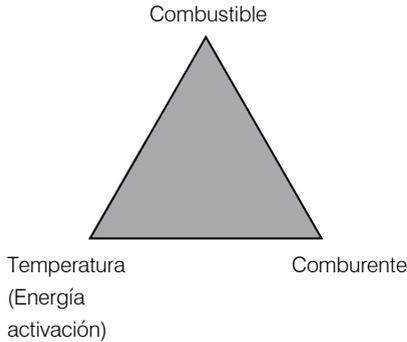


Figura 3

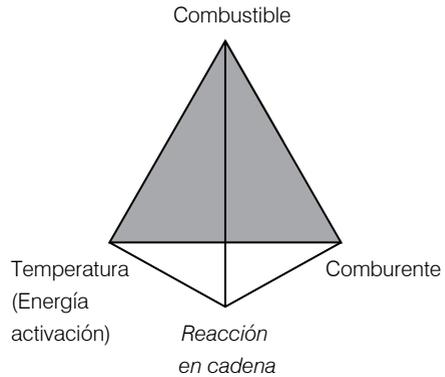


Figura 4

3. Factores que concurren en el tetraedro del fuego

Brevemente veremos los factores que concurren en el tetraedro del fuego y algunas de sus características.

Combustible: Se define así a toda sustancia capaz de combinarse con el oxígeno de forma rápida y exotérmica. Todos los combustibles queman en fase gas o vapor, para llegar a la misma es necesario un aporte previo de energía.

La ocurrencia de la posible ignición depende de ciertos factores como:

- Concentración adecuada de combustible-aire. (Combustible-Comburente zona de combustión).
- Temperatura mínima para que el combustible emita gases para llegar a una concentración adecuada (energía de activación) que es necesario aportar a la mezcla para que se inicie el proceso y se desarrolle la reacción en cadena.

Para analizar los factores anteriores debemos analizar determinadas constantes físicas de cada combustible.

Temperatura de inflamación: es la mínima temperatura a la cual una sustancia combustible genera suficiente cantidad de vapores que, mezclados con el aire, produce la ignición por aporte de energía de activación.

Esta temperatura es un parámetro indicativo de la peligrosidad de un combustible. Así cuando más baja sea esta temperatura más fácilmente desprenderá vapores.

Temperatura de auto ignición: es la mínima temperatura a la cual una sustancia combustible en presencia de aire entra en combustión sin el aporte de energía de activación. Esta temperatura es orientadora y en función de condiciones tales como: concentración de la mezcla aire-combustible; forma y volumetría del lugar donde se produce la ignición, catalizadores, efecto de otros materiales, etcétera

Límites de inflamabilidad: son las concentraciones extremas de combustible-comburente que se pueden formar para que se produzca una combustión.

El Límite Superior de Inflamabilidad (LSI) es la máxima concentración de vapores combustibles en mezcla con un comburente.

El Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) es la mínima concentración de vapores combustibles en mezcla con un comburente.

Por encima y por debajo de los límites no se debe producir la combustión. Estas concentraciones se expresan en porcentajes de volumen de vapores en mezcla con el aire en la *Tabla 2*.

| Características de inflamabilidad | | | | | |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|--|----------|
| Productos | Propiedades | Punto de inflamación (°C) | Temperatura de Autoignición (°C) | Límites de Inflamabilidad (% en volumen de aire) | |
| | | | | Superior | Inferior |
| Ácido Acético | | | 516 | 19,9 | 5,4 |
| Acetileno | | gas | 335 | 81,0 | 2,5 |
| Acetona | | | 538 | 12,8 | 2,5 |
| Acetato de etilo | | | 460 | 11,5 | 2,1 |
| Benceno | | -11 | 560 | 7,1 | 1,3 |
| Butano | | gas | 405 | 8,5 | 1,9 |
| Cumeno | | | 420 | 6,5 | 0,9 |
| Dietiléter | | | 170 | 36,5 | 1,8 |
| Etanol | | | 425 | 19,0 | 3,3 |
| Glicerina | | 160 | 393 | - | - |
| Hidrógeno | | gas | 585 | 75,0 | 4,1 |
| Isopropanol | | | 460 | 14,0 | 2,0 |
| Metano | | gas | 540 | 14,0 | 5,3 |
| Propano | | gas | 466 | 9,5 | 2,2 |
| Tolueno | | | 510 | 7,1 | 1,2 |
| Xilenos | | | 465 | 7,0 | 1,0 |

Tabla 2

Comburente: se denomina comburente a toda mezcla de gases en el cual el oxígeno está en proporción suficiente para que en su seno se produzca la combustión.

El aire contiene aproximadamente un 21% de oxígeno en volumen, por lo que es el comburente más común en todos los fuegos.

Por otra parte, como se expresó anteriormente, existen compuestos que pueden aportar oxígeno en ausencia de aire. El clorato de potasio o el nitrato de potasio, son agentes oxidantes que pueden provocar la combustión en ausencia de aire.

La combustión puede darse en atmósferas sin oxígeno, como atmósferas de cloro, dióxido de carbono, nitrógeno y otros gases; por ejemplo, el polvo de zirconio puede incendiarse en presencia de dióxido de carbono.

Energía de activación: es la energía mínima y necesaria para que se inicie la reacción. La energía de activación depende de la naturaleza del combustible y de las condiciones en las que éste se manipule, como presión, temperatura, concentración, grado de subdivisión.

La energía de activación es proporcionada por los focos de ignición. Los mismos se clasifican según su naturaleza en:

| | |
|------------------|--------------------------------------|
| Focos eléctricos | Cortocircuitos |
| | Arco eléctrico |
| | Motores recalentados |
| | Cargas estáticas |
| | Descargas eléctricas de la atmósfera |
| Focos térmicos | Chispas de combustión |
| | Condiciones térmicas ambientales |
| | Proceso de soldadura |
| | Superficies calientes |
| | Radiaciones solares |
| Focos químicos | Reacciones exotérmicas |
| | Sustancias reactivas |
| | Sustancias autooxidables |
| Focos mecánicos | Roces mecánicos |
| | Chispas de herramientas. |

Reacción en cadena: es el proceso que permite la propagación del incendio, siempre que la energía de activación sea suficiente y se produzca la mezcla combustible comburente.

Cuando una sustancia se calienta, ésta desprende vapores y gases, los cuales se combinan con el oxígeno del aire que en presencia de una fuente de ignición arden. En el momento que los vapores arden, se libera gran cantidad de calor. Si éste no es lo suficientemente elevado no se generarán más vapores desde el combustible y el fuego se apagará. Ahora, si la cantidad de calor desprendida es elevada, el material combustible seguirá descomponiéndose y desprendiendo más vapores que, con el oxígeno, se inflamarán y el fuego aumentará, verificándose la reacción en cadena.

A nivel molecular, la energía de activación generará a partir de los productos reaccionantes radicales libres tales como $\bullet\text{CH}_3$, $\bullet\bullet\text{CH}_2$, hidrógeno libre, carbón libre, que provocan la reordenación de átomos y partículas activas, dando lugar a los productos de reacción.

En este tipo de reacción entra en combustión un gas y el fuego será tipo llama exclusivamente, y sirve para ilustrar un mecanismo clásico de la combustión.

La clase de fuego producida y los mecanismos de la combustión dependerán del tipo de combustible y de su estado de agregación.

4. Clases de fuego

En base a la naturaleza del combustible, se establece una clasificación de los diferentes tipos de fuego, según la norma IRAM 3.517, Parte 1ra.



Clase "A": Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser maderas, telas, gomas, plásticos y en general en todos aquellos materiales que dejan cenizas.



Clase "B": Fuegos sobre líquidos inflamables, gases y grasas, pinturas, ceras y otros.



Clase "C": Fuegos sobre materiales. Instalaciones o equipos sometidos a la acción de la energía eléctrica (motores, calefactores, interruptores, etc.).



Clase "D": Fuegos que pueden ser provocados por autocombustión en condiciones de humedad, de ciertos metales como (magnesio, zirconio, sodio, potasio y litio etc.).

A esta clasificación se la conoce como "Clasificación Universal" y es la empleada en la Argentina.

En algunos países europeos emplean otra clasificación donde separan los líquidos inflamables de los gases.

Los extintores o matafuegos tienen que tener perfectamente identificada en su etiqueta el tipo de fuego para los que están destinados (Clases "A", "B", "C", "D") su forma de empleo, a los efectos de no ser usados indebidamente y no producir los efectos esperados.

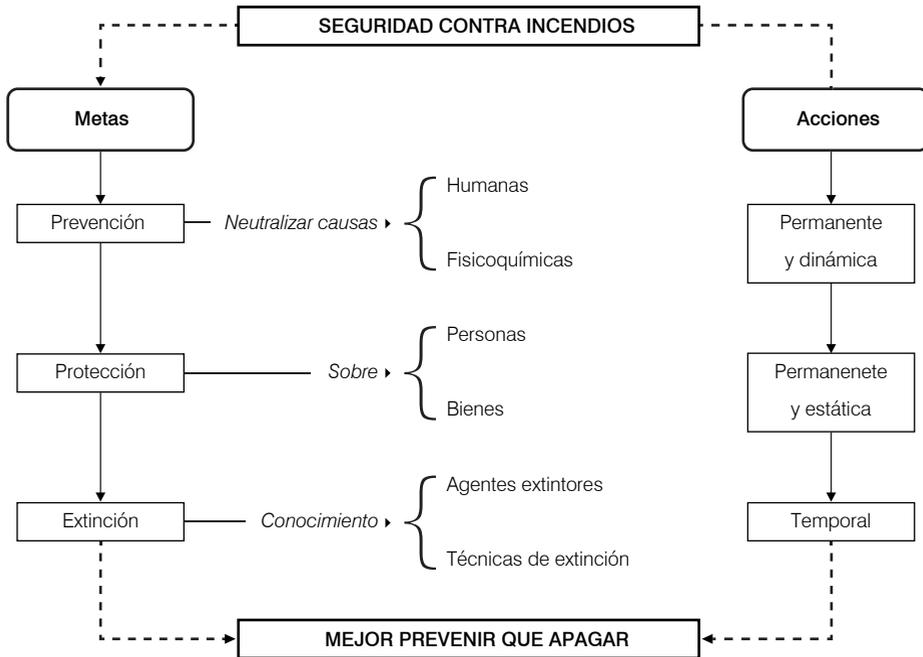
5. Seguridad contra incendios

Para lograr una eficaz seguridad contra incendios, hay que actuar en base a un programa bien estructurado que comience con la prevención a través de normas o reglamentaciones a los efectos de proceder sobre posibles causas fisicoquímicas, y crear una verdadera conciencia en los seres humanos en una acción permanente y dinámica.

Las metas para la seguridad ejercen protección sobre personas y bienes en una acción permanente y estática; es decir, apuntan a proteger las estructuras edilicias y sus instalaciones contra la acción del fuego y a establecer los sistemas de evacuación de las personas.

Y finalmente, conocer los agentes extintores y las técnicas a aplicar en forma activa por acción temporal para extinguir los incendios.

Es importante que todos los integrantes de una organización conozcan cómo extinguir un principio de incendio o al menos dominarlo hasta la llegada de los bomberos.



6. Prevención de incendios en el laboratorio

Las técnicas de prevención contra incendios en un laboratorio y en cualquier tipo de edificio se debe encarar con tres tipos de protecciones:

- Pasiva o estructural
- Preventiva o prevención
- Activa o extinción

6.1. Prevención pasiva o estructural

Se entiende por protección pasiva o estructural contra incendios a todas aquellas medidas tendientes a impedir o limitar la propagación de los mismos, ya sea en edificaciones e instalaciones en general, para prever potenciales efectos producidos por el fuego sobre personas y bienes.

La primera defensa contra incendios es la forma en que están construidos los edificios y sus instalaciones en pos de ofrecer seguridad y posibilitar el escape de las personas. A este tipo de protección se le llama "pasiva" o "estructural".

Las acciones que se pueden llevar a cabo en un laboratorio son:

- Utilizar materiales que ofrezcan el menor riesgo posible de incendio (pisos, paredes y techos).
- Utilizar materiales con procesos de retardo a la acción del fuego.
- Eliminar o separar áreas peligrosas de otras menos peligrosas.
- Sectorizar las áreas a los efectos de reducir al mínimo la capacidad ambiental de los edificios hacia el fuego.
- Proyectar y ejecutar un buen sistema de escape como de primordial importancia.

Algunos aspectos a tener en cuenta en el diseño y construcción de un laboratorio u otro edificio son:

a) Todo laboratorio debe tener al menos dos salidas, suficientemente grandes, con puertas que abran hacia fuera, libre de obstáculos, bien señalizadas e iluminadas;

b) La puerta de emergencia debe estar provista de barra antipánico.

c) Ninguna parte del edificio deberá estar alejada de una salida al exterior, y la distancia debe estar en relación directa al grado de riesgo existente.

d) Las escaleras de madera, las escaleras caracol, los ascensores y las escaleras de mano no son consideradas como salidas de emergencia.

e) Las escaleras exteriores y de escape para caso de incendio no deberán dar a patios internos o a pasajes sin salida.

f) Las cajas de escaleras serán construidas en material incombustible y contenidas entre muros resistentes al fuego; su acceso es través de una antecámara con puertas de doble contacto, resistentes al mismo y de cierre automático.

- Diseñar y construir las instalaciones necesarias para un sistema de iluminación de emergencia, independiente de la iluminación general, alimentado por baterías o generadores.
- Establecer un sistema de señalización para evacuaciones de edificios (con pinturas fluorescentes y a baja altura desde el piso).

6.2. Preventiva o prevención

La prevención de incendios comprende aquellas medidas que se adopten para evitar la producción de los mismos, estableciendo normas y reglamentaciones. Las medidas a tomar tienen que actuar sobre cada uno de los elementos que intervienen en el tetraedro del fuego, en forma separada o combinada, a los fines de romper la cadena, además de actuar sobre el hombre en sus aptitudes y actitudes.

Las causas pueden ser fisicoquímicas y/o humanas

Causas fisicoquímicas

Combustibles: las medidas a adoptar son: eliminación del combustible, o evitar la formación de mezcla explosivas, de las siguientes formas:

- Eliminar los residuos inflamables y utilizar recipientes herméticos.

- Aspirar de forma localizada aquellas zonas donde se puedan generar mezclas explosivas.

- Ventilar las zonas donde se puedan formar concentraciones de vapores inflamables.
- No dejar solventes próximos a llamas abiertas o zonas calientes.

Comburente: Las medidas a tomar para eliminar el comburente, que en la generalidad de los casos es el oxígeno contenido en el aire, son:

- Si se guardan combustibles guardarlos en recipientes estancos para eliminar la proporción de comburente respecto al combustible.
- Sustituir el oxígeno empleando gases inertes, como el nitrógeno (atmósferas inertes de reactores).
- Utilizar recipientes para residuos, con características estancas a los fines de consumir rápidamente el oxígeno si se produce una autoignición.

Energía de activación (Temperatura). Las medidas deben tender a eliminar los posibles focos de ignición que aportan la energía suficiente para inflamar una mezcla explosiva. Ellos son:

- Adecuar las instalaciones eléctricas, para evitar cortocircuitos y recalentamientos, arcos voltaicos.
 - Mal empleo de los toma corrientes: triples y/o zapatillas.
 - Mantenimiento de los motores eléctricos.
 - Mantenimiento de tableros eléctricos en buenas condiciones y no expuestos a problemas de humedad y suciedad.
- Cambiar las instalaciones eléctricas obsoletas (en especial los conductores).
- Separar y almacenar en forma adecuada las sustancias reactivas.
- Prohibir fumar y utilizar medios de ignición (fósforos de seguridad) adecuados.
- Instalar correctamente las conexiones a tierra (descargas).
- Tratar en lo posible de no emplear llamas libres (mecheros); y en caso de hacerlo vigilar y no dejar sustancias explosivas cerca.

Reacción en cadena: Actuar sobre la reacción en cadena significa impedir la combustión del combustible mediante la adición de elementos que corten el proceso.

- Empleo de compuestos ignífugos en tejidos, cables, tapizados, cortinas, etcétera.
- Adición de antioxidantes en los plásticos.

Causas humanas

Esta es una de las causas más difíciles de actuar, porque es el hombre el que está de por medio y generalmente en la cadena causa-efecto es el responsable en gran proporción de los accidentes.

Las causas más comunes son:

Ignorancia: el individuo puede actuar en forma consciente, pero no se puede prever su accionar por desconocimiento (por ejemplo, mantener cerrada con llave una puerta de emergencia durante la jornada de trabajo).

Inobservancia: el hombre no tiene en cuenta o no cumple con reglamentaciones y/o disposiciones vigentes sobre el tema.

Negligencia: el individuo no cumple con disposiciones establecidas, debido a descuidos, desidia, falta de atención.

Inconsciencia: el hombre actúa bajo factores psíquicos incontrolados que no le permiten medir sus acciones ni prever consecuencias.

Imprudencia: por condiciones de aptitud física o mental el individuo viola u omite reglas de precaución, por falta de percepción, exceso de confianza o falta de fuerza.

Error: el individuo aplica equivocadamente una técnica de prevención, o estima mal causas y/o consecuencias.

Estas causas pueden ser las responsables por no disponer en el laboratorio, oficinas:

- Un sistema de iluminación de emergencia (independiente de los circuitos de energía eléctrica general) alimentado por baterías.
- Un sistema de comunicación seguro y eficaz.
- Un sistema de alarmas y detección de incendios seguro y resistente según norma IRAM N° 3.639/4.

Señalización con carteles indicadores y demarcación de pisos y paredes con pinturas fluorescentes.

6.3. Prevención activa o extinción

Esta etapa involucra, y como su nombre lo indica, "extinguir los incendios".

El éxito de esta etapa guarda relación directa con las dos anteriores ya adoptadas desde el punto de vista estructural y preventivo. Apunta al estudio y aplicación de los métodos y sistemas de extinción, conocimiento del funcionamiento de equipos de alarma, y organización del sistema de evacuación e instrucción del personal.

7. Métodos de extinción

De acuerdo con lo visto anteriormente en relación con la química del fuego, su generación y su mantenimiento, es necesario que coexistan los cuatro factores que integran el tetraedro del fuego.

Para provocar la extinción del fuego hemos dicho que es imprescindible anular uno o más de los integrantes del tetraedro. Por lo tanto dependiendo del factor donde se actúe, existen las siguientes formas de extinción:

- Sofocación
- Eliminación
- Enfriamiento
- Inhibición

Sofocación: consiste en actuar sobre el *comburente* (oxígeno). Esta acción se logra de dos maneras:

1. Evitando la aportación de oxígeno sobre el combustible, para lo cual es necesario cubrir el combustible con algún material difícilmente combustible o incombustible: polvo, espuma, arena, etcétera.

2. Reduciendo la concentración de oxígeno mediante la proyección de un gas inerte (nitrógeno o anhídrido carbónico) por debajo de la concentración mínima, necesaria para mantener la combustión.

Eliminación: consiste en actuar sobre el *combustible* de las formas siguientes:

1. Cortando o eliminando el combustible de la zona de fuego (gases o líquidos).
2. Retirando los combustibles de la zona de fuego antes de que sean afectados por el mismo.

Enfriamiento: en este caso se busca actuar sobre la energía de activación, eliminándola y deteniendo la reacción en cadena. Se logra por el agregado de sustancias que absorban esa energía o bajen la temperatura, por ejemplo agua.

Inhibición o supresión: consiste en actuar neutralizando los radicales libres de la *reacción en cadena*. Se obtiene la neutralización por el agregado de sustancias que producen radicales libres que, por combinación con los radicales producidos en la combustión, rompen la reacción en cadena.

| Métodos | Extintores | Agua | Espuma | Anhídrido Carbónico | BC | ABC | Halón | Polvos especiales |
|------------------------|------------|------|--------|---------------------|----|-----|-------|-------------------|
| Sofocación | | | Sí | Sí | | | | Varía según polvo |
| Enfriamiento | | Sí | Sí | Sí | | Sí | | |
| Supresión o inhibición | | | Sí | | Sí | Sí | Sí | |

Figura 5: Métodos de extinción

8. Agentes extintores

Son sustancias que basándose en los métodos antes vistos provocan la extinción del fuego.

Para que la utilización de un agente extintor tenga el efecto deseado, de acuerdo al tipo de fuego que tengamos que apagar, es necesario conocer las características de cada uno de ellos.

8.1. Tipos

Entre los más usados por su eficacia, seguridad y costos tenemos:

Agua: ha sido y es el agente extintor más ampliamente usado. Actúa por enfriamiento y sofocación. Se emplea para la extinción de los fuegos clase "A".

Cuando se emplea pulverizada, además de extinguir los fuegos clase "A", controla los fuegos clase "B" y "C".

El agua, al pasar del estado líquido a vapor, aumenta su volumen (a presión normal) en 700 veces; por lo tanto desplaza un volumen igual de aire y así reduce la concentración de oxígeno.

Inconvenientes: Conduce la corriente eléctrica, causa daños materiales y no se puede utilizar en fuegos clase "D" debido al riesgo de explosión.

Espumas: son burbujas de aire formadas a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes. Actúan por sofocación y enfriamiento.

Los agentes espumígenos empleados son compuestos proteínicos naturales, fluoroproteínicos, espumas AFFF (formadoras de película acuosa), o espumas mecánicas (IRAM 3.527). son espumantes del tipo sintético combinados con agentes fluorados. La espuma se genera en la lanza cuando se mezcla la emulsión con el aire.

Inconvenientes: son conductoras de la corriente eléctrica, pueden provocar daños en los materiales y, además, no deben aplicarse sobre metales.

Polvos químicos: Son sales inorgánicas finamente pulverizadas, cuyos componentes básicos pueden ser:

- Bicarbonato de sodio
- Bicarbonato de potasio
- Cloruro de potasio
- Bicarbonato de urea-potasio
- Fosfato de amonio

La acción de los polvos a base de bicarbonato se debe a la presencia de CO₂ originado por descomposición del CO₃H⁻, y por lo tanto sofoca dado su accionar como tal.

En función de su composición y poder de extinción, la norma IRAM 3.517 divide a los polvos químicos en dos tipos:

a) Polvo químico para fuegos "B" y "C", cuyo material extintor base es alguna de las cuatro primeras sales inorgánicas vistas.

b) Polvo químico para fuego clase "A", "B" y "C" (Triclase) y cuyo agente extintor es el fosfato de amonio.

Inconvenientes: son abrasivos y con gran capacidad de dispersión, aunque son malos conductores de la electricidad. Su uso no es recomendable en presencia de equipos electrónicos. Son incompatible con la mayoría de las espumas.

Dióxido de Carbono: es un gas que se utiliza con frecuencia debido a sus propiedades físicas: es fácilmente licuable por compresión y enfriamiento, se autoimpulsa debido a su presión de almacenamiento. Actúa por sofocación y enfriamiento.

La densidad relativa del CO₂ es 1,5 veces mayor que la del aire, por lo tanto desplaza al mismo y consecuentemente al oxígeno.

Inconvenientes: poco efectivo en exteriores, asfixiante en concentraciones superiores al 9% y es incompatible con fuego de metales.

Hydrocarburos Halogenados (halones): son hidrocarburos formados por la sustitución parcial o total de átomos de hidrógeno por átomos de flúor, cloro o bromo. A los más conocidos se los identifica con la palabra "Halón" seguida por una serie de dígitos que de acuerdo con las normas DIN, indican, en orden la cantidad de átomos de carbono, fluor, cloro y bromo. Así por ejemplo, Halón 1211 (bromoclorodifluorometano –CF₂ClBr– y se representa C = 1; F = 2; Cl = 1; Br = 1.

Otro Halón que se emplea es el Halón 1301 ó (bromotrifluorometano) –CBr₃F–

Estos compuestos actúan por inhibición y son utilizados para fuegos en equipos electrónicos (computadoras).

Estos compuestos son muy tóxicos a temperaturas elevadas y hacen bastante difícil su aplicación –además de actuar sobre la capa de ozono–. A raíz de ello, en noviembre de 1992, las partes que intervinieron en el Protocolo de Montreal (incluida la Argentina) reunido en Copenhague, establecieron que a partir del 1º de enero de 1994 se prohibía la fabricación y uso de los halones.

En el mercado se ofrecen otros tipos de halones, entre ellos el Halotrón-I que es un hidrocarburo fluorado (HCFC), combinado con dos gases, que forman un compuesto de elevado punto de ebullición.

Tiene, además, un extremadamente bajo ODP (Reducción de Potencial de Ozono), del orden de 0,014, frente al 4,0 del Halón 1211, y al del Halón 1301 que es superior a 13.

Por otra parte el ODP del Halotrón-I es inferior a 1/10 del nivel máximo aceptado por la EPA (*Environmental Protection Agencia*) de 0,20.

El Halotrón-I posee un bajo GWP (Potencial de Calentamiento de la Tierra), en la escala entre 0,04 y 0,24; y una vida atmosférica en la escala de 3,5 a 11 años.

Además el Halotrón-I es un agente limpio (no residual), anticorrosivo y no-conductor.

En febrero de 1994, el Halotrón-I fue incluido en la lista de las reglamentaciones definitivas de la EPA como sustituto del Halón 1211, para aplicaciones comerciales, industriales y militares.

Inconvenientes: son altamente tóxicos a temperaturas elevadas además de sus adversos efectos medioambientales.

Agentes extintores especiales: estos tienen la particularidad de extinguir fuegos producidos por metales combustibles.

Estos agentes pueden presentarse en forma de polvos, líquido o gases, siendo la variedad polvo la más utilizada.

Como los metales combustibles tienen distintas propiedades, en consecuencia su combustión será distinta; por lo tanto, para elegir el extintor será necesario conocer el mecanismo de combustión de cada metal combustible.

| Fuego \ Extintor | Agua | Espuma | CO ₂ | BC | ABC | Halón | Polvos especiales |
|------------------|------|--------|-----------------|----|-----|-------|-------------------|
| A | Sí | Sí | – | – | Sí | Sí | – |
| B | No | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | – |
| C | – | – | Sí | Sí | Sí | Sí | – |
| D | – | – | – | – | – | – | Sí |

Figura 6: Tipos de extintores

9. Sistemas de extinción

Los equipos que conforman los distintos sistemas de extinción están diseñados para un mejor aprovechamiento de la sustancia extintora: facilidad en la aplicación, seguros y, en algunos casos, fáciles de transportar. Prácticamente todas las sustancias deben ser proyectadas a presión para que el fuego pueda ser atacado a distancias razonables. Los sistemas que se adopten para lograr la presión necesaria determina en gran parte las principales características de los equipos extintores.

Sistemas de extinción { Extintores portátiles
Extintores fijos
Extintores automáticos

Extintores portátiles

Son aparatos de accionamiento manual que permiten proyectar y dirigir el agente extintor sobre el fuego. De acuerdo con su carga se los clasifica en:

Portátiles manuales: son aquellos cuya masa total transportable puede llegar hasta los 15 kg, pero esto depende de la capacidad física de cada usuario. En los laboratorios generalmente se emplean hasta 8,5 kg de masa total.

Portátil sobre ruedas: Son aquellos cuya carga total varía entre 65 y 240 kg. Es aconsejable que puedan ser transportados por un sólo hombre y sean fáciles de trasladar.

Extintores fijos

Dado que los extintores portátiles tienen una capacidad limitada frente a incendios en la fase de desarrollo, se requieren sistemas de mayor capacidad de extinción y rapidez de respuesta.

En función de la sustancia extintora utilizada podemos citar los sistemas de agua, de espuma, de polvo químico, de anhídrido carbónico y de halones. Todos estos sistemas pueden ser de accionamiento manual o automático.

El sistema de agua es el más empleado por su abundancia y economía. Éste consta de una toma de agua en un punto fijo de la red de incendios –que proviene de la red de agua potable y/o de un tanque sobreelevado–, y de los elementos siguientes: un armario, un soporte para la manguera, una válvula, la manguera y la lanza-boquilla.

Extintores automáticos

El sistema es comandado por elementos sensibles al calor que actúan cuando se produce el incendio. Estas instalaciones de rociadores automáticos (*sprinklers*), constituyen el sistema ideal ya que detecta el fuego, dispara la alarma y extingue.

El sistema está conformado por una serie de conexiones ramificadas y conectadas a una fuente de abastecimiento, a las que se acoplan las cabezas rociadoras.

Hay tres sistemas de rociadores automáticos:

1. Sistema de tubería húmeda, porque ésta se mantiene siempre llena de agua.
2. Sistema de tubería seca, la que se mantiene siempre llena de aire comprimido que retiene el agua mediante una válvula diferencial. Se utiliza en zonas frías, para evitar problemas de congelamiento de las tuberías.
3. Sistemas combinados, según la estación del año.

Generalmente los equipos automáticos incluyen una alarma acústica, siendo posible además conectar la instalación a la central de la empresa y en algunos casos al cuerpo de bomberos.

10. Cómo elegir los extintores

La elección de matafuegos se basa primero en identificar la clase de fuego a extinguir de acuerdo al tipo de construcción y al contenido del/los locales, las condiciones ambientales (temperatura, humedad) y el poder extintor de los matafuegos.

Elección por tipo de fuego y aptitud del matafuego:

- Los extintores para extinción de fuego clase “A” se seleccionarán entre los siguientes: de agua, de espuma y AFFF, polvo triclase y halones bromoclorodifluorometano (BCP).
- Los extintores para extinción de fuego clase “B” se seleccionarán de entre los siguientes: de bromodiclorodifluorometano (BCF), de dióxido de carbono y de polvo, de espuma y de agua con AFFF.
- Los extintores para extinción de fuego clase “C” serán elegidos de entre (BCP), de CO₂ y de polvo. Los fuegos clase “C” involucran equipos eléctrico-energizados, por lo tanto tienen el doble riesgo de incendio y electrocución si se emplea el extintor equivocado; por ejemplo, emplear agua o espuma.

Elección por potencial extintor del matafuego: se puede elegir por su potencial extintor o su capacidad extintora.

Los matafuegos se clasifican según su potencial extintor asignándoles una notación e identificación; la misma consiste en un número, seguido de una letra que se graba en los elementos con caracteres indelebles. El número indica la capacidad relativa de extinción para la clase de fuego que indica la letra. Este potencial extintor debe estar certificado por ensayos normalizados. A mayor número mayor es la capacidad extintora.

El sistema de clasificación dado por IRAM en la Norma N° 3.517, parte I, está basado en la extinción de fuegos normalizados de medidas determinadas. Su descripción es la siguiente:

- Potencial extintor clase “A”: ensayos sobre maderas y virutas de madera de acuerdo a la Norma IRAM N° 3.542/1980.
- Potencial extintor fuegos clase “B”: ensayos de fuegos con nafta y bandejas cuadradas de medidas estándares, según Norma IRAM N° 3.543/1977.
- Potencial extintor fuegos clase “C”: sin ensayos de fuego. El agente extintor debe ser no conductor de la electricidad (Norma IRAM N° 3.544/1984).
- Potencial extintor de fuegos clase “D”: ensayos especiales en fuegos de metales combustibles específicos (Norma IRAM N° 3.517, parte II).

Se debe tener en cuenta que para los fuegos clase “B” la cantidad de fuego que puede ser extinguido empleando un matafuego portátil está dada en gran parte por el entrenamiento y la experiencia del operador.

Para los matafuegos indicados para combatir fuegos clase “C” no se utiliza el carácter numérico, dado que los fuegos clase “C” son básicamente fuegos clase “A” o de clase “B”, pero que involucran equipos y cables eléctricos energizados.

Los extintores provistos de toberas metálicas no son adecuados para extinguir fuegos clase “C” sobre equipos energizados, por lo tanto no son aptos para fuegos clase “C”.

Los matafuegos y agentes extintores para fuegos clase “D” serán del tipo aprobado para su uso en el riesgo del metal específico.

En los matafuegos para fuegos “D” no se emplea el valor numérico. La efectividad relativa está indicada en la chapa de indicaciones de cada uno de los extintores.

Si el extintor y su agente de extinción sirven para más de una clase deben tener indicados los potenciales extintores, múltiple letra y múltiple número (ejemplo: 1A-10BC).

Los extintores a polvo, a base de bicarbonato de sodio o fosfato de potasio o bicarbonato de urea o cloruro de potasio, se usan principalmente para combatir fuegos de las clases “A”, “B” y “C”, el agente extintor que se emplea generalmente es de uso industrial (es decir de “grado técnico”).

10.1. Otros factores que inciden en la elección del extintor

Las condiciones físicas son factores que afectan la elección del matafuego.

Masa total del matafuego: en la elección del mismo se debe tener en cuenta la capacidad física del potencial usuario.

Corrosión: en ocasiones existe la posibilidad de exponer los matafuegos a atmósferas corrosivas, en tal caso se deberá proveer a los mismos de protección, o colocar matafuegos que hayan sido adecuados en esa atmósfera.

Reacción del agente extintor: en la elección de los mismos existe la posibilidad que se produzcan reacciones adversas, contaminación del agente extintor sobre el proceso o sobre el objeto incendiado o sobre ambos.

Vientos y corrientes: si el riesgo se halla sujeto a vientos o corrientes de aire se deberá considerar la utilización de matafuegos y agentes que tengan un potencial extintor suficiente para vencer esas situaciones. También es importante además, en estos casos, la forma de tratar de extinguir el fuego (ver *anexo L*: “Reglas elementales de ataque a un incipiente incendio con extintores portátiles”).

Disponibilidad de personal: se debe tener en cuenta la cantidad disponible de operarios que podrían afrontar una situación de incendio.

10.2. Condiciones de salubridad y seguridad que pueden afectar la elección

- El empleo de halones tipo 1301 ó 1211 que contienen agentes extintores de baja toxicidad a temperatura ambiente. Sin embargo, los productos que se forman en la acción contra el fuego pueden ser peligrosos. Así, cuando se emplean en recintos pequeños y/o confinados, el operador y otras personas que puedan estar presentes tienen que evitar respirar los gases producidos por la descomposición o acción química del agente ya que tienen demasiado cloro.

- Los matafuegos a base de anhídrido carbónico contienen un agente extintor que puede hacer peligrar la vida del operador o de otras personas presentes si los espacios son pequeños y/o confinados por falta de oxígeno (una prolongada permanencia en el lugar donde se extinguió el fuego puede producir pérdida de conciencia por deficiencia de oxígeno).

10.3. Precauciones con extintores para combatir fuegos tipo “C”

- Los extintores que emplean agua, espuma e incluso anhídrido carbónico con tobera metálica presentan el riesgo de descarga eléctrica si se los usa sobre equipos eléctricos energizados.

- Los extintores a base de polvo utilizados en recintos pequeños disminuyen la visibilidad y puede además obstruir filtros del sistema de purificación de aire.

- La mayoría de los fuegos producen con algunos materiales productos de combustión o de descomposición tóxicos, y hasta altamente tóxicos.

- Toda reacción química entre metales combustibles (fuegos clase “D” y muchos productos químicos, incluyendo el agua, puede presentar riesgos de amplio espectro: desde “sin consecuencias” hasta explosiones dependiendo del tipo, forma y cantidad de material involucrado.

- Con ciertos metales puede producirse fuego de gran intensidad. La ignición es generalmente el resultado de calor por fricción, exposición a la humedad o exposición proveniente de otros materiales en combustión. El riesgo mayor se da cuando los metales están finamente fundidos o en partículas finamente divididas (polvo o virutas).

También se podría elegir en función del alcance del chorro en (m/min) y por la carga de fuego.

11. Cantidad y ubicación de los matafuegos

En síntesis y según la norma IRAM N° 3.517, parte I, la cantidad y ubicación de matafuegos necesarios se determina según las características y zonas a abarcar, importancia del riesgo, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos. En las *Figuras 9 y 10* se pueden apreciar los potenciales extinción mínimo para los fuegos de clase “A” y fuego “B”, respectivamente.

En todos los casos debe instalarse como mínimo un extintor cada 200 m² de superficie a ser protegida (s/ art. 176 de la Ley N° 19.587). La distancia máxima a recorrer hasta el matafuego debe ser de 20 m para fuegos clase “A” y de 15 m para fuegos clase “B”.

El número de extintores es igual a $[N = \text{Área de riesgo}/200\text{m}^2]$

Los extintores se ubicarán visiblemente en un lugar donde sea de fácil acceso y se puedan manipular en forma inmediata en caso de incendio. Se ubicarán preferentemente en los pasillos de tránsito próximos a lugares potencialmente riesgosos.

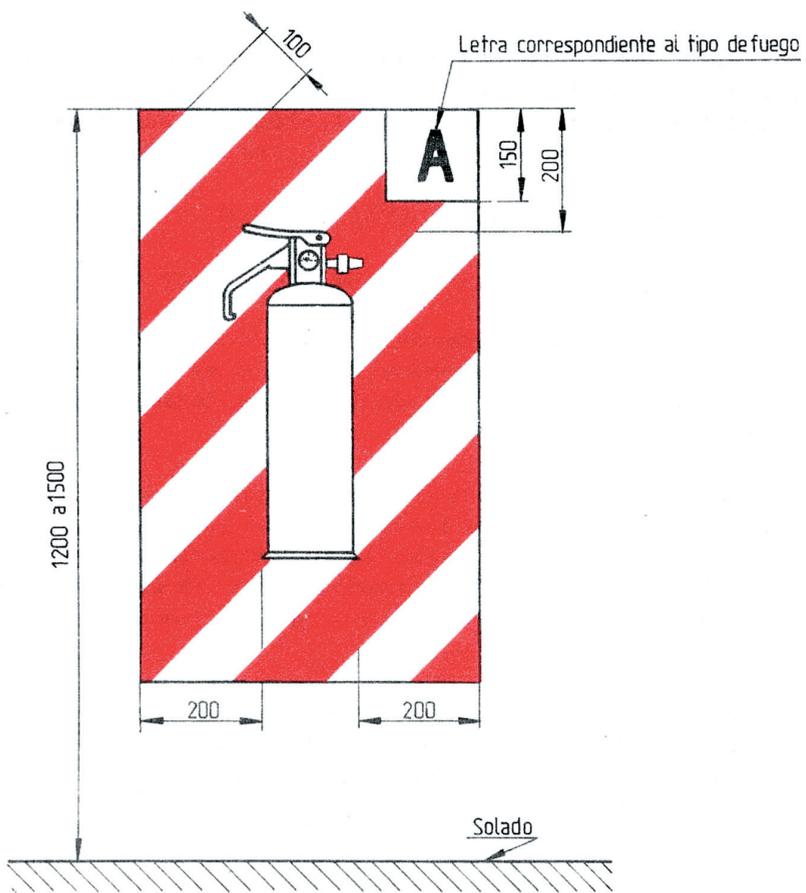


Figura 7



Figura 8: Señal para indicar la ubicación de los matafuegos

| Clase de fuego | Riesgo | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Kg de madera/m ² | Riesgo 1 Explos. | Riesgo 2 Inflam. | Riesgo 3 Muy Comb. | Riesgo 4 Comb. | Riesgo 5 Poco comb. |
| Hasta 15 | – | – | 1 A | 1 A | 1 A |
| De 16 a 30 | – | – | 2 A | 1 A | 1 A |
| De 31 a 60 | – | – | 3 A | 2 A | 1 A |
| De 61 a 100 | – | – | 6 A | 4 A | 3 A |
| > 100 | A determinar en cada caso | | | | |

Figura 9: Potencial extintor mínimo para fuegos clase “A”

| Clase de fuego | Riesgo | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
| Kg de madera/m ² | Riesgo 1 Explos. | Riesgo 2 Inflam. | Riesgo 3 Muy Comb. | Riesgo 4 Comb. | Riesgo 5 Poco comb. |
| Hasta 15 | – | 6 B | 4 B | – | – |
| De 16 a 30 | – | 8 B | 6 B | – | – |
| De 31 a 60 | – | 10 B | 8 B | – | – |
| De 61 a 100 | – | 20 B | 10 B | – | – |
| > 100 | A determinar en cada caso | | | | |

Figura 10: Potencial extintor mínimo para fuegos clase “B”

Para indicar la ubicación de los matafuegos se señalará la superficie en donde se hallan colocados como se indica en la *Figura 8* de la norma IRAM N° 3.517, parte II. En la misma están indicados el tamaño de las letras, la inclinación de las bandas y la altura desde el solado, o zócalo hasta la parte superior de la chapa baliza.

A los efectos de que el extintor sea ubicado lejos de posibles obstáculos, sobre éste se ubicará una señal en forma de triángulo equilátero, como el de la *Figura 8*, y a una distancia del solado, o zócalo del lugar, de 1 a 1,5 m de altura.

Si el extintor está ubicado en una columna la señal anterior se debe pintar en los cuatro laterales.

Mantenimiento de extintores. Un extintor será eficaz en el momento de usarlo si se le ha hecho el mantenimiento preventivo y además si se lo emplea adecuadamente. El mantenimiento se debe hacer en forma periódica de acuerdo al tipo de extintor.

Cada equipo debe tener su tarjeta de control, donde se especifique fecha y responsable del control.

La frecuencia de verificación será para los matafuegos de anhídrido carbónico en forma trimestral, en los que se verificará el peso de la carga. Para los equipo presurizados, de agua, polvos BC, polvos ABC y halones, en forma mensual, para lo cual solamente hay que verificar la lectura que indica el manómetro.

12. ¿Cómo emplear los extintores?

Generalmente los incendios cuando comienzan son pequeños, de ahí que para poder extinguirlos es fundamental saber cómo se emplea el matafuegos

Por norma todos los extintores deben tener adosada una etiqueta con las instrucciones de uso, tales como:

- “Quite el seguro”
- “Colóquese a tanta distancia, por ejemplo 3 m”
- “Accione la palanca y dirija el chorro a la base del fuego”

Cada una de estas frases está acompañada de una figura sustitutiva. Además en las etiquetas indica para qué clase de fuego se debe emplear el extintor.

Los extintores cumplen su cometido cuando el fuego es incipiente y llegado el caso para evitar el desarrollo del incendio hasta tanto lleguen los bomberos.

13. Evacuación

De acuerdo con normas y con la ley de “Higiene y Seguridad...” N° 19.587, se debe establecer un plan de emergencia integral, que comprenda la organización de los medios humanos y materiales disponibles para la prevención del riesgo de incendio, así como garantizar la evacuación. Un plan de acción sencillo en caso de incendio de un laboratorio consiste en:

1. Activar la alarma, para lo cual se debe saber dónde está ubicada.
2. Llamar inmediatamente a los bomberos locales.
3. Abandonar el laboratorio o área, previo corte de la energía eléctrica y gas, después de cerrar, si es posible, ventanas y puertas a medida que se abandona el lugar.
4. Evacuar el edificio por las salidas de emergencia que deben conocerse y teniendo en cuenta:
 - Caminar, no correr.
 - Si hay humo, agacharse o incluso gatear; el aire contra el piso es más puro e incluso verá mejor las indicaciones para la salida del edificio.
 - Si está en un piso alto, siempre bajar y no subir, dado a que el humo y el fuego van hacia arriba.
 - Usar sólo escaleras, nunca el ascensor.
5. Ir a un lugar de encuentro ya determinado.
6. No reingresar hasta que no se lo indiquen.

Documentos

Ley 19.587: “Higiene y Seguridad en el Trabajo”. Dec. Reg. 315/79 y Res. 444/91.

OIT (1984): *La prevención de los accidentes*, 2da. edición. Ginebra, Suiza.

Fundación Mapfre (1992): *Manual de Seguridad en el Trabajo*. Ediciones Mapfre, Madrid.

Normas IRAM Argentina, Serie 3.500 (3.517, parte I y parte II).

Normas IRAM N° 10.005, parte I y II.

IAS (1998): “Modelos de Incendio”, En *Revista de Seguridad*, Instituto Argentino de Seguridad, Año LVII N° 358/98.

Capítulo 4

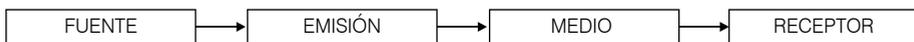
Riesgos ambientales en el laboratorio

Una actividad cualquiera en el laboratorio puede generar uno o más riesgos a través de los contaminantes.

Estos contaminantes pueden estar en el microclima de trabajo, o bien ser transportados hasta un receptor, como es el hombre, e ingresar en él por distintas vías como ser: vías digestivas, respiratorias, auditiva o por la piel.

En el laboratorio el ingreso de un contaminante puede darse preponderantemente por dos vías, ellas son la inhalatoria y la dérmica. La digestiva es la que menos se debe dar, dado a que el ingreso sería por fumar, comer o beber, y estas acciones no son aconsejables en el laboratorio por distintas y valederas razones.

Una secuencia sencilla desde la generación de un contaminante hasta el receptor es:



Observando la figura debemos pensar de qué forma se puede evitar que un contaminante llegue hasta el receptor, para lo cual debemos cortar la secuencia en alguna etapa.

Se pueden utilizar métodos o técnicas que eviten la generación del contaminante (riesgo) dado; si ello no fuera posible hay que tratar de algún modo de evitar su emisión o transporte hacia los operarios. La última alternativa es aislar al receptor, pero se considera como la menos adecuada porque no hemos eliminado el riesgo, sino que el mismo persiste y sigue rodeando al receptor. El aislamiento puede fallar o no ser utilizado por el receptor, por ejemplo, no usa los protectores auditivos.

1. Clasificación de los riesgos ambientales

En la *Figura 11* tenemos una clasificación amplia de los riesgos en función de la acción de los contaminantes sobre los seres humanos y en la forma de presentarse, agrupados por áreas.

Veremos primero los riesgos químicos por la importancia que los mismos revisten para los que trabajamos en los laboratorios. No es que los demás no tengan importancia, por el contrario; aunque en determinadas situaciones sean tan o más peligrosos que las radiaciones, por ejemplo.

| | | | |
|------------------------------|--------------------|----------------|---------------|
| Riesgos químicos | Gases | | |
| | Vapores | | |
| | Aerosoles | Polvos | |
| | | Nieblas | |
| Humo | | | |
| Riesgos físicos | Ruidos | | |
| | Vibraciones | | |
| | Presión | | |
| | Carga térmica | | |
| | Radiaciones | No ionizantes | Microondas |
| | | | Infrarrojo |
| | | | Ultravioleta |
| | | | Láser |
| | | Ionizantes | Rayos "X" |
| | Radioactividad | Corpuscular | Emisores alfa |
| | | | Emisores beta |
| Emisión neutrónica | | | |
| | Onda | Emisiones gama | |
| Viciación atmósfera interior | | | |
| Incendio-Explosiones | | | |
| Riesgos biológicos | Microorganismos | Hongos | |
| | | Parásitos | |
| | | Bacterias | |
| | Partículas viables | Virus | |
| | | Esporas | |
| | | Polen | |

Figura 11: Extraído del Curso de "Contaminación Química en Ambientes Laborales", Facultad de Ingeniería Química, UNL, 1998, por el Ing. Barral M.A., Ldos. Uñates, C.A. y Redonder, N.

2. Riesgos químicos

Podemos definir un *contaminante químico* "como toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante su fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al medio ambiente en forma de polvo, humo, niebla, gas o vapor, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en concentraciones que tengan la probabilidad de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas".

2.1. Clasificación de los riesgos químicos

Se pueden clasificar en

- A) por su forma de presentarse
- B) por sus efectos sobre el organismo

2.1.1. Por su forma de presentarse

Gas: fluido amorfo que ocupa el espacio que lo contiene y que puede cambiar de estado físico por una combinación de temperatura y presión. La temperatura crítica es siempre mayor a la temperatura ambiente y no proceden de un proceso de evaporación.

Estado físico de una sustancia a 25 °C y 760 mm de Hg de presión.

Son partículas de poco tamaño molecular y, por lo tanto, pueden moverse bien por transferencia de masa o por difusión.

Vapor: fase gaseosa de una sustancia ordinariamente sólida o líquida a 25 °C y 760 mm de Hg de presión. El tamaño de las partículas es también molecular y pueden cambiar su estado en función de la temperatura y presión.

Tanto los gases como los vapores forman verdaderas disoluciones en la atmósfera y su propagación se realiza con facilidad y rapidez

Aerosol: es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un gas, de tamaño inferior a 100 μm en un medio gaseoso, dentro de los aerosoles podemos encontrar:

- **Polvos (aerosoles sólidos):** partículas sólidas suspendidas en el aire, cuyo tamaño oscila entre 0,1 y 25 μm .. Los polvos sedimentan generalmente por acción de la gravedad. Los mismos proceden de procesos físicos de disgregación o mecánicos.
- **Nieblas (aerosoles líquidos):** es la suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se forman por condensación de un estado gaseoso o por la desintegración de un estado líquido por atomización, ebullición, etc. El tamaño de las nieblas va desde 0,01 a 10 μm .

- Humos: es la suspensión de partículas sólidas en el aire formadas por procesos de combustión incompleta de origen térmico; por ejemplo, humo de motores. Su tamaño es generalmente inferior a $0,1 \mu\text{m}$.

2.1.2. Por sus efectos sobre el organismo

Por su acción fisiopatológica sobre el organismo los contaminantes químicos los podemos dividir en:

Irritantes: "Compuestos químicos que producen inflamación, por acción física o química, en las áreas del cuerpo donde entran en contacto, principalmente en piel y mucosas del sistema respiratorio.

Por ser los compuestos muy reactivos, el factor que indica la gravedad del efecto es la concentración en el aire y no el tiempo de exposición.

Las sustancias irritantes pueden actuar a nivel del sistema tracto respiratorio superior e inferior y tejido pulmonar y tejido alveolar.

Tóxicos: "Compuestos químicos que, independientemente de su vía de entrada, se distribuyen por el organismo produciendo efectos diversos, si bien algunos de ellos son específicos hacia determinados órganos o sistemas", como ser los compuestos halogenados, plomo, metanol, etcétera.

Neumoconióticos: "Sustancias químicas sólidas que se depositan en los pulmones".

Su acumulación genera neumopatías y degeneración fibróticas del tejido pulmonar.

Los polvos inertes sin aristas si bien no producen degeneración de los tejidos, su acumulación en los mismos ejerce una acción de tapón al paso del oxígeno a través de los mismos.

Cancerígenos: "Son aquellas sustancias químicas que pueden potenciar un crecimiento desordenado de las células".

Asfixiantes: "Son todas aquellas sustancias químicas capaces de impedir la llegada de oxígeno a los tejidos". Los asfixiantes se los puede dividir en: *simples*, que son aquellos que sin presentar algún efecto específico, por el mero hecho de estar en el ambiente disminuyen la concentración del oxígeno en el aire, por ejemplo dióxido de carbono, nitrógeno, gases nobles, etc.; y *químicos*, son sustancias que impiden la llegada del oxígeno a las células por mecanismos específicos, así el sulfuro de hidrógeno actúa sobre el cerebro paralizando los músculos de la respiración. Otros actúan a nivel de sangre, de células como el caso de monóxido de carbono, ácido cianhídrico, nitratos, nitritos, etcétera.

Anestésicos y narcóticos: "Son sustancias químicas que actúan como depresores del sistema nervioso central". Su acción es función de la concentración que puede llegar al cerebro. Generalmente son sustancias liposolubles como disolventes industriales.

Alergénicos: “Son sustancias que actúan de distinta forma, solo ejercen su acción sobre determinados individuos, que han sido previamente sensibilizados” (resinas, monómeros, etcétera).

Productores de dermatosis: “Son sustancias que en contacto con la piel originan cambios de diferentes formas”, como irritación primaria; sensibilización alérgica o fotosensibilidad.

En la *Tabla 3* se indica el tamaño de las partículas de los contaminantes, según su presentación:

| Tipo de partícula | Tamaño Inferior μ_s | Tamaño Superior μ_s |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Aerosoles | 0,005 | 50 |
| Nieblas | 1,0 | 500 |
| Polvo y humo fundido | 0,001 | 100 |
| Niebla de ácido sulfúrico | 0,5 | 20 |
| Gases | 0,0005 | 0,008 |
| Negro de humo | 0,001 | 0,4 |

Tabla 3: Extraído de *Manual de Higiene Industrial*. Fundación MAPFRE (19).

4. Riesgos físicos

Los riesgos de origen físico son de extrema importancia en el terreno de la Higiene Industrial en general, porque abarcan una amplia gama de actividades. Veremos aquellos tipos de contaminantes que podrían darse a nivel de laboratorio.

4.1. Ruido

Es uno de los contaminantes más agresivos para la salud que se encuentra presente en la mayor parte de las instalaciones industriales, y escasamente en los laboratorios químicos que es el tema que nos toca en particular.

Para la prevención de los efectos de este contaminante es necesario un trabajo interdisciplinario de distintos profesionales dedicados a la higiene, por el hecho de ser difícil de eliminar y en ocasiones sólo se puede minimizar su acción.

Aunque al ruido se lo puede definir desde distintos puntos de vista, sólo lo haremos desde dos muy sencillos: desde el *subjetivo*, que refiere a la sensación que produce en el hombre y que nos llevaría a “definiciones subjetivas” como “sonido no grato” o “combinación de sonidos que producen una sensación desagradable”; y desde el punto de vista *objetivo* que implica una aproximación al tema “ruido” como fenómeno físico, y así podríamos decir que “el ruido consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una vibración”. El desplazamiento complejo de moléculas de aire se traduce en una sucesión de variaciones muy pequeñas de la presión, estas alteraciones pequeñas de la presión son percibidas por el oído y se denomina “presión sonora”.

Daño auditivo: los factores de riesgo que determinan la pérdida auditiva son: nivel de presión sonora, tipo de ruido, tiempo de exposición y la edad.

Además hay otros factores como las características del individuo receptor, el ambiente de trabajo, la distancia a la fuente, el sexo, enfermedades.

Los efectos del daño auditivo generan en los operarios expuestos un mayor grado de nerviosidad y/o agresividad, que los que no lo están.

Pueden presentarse trastornos de la memoria, de atención, de reflejos, e incluso una disminución lenta en las facultades intelectivas de los trabajadores sometidos largo tiempo al ruido. La alteración nerviosa producida puede incidir hasta en el aparato digestivo.

Por último, la exposición a altos o moderados niveles de ruido, se corresponden con el aumento de la fatiga.

El daño más importante que genera el ruido es el de la disminución de la capacidad auditiva, efecto de tipo irreversible.

La disminución de la agudeza auditiva puede plantearse de dos formas: sordera temporal y sordera permanente.

Sordera temporal: la misma se manifiesta cuando las exposiciones a niveles de ruido, generalmente elevados, producen disminución de la agudeza que se recupera posteriormente cuando desaparece la fuente o en los períodos de no exposición.

Sordera permanente: se produce cuando habiendo desaparecido el ruido, el umbral de audición permanece disminuido. En este caso la lesión se localiza en el oído interno. La lesión por trauma sonoro se denomina "coclear".

4.2. Carga térmica

El calor y el frío forman parte del tema Ambientes Térmicos, que son específicos de la higiene debido a una serie de factores entre los que cabe destacar la asociación del calor y del frío y los problemas de confort y riesgos profesionales que pueden ocasionar cuando se los pretende evaluar. La presencia de riesgo generalmente va acompañado de falta de confort, pero no necesariamente lo contrario.

Los síndromes que se producen cuando el individuo soporta altas temperatura son reversibles, y pueden aparecer o desaparecer por cortos períodos de tiempo, a diferencia de otras enfermedades profesionales cuya aparición se da después de largas exposiciones y su extinción es lenta o imposible.

4.2.1. Efecto de las temperaturas extremas sobre el organismo

Cuando el calor cedido por el organismo al medio es inferior al calor recibido o producido por el metabolismo total (metabolismo basal más metabolismo de trabajo), el organismo tiende a aumentar su temperatura y para evitar la hipertermia (aumento de la temperatura del cuerpo), pone en funcionamiento otros mecanismos entre los cuales podemos mencionar:

- *Vasodilatación sanguínea*, que facilita el intercambio de calor.
- *Activación de las glándulas sudoríparas*, que lleva a aumentar el intercambio de calor por cambio de estado, de líquido a vapor, del sudor.
- *Aumento de la circulación sanguínea periférica*, favorece el intercambio, pudiendo llegar a 2,5 litros /min/m².
- *Cambio electrolítico del sudor*, con la consiguiente pérdida de NaCl llegando hasta 15 g/l.

Si algunos de los mecanismos antes mencionados no se producen, puede llegar a la hipertermia, que genera consecuencias como:

- Trastornos sistemáticos:
 - Calambres por calor
 - Agotamiento por calor
 - Deshidratación
 - Desalinización
 - Deficiencias circulatorias
 - Golpe de calor (hiperpirexia)
- Trastornos psiconeuróticos
- Trastornos de la piel: erupciones, quemaduras (radiación UV).

4.2.1.1. Temperaturas altas en el laboratorio

Las altas temperaturas pueden ser la causa de accidentes de otro tipo en cualquier tipo de laboratorio (químico, biológico, eléctrico, bioquímico, etc.) como ser explosiones, incendios; por lo tanto deben estar bajo un cuidadoso estudio o evaluación por el Jefe de Laboratorio o de los responsables de seguridad en el sistema industria u organización que posea laboratorios.

Los sistemas comunes en el laboratorio para sistemas abiertos o cerrados generalmente se efectúan con suministros como gas o energía eléctrica.

La diferencia entre sistemas abiertos y cerrados es que estos últimos están sometidos a diferentes presiones internas, generados por el calor suministrado y el calor de reacción de la misma reacción, que se debe tener muy en cuenta cuando se elige el recipiente (reactor o balón). En los sistemas abiertos el calentamiento puede ser por gas o energía eléctrica en forma directa, pero puede intercalarse un baño que puede ser de agua, aceite o arena.

Veamos los riesgos que conlleva el uso de estos últimos:

Agua: es uno de los principales ya que si se derrama puede apagar el mechero o producir algún cortocircuito.

Aceite: los riesgos son similares a los del agua, pero con el agravante de que el aceite con la alta temperatura se descompone produciendo mal olor y contaminación del ambiente.

Arena: prácticamente no se la usa más porque es difícil de controlar la temperatura, además la arena debe estar muy limpia, libre de residuos, especialmente orgánicos.

4.2.1.2 Temperaturas bajas en el laboratorio.

Cuando el calor cedido al ambiente es mayor que el calor recibido o producido por el metabolismo total, debido a la actividad física que se está ejerciendo, el organismo tiende a enfriarse, y para evitar la *hipotermia*, el mismo pone en funcionamiento múltiples mecanismos como:

Vaso-constricción sanguínea: a los efectos de disminuir la cesión de calor al medio.

Desactivación de las glándulas sudoríparas.

Disminución de la circulación sanguínea periférica.

Temblequeo o tiritona, para producir calor (por un mecanismo mecánico).

Las consecuencias de una hipotermia son:

- Malestar general.
- Disminución de la destreza manual por reducción de la sensibilidad táctil y atrofia de las articulaciones.
- Comportamiento extravagante, por hipotermia de la sangre que riega el cerebro.
- Congelamiento de los miembros, siendo los más afectados las extremidades.
- Muerte, por paro cardíaco cuando la temperatura interior es inferior a 28 °C.

En el laboratorio generalmente se emplean bajas temperaturas para congelamiento, que se puede lograr a partir de líquidos criogénicos o gases que se encuentran licuados (CO₂).

Con los líquidos al estado criogénico se logran temperaturas muy bajas, pero los mismos mantienen determinadas características que no deben olvidarse como: inflamabilidad, toxicidad y corrosividad, por ejemplo el derrame del hidrógeno sobre la piel no protegida, produce quemaduras importantes.

Siempre que se empleen líquidos criogénicos se debe usar vestimenta adecuada al tipo de compuesto.

Con los gases licuados que se solidifican también existen riesgos. En los laboratorios fisicoquímicos, bioquímicos y los biológicos el gas más usado es el anhídrido carbónico, con el que se obtiene "hielo seco" para realizar varias operaciones, dado que el anhídrido sublima a -78 °C (195 °K) a presión normal en lugar de fundirse. El hielo seco tiene en el laboratorio y en la industria variados usos, pero se debe tomar precauciones para no sufrir accidentes, siendo el más común las quemaduras de manos sin protección.

4.3. Radiaciones

El espectro electromagnético comprende las radiaciones cuya longitud de onda van desde 10⁻¹² hasta 10⁴ cm, como se puede apreciar en el *Gráfico 8*.

Las radiaciones se clasifican en dos grandes grupos: ionizantes y no ionizantes. La

diferencia se debe a su origen y a la cantidad de energía, variando así su capacidad de penetrar en la materia y arrancar o no los átomos que la constituyen.

Las radiaciones *ionizantes* van desde 10^{-12} a 10^{-7} cm. Por su alto poder energético tienen capacidad para ionizar la materia al incidir sobre ella. Mientras que las *no ionizantes*, que van desde 10^{-6} y 10 cm, al incidir sobre la materia no provocan ionización por falta de energía suficiente, pero no por ello dejan de ser peligrosas ya que producen efectos biológicos del tipo térmico.

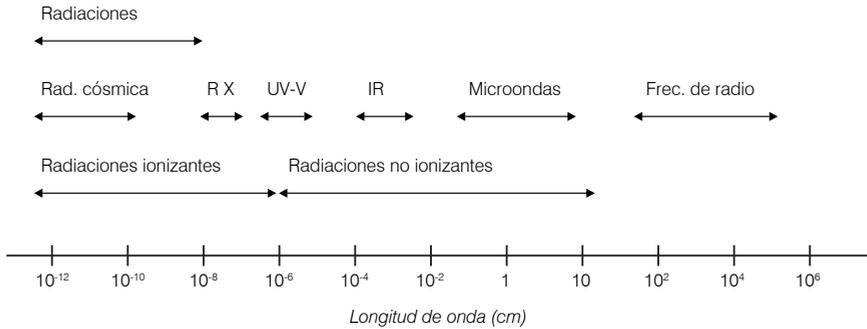


Gráfico 8

4.3.1. Radiaciones no ionizantes

4.3.1.1. Radiación ultravioleta. Los efectos más frecuentes de la R-UV se producen a nivel de piel y ojos.

Los efectos sobre la piel, pueden ser agudos o crónicos.

Efectos agudos:

- Oscurecimiento, por exposición a R-UV.
- Eritema, por exposiciones prolongadas a longitudes de onda superiores a 300 nm.

El eritema inmediato aparece en una o dos horas; y la segunda fase de dos a diez horas y su duración depende de la gravedad de la exposición.

Efectos crónicos:

Tras exposiciones prolongadas a la R-UV, puede producirse la pérdida de elasticidad de la piel, apareciendo arrugas, etc. En función de la dosis, existe la probabilidad de aparición de carcinogénesis en la piel.

Los efectos sobre los ojos, también pueden ser de dos tipos:

Efectos agudos: el efecto más frecuente es la fotoqueratitis; esta lesión aparece de dos a veinticuatro horas después de la exposición y puede durar hasta cinco días, pero en general es de efecto benigno y no suele dejar lesiones residuales.

Efectos crónicos: se suelen dar sobre la córnea y el cristalino. No hay datos estadísticos que lo confirmen, pero se presupone la posibilidad de opacidades en el cristalino.

4.3.1.2. Radiación infrarroja. Esta radiación en el espectro electromagnético se extiende desde los 700 nm hasta 10^6 nm (1 mm).

Las fuentes de origen de las radiaciones infrarrojas las encontramos en el sol, como fuente natural, y dentro de las de origen artificial podemos citar cuerpos incandescentes, superficies muy calientes, lámparas incandescentes, etcétera.

Esta radiación, debido a su bajo nivel energético, no reacciona fotoquímicamente con la materia viva, produciendo sólo efectos de tipo térmico. Las lesiones que pueden producirse se manifiestan sobre la piel y los ojos después de largas exposiciones. En la piel, el calentamiento de la misma puede llevar a quemaduras. En los ojos puede provocar algún tipo de opacidad.

4.3.1.3. Microondas: las microondas se encuentran en la región del espectro electromagnético entre 1 mm y 1.000 mm (1 m).

Los efectos producidos por las microondas dependen de la capacidad de absorción de la materia y de la intensidad de los campos eléctricos y magnéticos que se producen en su interior.

Los efectos biológicos que pueden producirse son el aumento de la temperatura corporal, pero no son demasiados conocidos.

4.3.1.4. Láser. El término "láser" es un acrónimo de *Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation*. La CEI (*Comisión Electrotécnica Internacional*) define al láser como "cualquier dispositivo que se construya para producir o amplificar radiaciones electromagnéticas en el intervalo de 200 nm a 1 mm esencialmente por el fenómeno de estimulación controlada".

Las emisiones estimuladas generan una superposición de ondas resultando otra onda perfecta, muy estrecha y de larga duración. Las propiedades principales de esa nueva onda son:

- Monocromaticidad: emiten en un intervalo de longitud de onda muy estrecho, 200 nm y 1 mm, abarcando las regiones del UV, visible e IR del espectro electromagnético.
- Direccionalidad: emisión de radiación en forma de haz, en una dirección determinada.
- Coherencia espacial y temporal: el conjunto de radiaciones emitidas coinciden en frecuencia y fase.

Los generadores de rayos láser son:

- Estado sólido: cristal de rubí.
- Estado gaseoso: helio o neón.
- Semiconductor: cristales semiconductores.

Las características de un láser son:

- Longitud de onda: 200 nm a 1mm.
- Tiempo de emisión: pueden emitir en forma continua o pulsante. En el primer caso el tiempo puede ser mayor a 0,25 seg, y en el segundo entre microsegundos y decenas de mil segundos.
- Potencia o energía: los continuos oscilan entre microwatios y kilowatios, en cambio los pulsante tienen una energía total por pulso de 0,1 julio a centenares de julios por pulso.

Según el riesgo, los láser se clasifican en:

Clase I: no emiten niveles de radiación peligrosa, y no necesitan medidas de control.

Clase II: son de baja potencia y pueden causar efectos sobre la retina si se los mira durante un período prolongado (es necesario advertir su presencia).

Clase III-a: son de potencia moderada y pueden producir lesiones en un ojo al desnudo por reflexión. Hay que advertir su uso.

Clase III-b: Son de potencia moderada y provoca lesiones oculares cuando se los mira directamente. Es necesario advertir su uso.

Clase IV: son los de mayor potencia y producen lesiones por mirada directa, y/o por reflexión y constituyen una fuente de riesgo de incendio. Es necesario advertir en forma adecuada.

4.3.4.1.1. Riesgos y medidas de protección en el empleo del rayo láser. Los riesgos a la radiación láser están limitados a los ojos y en menor medida a la piel.

Protección técnica y personal: los dispositivos y medidas de seguridad se deben dar especialmente para los láser de las clases: III-a, III-b y IV:

- Mantener los equipos protegidos del uso no autorizado.
- Permanecer siempre el equipo con el obturador y/o atenuador, para evitar radiaciones no superiores a los niveles máximos permitidos.
- La trayectoria final del haz debe finalizar sobre un material poco reflexivo o absorbente.
- Los haces de los láser deben permanecer encerrados.
- Los rayos láser de camino óptico abierto se deben situar por encima o por debajo del nivel del ojo.
- Utilizar gafas con protección lateral y lentes curvos.
- Utilizar siempre guantes.
- Colocar siempre señales de aviso de peligro.
- Los láser deben ser usados por personal con un entrenamiento específico adecuado.

4.3.2. Radiaciones ionizantes

Las radiaciones ionizantes por su origen y alto poder energético tienen capacidad para penetrar en la materia y arrancar los átomos que la constituyen y provocar una ionización.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes pueden dividirse en somáticos y genéticos.

Los efectos *somáticos* sobre el hombre son: radiodermatitis aguda y crónica, cáncer de piel, leucemia, cataratas, esterilidad.

Los efectos *genéticos* son aquellos que se transmiten hereditariamente, los cuales a su vez se dividen en:

Efectos estocásticos: donde la gravedad no depende de la dosis, y

- Son de carácter probabilístico.
- Una vez producidos son siempre graves.
- Carecen de umbral.

Efectos no estocásticos: la gravedad depende de la dosis, y

- Existe una relación de causalidad entre dosis-efecto.
- Tienen un umbral determinado.

La respuesta de los diferentes órganos y tejidos a la radiación (dosis) es variada tanto en el tiempo de aparición como en la gravedad de los síntomas producidos.

Los órganos y sistemas del organismo que más sufren los efectos de las radiaciones ionizantes son:

- Sistema hematopoyético
- Aparato digestivo
- Sistema reproductivo
- Sistema cardiovascular
- Piel
- Ojos
- Sistema urinario
- Sistema nervioso central.

Entre las radiaciones ionizantes podemos tratar las siguientes cuatro radiaciones: rayos X, α , β y γ .

4.3.2.1. Rayos X: Los rayos X fueron descubiertos en 1895 por Wilhem Roentgen, son ondas electromagnéticas como la luz y ocupan una porción del espectro electromagnético que va desde 10^{-6} cm a 10^{-10} cm.

Los rayos X se generan en la nube electrónica que rodea al núcleo por interacción de los electrones tras haber sido acelerados por un potencial de centenas de miles de voltios con los átomos de compuestos de elevado peso atómico, por un efecto termoeléctrico calentando un filamento con un bajo potencial se liberan y son acelerados por un gran potencial que al incidir sobre un ánodo para incrementar la velocidad de los electrones se efectúa vacío, esta es la base de los tubos de rayos X. El ánodo, llamado anticátodo o blanco generalmente es de cobre recubierto de tungsteno. Este material se usa por su elevado peso atómico, su punto de fusión y su conductividad térmica. Entre el ánodo y

el cátodo se aplica una diferencia de potencial que en el caso de los equipos de radiodiagnóstico oscila entre 30 y 150 kV. Esta diferencia de potencial hace que los electrones viajen del cátodo hacia el ánodo a gran velocidad originando lo que se conoce como corriente del tubo que se mide en miliamper (mA). En los tubos de rayos X solo un 1% de la energía eléctrica es convertida en rayos X, el 99% restante queda como calor en el ánodo por ionización y excitación; este calor se debe disipar rápidamente, de ahí el por qué el ánodo es rotatorio (gira generalmente a ≈ 2800 rpm) permitiendo así una mejor disipación del calor. En la figura siguiente se puede apreciar un esquema del tubo de rayos X:

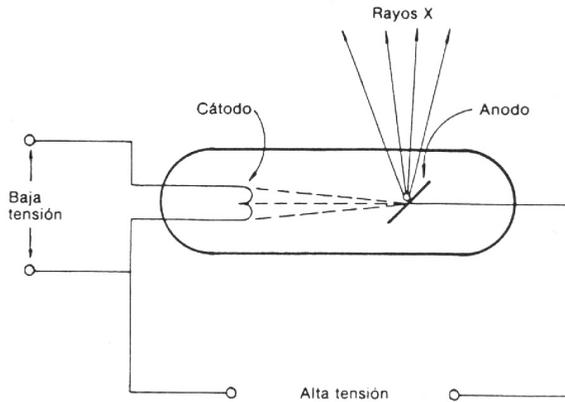


Figura 12

4.3.2.2. Rayos alfa (α): están constituidos por una corriente de partículas α o núcleos atómicos de helio que se mueven a altas velocidades, que se originan a partir de sustancias radiactivas de elementos pesados y van ocasionalmente acompañados de partículas γ . La energía de los rayos α alcanza varios megaelectrónvolt (MeV) y pueden producir ionización fuertemente pero, se puede detenerlos con una hoja de papel.

4.3.2.3. Rayos beta (β): son electrones emitidos por muchos núcleos radiactivos a menudo en conjunción con radiación γ . Un emisor típico lo es el fósforo radiactivo (P^{32}) que emite partículas β de hasta 1,7 MeV pero no emite radiación γ . Los rayos β son mucho más penetrantes que los rayos α , así a 1,7 MeV tienen una capacidad de penetración de hasta 8 mm de profundidad en una capa de agua.

4.3.2.4. Rayos gamma (γ): los rayos gamma al igual que los rayos X son ondas electromagnéticas pero su origen es distinto ya que los rayos gamma se originan en los radionucleidos como un mecanismo de desexcitación del núcleo.

Son como los rayos X, pero son emitidos por el núcleo de material radiactivo. Pueden ser rayos blandos o duros. Entre los primeros tenemos por ejemplo el yodo (I^{125})

con energías en el rango de 0,027 a 0,035 MeV, y un ejemplo de rayo duro es el Co^{60} con energías entre 1,17 y 1,33 MeV.

La mayoría de los emisores γ emiten también rayos α y β , pero como son relativamente blandos se los separa por filtración pasando sola la radiación γ , pero esta última puede ser absorbida por una lámina de plomo de 15 mm de espesor.

4.3.2.5. Bremsstrahlung. Es un forma de radiación producida por la interacción de los rayos β con la materia. Es de significación cuando derivan de fuentes intensas que emiten radiación β , pero no γ , cuando estos últimos son emitidos son mucho más intensos que los Bremsstrahlung.

4.3.2.6. Niveles de exposición de riesgo: los datos que se dan en la Tabla 4 han sido tomados del boletín oficial de la Comunidad Europea del 17 de septiembre de 1980.

| Dosis límites (en Msv) | | |
|---|------------------------|-------------------------------------|
| | Trabajadores expuestos | Miembros de la comunidad en general |
| Exposición cuerpo completo | 50 | 5 |
| Exposición parcial del cuerpo | 500 | 50 |
| Dosis media del cristalino (ojos) | 300 | 30 |
| Dosis media de la piel por año | 500 | 50 |
| Dosis media para manos, antebrazos, pies y tobillos por año | 500 | 50 |
| Dosis media en el abdomen de mujeres con capacidad reproductora | 13 | – |
| Dosis media para mujeres embarazadas | 10 | – |

Tabla 4: Dosis de radiación ionizante máximas permitidas que no deben ser excedidas

Los Radionucleidos son nucleidos inestables. Los nucleidos son “una especie atómica definida por su número de más su carga nuclear y el estado energético de su núcleo”; por ejemplo para un nucleido se representan así:



Donde X es el símbolo químico del elemento; Z es el número de protones y neutrones dentro del núcleo atómico y A al número de protones y neutrones dentro del núcleo. A este último se lo llama “número másico” y es aproximadamente igual al peso atómico del elemento. Actualmente se representa, por ejemplo:



Se conocen más de 1.500 nucleidos diferentes, de los cuales 265 son estables en los elementos naturales; el resto son inestables desintegrándose hasta llegar a ser un nucleido estable.

Los rayos X y los rayos gamma tienen aplicación en muchas ramas de las ciencias, en especial la Medicina, también en investigación en forma de equipos que trabajan a elevado voltaje como la difracción por rayos X para medir estructuras de sólidos. En la industria se emplean en forma de unidades radiográficas y fluoroscópicas en el control de calidad de piezas fundidas, estructuras y soldaduras. Y en la alimentación, en especial, para estudiar alimentos enlatados.

La exposición a estas radiaciones siempre es posible si no se toman las precauciones.

Referente a las radiaciones en general y dentro del campo laboral hay que ajustarse a lo normado por la ley 19.587 de "Higiene y Seguridad en el Trabajo" y su decreto reglamentario 351/79 y resolución 444/91. Capítulo 10, artículos 62 y 63.

La Comisión de Energía Atómica, es la autoridad competente en la aplicación de la ley 19.587, en el uso o aplicación de material radioactivo, materiales nucleares, etc.

5. Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes

Los efectos biológicos de estas radiaciones sobre los seres vivos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista.

1. Según el tiempo de aparición.

Precozes: aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación, por ejemplo eritema cutáneo, náuseas.

Tardíos: aparecen meses después u años después de la exposición, por ejemplo cáncer radioinducido, radiodermatitis crónica, mutaciones genéticas.

2. Desde el punto de vista biológico.

Efectos somáticos: sólo se manifiestan en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes, por ejemplo, el eritema.

Efectos hereditarios: no se presentan en el individuo que ha sido expuesto a la radiación sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto, por ejemplo, las radiaciones genéticas.

3. Según la dosis.

Efectos estocásticos: son efectos absolutamente aleatorios, probabilísticos y pueden aparecer tras la exposición a pequeñas dosis de radiaciones ionizantes.

No necesitan una dosis umbral determinada para producirse; si bien al aumentar la dosis aumenta la probabilidad de aparición de los efectos, puede ser de tipo tardío. Se cree que el único efecto estocástico es el cáncer radioinducido y las mutaciones genéticas.

Efectos no estocásticos: se necesita una dosis umbral para producirlos, por debajo de la cual, la probabilidad de aparición de los mismos es muy baja. Suelen ser efectos precoces, por ejemplo eritema cutáneo.

5.1. Organismos vivos

Dentro de este grupo podemos hablar de grupos microbianos como virus, bacterias, hongos, etc.; invertebrados parásitos, como helmintos, artrópodos, etcétera.

Estos microorganismos son causantes de enfermedades infecciosas y parasitarias, aunque pueden ser los responsables de algunos tipos de alergias.

5.1.2. Derivados de animales o vegetales

Los derivados de animales o vegetales van a ser los responsables de cierto tipo de enfermedades alérgicas e irritativas, que se manifiestan principalmente en piel y sistemas respiratorios.

Los derivados de animales, causantes de los trastornos enunciados anteriormente, pueden ser: pelos plumas, excrementos, etc.; y entre los derivados de vegetales, podemos mencionar: polen, maderas, esporas fúngicas, micotoxinas, etcétera.

5.1.3. Transmisión de microorganismos y derivados de animales o vegetales

Los mismos, se encuentran y transmiten a través de distintos medios como son:

- Agua
- Suelo
- Aire
- Animales

Agua: es uno de los medios más importantes en la transmisión de agentes infecciosos y parasitarios fundamentalmente intestinales, que tienen acceso al hombre por vía de la ingestión.

Las enfermedades que se producen tienen distinto origen, como ser bacteriano, viral, fungoso, etc. Dentro de las enfermedades bacterianas de origen hídrico podemos mencionar: disentería, diarreas, tuberculosis, fiebre tifoidea y paratifoidea, como las más importantes entre otras. Entre las virales tenemos a la hepatitis A, poliomielitis, meningitis. Las de origen parasitario tenemos: quistes hidatídicos, anquilostomiasis y

otras. El riesgo de transmisión de cada una de ellas va a depender de la naturaleza de la contaminación del agua, así como el uso de la misma en determinadas actividades laborales.

Aire: el aire es un medio de transmisión de derivados de animales o vegetales, así como algunos microorganismos que se encuentran en suspensión en el mismo.

Por lo general el aire no es el medio adecuado para que se desarrollen microorganismos. Los que pueden encontrarse en el aire pueden proceder del suelo, del agua, de animales o plantas.

Para poder transmitirse un riesgo biológico como los ya vistos, es necesario que los mismos se encuentren soportados en partículas sólidas o pequeñas gotitas de agua.

Una característica de los microorganismos transmitidos por el aire es que son resistentes a la sequedad, como los patógenos respiratorios, que penetran al organismo a través de las vías respiratorias.

Las enfermedades que se pueden originar por este medio de transmisión generalmente son de tipo infecciosa o alérgica, como: asma, rinitis, alveolitis, etc.

Suelo: del contacto del hombre con el suelo se pueden adquirir los siguientes riesgos biológicos:

- Enfermedades infecciosas, como tétanos, histoplasmosis.
- Enfermedades parasitarias, como ascariasis, anquilostomiasis, etc., entre las más frecuentes.
- La vía de penetración de estos agentes al organismo generalmente se da por contacto.

Animales: los vertebrados superiores, al estado salvaje o doméstico, son los responsables de transmitir determinadas enfermedades que están identificadas como . Una zoonosis es muy difícil que se transmita de persona a persona.

La penetración al organismo humano de los agentes biológicos transmitidos por animales tiene lugar por contacto o inoculación principalmente.

Las actividades laborales que entrañan riesgo biológico para el hombre son muchas, pero en nuestro caso solamente veremos los laboratorios; y en especial, los laboratorios de investigación y los clínicos.

Las tareas que se desarrollan en estos tipos de laboratorios, y que entrañan potenciales riesgos biológicos son:

1. Manejo de microorganismos patógenos o desconocidos empleados para:
 - Experimentos sobre oncogenicidad viral.
 - Experimentos con microorganismos causantes de enfermedades infecciosas.

2. Contacto con animales de experimentación.
3. Contactos con fluidos biológicos, tejidos, cadáveres, bien sean de origen humano o animal.

La forma de transmisión de estos agentes patógenos al organismo de los trabajadores de los laboratorios puede deberse a:

- *Contacto*, a través de la piel o mucosas.
- *Heridas*, producidas por cortes, pinchazos, mordeduras, arañazos, etc.
- *Vía digestiva*, principalmente por consumo de comidas, bebidas, tabaco durante el trabajo, falta de precaución durante el pipeteo, insuficiente desinfección antes de las comidas.
- *Vía respiratoria*, a través de aerosoles que se pueden formar durante las prácticas bacteriológicas o virológicas durante el homogeneizado de tejidos, trasvasado, etc.

Dentro del personal que puede sufrir algún tipo de las enfermedades vistas —algunas de ellas pueden llegar a ser mortales como Hepatitis B, SIDA, etc.—, tenemos en primer lugar a los analistas, investigadores y, en segundo término, al personal encargado del cuidado de animales (desinfección de material y cristalería, lavado de ropa de trabajo y limpieza de los ambientes de trabajo o donde viven los animales de experimentación).

Bibliografía

Garriz; Chamizo and Garriz (1991): *Estructura atómica (Un Enfoque Químico)*. Editorial Adisson Wesley Iberoamericana.

Beizer, A. (1994): *Conceptos de física moderna*. Editorial Mc Graw Hill.

Eisberg, R. (1997): *Conceptos de física moderna*. Editorial Limusa.

Martínez de la Cuesta, P.J. y Rus Martínez, E. (1999): *Manual de seguridad en laboratorios*. Universidad de Málaga.

(1999) *Diccionario de química*. Oxford-Complutense, Editorial Complutense.

Capítulo 5

Higiene ambiental en el laboratorio

1. Higiene y sus objetivos

La AIHA (*American Industrial Hygienist Association*) define Higiene como “la ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar ,o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de la comunidad”. De la misma surgen los objetivos de la Higiene Industrial que fueron dados por un comité de expertos de la OMS, ellos son:

1. Determinar y combatir en los lugares de trabajo todos los factores, químicos, físicos, mecánicos, biológicos y psicosociales y su presunta nocividad.
2. Conseguir que el esfuerzo físico y mental que exige de cada trabajador en su profesión esté adaptado a sus aptitudes, necesidades y limitaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas.
3. Adoptar medidas eficaces para proteger a las personas que sean especialmente vulnerables a las condiciones perjudiciales del medio laboral y reforzar su capacidad de resistencia.
4. Descubrir y corregir aquellas condiciones de trabajo que puedan deteriorar la salud del trabajador, a fin de lograr que la morbilidad general de los diferentes grupos profesionales no sea superior al conjunto de la población.
5. Educar al personal directivo de las empresas y a la población trabajadora en el cumplimiento de sus obligaciones en lo que respecta a la protección y fomento de la salud.
6. Aplicar a las empresas programas de acción sanitaria que abarquen todos los aspectos de la salud, lo cual ayudará a los servicios de salud pública a elevar el nivel sanitario de la población.

2. Toxicidad de los compuestos químicos

En la clasificación vista anteriormente, los compuestos químicos por sus efectos sobre el organismo los clasificamos en:

- Irritantes
- Neumoconióticos
- Tóxicos
- Anestésicos y narcóticos
- Cancerígenos
- Alergénicos
- Asfixiantes
- Productores de dermatosis

De los distintos efectos nos detendremos en los tóxicos, por su importancia en las actividades de los laboratorios químicos. Se los puede identificar también como venenos. Los tóxicos dan origen a una ciencia que es la Toxicología, que se la puede definir como el “sector de las ciencias biológicas que estudia la naturaleza y la acción de los compuestos venenosos (tóxicos) en los seres humanos”. Como toda ciencia multidisciplinar, compromete a otras ciencias, fundamentalmente a la medicina, a la farmacología y a la química.

El desarrollo de la industria dio origen a la Toxicología Industrial como una rama de la toxicología. El campo de acción por lo tanto es el estudio de las intoxicaciones de origen laboral y su mecanismo de acción sobre el organismo.

Para el estudio y conocimiento de sus efectos adversos sobre el hombre, los toxicólogos utilizan tres procedimientos: 1) experimentación animal con extrapolación al hombre, 2) la epidemiología y 3) la analogía química.

2.1. Toxicidad

La toxicidad de una sustancia no es una constante, como podría ser el punto de ebullición o el de fusión, etc., y sólo se puede enunciar la naturaleza nociva de la misma.

Los toxicólogos consideran que “toxicidad para el hombre es la capacidad de una sustancia para producir un efecto indeseado en el expuesto, cuando aquella ha alcanzado, en un cierto lugar del organismo, y en una dosis de concentración suficiente, siempre alcanza un punto susceptible de ejercer acción tóxica”.

Dosis. En general el efecto de un tóxico depende de la dosis, que está implícito en la definición anterior: “concentración suficiente”. Luego, “dosis es una medida de la cantidad de sustancia extraña que entra en contacto con el cuerpo”; es decir, que la concentración es sumamente importante. Hay infinidad de sustancias que en pequeñas dosis son necesarias o beneficiosas para la salud, pero que ingeridas en cantidades superiores a un límite constituyen un daño para el organismo; por ejemplo, el arsénico

está presente en el agua potable hasta en concentraciones de 0,05 mg/l, por encima de ese valor acarrea enfermedades.

Una de las misiones de la Toxicología es “establecer esos límites en la que una sustancia comienza a tener efectos no deseados para el hombre”.

| Compuesto | Límites | | | |
|----------------------|---------|-------------------|-------|-------------------|
| | TLV-TWA | | STEL | |
| | ppm | mg/m ³ | ppm | mg/m ³ |
| Acetona | 750 | 1.780 | 1.000 | 1.275 |
| Acroleína | 0,1 | 0,25 | 0,3 | 0,8 |
| Acetato de metilo | 1.000 | 1.650 | 1.250 | 2.040 |
| Acetato de butilo | 150 | 710 | 200 | 950 |
| Alcohol isopropílico | 50 | 240 | 75 | 360 |
| Amoniaco | 25 | 18 | 35 | 27 |
| p-t-butiltolueno | 10 | 60 | 20 | 120 |
| Dióxido de cloro | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,9 |
| Pentano | 600 | 1.800 | 750 | 2.250 |

Tabla 5: Límites de exposición según ACGIH para sustancias comunes en los laboratorios

Las dosis mínimas que una persona puede tolerar sin riesgo vienen dadas por los TLV (Valor Límite Umbral) de la ACGIH (Conferencia de Higienistas Industriales del Gobierno), que desde 1969 son para la mayoría de las sustancias los estándares OSHA (Agencia de Seguridad e Higiene Ocupacional).

Los TLV se dividen en tres categorías:

1. TLV-TWA (Tiempo Promedio Experimental), o concentración promedia ponderada con el tiempo, para un día de trabajo normal, 8 ó 40 horas de trabajo semanal a la que casi todos los trabajadores pueden ser expuestos día tras día sin sufrir efectos nocivos para la salud.

2. TLV-STEL (Límites de Exposición en Cortos Períodos), o concentración máxima a la que los trabajadores pueden ser expuestos por un período de hasta 15 minutos, sin sufrir irritación, deterioro de tejido crónico irreversible; o narcosis de grado suficiente que pueda incrementar la probabilidad de daño accidental, o reducir materialmente la eficiencia en el trabajo.

3. TLV-C (*Ceiling* –“Techo”–), o concentración tope que no podría ser rebasada en ningún momento durante el período de exposición en el trabajo. En la práctica convencional de higiene industrial, si no es posible realizar una medida instantánea, los TLV-C se puede determinar por muestreo en un período de 15 min. En la *Tabla 6* se incluyen algunos valores de TLV-C de algunas sustancias.

| Sustancia | ppm | mg/m ³ |
|----------------------|------|-------------------|
| Diclorobenceno | 50 | 300 |
| Azida de sodio | 0,1 | 0,29 |
| Amoníaco | 0,1 | 0,29 |
| Acroleína | 0,04 | 0,1 |
| Bromuro de hidrógeno | 3 | – |
| n-Butilamina | 5 | – |
| Cianuro de hidrógeno | 4,7 | – |
| Sales de cianuro | – | 5 |

Tabla 6: Valores techo (*ceiling*) para algunas sustancias comunes en los laboratorios

2.2. Dosis-efecto

Definir la dosis letal de cada compuesto es imposible por la gran cantidad de factores que concurren en una muerte, tales como: características del hombre, otras características del contaminante como la toxicidad del compuesto, la velocidad de absorción, la concentración en el ambiente y el tiempo de exposición. Los factores humanos, la toxicidad y la velocidad de absorción son constantes en cada caso en particular, por lo tanto podemos decir que el efecto producido por un tóxico en una persona va a ser función de la concentración y del tiempo de exposición:

$$E=f(ct) \quad (1)$$

En el caso de la Higiene Industrial, el tiempo de exposición viene dado por la jornada laboral de 8 h/día normalmente, luego:

$$E=f(c) \quad (2)$$

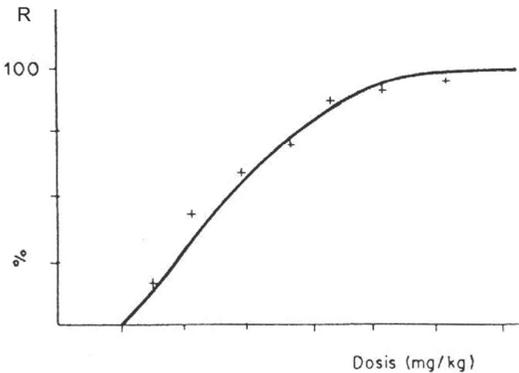


Gráfico 9: Relación dosis-respuesta

Relación dosis-respuesta. Dado que los factores humanos, la toxicidad y la velocidad de absorción son constantes para cada caso, podemos deducir que el efecto producido por cada contaminante en una persona será función de la concentración y del tiempo de exposición, como se expresa en (1); pero el tiempo para la higiene es constante, pues se toma la jornada laboral de 8 h/día, como está expresado en la (2). El *Gráfico 9* muestra la respuesta a una determinada dosis (mg/kg), al relacionar la dosis con su capacidad para producir daño, y se puede expresar de distinta manera, como:

Dosis letal mínima (DLM): la cantidad de sustancia capaz de producir la muerte en un determinado número de personas (un individuo del lote en experimentación).

Dosis letal 100 (DL100): capaz de producir la muerte en el 100% de los casos.

Dosis letal 50 (DL50): dosis capaz de producir la muerte en el 50% de los casos.

Cuando la intoxicación es inhalatoria se expresa como “concentración efectiva” y no como “dosis efectiva”.

3. Tipos de intoxicaciones

El efecto de un tóxico sobre un organismo no es sólo función de la dosis, sino también del tiempo y la forma en que se administra esa dosis, y se divide, en el caso de la “intoxicación crónica”, la acumulación en ciertas partes del organismo se da porque la cantidad absorbida es mayor que la cantidad eliminada por el cuerpo, y cuando el lugar de acumulación adquiere un cierto valor se producen los efectos correspondientes.

3.1. Vías de entrada al organismo

Los tóxicos pueden entrar al organismo por tres vías fundamentales: 1) Sistema respiratorio (inhalatorio), 2) Sistema digestivo (ingestión) y 3) Sistema dérmico (piel y parenteral –lesión en las mismas–).

1. Vía respiratoria: es la vía más importante desde el punto de vista de la Higiene Industrial. Se entiende así al sistema formado por nariz, boca, laringe, bronquios y alvéolos pulmonares. En este trayecto el aire sufre purificación, calentamientos y humidificaciones antes de llegar a la zona bronquial. En la nariz a través de los pelos y mucosas, se purifica y humedece. Si se respira por boca no funciona el sistema de purificación.

Cualquier sustancia suspendida en el aire puede penetrar o ser inhalada, pero sólo las de un determinado tamaño llegarán a los alvéolos pulmonares ($< 2 \mu$) y también hay que tener en cuenta la solubilidad del tóxico con los distintos fluidos del sistema respiratorio. La cantidad total de tóxicos absorbidos por el sistema respiratorio es función de la concentración en el ambiente, del tiempo de exposición y de la capacidad de ventilación pulmonar.

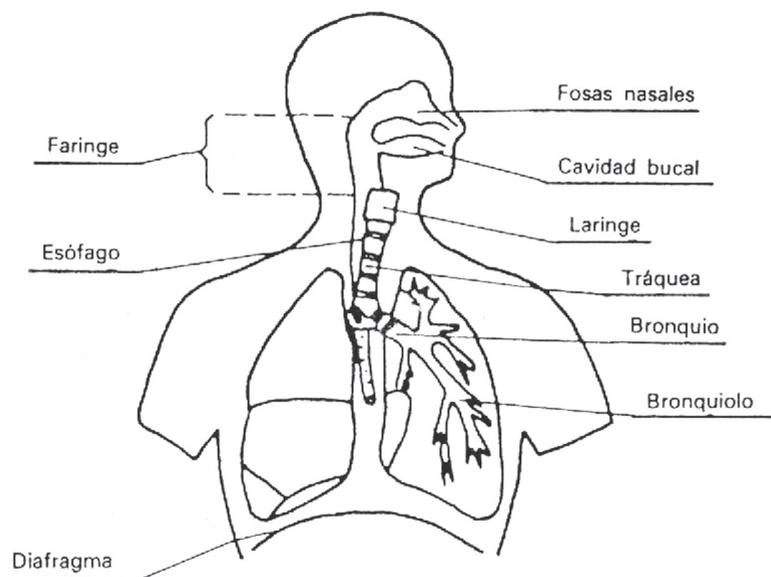


Figura 13: Vías respiratorias

2. Vía dérmica: es la segunda vía en importancia de penetración de tóxicos en el cuerpo humano. Sin embargo no todos los tóxicos pueden penetrar la capa externa (epidermis). Las sustancias que penetran a través de la piel, unas lo hacen directamente y otras con ayuda de otras sustancias, como el agua y lípidos; por ejemplo: los compuestos cáusticos, los ácidos, las bases son solubles en agua y penetran con mucha facilidad produciendo quemaduras y facilitando la entrada de otros tóxicos; en cambio los solventes disuelven con suma facilidad la capa lipídica penetrando al organismo, que es parte de la penetración dérmica; por una acción mecánica, una lastimadura o una ulceración, facilitan la introducción del tóxico hasta llegar a la corriente sanguínea.

3. Vía digestiva: es la vía de menor importancia, salvo en casos de accidentes, porque en los ambientes laborales no se debe, comer, ni beber y menos fumar. Por esta vía los ácidos biliares facilitan la disgregación de partículas y la solubilización de compuestos metálicos, facilitando la absorción posterior del tóxico. En el *Figura 14* están esquematizadas las cuatros principales vías de acceso de los tóxicos al organismo.

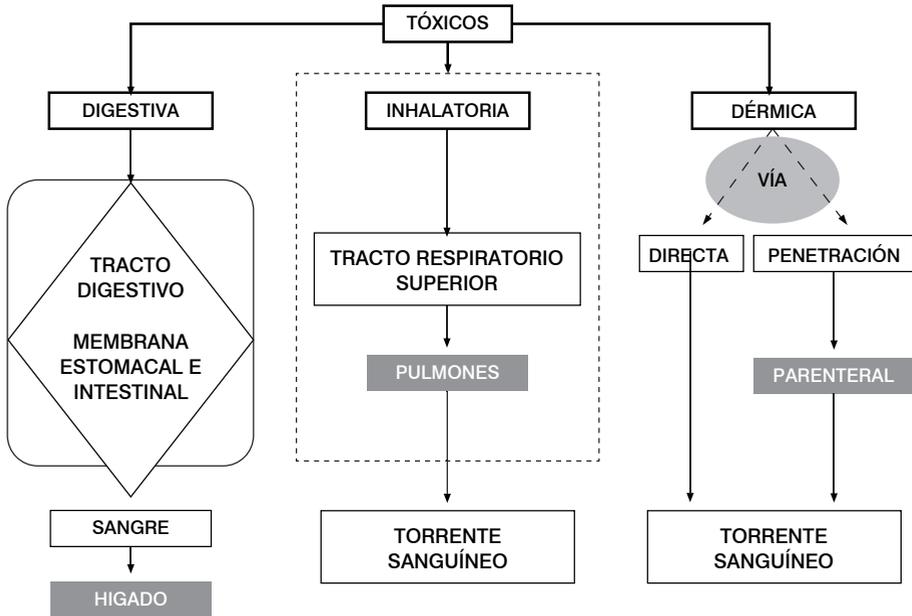


Figura 14: Vías de entrada de los tóxicos al organismo

4. Control de los contaminantes químicos

Corresponde a la higiene operativa la tarea del control, entendiéndose por ello la eliminación o reducción de la contaminación existente a valores considerados adecuados por la higiene teórica.

Para poder ejercer un control adecuado es necesario conocer el conjunto de circunstancias que acompañan al riesgo. El control de un contaminante se puede lograr actuando sobre una de las tres áreas siguientes:

1. Fuente de generación del contaminante: se impediría la generación de éste, y en el caso que ya se hubiera generado se trataría de impedir que se disperse por la atmósfera de trabajo.
2. Medio de difusión: se actuaría sobre el contaminante generado para que no se extienda por el ambiente laboral y llegue a los operarios.
3. Receptor: se protegería al operario para que el contaminante no llegue al organismo.



Podemos encontrar distintos métodos para actuar sobre cada uno de ellos, por ejemplo:

Sobre la fuente

- Diseñando el proceso
- Sustituyendo el producto
- Modificando el proceso
- Encerrando el proceso
- Aislando el proceso
- Extracción localizada

Sobre el medio

- Limpieza
- Ventilación general
- Aumento de la distancia entre emisor y receptor

Sobre el receptor

- Formación e información
- Disminución del tiempo de exposición
- Protección personal
- Higiene personal

De todos los métodos enunciados trataremos sólo la extracción localizada y la ventilación general, que son métodos adecuados para controlar los contaminantes de los laboratorios.

4.1. Ventilación general o dilución

Se parte del supuesto que se generan contaminantes en el laboratorio que se distribuyen regularmente en el aire del mismo. La concentración media alcanzada por un contaminante vendrá determinada por la relación entre la cantidad emitida del mismo y el volumen del recinto. Teóricamente, podría disminuirse la concentración ambiental por debajo de los límites a considerar, sustituyendo el aire contaminado por aire limpio. Este sería el principio de “ventilación general por dilución”. Es evidente que este tipo de ventilación es adecuada cuando los contaminantes son poco peligrosos o cuando en un recinto sólo hay concentración de gente y no hay contaminación. Si lo que se busca es lograr un mayor confort, la Ley 19.587 en su artículo 64, refuerza la teoría sobre ventilación general y establece: “En todos los establecimientos, la ventilación contribuye a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador”; la ventilación mínima se establece en función del número de personas que están trabajando y la volumetría del local (artículo 66 de la ley), para actividades sedentarias o moderadas que bien podríamos asignarla a un laboratorio.

Suponiendo un local con un cubaje de 15 m³/persona, hará falta 18 m³/h/persona de caudal de ventilación.

Dentro de la ventilación general podemos hablar de:

Ventilación general natural: producida por las corrientes de aire que ingresan o salen a través de puertas y ventanas. Pero con la misma es difícil de controlar la calidad del aire en los recintos de trabajo, razón por la cual hay que mecanizar el sistema utilizando ventiladores. A esto denominamos “ventilación general mecanizada”.

Principios de “ventilación general”. La instalación de una ventilación general mecánica está inmersa en gran parte en valores empíricos o intuitivos. No obstante se pueden tener en cuenta algunos principios como:

- Asegurarse previamente si la ventilación localizada es técnicamente imposible de aplicar.
- Forzar un flujo de aire desde las zonas limpias y frescas a las zonas contaminadas.
- Evitar que los operarios se encuentren entre las fuentes contaminantes y la extracción.
- Compensar las salidas de aire con las correspondientes entradas, estas últimas deben estar ubicadas de frente a los vientos dominantes.
- Utilizar extracción mecánica y entrada natural.
- Elegir los motores de los extractores con la capacidad adecuada y bajos niveles de ruido.

4.2. Extracción localizada

La misma consiste en captar los contaminantes en su lugar de origen antes de que los mismos se dispersen. Los requisitos básicos son: que el foco se encuentre lo más circunscrito posible y la creación de una corriente de aire mínima hacia la campana.

La eficacia de la extracción localizada depende en gran parte de los sistemas de ventilación general del lugar de trabajo y, en especial, del flujo de aire que reemplazará en forma controlada al aire retirado por aspiración localizada. Es frecuente que la mala ubicación de la campana sea la responsable de su mal funcionamiento por efecto de las corrientes naturales de aire que ingresan a los locales, por ventanas y puertas.

La ubicación de las campanas para gases, aerosoles, humos, siguen las mismas condiciones que las cabinas de seguridad biológicas, con respecto a las corrientes de aire que penetran por puertas y ventanas; por lo tanto podemos tener en cuenta los mismos criterios en general.

El sistema de extracción localizada está compuesto de una campana de captación o aspiración, conductos que transportan al aire contaminado hacia el ventilador y de ahí al exterior –en algunos casos antes de llegar al ventilador tiene intercalado un purificador o depurador–. El ventilador no solamente debe vencer todas las pérdidas de carga del sistema, sino también producir una velocidad de captación del aire contaminado cerca de la fuente que lo introduzca al sistema ventilante por la boca de captación y producir su expulsión al medio externo.

4.2.1. Ventajas de la extracción localizada en el laboratorio

Las podemos enumerar así:

- Capta el contaminante antes que éste llegue a afectar el ambiente de trabajo.
- Trabaja con caudales sensiblemente inferiores.
- Altera en menor medida las condiciones termohigrométricas ambientales.
- Facilita mejor la depuración.
- Es aplicable a aerosoles.
- Puede garantizar atmósferas no explosivas con mayor facilidad.
- Evita el posible deterioro de equipos por contaminantes corrosivos.

Las normas IRAM 3.645-1/1991 y 3.645-4/1994 establecen: requisitos, ensayos de funcionamiento, selección, uso y mantenimiento de las campanas de extracción de humos. De particular importancia es relacionar (para la elección y/o funcionamiento) la *velocidad frontal* y la *toxicidad* de los compuestos con que se trabajen en ella. Al efecto, la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) publicó en *Industrial Ventilation* guías relacionadas con la toxicidad de algunos compuestos y expresadas en TLV (*Threshold Limit Values*), donde podemos observar que a bajos valores de TLV (en ppm) mayor debe ser la velocidad frontal de la campana. En la tabla siguiente podemos ver las velocidades recomendadas en función de toxicidad:

| Clase | Tipo de materiales | Velocidades | |
|-------|--|-------------|-----------|
| | | m/seg | Ft/min |
| A | Materiales altamente tóxicos: cancerígenos, mutágenos, etc. (TLV < 10 ppm) | 0,62 a 0,75 | 125 a 150 |
| B | Uso general de laboratorios: materiales corrosivos. (TLV: 10 a 1.000 ppm) | 0,50 | 100 |
| C | Trazas de radioisótopos: materiales de baja toxicidad como ser humos, polvos y olores. (TLV > 1.000 ppm) | 0,40 | 80 |

Tabla 7: Velocidades mínimas de captación en función de la toxicidad

Las velocidades frontales elevadas pueden tener un efecto adverso sobre las operaciones a efectuar en la campana; por ejemplo: enfriamiento de columnas de destilación, la extinción de llamas de gas, dispersión de materiales de muestras valiosas (cenizas, polvos, etc.) y torbellino en el interior del gabinete de la campana.

Recomendaciones en el uso de cabinas con campanas. Cuando se trabaje con campanas se debe:

- Trabajar con una abertura reducida del bastidor o puerta guillotina. (Ver Figuras 24 y 25, capítulo N° 6).

- Utilizar cantidades mínimas de sustancias en cuestión.
- Utilizar una velocidad de reacción más reducida para disminuir la velocidad de liberación de los humos.
 - Antes de iniciar un trabajo verificar que la campana funcione correctamente.
 - Sólo se puede mantener abiertas puertas y ventanas del laboratorio si no se reduce la capacidad operativa de la campana.
 - Verificar que el usuario anterior descontaminó bien la campana.
 - Para evitar abrir la campana repetidamente conviene, cuando es posible, colocar todo lo necesario dentro de la campana antes de iniciar el trabajo.

Se ubicarán los equipos y materiales de manera tal de no perturbar la entrada de aire por la abertura de trabajo.

Salvo que la campana esté provista de un sistema de extinción automático contra incendios, se asegurará que se disponga en la proximidad de un extintor adecuado en el caso de tener que manipular materiales inflamables. Cuando se trabaja con ventana guillotina, la misma se deberá bajar hasta que la cara del operador quede completamente protegida. El operador deberá llevar una protección para los ojos y manos.

- Una vez terminado el proceso se bajará suficientemente la ventana guillotina hasta una abertura mínima para reducir al mínimo las perturbaciones exteriores. Se mantendrá en funcionamiento el ventilador hasta el arrastre total de los humos y/o vapores.

- Los humos peligrosos (explosivos), hacen necesario contar con ventiladores a prueba de chispa y motores antiexplosivos, que pueden ir en o fuera de la corriente de aire.

- En el caso de que el aire arrastre materiales abrasivos o corrosivos, es necesario contar con ventiladores tratados al efecto

- El ventilador debe girar en el sentido correcto, de lo contrario podemos tener problemas de rendimiento entre otros.

4.3. Almacenamiento de drogas

Considerando que el depósito de drogas (almacenamiento) forma parte de uno de los anexos del laboratorio principal, aquel debe estar incluido en las medidas de prevención a través de la ventilación general y localizadas, éstas serán efectivas si se aplican las mismas consideraciones ya vistas.

El almacenamiento de drogas se fundamenta en dos principios: 1) el control de inventario y 2) la separación de productos incompatibles. La aplicación de los mismos no es tan directa ni sencilla como pudiera parecer por las dificultades propias de los productos a almacenar, porque muchos de los cuales no tienen un riesgo en particular sino que tienen más de uno. Almacenar sustancias exige de una distribución sistemática del área de acuerdo a los productos para valorar los cuidados a tener en cuenta. Para ello se requiere la mayor información posible como: tomar nota de la etiqueta del producto –donde se describe por lo general además de las características del producto, datos como “vene-

noso”, “inflamable”, “corrosivo”, “tóxico”—; cuidados a tener si se derrama el producto; códigos de la NFPA (*National Fire Protection Agency*); etc. Otras etiquetas dicen “Cumple Normas ACS” (*American Chemical Society*) y describen las características del producto.

En todo laboratorio se debería disponer de “Fichas de datos de seguridad”, tal como lo estableció la Comunidad Económica Europea. Las mencionadas fichas deben ser provistas por el responsable de la comercialización (fabricante, importador o distribuidor) en el momento de la operación, entregando también una copia al Ministerio de Salud. Asimismo debe facilitar una copia al destinatario del producto, siempre y cuando sea un usuario profesional, y si no lo es asegurarse que el potencial usuario entienda bien las indicaciones.

Las informaciones que se brindan en forma gratuita deben ser claras y concisas. Se deben dar en la primera oportunidad de entrega del producto o preparado y posteriormente, siempre que se produzcan revisiones. La nueva versión deberá indicar claramente que es una “Revisión y la fecha”. También deberá ser comunicada al Ministerio correspondiente y al comprador del producto.

Si se aplica la “Gestión de la Calidad”, todos estos datos forman parte de un programa de calidad/seguridad.

En algún caso en que la información derivada de alguna propiedad no fuera pertinente e incluso fuera técnicamente imposible proporcionarla, se deberán especificar claramente las razones.

La Ficha de Datos de Seguridad, que deberá estar fechada, incluirá por lo menos los siguientes epígrafes:

1. Identificación de la sustancia y el responsable de su comercialización.
2. Composición y propiedades.
3. Identificación de los peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas a tomar en caso de un vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección personal.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación de residuos.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Información reglamentaria.
16. Otras informaciones.

Para lograr un almacenamiento adecuado de drogas, desde el punto de vista de la edificación y medidas de seguridad, es necesario contar con:

- Un lugar aireado, fresco, seco y protegido de la luz solar.
- Ausencia de fuentes de ignición.
- Estanterías seguras y protegidas con pinturas anticorrosivas, o algún otro tipo de pintura de protección.
 - Instalaciones eléctricas protegidas.
 - Pisos antideslizantes, con una pequeña inclinación hacia un desagüe principal protegido y único.
 - Extintores manuales en el recinto y de mayor volumetría al frente del local (por ejemplo en el pasillo).
 - Grifos para agua, duchas y lavajos.
 - Botiquín de Primeros Auxilios.
 - Elementos de Protección Individual (EPI)

Además de todas las necesidades anteriores, se debe tener conocimiento y estar al alcance de los integrantes del laboratorio cartillas de incompatibilidades químicas, de primeros auxilios y las fichas de datos de seguridad.

La cartilla de incompatibilidades nos brinda –para el caso de almacenamiento– una ayuda importante para no generar mezclas indeseables cuando se guardan drogas, en depósitos.

4.4. Manipulación de productos químicos en el laboratorio

Una forma eficaz de conocer los riesgos que genera la manipulación de productos químicos es mediante su clasificación en base a su peligrosidad.

La peligrosidad se indica en la etiqueta y/o catálogo con letras y figuras (pictogramas). Hay sustancias que pueden tener indicada hasta dos grados de peligrosidad, por ejemplo: nocivo-corrosivo.

En las etiquetas, además de los pictogramas, deben incluirse las frases de riesgo o “Frases R” y las frases de prudencia o “Frases S”. Un ejemplo de frases R y S, como así también el listado de frases combinadas de riesgo y de prudencia (ver *Anexo H*).

Clasificación por peligrosidad. La clasificación de la CEE es la siguiente:

Explosivos “E”: “Son sustancias o preparados que pueden descomponerse violentamente por efecto de una llama, choque y/o contacto con el aire, agua y otros productos”.

Deben almacenarse separados de ácidos, líquidos inflamables y combustibles.

Los principales explosivos son: amidas inorgánicas, amins aromáticas, azidas, cianuros, nitrilos, éteres, nitratos, nitritos, percloratos y peróxidos.

Comburentes “O”: “Son sustancias oxidantes o preparados que en contacto con otros, particularmente con los inflamables (agente reductor), originan una reacción fuertemente exotérmica”.

Así, los medios gaseosos que contienen un gas oxidante se llaman “medios combu-

rentes”, por ejemplo: el aire (medio gaseoso) que contiene O_2 y O_3 (gases oxidantes).

Ejemplos de comburentes: oxígeno y ozono del aire, peróxido de hidrógeno, halógenos, ácido nítrico y sulfúrico, óxidos de nitrógeno, cloratos, nitratos, percloratos, cromatos.

El magnesio en polvo puede arder en una atmósfera de anhídrido carbónico. Por otra parte, hay compuestos que se descomponen directamente al ser expuestos a temperaturas suficientemente elevadas en ausencia de cualquier otro material, por ejemplo: hidrazina, nitrometano, peróxido de hidrógeno y el ozono.

Corrosivos “C” Cáusticos: “Son aquellas sustancias o preparados que en contacto con tejidos vivos pueden ejercer sobre ellos una acción destructora”.

Eventualmente pueden producir explosiones e incendios en presencia de agua y otras sustancias. Deben almacenarse lejos de productos inflamables y tóxicos.

En caso de incendio emplear extintores de CO_2 y evitar el uso de agua. Entre las sustancias corrosivas tenemos: ácidos (como perclórico, nítrico, sulfúrico, fluorhídrico, etc.), que cuando están concentrados reaccionan violentamente con el agua; cloratos, percloratos, peróxidos, líquidos inflamables (gasolinas, alcohol, etc.); entre las sustancias cáusticas encontramos los metales alcalinos (potasio, sodio, cesio, litio, etc.), así, el sodio y potasio reaccionan fuertemente con el agua.

Inflamables “F” o “F+”: Fácilmente inflamables (“F”): “son sustancias y/o preparados que a temperatura ambiente, en el aire y sin aporte de energía, pueden inflamarse”. Por ejemplo: fósforo en contacto con el aire. “Sustancias o preparados que pueden inflamarse fácilmente por la acción de una fuente de ignición y que continúan quemándose después del alejamiento de la misma”. Por ejemplo: butano, propano, etc. que deben aislarse de la fuente de ignición y no permitir la formación de mezclas inflamables gas-aire.

Extremadamente inflamables (“F+”): “son sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a $0\text{ }^\circ\text{C}$, y su punto de ebullición inferior o igual a $35\text{ }^\circ\text{C}$ ”. Caso del benceno y acetona, que como prevención se los debe aislar de llamas, fuentes de calor y chispas.

Tóxicos “T”: “Son sustancias o preparados que actúan como líquidos, gases o vapores que ingresan al organismo por inhalación, ingestión o penetración cutánea generando riesgos agudos, crónicos, locales y sistémicos.

- Los efectos agudos resultan generalmente por una exposición corta y a menudo son reversibles;
- Los efectos crónicos son el resultado de exposiciones largas y frecuentes, generalmente, son irreversibles;
- Los efectos locales se reducen a la zona inmediata de tejido expuesto; y
- Los efectos sistémicos son cuando el tóxico ya ha penetrado en el cuerpo aloján-

dose en algún órgano generando enfermedades (ejemplos de uso común en los laboratorios: benceno, fenol, nitrobenzeno, o-toluidina, p-fenilendiamina, fenilhidracina).

La naturaleza y magnitud del efecto tóxico del producto químico sobre el ser humano depende de distintos factores, entre ellos: naturaleza de la sustancia química, la vía de penetración, la frecuencia y tiempo de exposición, además de la susceptibilidad de la persona en particular.

El grado de peligro se puede llegar a estimar conociendo la posible dosis y valores registrados en situaciones similares. Los datos toxicidad se pueden determinar a partir de estudios epidemiológicos de incidencia con enfermedad o muerte en ciertos grupos de población.

Una buena medida de prevención es almacenarlos lejos de alimentos y "bajo llave". Entre los principales tóxicos o venenos en el laboratorio tenemos: ácido oxálico, aminas aromáticas, amidas, cianuros, nitrilos, fósforo, hidracina, hidrocarburos halogenados, mercurio, percloratos, peróxidos, arsénico, trióxido de cromo, etcétera.

Las medidas de precaución mínimas son: evitar cualquier contacto con el cuerpo humano y en caso de malestar recurrir inmediatamente al médico.

Irritantes "Xi": "Sustancias o preparados corrosivos que por contacto directo, prolongado o repetido con la piel o mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria". Si las sustancias irritantes están al estado líquido son peligrosas para la piel y los ojos por posibles salpicaduras. Las irritaciones sobre la piel pueden neutralizarse con otros compuestos químicos dado que la piel es una eficaz barrera frente a acciones externas; no sucede lo mismo con los ojos, puesto que son muy vulnerables.

Los gases y vapores irritantes son un riesgo para todas las partes del cuerpo, pero los ojos y el aparato respiratorio son particularmente más sensibles que los demás órganos. La magnitud del efecto es función de la solubilidad del gas o vapor con los fluidos del cuerpo humano. Las sustancias irritantes sólidas o líquidas afectan generalmente los miembros superiores (manos, brazos, antebrazo); mientras que los gases, vapores y humos pueden afectar también los miembros superiores, además de la cara y el cuello.

La irritación de la piel consiste en una reacción inflamatoria local sin destrucción de los tejidos y a veces producen cambios irreversibles en el lugar de contacto. En el hombre se reconoce como "eritema" con o sin edema del área inflamada.

Hay compuestos que producen irritación por simple contacto debido a que el sujeto es sensible o está sensibilizado, produciendo irritaciones que pueden comenzar por enrojecimiento, hinchazón, comezón y hasta pequeñas ampollas que pueden romperse, generando líquido.

Algunos irritantes de amplio uso en los laboratorios son: hidróxido de amonio, hidróxido de sodio y de potasio, amoníaco, ácido metasulfónico, etilenglicol, monobutíler, formamida, bicromato de sodio, hidrazina, etc. Como precaución, no inhalar los vapores y evitar el contacto con la piel y ojos.

Nocivos "Xn": "Sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración pueden entrañar riesgos de gravedad limitada." Ejemplos de ellos: piridina, tricloroetileno, etc.

En el caso de sustancias nocivas hay que evitar el contacto con el cuerpo humano así como la inhalación de vapores. Por investigación se determinan los distintos grados de toxicidad.

Los criterios de toxicidad vienen referidos a la dosis letal DL50, expresada en mg de tóxico/kg de animal, donde el 50% de la población muere por ingestión o penetración a través de la piel. En el caso de inhalación se dan valores de concentración letal CL50, expresada en mg de tóxico/l de aire.

Ecotóxicos "N": Peligrosos para el medio ambiente. "Son sustancias o desechos que si se liberan tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente debido a la bioacumulación, o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos".

Radioactivas "R": "Son aquellos compuestos que al penetrar en la materia producen la excitación de iones y moléculas, generando transformaciones de distinta forma e intensidad.

Estas transformaciones son lesiones de la materia viva de distinto orden, según sean provocadas por irradiación externa o interna, además de la intensidad de la radiación y el tiempo de exposición.

Así, por "irradiación externa" las lesiones provocadas son: leucemia, cánceres cutáneos, esterilidad transitoria o permanente, cataratas, etc. La "irradiación interna", debido a ingestión, absorción, etc., produce efectos sobre las células de distintos órganos; los más sensibles son: médula ósea, sangre, hígado, pulmones, bazo, riñones, tiroides, etcétera.

Bioriesgosos": "Bioriesgo se produce por el manejo de microorganismos infecciosos o materiales que los contienen o pueden contenerlo. También se presenta en el manejo de animales en el laboratorio".

Algunos microorganismos son patógenos o tienen la posibilidad de serlo, en función de circunstancias (ambientales, de trabajo) y la dosis.

Los efectos sobre el hombre pueden ser, "agudos", "crónicos" y "mortales". Entre los primeros tenemos irritación de ojos, vías respiratorias, cianosis, somnolencia, etc. Entre los crónicos: bronquitis, lesiones hepáticas y renales. Y entre los mortales: edema pulmonar, mutagénesis, cólera, hepatitis B, SIDA.

"Es aconsejable, informarnos de los riesgos de los productos, antes de iniciar cualquier nuevo trabajo en nuestros laboratorios".

Bibliografía

- Barral, M.A.; Uñates, C.; Redonder, N.** (1998): *Contaminación química en ambientes de trabajo*. Curso Facultad de Ingeniería Química, Santa Fe.
- Guardino Solá, X. y Hers Cobos, C.:** NTP N° 672, "Extracción localizada en el Laboratorio", en *Prevención del riesgo en el laboratorio*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, España.
- Instituto Argentino de Seguridad:** *Revista de Seguridad*, Buenos Aires, Argentina.
- W. Garner et. al.** (1992): *Good Laboratory Practice Standards*. Applications for field and Laboratory Studies, LUGAR.
- Martínez de la Cuesta, P.J. y Eloisa Rus Martínez, E.** (1999): *Manual de Seguridad en Laboratorios*. Universidad de Málaga, España.
- Stere, N.** (1990): *Handbook of laboratory safety*. CRC Press 2da. ed., EEUU.
- Plunkett E. R.:** *Manual de Toxicología Industrial*. Ediciones Urmo, Bilbao, España.
- (1991/1994): *Normas IRAM N° 3.645*, Parte 1 y 4.1991/1994.
- (1976): *Handbook of laboratory safety*, 2da. ed. CRC Press.
- (2002): *Manual de productos peligrosos*. Departamento de Ordenación Territorial y Medio Ambiente. Gobierno Vasco. IHOBE.
- (1991): *Manual de Higiene Industrial*. Fundación MAPFRE, Madrid.

Capítulo 6

Riesgos producidos por métodos, técnicas y equipos de laboratorio

1. Introducción

En los laboratorios, además de los riesgos propios de los compuestos que se manipulan y los productos que se generan, deben considerarse también aquellos que conforman el laboratorio como son los materiales y equipos existentes propios del mismo, así como sus instalaciones de servicios básicos como agua, gas, vacío, energía eléctrica, aire comprimido, etcétera.

En los laboratorios orgánicos e inorgánicos se llevan a cabo reacciones que pueden ser potencialmente riesgosas para el operador y el medio si no se toman las prevenciones que cada caso puede involucrar. Determinadas reacciones pueden ser peligrosas para el operador y para los demás integrantes del sistema laboratorio.

También hay operaciones riesgosas en el manejo de determinados equipos y elementos de laboratorio como material de vidrio, equipos que trabajan a presión alta, baja o normal, como ser reactores, autoclaves, centrífugas, etcétera.

A continuación veremos en primer lugar el uso de determinados equipos de laboratorio. Después veremos algunas reacciones que se ejecutan y que pueden generar inconvenientes no deseados en el trabajo a los analistas o investigadores y en el medio ambiente.

2. Uso de equipos

Los equipos empleados en los laboratorios se pueden dividir en función de las operaciones, en “básicos” o “específicos” y que involucra tanto a los trabajos analíticos como a los de investigación. De acuerdo con la presión a la que trabajan se los divide en equipos de:

- a) Presión elevada
- b) Presión atmosférica o normal
- c) Presión reducida

2.1. Equipos que trabajan a alta presión

Tenemos que hablar de dos aspectos: funcionamiento y ubicación en el ámbito del laboratorio. Como ejemplo podemos hablar de reactores y autoclaves. De cada uno de ellos veremos los potenciales riesgos y las medidas de prevención para neutralizar los riesgos.

2.1.1. Reactores de alta presión

En los mismos podemos realizar trabajos de oxidación y/o de reducción. En el primer caso la reacción conlleva trabajar con fuego y por lo que pueden generarse explosiones por temperatura y presión.

Los riesgos relacionados con la presión y la temperatura se deben a:

- Cantidad de reactivos.
- Desconocimientos de las propiedades de los reactivos.
- Desconocimiento del funcionamiento del reactor.
- Mantenimiento preventivo deficiente del mismo.

Las prevenciones en el equipo deben contar con:

- Indicador de presión.
- Válvula de seguridad y/o disco de ruptura.
- Dispositivo de descarga en caso que se produzca una sobrepresión por reacciones demasiado rápidas. El dispositivo de descarga debe desembocar en algún recipiente de descarga que puede estar abierto pero ubicado en un sector seguro.

En la prevención en los reactivos el aspecto más importante es:

- Conocer las propiedades de los reactivos (en bibliografía) y del producto esperado.
- Trabajar con la menor cantidad de reactivo posible.

2.2. Equipos que trabajan a presión normal

2.2.1. Reactores a presión normal

Las operaciones que se realizan a presión normal son las básicas y representan la mayoría. En general podemos indicar las principales como:

- Destilaciones en general.
- Hidrogenación.
- Extracciones en caliente: líquido-líquido y sólido-líquido.

2.2.1.1. Destilaciones en general

Destilación: es una de las operaciones más habituales e importantes para purificar líquidos en los laboratorios.

Los diversos métodos conocidos son: destilación simple, destilación fraccionada, molecular y arrastre con vapor.

Los riesgos posibles, en general, son:

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

Las medidas de prevención para el/los controles del riesgo son:

- El aparato o el ensamblado del mismo debe estar acorde a las cantidades y características de los productos a destilar.
- Si el producto a destilar contiene subproductos de descomposición, de características desconocidas o peligrosas, la destilación debe realizarse con muchas precauciones (por ejemplo, bajo campana).
- Emplear poca cantidad cuando no se conocen las propiedades o posible comportamiento previo a la destilación. "Esta precaución debe ser una norma general para toda operación que se realice en el laboratorio".

Destilación a presión reducida o al vacío: es una operación muy importante y frecuente en los laboratorios en que se realizan síntesis orgánica. Esto es así porque muchos de estos compuestos se descomponen si se los destila a presión normal, por lo tanto se debe considerar:

Los riesgos posibles en general:

- Proyección de los líquidos que se están destilando.
- Implosión del balón.
- Reflujo de los líquidos hirvientes.

Las medidas de prevención, para el/los controles del riesgo:

- Ajustar bien los tapones.
- Evitar el exceso de vacío.
- No quitar el vacío de súbito; hacerlo lentamente para que entre el aire de a poco.

Destilación por arrastre con vapor de agua: es una operación muy empleada en Química Orgánica por dos razones muy atendibles como: a) el compuesto a separar queda enteramente separado de los demás compuestos, y b) el compuesto separado no necesita más purificaciones bastando sólo desecarlo. Durante la operación se debe considerar:

Los riesgos posibles en general:

- Cortes en las manos al intentar introducir el tubo acodado que comunica el balón de destilación y el refrigerante.
- Quemaduras por contacto con el recipiente generador de vapor o con vapor de agua si se emplea un balón con un tubo de seguridad.
- Reflujo violento hacia el generador de vapor o hacia el refrigerante.
- Proyecciones de líquidos y salpicaduras.

Las medidas de prevención frente a los posibles riesgos enunciados son:

- Trabajar con guantes o un paño de protección para no cortarse por rotura de tubos acodados.
- El tubo de seguridad debe llegar muy próximo al fondo del balón, además agregar trozos de piedra pómez o trozos de porcelana sin el barniz.
- Ubicar el recipiente generador protegiendo al operador.
- No llenar más de la mitad el balón con el líquido a destilar y dar al mismo la inclinación necesaria.

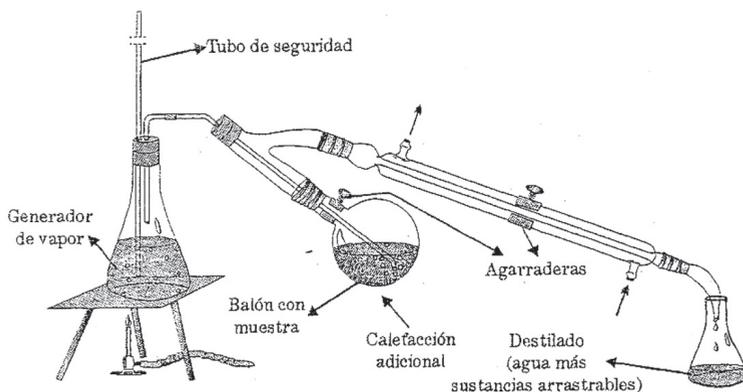


Figura 15: Destilación por arrastre de vapor de agua

2.2.1.2. Hidrogenación: en la misma, como su nombre lo indica, debemos trabajar con hidrógeno gas que es muy inflamable. En este caso particular se deben tener en cuenta dos tipos de prevención: 1) el reactor y conductos complementarios del mismo deben estar libres de aire. Los límites inferior y superior de inflamabilidad del hidrógeno respecto del aire (oxígeno) es de 4,0 y 74,2% en volumen respectivamente; equivale a decir que por debajo de 4% y por encima de 74,2% la mezcla se vuelve explosiva, luego, es necesario realizar un barrido del reactor y complementos para eliminar trazas de aire; 2) asegurarse que en el área de trabajo del reactor no hay compuestos inflamables que puedan entrar en ignición al activarse elementos eléctricos. Por lo tanto, siempre es conveniente producir una buena ventilación del área de trabajo.

Otro aspecto importante para cualquier tipo de reactor es la resistencia de los materiales de construcción del reactor y sus componentes frente a los reactivos y/o productos esperados.

2.2.1.3. Extracciones en caliente: líquido-líquido y sólido-líquido

La extracción líquido-líquido, así como la sólido-líquido con líquidos volátiles e inflamables, como éter, benceno y tetracloruro de carbono o cloroformo, ambas en caliente, son operaciones de rutina en los laboratorios.

Extracción líquido-líquido continua: esta extracción se basa en la separación de un soluto que se distribuye entre dos fases inmiscibles (solución acuosa y un solvente). Los solventes

empleados en general son líquidos volátiles e inflamables. Los más empleados son: éter, benceno, tetracloruro de carbono y cloroformo; éstos no sólo son buenos solventes para la mayoría de los compuestos orgánicos, sino que también son fácilmente separables del soluto. El caso más habitual de separación es con el sistema Soxhlet (ver Figuras 16 y 17).

Los riesgos más comunes son:

- Sobrepresión en el ensamblado de los equipos.
- Fugas que pueden provocar un incendio.
- Los sistemas de prevención de estos riesgos.
- Calentar el sistema empleando un baño maría o manta de calefacción.
- Realizar la extracción en cabina con campana.
- Disponer de elementos de primeros auxilios de uso personal, como protector facial.
- Disponer elementos de uso general, como extintores manuales, manta ignífuga, ubicados próximos al equipo de extracción.

Las medidas de prevención son:

- Trabajar con poca cantidad de solvente; sólo lo estrictamente necesario.
- Asegurar bien las conexiones.
- Si el calentamiento es con elementos eléctricos, tener cuidado con los contactos eléctricos.
- Indicar con carteles la operación que se está realizando, con la recomendación de no fumar.
- Tener extremo cuidado con una posible llama abierta.
- Conocer bien el funcionamiento del equipo.

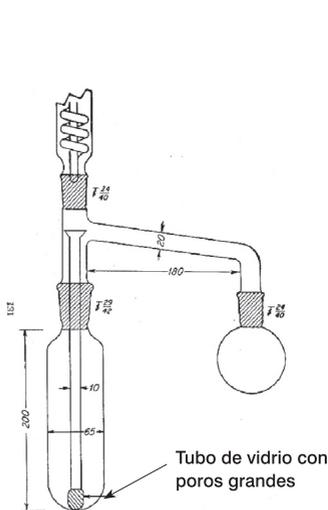


Figura 16: Extractor líquido-líquido.
Para líquidos más livianos que el agua

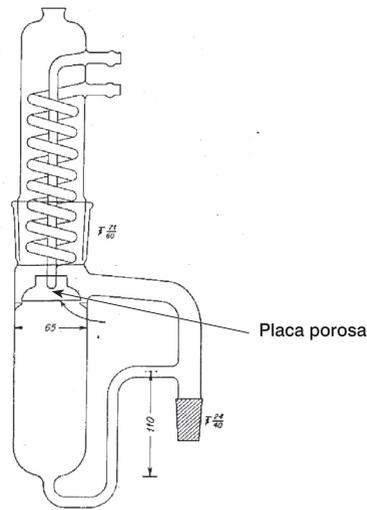


Figura 17: Extractor líquido-líquido.
Para líquidos más pesados que el agua

Extracción sólido-líquido continua: se usa comúnmente para separar un sólido de otro por medio de un solvente. El aparato más usado es el extractor de Soxhlet (ver *Figura 18*). Los riesgos generalmente son pocos:

- Rotura por golpes.
- Roturas por quitar el vacío en forma inmediata al terminar la extracción.
- Escape de vapores a la atmósfera.
- Explosiones originadas por vapores que escapan por el refrigerante o desajuste de las partes del equipo por un descuido del operador y la presencia de algún foco ígneo.
- Quemaduras por asir partes del equipo con las manos sin protección.

Las medidas de prevención por los riesgos enunciados son:

- Trabajar con poca cantidad de muestra.
- Emplear guantes para asir partes calientes.
- No tener focos ígneos en la proximidad del equipo.
- Controlar que el refrigerante superior no quede sin líquido refrigerante (agua).
- Controlar que no se produzca la obstrucción del cartucho o de el disco de extracción que contiene la muestra (ver *Figura 18*).

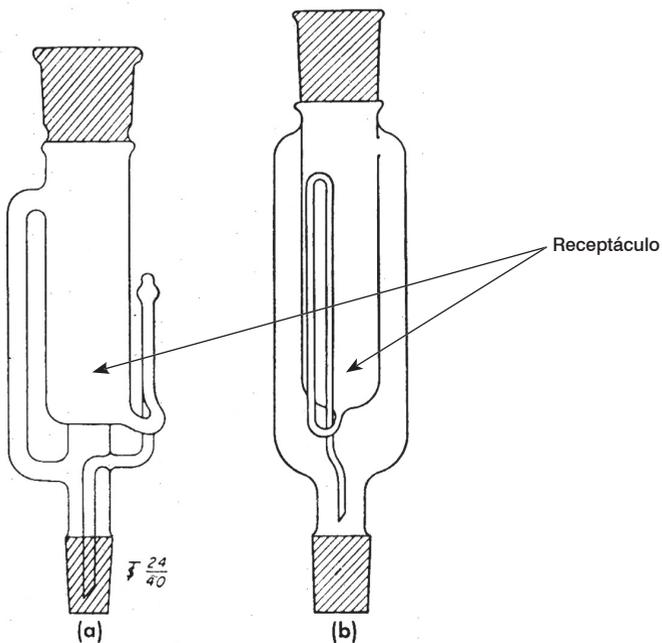


Figura 18: Extractores Soxhlet para extracciones sólido-líquido

2.3. Equipos que trabajan a presión reducida

2.3.1. Reactores a presión reducida

Las reacciones que se deben realizar a baja presión están relacionadas con equipos donde se produce el vacío. En este caso si el equipo es de vidrio debe tener un diseño apropiado y el material debe ser de buena calidad para evitar implosiones con resultados no deseados (accidente para el operador y pérdida de materiales y tiempo).

Entre las diferentes operaciones que se utiliza vacío para realizarlas tenemos: evaporación, destilación, filtración y secado (en desecadores).

Veamos algunas operaciones.

2.3.1.1. Destilación al vacío: es una operación que se realiza cuando los compuestos a reaccionar se descomponen a presión normal.

Construcción de los equipos: en los elementos de vidrio que se emplean en el armado del equipo, además de la geometría de los mismos es muy importante el espesor de las paredes y la calidad de los materiales. En general los balones deben ser de paredes redondeadas y de un espesor adecuado al vacío a realizar. Otros elementos son los tapones que pueden ser de corcho, goma o plástico; el corcho no es conveniente excepto que sea corcho bien prensado. Los de goma son preferibles pero se deben aislar del vidrio con cinta de teflón que resiste altas temperaturas, por consiguiente no se pega en el vidrio, así es fácil desarmar el equipo y no se corre riesgo de cortaduras y/o quemaduras, etcétera.

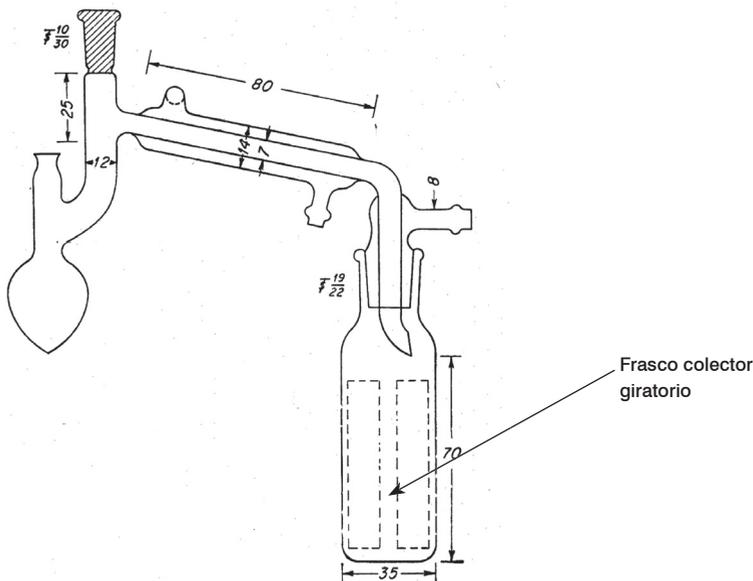


Figura 19: Microequipo de destilación al vacío

Operación: se debe realizar con mucho cuidado, es decir hacer el vacío lentamente y controlando con un manómetro de mercurio de doble rama. Terminada la operación de destilación se debe quitar el vacío lentamente para no producir un descenso brusco del mismo y producir una reabsorción de productos y hasta una implosión.

Las prevenciones que se deben observar son:

- Utilizar recipientes de vidrio capaces de soportar el vacío.
- Instalar el equipo en un lugar donde no haya riesgo de que sufra un choque mecánico.
- Colocar un dispositivo de protección al recipiente que está bajo vacío.
- Si se emplea una bomba de vacío, cambiarle el aceite cada 6 meses.

2.3.1.2. Filtración al vacío y en caliente: es una operación muy común en los laboratorios que tiene sus riesgos por los elementos con que se realiza. Los elementos que soportan los filtros generalmente son de porcelana (embudo Büchner) o de vidrio sinterizado. Ambos son frágiles, a su vez el embudo se soporta con un Erlenmeyer con una tubuladura lateral próxima a la boca del mismo, se lo conoce como "Kitasato". Este es muy empleado si se destila éter, porque permite recolectar el destilado y los vapores que no alcanzaron a condensarse son conducidos hacia un recipiente colocado por debajo del plano de trabajo, o mediante una corriente de agua que absorberá los vapores. Recordar que el manejo confiado o imprudente del éter ha sido causa de muchas y lamentables consecuencias en los laboratorios. Como medida de prevención es aconsejable rodear al Kitasato y embudo con una malla metálica o alojarlo con una protección con forma de caja. Además, como las mangueras para vacío son normalmente de paredes gruesas, duras y pesadas, es conveniente que el conjunto (Kitasato + embudo) se sujete con una agarradera a algún soporte fijo como un soporte universal o un rack a los fines de evitar potenciales caídas del conjunto con el riesgo que el conjunto se desestabilice y caiga con las consecuencias del caso.

2.3.1.3. Evaporación al vacío: generalmente se lleva a cabo en evaporadores rotativos (rotavapor), que permiten el calentamiento y la agitación por rotación de la muestra tratada al vacío.

Los riesgos posibles son:

- Rotura del balón por implosión.
- Rotura del tipo mecánica.
- Descontrol de la velocidad del motor, resultando la rotura del balón.
- Formación imprevista de peróxidos (peligro de explosión).

Las medidas de prevención a tomar frente a los riesgos posibles son:

- No llenar excesivamente el balón.
- Evitar un sobrecalentamiento de la mezcla tratada por evaporación.

- Esperar el enfriamiento del balón, antes de quitar el vacío.
- No llevar la mezcla a sequedad, puede haberse formado algún producto inestable (como peróxidos).
- Evitar que los vapores eliminados deterioren la bomba de vacío (colocar una trampa refrigerada).

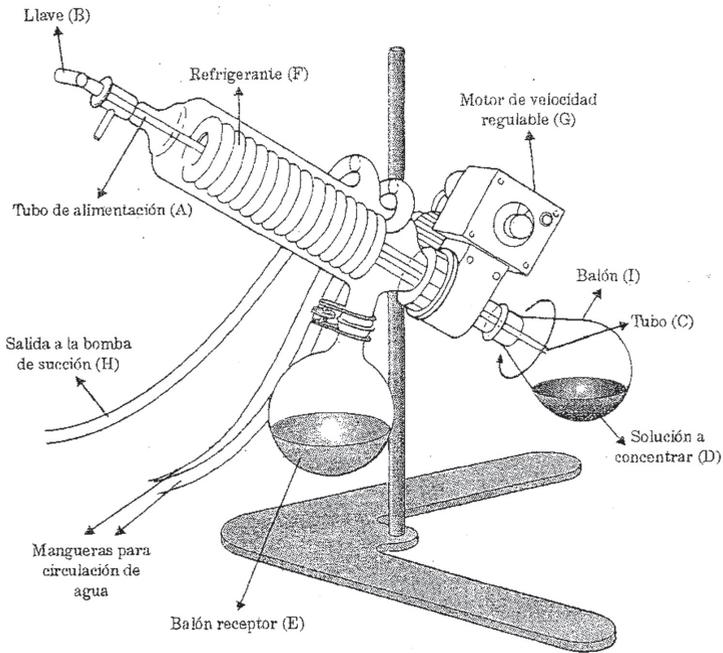


Figura 20: Rotavapor

3. Equipos básicos de uso general en laboratorios

Los equipos complementarios de más amplio uso en laboratorios de análisis, control a las ciencias químicas aplicados a las áreas fisicoquímicas, bioquímicas y / o biológicas, son: autoclaves, estufas y refrigeradoras o heladeras, etcétera.

3.1. Autoclave

Es un equipo que trabaja a una presión mayor a la normal, muy empleado en los laboratorios bioquímicos y biológicos para operaciones de esterilización de elementos de laboratorio: material de vidrio, medios de cultivo. También se usa en hospitales.

En general se conocen tres tipos de autoclaves en hospitales y laboratorios analíticos y de investigación, ellos son:

1. Desplazamiento por gravedad
2. Vacío
3. Olla a presión calentada por combustible.

Las dos primeras se emplean generalmente en hospitales y la última en laboratorios bioquímicos, biológicos y de investigación. El funcionamiento de cada una de ellas puede verse en bibliografía específica. Veremos las precauciones en general en su manejo, particularizando en la autoclave tipo “olla a presión”.

Este tipo de autoclave es de uso común en los laboratorios en que se deben esterilizar materiales. Generalmente son recipientes robustos (del tipo de los reactores), de hierro, bronce, que trabajan herméticamente cerrados; en consecuencia, deben tener válvula de seguridad y/o disco de ruptura y manómetro para controlar la presión.

El calentamiento de la misma se efectúa por un combustible (gas o electricidad). En el fondo de la cámara se coloca agua; al calentarse la misma genera vapor a presión con una temperatura superior a los 100 °C. La mayoría de los gérmenes mueren al calentar los elementos y medios de cultivo durante 20 min a 120 °C. No es un equipo adecuado para materiales de carácter ácido ya que éstos exigen estar esmaltados interiormente.

Los riesgos posibles más importantes son:

- Explosión, con proyecciones violentas.
- Quemaduras al operario si no toma las precauciones que indica el fabricante y el sentido común.
- Una explosión se puede generar si el operador desconoce la metodología de funcionamiento de la misma, o bien porque no se controla su funcionamiento.
- Falla de la válvula de seguridad.
- Falta de mantenimiento, en ocasiones puede taparse la base.
- Obstrucciones de la válvula de escape con plásticos o trozos de papel que se desprenden de los envoltorios de elementos de vidrio.

Las medidas preventivas en el uso de autoclaves son:

- Dotar de una eficaz válvula de seguridad y de un regulador, de los que se debe comprobar su funcionamiento periódicamente y cambiarlos a la menor deficiencia que se observe.
- La válvula de seguridad se coloca a una presión 2/3 de la admitida como límite de seguridad.
- Una vez terminada la tarea de esterilización se deben lavar y hacer un minucioso control de las otras partes del equipo, como guarnición de la tapa, manguera de alimentación de gas.
- Los resultados del control se deben documentar con los datos de las tareas realizadas y quién realizó las mismas.

3.2. Estufas

En los laboratorios, en general, encontramos estufas de esterilización, de cultivo, de secado y de vacío.

Los riesgos que presentan las estufas en general son:

- Explosión, incendio e intoxicación si se desprenden vapores inflamables.
- Sobrecalentamiento si se produce una falla en el termostato y de contacto eléctrico indirecto.

Las medidas de prevención se basan en las siguientes recomendaciones:

- Emplear un sistema de seguridad eficaz, como doble control de temperatura (doble termostato).
- Realizar un mantenimiento adecuado del sistema eléctrico, controlar posibles corrientes de fuga producidas por envejecimiento de los materiales. Controlar que la puesta a tierra sea adecuada.
- Sectorizar la zona de posibles riesgos eléctricos, colocando sistemas de protección para los operadores (como por ejemplo, disyuntores diferenciales).
- Realizar controles de funcionamiento de los disyuntores en forma programada.

3.3. Centrífugas

Son equipos muy útiles para realizar separaciones, extracciones y otras prácticas.

Veamos algunos ejemplos:

- Separación de sólidos y líquidos de compuestos químicos y/o biológicos.
- Separaciones líquido-líquido de distintas mezclas químicas y/o biológicas.
- Extracciones de productos químicos, biológicos y farmacéuticos.
- Filtraciones rápidas del orden de los 100 ml, a causa de la fuerza centrífuga que se ejerce sobre el material. Así, en una centrífuga que gire a 1.200 rpm, la presión que se ejerce es 160 veces mayor que la de la gravedad.

Todos los usos mencionados son en laboratorios de investigación y analíticos en general.

Los riesgos con las centrífugas están relacionados con:

- Roturas mecánicas (como roturas de cojinetes por desgaste o mal ensamblado).
- Fuego y explosiones, cuando se centrifuga líquidos inflamables, por ejemplo en una extracción sólido-líquido pueden producirse concentraciones de vapor peligrosas durante la operación. Si el proceso es discontinuo el riesgo es mayor dado que se pueden haber concentrado los vapores y al abrir la tapa, si hay algún foco de ignición cercano, podría producirse una potencial explosión y fuego aun con el rotor detenido.
- La electricidad estática (producida por contacto y movimiento) puede producir una explosión en función de la conductividad de los compuestos que se están centrifugando, los materiales que componen la centrífuga y la resistencia ofrecida por la

puesta a tierra. Si el proceso es continuo un pequeño roce de partes metálicas puede provocar una explosión y fuego. También pueden ocasionarse con materiales de baja conductividad eléctrica.

- La salud del operador, en el caso de inhalación o ingestión de compuestos tóxico, irritantes y/o corrosivos, por fallas en el sistema de cierre o al abrir la tapa.

¿Cómo prevenirlos?

- Se deben instalar las mismas sobre superficies antivibratorias y en lugares protegidos.
- Deben estar equipadas con mecanismos que no permitan abrir la tapa cuando el rotor esté girando. Las centrífugas modernas ya tienen mecanismos automáticos de detención, pero las antiguas no lo tienen, por lo que se deberá indicar mediante un aviso cuando la misma esté en funcionamiento.
- Realizar un mantenimiento regular y programado de las partes mecánicas y eléctricas, y tenerlo documentado (tales como fecha, trabajo realizado y quién lo efectuó) a los fines de evitar roturas eléctricas directas o indirectas que pongan en riesgo al operador.
- Conocer el funcionamiento y precauciones que generalmente indica el fabricante.
- Es importante conocer los máximos permisibles de las sustancias con las que se está trabajando ya que pueden ser la causa de enfermedades profesionales.

3.4. Heladeras o refrigeradoras

La heladera es otro equipo básico en un laboratorio químico, bioquímico y biológico. Su uso es amplio para guardar compuestos que se decomponen a temperatura ambiente y de manera particular en los laboratorios biológicos y/o bioquímicos. En los laboratorios químicos su uso es menor, sólo se pueden guardar algunas soluciones perfectamente identificadas.

Los riesgos que presentan pueden ser:

- Explosiones o deflagraciones. Estarían relacionadas con alguna falla en su funcionamiento, como falta de energía eléctrica, que produce un recalentamiento de los compuestos que están almacenados y generando vapores que con alguna chispa del sistema eléctrico produciría una explosión.
- Electrocutación en los operarios por contacto directo o indirecto con partes metálicas de la misma.
- Envenenamiento de algún integrante del laboratorio.

Las medidas de prevención de riesgos son:

- Emplear heladeras de seguridad que no tengan instalaciones eléctricas en su interior.
- Adquirir heladeras de seguridad para guardar compuestos explosivos.
- No guardar recipientes abiertos o mal tapados en la heladera.
- Emplear recipientes capaces de resistir sobrepresiones por recalentamiento accidental.
- No guardar alimentos y/o medicamentos de uso personal.

3.5. Baños termostáticos y otros sistemas de calefacción

Son de amplio uso en laboratorios bioquímicos de análisis o investigación a los fines de producir el desarrollo de microorganismos.

Los riesgos relacionados con los mismos son:

- Quemaduras de origen térmico.
- Roturas de material de vidrio.
- Generación de calor y humedad atentando así sobre el confort de los operarios.

Las medidas principales de prevención a tomar para eliminar o minimizar los riesgos antes enunciados pueden ser:

- No llenar en demasía (hasta el borde).
- Asegurar la estabilidad de los mismos.
- Controlar el funcionamiento del sistema eléctrico con buena toma a tierra o dispositivos de corte (disyuntores) para proteger a los operarios.
 - Si su uso es continuo, colocar un sistema de extracción localizada sobre los mismos.
 - Si debe funcionar cuando no hay operarios, disponer de un sistema para que el baño no quede sin agua.

3.6. Elementos complementarios para equipos específicos

En el laboratorio, y en especial en los químicos, se emplean elementos que ayudan a su funcionamiento, como gases especiales de elevada pureza dado a que los equipos pueden detectar y/o analizar compuestos que se encuentran en una sustancia en concentraciones del orden de partes por millón o partes por billón.

3.7. Cilindros de gases comprimidos o licuados en el laboratorio

En los laboratorios se emplean cilindros de acero que contienen gases comprimidos y/o licuados a presión y con una capacidad volumétrica de 1 a 140 l. Los mismos se cargan a alta o baja presión según el tipo y uso del gas a manipular. Para más detalles, ver en *Anexo A: "Manejo de cilindros de gases especiales envasados y reductores de presión"*.

Las situaciones de riesgo características del empleo de gases a presión, disueltos o licuados son:

- Caída del cilindro.
- Intoxicación en caso de fuga de un gas tóxico, irritante o corrosivo, o de la instalación.
- Fuga de un gas explosivo.
- Incendio a la salida de un cilindro que contiene un gas inflamable.

Las medidas de prevención en el manejo y mantenimiento de los cilindros son:

- Mantener los cilindros fijos, sujetándolos con una agarradera (o cepo) a un soporte fijo.

- Realizar una inspección de rutina: antes de cargar el cilindro nuevamente.
- Realizar una inspección periódica y obligatoria, cualquiera sea su estado o haya sido su uso. El objetivo de una inspección rutinaria o periódica es verificar que los requerimientos de uso de los cilindros hayan sido cumplimentados, de forma que el cilindro pueda ser llenado o puesto en servicio nuevamente por un periodo de tiempo según lo establece la normativa correspondiente.

3.8. Compresores

Son equipos de amplio uso en los laboratorios cuando no se tiene un sistema centralizado de aire comprimido. Por lo tanto, se le debe prestar la atención que corresponde en función de los servicios que genera.

Hay dos aspectos que se deben cuidar:

1. Ensamblado y ubicación: en especial la ubicación porque es un equipo que produce ruido y vibraciones, y llega a molestar a los integrantes del laboratorio y al medio circundante.

2. Mantenimiento: debe ser hecho con una regularidad programada documentando los controles realizados, la fecha en la que se efectuó el mismo y los resultados obtenidos del control, quién fue el responsable de las tareas.

Las medidas de prevención serán:

- Realizar el ensamble correctamente de acuerdo a indicaciones del fabricante.
- Mantenimiento programado, donde se deberán controlar el funcionamiento de los manómetros purgadores y dispositivos (que deberán limpiarse interiormente), válvulas de seguridad, filtros y el estado del mismo.

4. Cabinas de seguridad

4.1. Cabinas con campana para laboratorio

En las figuras siguientes podemos observar tres modelos de cabinas empleadas generalmente en los laboratorios químicos. En la *Figura 21* se pueden apreciar las corrientes de aire en la cabina típica cuando trabaja con la puerta o bastidor cerrado y cuando la misma está abierta. Este tipo de cabina funciona con el aire del laboratorio que ingresa por la parte inferior de la puerta. A mayor cierre, mayor velocidad de entrada de aire en la en la cara de la campana, ello favorece la eliminación rápida de compuestos indeseables.

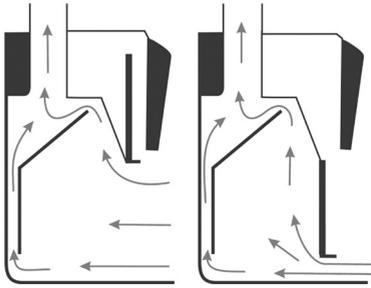


Figura 21

En la *Figura 22* tenemos una cabina con derivación que permite, aun con la puerta cerrada, una distribución de la corriente entrante. La derivación permite minimizar las fluctuaciones de la velocidad del aire en la puerta cuando se eleva o baja la misma. Se usa cuando es necesario que la velocidad no alcance valores elevados en detrimento de las determinaciones a realizar.

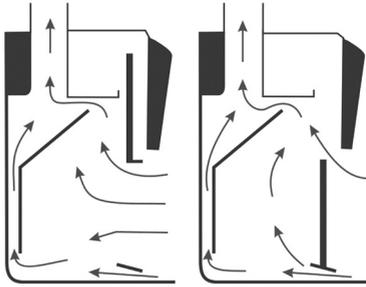


Figura 22

En la *Figura 23* tenemos una cabina que permite introducir aire externo por la parte superior de la misma, limitando así el porcentaje de aire extraído del interior del laboratorio. Pero cuando hay temperaturas extremas exteriormente se debe atemperar el aire ingresado para no influir en el sistema de extracción.

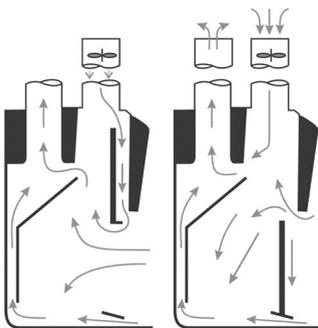


Figura 23

Son equipos claves en el control ambiental de los laboratorios químicos. Se eligen en función de las características de los productos que se manipulen y de las operaciones que se realicen en ellas.

La ubicación en el espacio físico (ver *Figura 27*) del laboratorio es lo más importante para garantizar su eficacia. La misma está en función de la ventilación general y de las condiciones medioambientales de la zona donde está ubicado el laboratorio. Una mala ubicación redundará en un funcionamiento defectuoso y generará riesgos difíciles de controlar (en la *Figura 24* se muestra la ubicación más efectiva en función de las corrientes de aire predominantes; y además se puede observar las corrientes que se producen por una mala posición del operador).

Los riesgos que genera una mala ubicación son:

- Malos olores.
- Inhalación de sustancias tóxicas (como polvos, aerosoles gases y vapores) y/o corrosivas.
- Inhalación de bioaerosoles.
- Incendio y/o explosiones.
- Derrames y salpicaduras.
- Pérdida del confort por calor, vapores y tóxicos.

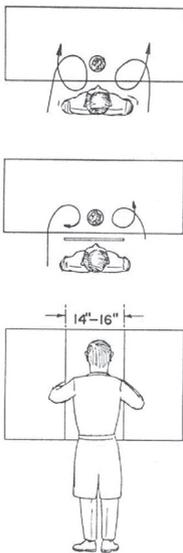


Figura 24: Posiciones que debe adoptar el operador para evitar ser alcanzado por las corrientes laterales

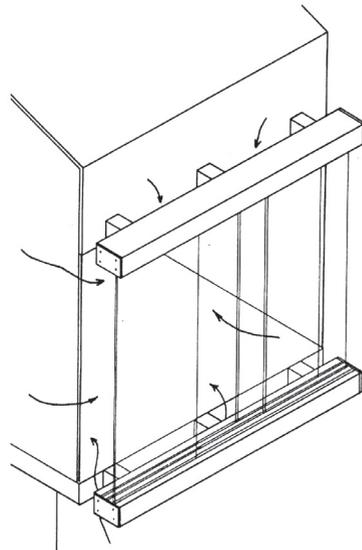


Figura 25: Cierre frontal de una cabina con tres paneles deslizables, uno de ellos fijo. Esto permite proteger al operario

4.2. Cabinas de Seguridad Biológica (CSB)

Este tipo de cabinas se emplean en laboratorios bioquímicos y/o biológicos de investigación que realizan análisis con materiales peligrosos, con el objetivo de preservar las muestras que se están procesando, y proteger al operador en particular.

¿Cómo se eligen las cabinas?

Existen dos criterios generales para la elección de la cabina, ellos son:

1. ¿Qué riesgos presenta el material a manipular?
2. ¿Qué grado de protección existe para evitar la contaminación del medio ambiente?

Estas cabinas se clasifican en tres tipos: Clase I, Clase II y Clase III. Veamos algunas características de los distintos tipos.

4.2.1. Cabinas de Seguridad Biológica Clase I

Su funcionamiento es similar a las cabinas o vitrinas con campana para humos. Trabajan a presión negativa y con la abertura frontal abierta, por lo tanto nos referiremos a las campanas ya vistas. Así, para la Cabina de Seguridad Biológica Clase I, ver *Figura 21*.

4.2.2. Cabinas de Seguridad Biológica Clase II

Están diseñadas para proteger al operario que manipula materiales, además de proteger de la contaminación externa al material.

Al operario se lo protege en su área de trabajo, por la creación de una cortina o barrera de aire estéril previamente filtrado (flujo laminar vertical) proveniente del local externo a la cabina. Para lograr aire estéril se lo pasa del medio ambiente a través de filtros HEPA de no menor a 0,3 μm .

En las CSB Clase II existe una subdivisión más, es decir: tipo A y tipo B, que difieren entre ellas en el volumen de aire recirculado y en la velocidad del aire de entrada o frontal.

En las Tipo A: aproximadamente un 70% del volumen total de aire es recirculado sobre el área de trabajo, mientras que el 30% restante es extraído. La velocidad de aire que entra por la puerta debe ser como mínimo de 0,4 m/seg, para una apertura de alrededor de 20 cm. El uso de este tipo es desaconsejable con compuestos inflamables y/o explosivos por el elevado porcentaje de aire (70%) recirculado.

En las Tipo B: aproximadamente un 30% del volumen total de aire es recirculado sobre el área de trabajo, mientras que el 70% restante es extraído. La velocidad de aire es de 0,5 m/seg, para una apertura de alrededor de 20 cm. En este caso podemos ver la *Figura 22*.

Nota: ninguno de los tipos, A o B, previene de las exposiciones por contacto con los materiales peligrosos manipulados.

4.2.3. Cabinas de Seguridad Biológica Clase III

Son distintas de las vitrinas Clase I y Clase II, tipos A o B, dado que es una cabina cerrada y totalmente hermética y ventilada, impermeable a los gases y mantenida bajo presión negativa. De esta forma el operador tiene la mayor seguridad y sólo manipula o procesa. La cámara recibe aire que penetra a través de un filtro HEPA y se evacúa el aire a través de dos filtros HEPA colocados en serie con el filtro de entrada. Las muestras se manipulan con guantes de goma largos que cubren el brazo, por lo tanto *no hay contaminación por contacto*. Se emplean para compuestos del grupo N° 4 de riesgo, como ser agentes biológicos que son causa de enfermedades humanas graves y que constituyen un serio riesgo para los operarios. Además de que puede existir el riesgo que se propague a la comunidad y en la que no se suele disponer de profilaxis y tratamientos efectivos.

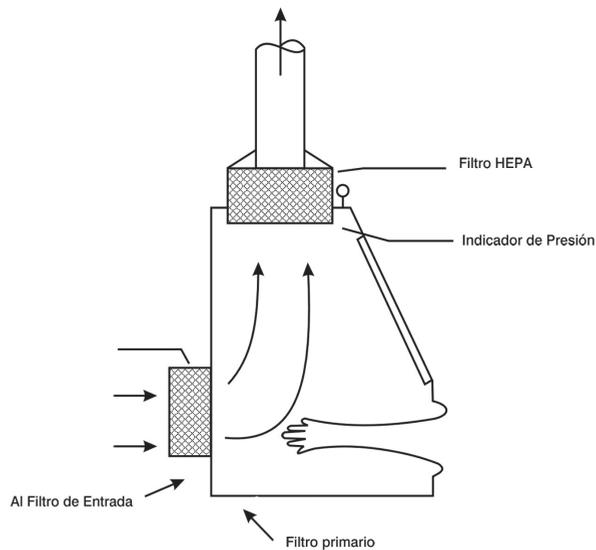


Figura 26: Cabina de Seguridad Biológica Clase III

4.2.4. Riesgos y prevenciones para cabinas CSB

Los riesgos de las tres clases son similares y los podemos dividir en:

- Roturas, cortes con material de vidrio, salpicaduras, pinchazos con agujas inhalación de vapores y contacto en las Clases I y II.
- Roturas, cortes con material de vidrio, pinchazos con agujas, contacto eléctrico directo o indirecto con equipos de laboratorio ubicados en el interior de las vitrinas.
- Quemaduras en las esterilizaciones de material (asas de siembra).
- Rotura de botellas o recipientes con compuestos sobre el plano de trabajo.

Las prevenciones a tomar en función de los riesgos enunciados son:

- Distribuir todo el material dentro de la cabina antes de empezar a trabajar.
- Limpiar cuidadosamente el material a emplear para que no tenga partículas.
- Emplear tubos con tapones a rosca en lugar de tapones de algodón ya que los mismos pueden desprender fibras.
 - Emplear microincineradores para esterilizar asas de siembra microbiológicas.
 - No emplear la cabina como depósitos de drogas y equipos de laboratorio.
 - No introducir en la zona de trabajo materiales que desprendan partículas, como papel cartón, lápices o gomas de borrar.
 - No comer ni beber líquidos (tomar mate) en la zona de trabajo.
 - Proteger al operario con elementos adecuados cuando trabaja con material demasiado riesgoso.
 - Controlar periódicamente y en forma programada el funcionamiento de los impulsores de aire.
 - Controlar la eficiencia de los filtros HEPA para no generar episodios de contaminación al operador o al medio ambiente.
 - Asegurarse que el operador conozca las normas de seguridad biológica mínimas.
 - Es aconsejable antes de iniciar el trabajo desinfectar la zona de operación con soluciones bactericidas de elevado poder esterilizante.
 - Para cada cabina es importante llevar una ficha de mantenimiento y control programado, y tenerla en un lugar bien visible.

Las prevenciones a tomar en función de los riesgos son:

- Ubicar la vitrina o cabina de tal forma que no sufra el efecto de corrientes tangenciales a las puertas de la misma.
 - Ubicar los controles de servicio fuera del recinto de trabajo de la vitrina.
 - Si hay dos vitrinas enfrentadas, la distancia entre ellas no debe ser menor a 3 m.
 - La distancia entre el frente de la vitrina y una puerta perpendicular no debe ser menor a 1,5 m.
 - La distancia entre el frente de la vitrina y una pared opuesta, no deberá ser menor a 3 m.
 - La vitrina debe poseer buena visión de las tareas que en ella se efectúan, por ello debe tener:
 - Frente con costados vidriados y transparentes.
 - Debe poseer un sistema de iluminación adecuado.
 - El plano de trabajo debe tener una profundidad de 70 cm y una altura de 90 cm (todas estas medidas son estimativas).
 - Si posee un sistema de extracción, los conductos deben tener un diámetro interno apropiado y las posibles curvaturas deben ser moderadas y no en ángulo recto.
 - Si posee un sistema mecánico de extracción, *nunca* trabajar con las puertas cerradas ya que se puede producir una implosión, con consecuencias indeseadas.

- Se debe determinar el caudal (Q) a trabajar en función de los compuestos que se están usando (ver *Tabla 7, pág. 104*), empleando un termoanemómetro para medir la velocidad de entrada del aire. Variando la abertura de la puerta podemos calcular el caudal (Q).

- Si el operario está realizando operaciones que produzcan salpicaduras, emplear protectores faciales o máscaras, sobre todo si trabaja con compuestos tóxicos.

El sistema de cerramiento de la vitrina es importante. Éste puede ser tipo guillotina o corredizo como el de la *Figura 25*, siendo el central fijo. Ello permite al operario, a la vez de poder observar lo que está haciendo, trabajar con protección al evitar corrientes que pueden incidir en el trabajo.

4.3. Ubicación de las cabinas de extracción

La ubicación de las cabinas de extracción es muy importante para un adecuado y eficaz funcionamiento. De hecho, se aconseja que deben estar alejadas de puertas, ventanas y salidas de ventilación general forzada; es decir, de las corrientes de aire que se puedan generar a partir de las mencionadas aberturas. De acuerdo con la *Figura 27*, la mejor ubicación es la posición 1, la ubicación 2 es regular y la posición 3 es mala:

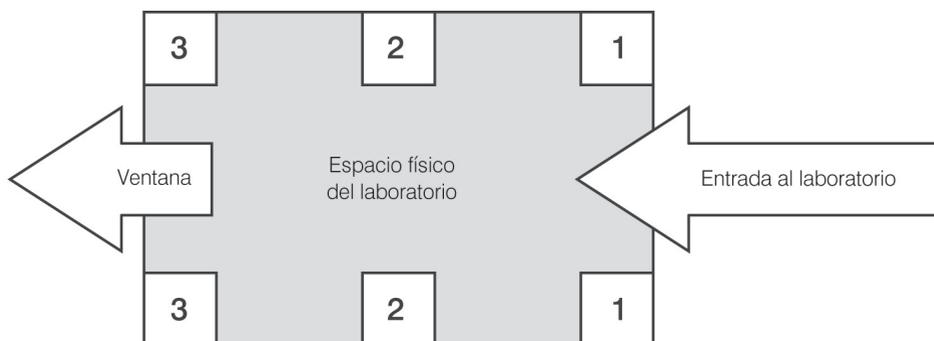


Figura 27: Ubicación adecuada de las campanas de CSB

Nota: Las mismas consideraciones podemos adoptar para las cabinas con campana para aerosoles, polvos, vapores, etc., ya vistas.

5. Equipos específicos de separación y/o análisis

En función del tipo de laboratorio (analítico, investigación, etc.), sólo veremos dos de ellos por su importante uso en los laboratorios de investigación y/o docencia, como los cromatógrafos, absorción atómica y electroforesis.

5.1. Cromatógrafos

Los cromatógrafos en general, tanto los de gas-líquido, como los de líquido-líquido son equipos muy usados para realizar separaciones cualitativas y cuantitativas. Hasta hace algunos años atrás se los consideraba como equipos específicos de tecnología compleja, pero ahora se los puede ver en muchos laboratorios, por lo tanto se los indica como equipos básicos en que realizan trabajos analíticos y de investigación.

5.1.1. Cromatógrafo gas-líquido

Si bien presta mucha ayuda en los laboratorios, presenta algunos problemas de seguridad por su diseño de funcionamiento; ellos son:

- Quemaduras leves por las temperaturas relativamente altas (por ejemplo, inyector a 180 °C, horno a 120 °C y detectores entre 250-300 °C).
- Aumento del nivel de contaminación cuando los detectores son “no destructivos” (*conductividad térmica*).
- Disminución del confort por el calor desprendido por el equipo en general.
- Pinchazos con las agujas de las jeringas (en un laboratorio bioquímico o biológico, puede representar el inicio de una enfermedad).
- Contactos directos y/o indirectos con zonas electrizadas.
- Fugas de gases inflamables (hidrógeno).

Las medidas de prevención a tomar son:

- Disponer de sistemas de ventilación para disipar el calor producido por los distintos elementos del equipo.
- Emplear guantes resistentes al calor cuando se deben manipular elementos calientes.
- Conectar al exterior la salida de detectores “no destructivos” y la salida del divisor de flujos del inyector de capilares, para evacuar los gases de arrastre (hidrógeno) y residuos de compuestos separados.
- Realizar un adecuado y programado mantenimiento del equipo.

Nota: Las prevenciones enunciadas precedentemente son extensivas a los equipos de espectrometría de masas, tanto si utilizan la cromatografía como fase previa o no.

5.1.2. Cromatógrafo líquido-líquido

También llamado cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC). La misma se aplica cuando determinados compuestos se degradan al querer separarlos por cromatografía gas-líquido, entonces se usa la cromatografía líquido-líquido ya que trabaja en menores temperaturas, obviamente limitada por el punto de ebullición y el punto de congelación. Esto nos indica que es una técnica viable para separación (por ejemplo proteínas de nucleósidos) porque no pueden soportar temperaturas elevadas porque se volatilizan.

Los riesgos relacionados con la técnica son:

- Sufrir derrames o contactos dérmicos en la preparación de los eluyentes.
- Problemas de contaminación ambiental si se emplean eluyentes volátiles.

Las medidas de prevención de acuerdo con los riesgos son:

- Manipular los eluyentes adecuadamente empleando guantes si existe posibilidad de contacto dérmico durante las operaciones de trasvase.
- Disponer de una buena ventilación general.
- Emplear material de vidrio resistente en el tratamiento previo del eluyente, en especial en las operaciones al vacío.

5.2. Absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica complementaria importante en los trabajos de investigación, pues permite estudiar la absorción por parte de las especies atómicas en contraste con la que se presenta con las moléculas, en ambos casos, al estado gaseoso. La conversión de los elementos en solución al estado de vapor disociado normalmente se produce por aporte de energía calorífica a través de una llama (una modalidad es reemplazar la llama por un dispositivo eléctrico en el calentamiento) u horno de grafito. En concreto, es un equipo que en cualquiera de sus modalidades de quemado tiene sus riesgos en el uso, dado que trabaja con mezclas combustibles inflamables al estado gaseoso y con fuentes ignífugas, pudiendo producir explosiones, quemaduras e intoxicaciones.

La ciencia de la espectroscopía ha generado tres técnicas de uso analítico: emisión, absorción y fluorescencia. Pero la que más se usa en general es la espectroscopia por "absorción atómica".

Los riesgos relacionados con su funcionamiento son:

- Quemaduras químicas producidas en el tratamiento previo de las muestras (digestión) por el uso de ácidos fuertes concentrados.
- Quemaduras térmicas al manipular la llama u horno de grafito.
- *Shock* eléctrico al emplear un sistema eléctrico en reemplazo de la llama.
- Fugas de gases, como acetileno y otros.
- Posible generación de hidrógeno cuando se utiliza el sistema de generación de hidruros.
- Radiaciones ultravioleta (UV).
- Pérdida del confort por las temperaturas y generación de vapores.

En función de los riesgos enunciados, las medidas de prevención a tomar son:

- Realizar las digestiones bajo campana.
- Utilizar gafas, guantes, y equipos de protección adecuados.
- Instalar un sistema de extracción localizada sobre la llama u horno de grafito.
- Tener un buen sistema de ventilación general cuando se trabaja con el sistema de generación de hidruros.

- Tomar todas las precauciones aconsejadas (por el fabricante o de bibliografía cuando se trabaja con acetileno).
- No mirar a la llama ni a las fuentes de emisión (lámparas).
- Realizar un control frecuente y programado de funcionamiento del equipo en todas sus partes.

5.3. Electroforesis

La electroforesis es una técnica más de separación en la que las sustancias a analizar se separan en función de su diferente movilidad, en sentido y velocidad, bajo la acción de un campo eléctrico. Tiene aplicación en especial en la química inorgánica para la separación de aniones y cationes; además se la aplica para el estudio de aminoácidos, péptidos, proteínas, ácidos nucleicos. Pero al estar presente la energía eléctrica se deben tomar medidas de prevención para evitar problemas de contactos directos y/o indirectos.

El riesgo más importante relacionado con esta técnica en especial en la que se trabaja a alto voltaje es:

- *Shock* eléctrico.

Las medidas de prevención a tomar en función del riesgo son:

- Controlar la toma a tierra.
- Efectuar un control frecuente y programado del equipo.
- Dispositivos de seguridad duplicados.
- Utilizar en los laboratorios unidades de bajo voltaje: 100 a 500 volt.
- Las instalaciones deben ser realizadas por personal calificado y con conocimientos de seguridad.

6. Instalaciones de radiaciones ionizantes

El riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en los laboratorios puede originarse en equipos especiales como "Espectrometría de Emisión y Fluorescencia por rayos X". La utilización de fuentes radiactivas está perfectamente establecida en la Ley 19.587 de "Higiene y Seguridad en el Trabajo" en el artículo N° 62, capítulo 10, en el ítem N° 2. La misma establece que la Comisión de Energía Atómica es la autoridad de aplicación de la ley en el uso o aplicación de materiales radiactivos y materiales nucleares.

Los riesgos se pueden resumir en:

- Irradiación: no hay contacto directo con la fuente, puede ser interna o externa.
- Contaminación: hay contacto directo con la fuente, la cual puede estar depositada sobre una superficie o bien dispersa en el ambiente; el riesgo puede ser por inhalación, ingestión o contacto con la piel.

El control de los riesgos, en consecuencia, está en relación con el tipo de riesgo:

Instalación

- Señalizar el área y efectuar control de acceso.
- Realizar dosimetría individual y del ambiente.
- Observar los límites de dosis (en lo posible los últimos establecidos por los organismos competentes).
- Vigilancia médica.
- Disponer de un plan de emergencia y evacuación.

Irradiación

- Distancia a la fuente. La dosis disminuye con la distancia.
- Tiempo. A menor tiempo, menor exposición.
- Protección estructural y de los equipos. Blindaje y empleo de equipos homologados.

Nota: Generalmente a los equipos de laboratorio se los diseña y fabrica con la fuente radioactiva sellada. Por lo tanto, nunca se debe abrir el recinto donde se encuentra la misma.

Ahora veremos un elemento importantísimo y complementario de los equipos vistos y de otras tareas que se realizan en cualquier laboratorio en general.

7. Material de vidrio empleado en los laboratorios

El vidrio es uno de los elementos de laboratorio más utilizado que nos brinda posibilidades de trabajo, pero debemos tener en claro que no todas son bondades, tiene sus limitaciones y la principal es la fragilidad; por lo tanto se debe tener especial cuidado en su uso para no tener problemas de accidentes por cortaduras.

Definir el término "vidrio" no es fácil, pero podemos decir que se obtiene por fusiones de compuestos inorgánicos y su enfriamiento es de forma tal que no implica una cristalización.

El vidrio es un compuesto que carece de estructura interna regular, que es rígido a temperatura ambiente y blando, casi fluido a elevadas temperaturas, pero no tiene un punto de fusión definido general porque depende de la composición de los mismos. De ahí que se elige de acuerdo con su composición para su uso en laboratorios.

7.1. Clasificación de los vidrios

Prácticamente todos los vidrios que se emplean en los laboratorios están compuestos por sílice en mayor proporción. La estructura tetraédrica de la sílice tiene cuatro átomos de oxígeno y un átomo de silicio. Los átomos de oxígeno están compartidos con los átomos de silicio vecinos y unidos a los mismos. Se pueden clasificar dentro de las siguientes clases:

| | | |
|------------------|-------------|------------------|
| Tipos de Vidrios | Blandos | Soda-cal |
| | | Plomo-álcalis |
| | Duros | Borosilicatos |
| | | Aluminosilicatos |
| | Extra-duros | Sílice al 90% |
| | | Sílice fundida |

Hay no menos de tres tipos de vidrios para usos variados y con propiedades distintas. Por lo tanto los cuidados serán específicos según sean blandos, duros o extra-duros.

De los grupos del cuadro precedente, los más empleados en el laboratorio son los duros. Éstos se usan para trabajos específicos dado que soportan los cambios bruscos de temperatura. Pero para almacenar compuestos se usan los vidrios del tipo blando. Si el compuesto a contener puede sufrir descomposición por efectos fotoquímicos, de gran peligrosidad en muchos casos, a los componentes de vidrios blandos se les agregan componentes que contengan óxidos de cerio y de titanio en una proporción de $\text{CeO}_2/\text{TiO}_2 = 2:1$ para así neutralizar la luz ultravioleta.

7.2. Propiedades

Las principales ventajas son:

- Es resistente a casi todos los compuestos químicos a excepción del ácido fluorhídrico y fluoruros.
- Es poco afectado por las temperaturas normales del laboratorio si se lo emplea de acuerdo a su composición.
- Es un material transparente que nos permite observar el contenido en los distintos recipientes.
- Es moldeable en caliente por lo que permite realizar distintos diseños de acuerdo a necesidades de trabajo.
- Es manuable, dado que permite armar estructuras con facilidad.

Pero adolece de desventajas como:

- Fragilidad mecánica.
- Fragilidad térmica.
- *Shock* térmico a diferentes temperaturas (frío, calor por contacto directo).

Los riesgos en el manejo del material de vidrio, de acuerdo a sus desventajas son varios. Los principales son:

- Cortes o heridas por rotura debido a su fragilidad mecánica ó térmica.
- Cortes o heridas debido a la falta de precauciones al abrir botellas o extraer tapones esmerilados pegados o llaves de paso atascadas.

- Explosiones o implosiones e incendio al someter a equipos a presiones superiores a la normal o a presión reducida, respectivamente.
- Cortes o heridas cuando se intenta destrabar tapones esmerilados o querer introducir tubos de vidrio en tapones sin haber lubricado previamente el tubo y el tapón.

Las prevenciones en el manejo de material de vidrio son:

- Revisar las piezas de vidrio antes de utilizarlas, desechando aquellas que no son confiables.
- No calentar directamente el vidrio a la llama. En los procesos que se realizan en el laboratorio interponer material difusor entre la llama y el vidrio (por ejemplo, rejillas metálicas).
- Introducir lentamente los recipientes que contengan sustancias calientes o frías en baños fríos o calientes, respectivamente.
- Si se emplea aire comprimido para secar material de vidrio, hacerlo a baja presión y con el recipiente abierto.
- Evitar que los tapones queden atascados empleando cinta de teflón (resistente a temperaturas elevadas y a compuestos químicos).
- Cuando se debe ensamblar piezas para armar un equipo (por ejemplo, equipos de destilación en cualquiera de sus tipos o equipos de extracción), hay que seguir una metodología de trabajo: 1) iniciar siempre el montaje desde abajo hacia arriba, 2) observar la estructura de frente y de perfil, y 3) si el equipo está alineado en ambas direcciones, iniciar el ajuste de abrazaderas, pero con sumo cuidado para que no se agriete en las zonas de contacto de vidrio y metal.

7.3. Limpieza del material de vidrio

El proceso de limpiar el material de vidrio usado es una práctica muy común en los laboratorios. Generalmente, este material se limpia con una solución de un buen detergente, seguido de un enjuague con agua de grifo y finalmente con agua destilada. Para facilitar la limpieza se dispone de cepillos de distintos tamaños y formas, de acuerdo con el material a limpiar. Si en las paredes del material lavado quedan gotas de agua, es indicio que no está completamente limpio, por lo que es recomendable el empleo de soluciones limpiadoras como las enunciadas más adelante. Generalmente estas tareas son realizadas por personas que desconocen la peligrosidad de determinados compuestos al tomar contacto con agua y la forma de realizar la operación en forma adecuada a los fines de no sufrir un accidente o una enfermedad como dermatitis, quemaduras cutáneas u oculares.

Frente a estos riesgos las medidas de prevención más adecuadas son:

- Formar e informar al personal encargado de la limpieza los métodos a seguir para una eficaz limpieza, así como las precauciones a tener en cuenta cuando emplea, por ejemplo, soluciones limpiadoras como sulfocrómica o hidróxido de potasio en metanol (conocida como “potasa alcohólica”).

- Ventilar el lugar de limpieza en forma adecuada, por ventilación general forzada.
- Proveer de los elementos necesarios y suficientes (para protección personal, como guantes, delantales adecuados y soluciones limpiadoras). Asegurarse de que el personal de limpieza use los elementos de protección personal.
- Una prevención adecuada consiste en enjuagar previamente los elementos por parte del laboratorista, antes de dejarlos, para ser limpiados por las personas encargadas de la limpieza. Es una medida que ayuda a prevenir accidentes en el laboratorio.

Nota: Desde el punto de vista de la recontaminación y limpieza de material de vidrio y recipientes, un método muy eficaz consiste en lavar cuidadosamente con agua destilada, llenar el recipiente con una solución de ácido perclórico al 2,5%, dejar en contacto por 24 horas, lavar y repetir dos veces más (72 horas en total), por último, lavar cuidadosamente con agua destilada.

Precaución: si son recipientes de plástico, no ponerlos en contacto con ácido perclórico concentrado.

7.3.1. ¿Cómo preparar la mezcla sulfocrómica o crómica?

Mezclar volúmenes iguales de ácido sulfúrico comercial y solución acuosa de dicromato potásico al 10%.

Cuidados a observar en su empleo. Es un preparado tóxico, corrosivo y peligroso para el medio ambiente. Se lo emplea generalmente para destruir materia orgánica, se la debe usar cuando no hay otra alternativa. Tener en cuenta que dicromato de potasio está clasificado como cancerígeno y puede producir el mismo por inhalación, y alteraciones genéticas hereditarias, además puede producir quemaduras graves y puede causar sensibilización de la piel.

7.3.2. ¿Cómo preparar la solución alcohólica de hidróxido de sodio o potasio?

La misma se prepara al 1 o 2% (P/V) NaOH o KOH en etanol.

Es una solución desengrasante para limpieza de buretas. Es necesario remarcar que después se debe enjuagar con abundante agua.

8. Reacciones peligrosas

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 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 catalogadas como peligrosas, pueden volverse incontrolables en determinadas condiciones y producir accidentes con costos variados.

Los tipos de reacciones consideradas peligrosas se pueden agrupar de la forma siguiente:

- Compuestos que reaccionan violentamente con el agua.
- Compuestos que reaccionan violentamente con el aire.
- Compuestos que reaccionan por incompatibilidad.
- Compuestos que reaccionan peligrosamente con los ácidos.
- Formación de peróxidos.
- Reacciones de polimerización.
- Reacciones de descomposición.

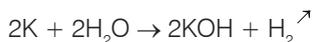
8.1. Compuestos que reaccionan violentamente con el agua

En los laboratorios, y en particular los de carácter químico, hay reacciones que son peligrosas y pueden volverse riesgosas cuando las condiciones de trabajo no son las adecuadas, así nos encontraremos con reacciones inorgánicas y orgánicas peligrosas.

Veamos algunos ejemplos de cada una de estas reacciones y el porqué de su peligrosidad. Dado que son muchos los ejemplos, podemos tratarlos por grupos de acuerdo a la tabla periódica y en especial a las reacciones en presencia de agua, que es un compuesto fundamental para el desarrollo de la vida pues se encuentra en un porcentaje alto en los seres vivos, además de ser el solvente universal y más barato. El agua, por definición, para el consumo humano debe ser inocua, pero frente a determinados compuestos puede reaccionar en forma exotérmica y violenta. Además, el agua, aparte de su importancia en la vida de los seres vivos (reino animal y reino vegetal), participa en muchos aspectos de los procesos de fabricación, como agua de refrigeración, agua para calderas, agua para la fabricación y, finalmente, forma parte en los sistemas de lucha contra incendios. Considerando lo expuesto más arriba, veamos qué ocurre con el agua frente a distintos elementos.

8.1.1. Metales alcalinos Grupo A1

A los elementos de este grupo los encontramos al estado sólido. En contacto con el agua descomponen a la misma uniéndose con el grupo OH y liberando H₂, como por ejemplo ocurre con el potasio:



El calor de reacción es suficiente para inflamar el H₂.

El potasio también reacciona con el O₂ del aire formando K₂O₂, que es un producto que reacciona con el agua. Por lo tanto, una atmósfera rica en O₂ aumenta la peligrosidad del potasio en presencia del agua.

En forma muy similar reacciona el sodio, que es otro de los compuestos alcalinos. Los otros tres de los cinco son: litio, rubidio y cesio. Este último, frente al agua, se descompone a muy baja temperatura ($-116\text{ }^{\circ}\text{C}$), y se inflama fácilmente con el hidrógeno liberado.

8.1.2. Metales alcalinos térreos Grupo A2

Los elementos de este grupo son calcio, magnesio, bario y estroncio. También reaccionan con el agua pero con menor fuerza (o vigorosidad), generando los correspondientes hidróxidos y liberando hidrógeno.

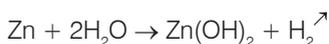
La reactividad es función del peso atómico (a mayor peso atómico, más vigorosa es la reacción, pero se diferencia del grupo de los alcalinos en que el calor de reacción no es suficiente para iniciar la combustión del gas liberado).



El magnesio, si está finamente subdividido, puede explotar por el efecto de un golpe.

8.1.3. Grupo B2

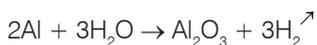
Este grupo está conformado por zinc, cadmio y mercurio. De ellos encontramos que el zinc, finamente dividido y en presencia de vapor de agua, desprende hidrógeno que puede explotar por el calor de reacción.



Por otra parte, el zinc, finamente dividido y en presencia de oxígeno, genera calor suficiente para mantener el polvo del metal en forma incandescente.

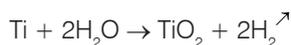
8.1.4. Grupo B3

De estos compuestos, dos de ellos, boro y aluminio en estado subdividido, descomponen el agua generando hidrógeno por acción del calor de reacción.



8.1.5. Grupo B4

De los metales de este grupo, titanio, circonio y hafnio, el titanio finamente subdividido, y en condiciones térmicas altas, reaccionan en forma exotérmica con el agua liberando hidrógeno que se inflama en presencia de un foco de ignición.



El titanio, a una temperatura de 700 °C, descompone el agua al estado de vapor autoinflamándose los otros dos metales al estado subdividido; con porcentajes de agua del orden del 5 al 10%. Es difícil que se inflamen en estado seco, pero, si llegan a inflamarse, arden en forma explosiva proyectando partículas en combustión.

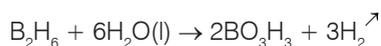
En polvo estos dos metales deben tener un grado de humedad del orden de 25% para manipularlos con seguridad.

8.1.6. Grupo IIIA

A este grupo pertenecen el boro, aluminio, galio, indio y talio.

De estos elementos veremos el boro y sus compuestos por ser los mismos más riesgosos por ejemplo sus hidruros.

Hidruros de boro: Boranos:



8.1.7. Grupo IIIB

Los metales que conforman el grupo son: escandio e ltrio. Los dos metales son de color plateado. En la naturaleza generalmente se los encuentran asociados con los *lantánidos* (mal denominados "tierras raras", porque son sus óxidos). Son metales muy reactivos.

El escandio es muy reactivo, y dado que es escaso tiene un elevado costo, de ahí que se lo emplea muy poco tanto el metal como sus compuestos.

El ltrio es estable en aire a temperatura menor a los 400 °C.

Además de las reacciones vistas de los elementos, solos frente al agua, podemos ver lo que ocurre con determinadas aleaciones en presencia de la misma. Así, por ejemplo, las amalgamas del cerio con bismuto, si se encuentran subdivididos, ambos generan hidrógeno que reacciona por efecto del calor de reacción.



8.1.8. Grupo VB

Este grupo está conformado por fósforo, arsénico, antimonio y bismuto.

Hidruros: la estabilidad de estos gases desciende rápidamente. Así, PH_3 , SbH_3 y BiH_3 son térmicamente muy inestables.

Pentóxido de fósforo: la fórmula molecular es P_5O_{10} . Se obtiene quemando fósforo con un exceso de oxígeno. Es uno de los desecantes más usado ya que es muy ávido de

agua a temperatura menor a 100 °C, formando mezclas de ácidos fosfóricos. Se absorbe por ingestión e inhalación. Sus efectos son irritación del tracto respiratorio. Produce a su vez acidosis, dolores abdominales, náuseas, vómitos, diarreas sanguinolentas, *shock*.

En el laboratorio se emplea en síntesis orgánica. La concentración máxima permisible es de 1 mg/m³. Las medidas preventivas son:

- Ventilación adecuada.
- Gafas protectoras.
- Mascarilla con absorbente químico.

8.1.9. Xilidinas

Sus sinónimos son seis isómeros en posiciones 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 3,4 y 3,5 aminodimetilbenceno; dimetilfenilamina o m,p,Xilidina y Dimetilanilina.

Puede contaminar en una síntesis orgánica, fabricación de vainillina, disolventes y tintes.

La concentración máxima permitida es de 0,5 ppm. Se absorbe por inhalación y vía cutánea. Los síntomas son debilidad, dolor de cabeza, cianosis, vértigo, disnea, aumento de pulso y respiración, llegando a convulsiones.

Las medidas de prevención son:

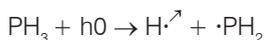
- Ventilación intensa del área de trabajo.
- Uso de mascarillas con corriente de aire.
- Acentuar la limpieza del área de trabajo y la personal.
- Vigilancia rutinaria de labios, lengua y uñas por problema de cianosis.
- Excluir a los individuos con problemas cardiopulmonares y/o anemia.

8.2. Compuestos que pueden reaccionar violentamente con el aire

En este grupo encontramos compuestos que se inflaman espontáneamente con el oxígeno del aire a distintas temperaturas.

8.2.1. Fosfina (PH₃)

Es un gas incoloro muy venenoso, de olor desagradable. Las fosfinas son agentes reductores fuertes y en el caso de la fosfina propiamente dicha, se inflama con el aire a temperatura baja. Es ligeramente soluble en agua.



Se usa muy poco en la industria y la exposición puede ser accidental, cuando el ácido o el agua se ponen en contacto con fosfuros metálicos (fosfuro de calcio, fosfuro de aluminio), la fosfina en presencia de difosfina se inflama espontáneamente, pero la fosfina pura, no.

hu

8.2.2. Arsina (AsH₃)

Es un gas incoloro, olor aliáceo, concentración máxima permisible en el aire de 0,05 ppm y se descompone fácilmente por arriba de 250 °C.

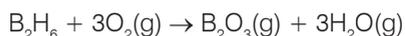
Las arsinas, una vez inhaladas en el aparato respiratorio, se hidrolizan. Los halógenos que contienen producen irritación de las mucosas, causando disnea y edema pulmonar. A su vez el arsénico actúa como cáustico; absorbido pasa a la sangre y se fija en el hígado y riñón causando los efectos propios del arsénico.

Las medidas preventivas son:

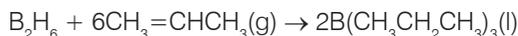
- Ventilación adecuada del área de trabajo.
- Empleo de gafas protectoras.
- Usar máscaras con filtro químico.
- Exámenes periódicos de los operarios.
- Excluir a los operarios con enfermedades de la piel, sangre, hígado, riñones y sistema nervioso central.

8.2.3. Hidruro de boro (B₂H₆)

El diborano (B₂H₆) es, de los compuestos del boro, el más sencillo pero el más peligroso. También llamado boroetano o hexahidruro de diboro, es un gas incoloro de olor nauseabundo, tóxico y sumamente reactivo que se inflama en el aire y explota cuando se mezcla con el oxígeno puro. Esta reacción es extremadamente exotérmica.



El diborano es un reactivo importante en Química Orgánica. El gas reacciona con los hidrocarburos insaturados (los que tienen doble y triple enlace carbono-carbono) para formar alquilborano, por ejemplo, con el propeno dando:



La mayor parte de los hidruros, excepto los de carbono, son compuestos inestables e inflamables.

8.2.4. Nitración

Los nitrocompuestos aromáticos poseen olores fuertes y característicos. La mayoría de ellos son altamente tóxicos.

Se usan en química orgánica como intermediarios en la síntesis de colorantes. También se usan en la obtención de explosivos y en la manufactura de productos farmacéuticos y otros compuestos aromáticos de alto valor comercial.

Nitrobenceno: también conocido como aceite de nirbana, nitrobenzol, tiene un olor característico a almendras amargas. La concentración máxima permitida es de 1 ppm en aire. Penetra a través de la piel y por inhalación produciendo efectos locales y sistémicos en el hombre.

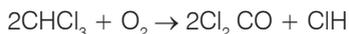
Los efectos locales son: irritación de los ojos, tracto respiratorio y dermatitis.

En los efectos sistémicos hay un período de latencia de 1 a 4 horas antes de que aparezcan los primeros síntomas. El nitrobenceno afecta al sistema nervioso central y produce cefalea, vértigo, vómitos, debilidad generalizada y en algunos casos depresión aguda, pérdida del conocimiento y coma.

Las medidas de prevención personal en función de los riesgos son:

- Usar ropas impermeables para evitar las salpicaduras.
- Usar máscaras de protección con filtros específicos.
- Cambiar la ropa contaminada.
- Cambiar diariamente la ropa y ducharse antes de salir a la calle.
- Excluir a los individuos con problemas de corazón, hígado y pulmón.

Cloruro de carbonilo, gas fosgeno, COCl₂ (Reacción de Schützenberger en 1869): es un gas incoloro con olor a heno recién cortado, extremadamente tóxico, asfixiante e irritante. La concentración máxima permisible en aire es de 0,1 ppm. Se absorbe por inhalación y los efectos son anoxia y edema pulmonar; se obtiene por oxidación de cloroformo al aire y a los rayos del sol; la reacción es:



Se emplea en química orgánica como agente clorante y fue usado como arma química en la primera guerra mundial.

Las medidas de prevención son:

- Ventilación adecuada.
- Gafas protectoras.
- Mascarilla con absorbente químico específico o corriente de aire.
- Excluir a los operarios con problemas pulmonares.

9. Otras reacciones peligrosas en el laboratorio

9.1. Formación de peróxidos

Es el grupo de compuestos inorgánicos que poseen el ión O_2^{-2} . Estos iones no existen en disolución acuosa debido a su rápida hidrólisis a OH^- . El ión O_2^{-2} deriva del peróxido de hidrógeno (H_2O_2), es decir que son compuestos que sufren una evolución rápida. Entre los compuestos que tienen tendencia a peroxidarse podemos nombrar a: éteres, arílicos, diénicos, isopropílicos, vinalacéticos, haloalquenos, ureas.

9.2. Polimerizaciones

Algunos monómeros pueden polimerizarse rápidamente provocando explosiones y rotura de frascos.

La polimerización puede producirse por calentamiento, exposición a la luz o por la presencia de impurezas ácidas o metálicas y también por choques. Algunos ejemplos de compuestos son: acetato de vinilo, acroleína, acrilonitrilo, 1,3butadieno, óxido de etileno, estireno, etcétera.

9.3. Reacciones de descomposición

El almacenamiento de productos inestables entraña la posibilidad de descomposiciones que en determinadas circunstancias, como choques, calentamiento, pueden generar una explosión, por ejemplo: los amiduros o sales de diazonio, el cloruro de aluminio (que va acumulando ácido formado por la absorción de humedad y con el tiempo, al intentar abrir el frasco, puede ocurrir que el mismo se rompa proyectando trozos de vidrio y el compuesto al ambiente y al operador).

Al intentar abrir un recipiente que ha permanecido cerrado por mucho tiempo se deben tomar las precauciones especiales para evitar accidentes desagradables e irreversibles, en especial si el recipiente tiene tapón esmerilado.

Bibliografía

- Butler, I.S.; Arrod, J. and Addison, S.** (1992): *Química inorgánica. Principios y aplicaciones*. Wesley Iberoamericana SA, Delaware, USA.
- Cotton, A.F.; Wilkinson, G.**: *Química Inorgánica Básica*. Noriega Editores, Ediciones Limusa, México DF.
- Escalona García, R.L.; Escalona García, H.** (2000): *Química Inorgánica Descriptiva*. 2da. ed. Ediciones Pearsons-educación, México.
- Leleu, J.** (1995): *Prevention des risques dans le laboratoire*. Cahiers de notes documentaires, N° 160, Paris.
- Meyer, E.T.** (1977): *Chemistry of hazardous materials*. Hall, Inc Englewood Cliffs, New Jersey.
- Norman, R.O.C.; Fric, M. and Washington D.J.** (1980): *Preparación y purificación de compuestos orgánicos*. ARCS Dic. PhD. Compañía Editorial Continental SA, México.
- Picot, A.; Grenouillet, P.** (1992): *La sécurité en laboratoire de chimie et biochimie*. 2da. ed. Technique et Documentation Lavoisier, Paris.
- Rodier, J.** (1981): *Análisis de las aguas, aguas naturales, residuales y de mar*. Ediciones Omega SA. Barcelona, España.
- Rosell Farrás, M.G.; Guardino Solá, X.**: NTP N° 464 "Operaciones básicas", en *Prevención de riesgo en el laboratorio*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.
- Rosell Farrás, M.G.; Guardino Solá, X.**: NTP N° 433 "Instalaciones, Material de Laboratorio y Equipos", en *Prevención de riesgo en el laboratorio*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.
- Rouessac, F. y Rouessac, A.** (2003): *Métodos y técnicas instrumentales*. Mac Graw Hill, España.
- Simons, J.; Sotty, Ph.** (1991): *Risques biologiques*. CNRS-INRA-INSERM, Paris.
- (1994) *Manual de bioseguridad en laboratorio*, Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- (1999) *Diccionario de química*. Oxford-Complutense, Ediciones Complutense, Madrid.
- Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo* N° 19.587/1972, y decreto reglamentario N° 351/1979.
- (1986) *Enfermedades ocupacionales. Guía para su diagnóstico*. Organización Panamericana de la Salud.

Capítulo 7

Organización de la seguridad integrada en el laboratorio

1. Introducción

El trabajo en el laboratorio, por sus características y el tipo de trabajos que se realizan, presenta una serie de riesgos de origen y consecuencias variadas. En la mayoría de las ocasiones está relacionado con su infraestructura, los productos que se manipulan (compuestos y/o organismos vivos) y las operaciones que con ellos se realizan.

Si hablamos de compuestos hay que tener en cuenta que pueden ser peligrosos para el individuo y la organización del cual forma parte; y si es de organismos el peligro es para el operador.

Si pretendemos organizar la seguridad integrada tenemos que tener en cuenta los criterios de calidad. Podemos decir que si en un laboratorio tenemos organizado un buen sistema de calidad tendremos una política de seguridad adecuada funcionando.

2. Organización

Organizar y gestionar la seguridad de un sistema laboratorio, significará tener un laboratorio seguro con el mínimo de accidentes posibles y enfermedades profesionales. En caso contrario las consecuencias serán disminución de la calidad y aumento de los costos directos e indirectos, además de la preocupación del individuo enfermo y su incidencia en el trabajo y su entorno.

3. Director de laboratorio

Le corresponde al director la responsabilidad en el sistema laboratorio de organizar la prevención, primeros auxilios y la planificación de las emergencias que pudieran plantearse.

Un modelo de gestión de la prevención y teniendo en cuenta la calidad deberíamos definir:

- Política de la prevención.
- Planificación y organización.
- Organización de la prevención.
- Seguimiento de las acciones.
- Revisión de las mismas.

3.1. Política de prevención

Comprende las intenciones generales, criterios y objetivos de la Dirección del laboratorio; así como los criterios y principios en los que se basan sus acciones y respuestas. La prevención de los riesgos laborales, así como la mejora de las condiciones de trabajo, deben constituir su objetivo permanente y fundamental, así como la calidad de los resultados obtenidos.

Para que la prevención sea asumida por todos debe comenzarse por la Dirección, y en lo referente a salud de los trabajadores y sus entornos familiares, realizará una declaración escrita de su política en la que se refleje claramente su actitud en la necesidad de su implantación, además de los objetivos a conseguir:

- Facilitar la imposición de prácticas y normas de seguridad.
- Facilitar su cumplimiento.
- Facilitar la asignación de tareas específicas a los distintos responsables de áreas.

En la redacción de la política deberán expresarse los criterios y principios en los que se basan sus acciones teniendo en cuenta las necesidades de la empresa. Si el laboratorio es parte integrante del sistema industria, las acciones pueden ser:

- Todos los accidentes, incidentes y enfermedades laborales pueden y deben ser evitados.
- Las personas del laboratorio y de otras áreas del sistema constituyen el activo más importante del sistema.
 - La conservación de los recursos humanos y materiales constituyen un elemento fundamental para disminuir los costos.
 - La salud y la seguridad constituyen la responsabilidad de la Dirección, con la misma importancia que la calidad.
 - La línea jerárquica es la responsable de la prevención de accidentes.
 - La seguridad total se extenderá a todos los ámbitos del sistema laboratorio.
 - La mayor parte de los accidentes tienen su origen en deficiencias del sistema de organización y ausencia de sistemas de control de gestión.

Una vez definida la política deberá ser divulgada para conseguir que todos los integrantes, incluidos los responsables, se familiaricen con la misma y la asuman. En su difusión, la Dirección debe dar muestras evidentes de su interés participando activamente y dando ejemplos acerca de que la actitud prevencionista debe prevalecer.

Paralelamente a la difusión, la Dirección debe dar muestras de su interés, obteniendo los recursos específicos necesarios para aplicarlos a la prevención de accidentes.

3.2. Planificación y organización

Por planificación se entiende la descripción del proceso mediante el cual se establecen los objetivos y los métodos para medir y valorar las acciones necesarias.

De acuerdo con lo expresado, la planificación de la gestión de los riesgos deberá responder a la política fijada y, por lo tanto, se necesita de un plan de acción. El mismo debe comprender:

- Diagnóstico de la situación.
- Definición de los objetivos.
- Asignación de recursos.
- Asignación de funciones y responsabilidades.
- Plan de evacuación por emergencia.

3.2.1. Diagnóstico de la situación

En el laboratorio podemos diagnosticar la situación identificando los peligros, valorando los posibles riesgos en los métodos de trabajo y valorando los puestos de trabajo.

3.2.2. Definición de los objetivos

Una vez conocida la situación del laboratorio, corresponde fijar los objetivos que deberán:

- Ser simples y claramente definidos.
- Fijar plazos para su ejecución.
- Saber si fueron logrados.

3.2.3. Asignación de recursos

La asignación de recursos es muy importante, porque sin los mismos significaría un aumento de costos por accidentes. Deberá tenderse al punto óptimo de acuerdo con las curvas de Costo de accidentes-Costos de prevención (ver *Gráfico 1, Capítulo 2*).

3.2.4. Asignación de funciones y responsabilidades

A la *Seguridad Integrada* “se la considera inseparable de los procedimientos de trabajo, y como consecuencia de ello, las funciones y responsabilidades en seguridad deben corresponderse con funciones y responsabilidades que se establecen en calidad”.

3.2.5. Plan de evacuación por emergencia

El laboratorio debe tener su propio plan de evacuación por emergencia o estar incluido en el edificio donde funciona el mismo.

El plan de emergencia debe llevar en forma implícita la política de prevención de incendios, evacuación y señalización de acuerdo a normas.

Asimismo, requiere de la implantación de simulacros periódicos para evaluar la eficacia del plan y la organización de un equipo de primera intervención.

El plan de emergencia deberá ser conocido por todos los integrantes; es decir, ellos deberán tener conocimiento de las situaciones en caso de emergencia, así como de las funciones de cada uno para una potencial evacuación.

Si el laboratorio forma parte de una empresa (química u otra) afectada a una reglamentación con un plan de emergencia mayor, el plan de emergencia interior del laboratorio deberá realizarse en conexión con el plan de emergencia exterior.

4. ¿Cómo actuar en caso de emergencia?

Además del plan general de emergencia para cualquier laboratorio, deben considerarse situaciones específicas para las cuales debe disponerse de planes de emergencia concreto de actuación. No es el mismo un plan para un laboratorio que sólo realiza análisis de rutina que aquellos que hacen investigación; en los primeros, los reactivos y métodos de análisis son bien conocidos; en los segundos trabajan con sustancias potencialmente riesgosas y métodos adoptados, adaptados o nuevos. En función del laboratorio tendremos distintos residuos y distintos grados de contaminación (ver *Capítulo 8* y *Anexo B*).

4.1. Derrames

En el caso de vertidos o derrames, se debe actuar con prisa recogiendo inmediatamente el producto derramado para evitar que se produzcan daños mayores en las instalaciones y en las personas. El procedimiento que se emplee estará en función del tipo de compuesto (inflamable, ácido, bases) y en especial del volumen derramado. En algunos casos se puede emplear absorbentes o neutralizadores específicos.

4.2. Contaminación atmosférica

A causa de los derrames o de procedimientos intrínsecamente peligrosos, se producen episodios de contaminación atmosférica de distinto orden.

Las acciones serán distintas según que la contaminación sea significativa o no. Las acciones más importantes a emplear deben ser:

- Proceder a ventilar el laboratorio abriendo puertas y ventanas.
- Activar el sistema de emergencia.

- Emplear equipamiento de protección personal adecuado al tipo de riesgo: equipos de protección respiratoria, vestidos de protección, guantes, botas, etcétera.
- Cerrar aparatos o equipos que estén funcionando si el contaminante vertido es volátil e inflamable.
 - Evacuar al personal del local.
 - No permitir el reingreso del personal hasta que la concentración de la sustancia peligrosa en la atmósfera deje de ser un riesgo, para lo cual se debe medir el grado de contaminación.

4.3. Incendio

Los derrames pueden ser la causa de un incendio en el laboratorio. Una gran parte de las normas e instrucciones está dedicada a la prevención y protección contra incendios. Una rápida detección de los mismos y una actuación eficaz, son las armas concretas para la reducción de los riesgos.

En el plan de emergencia debe estar previsto el riesgo a incendios. Si en las evaluaciones se determina la posibilidad de riesgo, en consecuencia se debe dotar al laboratorio de puertas de emergencia que se abran hacia fuera (ver *Capítulo 3* y *Anexo N*).

5. Programa de prevención

Definida la política de la prevención y propuesta una planificación adecuada, es necesario elaborar un programa de prevención que apunte a una seguridad integrada. El programa a elaborar y a discutir debe realizarse con la participación de los integrantes del sistema, e incluir en el mismo la formación y entrenamiento.

Las características principales que deberá tener el programa son:

- Elaboración de normas de procedimientos y control de riesgos.
- Elaboración de un Manual de Seguridad, que deberá ser aprobado por un Comité de Seguridad o una Comisión de Seguridad, de acuerdo con un reglamento marco (ver *Anexo I*).
 - Programas de formación y de entrenamiento.
 - Procedimientos para la evaluación y transmisión de la información obtenida.
 - Procedimientos para realizar las inspecciones.
 - Procedimientos para auditar el laboratorio.
 - Programar auditorías de seguridad internas del laboratorio, realizadas por personal ajeno al área a auditar (por ejemplo, Comité de Seguridad).
 - Elaborar un plan de emergencia para el sistema laboratorio.
 - Procedimiento para analizar, evaluar y archivar los resultados post-accidente.

Bibliografía

Guy, K. (1970): Organización y administración de laboratorios. Ediciones URMO, España.

Harrison, L. (1996): Manual de auditoría medioambiental. Higiene y seguridad. Editorial Mac Graw Hill, España.

Martí Venciana, A.: NTP N° 482 "Aseguramiento de la calidad en un laboratorio de Higiene Ambiental", en Manual de calidad, Tomo I. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

Rodríguez Pérez, C.M.; Ravelo Socas, J.L.; Polazón López, J.M. (2005): Técnicas de organización y seguridad en el laboratorio. Editorial Síntesis SA, Madrid, España.

Rosell Farrás, M.G.; Guardino Solá, X.: NTP N° 432 "Organización y recomendaciones generales", en Prevención de riesgo en el laboratorio. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

Capítulo 8

Elementos de protección y acción en casos de emergencia

1. Introducción

El laboratorio químico en particular es un lugar en el que se pueden producir emergencias de distinto tipo porque, generalmente, se trabaja con compuestos de composiciones desconocidas. En ocasiones, por el hecho que se trabaja con pequeñas cantidades, no se le da la importancia merecida y después vienen las lamentaciones y, en consecuencia, se debe recurrir a procedimientos de acción para extinguir un incendio o para actuar sobre una quemadura o sobre una lastimadura.

La implantación de equipos de actuación y protección exige como primera medida la evaluación de riesgos en el laboratorio, considerando la actividad del mismo y las operaciones que se desarrollan de forma rutinaria, las instalaciones existentes y los productos o agentes biológicos empleados.

Para su ubicación se debe tener en cuenta determinados aspectos como: tamaño, ubicación y distribución, estado de los servicios (agua, gas, energía eléctrica y desagües), ubicación de la entrada, salida y puerta de emergencia, el número de personas que trabajan habitualmente. Así podemos determinar el número y tipos de elementos y/o equipos que se necesitan y el lugar de ubicación de los mismos para prevenir o actuar en caso de emergencia.

Las situaciones de emergencias pueden ser debidas a derrames, salpicaduras, principios de incendio, a la manipulación de compuestos inflamables, irritantes, tóxicos o corrosivos.

Si se dispone de elementos de actuación adecuados y suficientes estos incidentes pueden ser controlados o minimizados.

2. Elementos de protección general e individual

Los elementos de acción colectiva más importantes y mínimos para solucionar algunos de los problemas antes enunciados son: duchas de seguridad, lavaojos, mantas ignífugas, extintores (ya vistos en el *Capítulo 3*), compuestos para neutralizar o neutralizadores. Los Elementos de Protección Individual (EPI), como su nombre lo indica, son

para protección personal en forma preventiva o de acción. Hay distintas clasificaciones según en qué momento cumplen con el motivo por el cual han sido diseñados o por la/s zona/s del cuerpo que protege, como por ejemplo, protectores de ojos y cara; de manos; protectores de vías respiratorias y de la totalidad del cuerpo.

3. Elementos de protección general

3.1. Duchas de seguridad y lavaojos combinados

Las mismas forman parte de los elementos que no deben faltar en ningún laboratorio y que son empleados por distintas causas, como es el caso de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas, o de prenderse fuego la ropa; o para descontaminarse rápidamente porque alguna persona ha sido alcanzada por proyecciones químicas que pueden afectar la vista u otras partes del cuerpo en forma superficial.

Generalmente se las instala juntas por motivos de disposición de los conductos de agua, por el aprovechamiento del espacio y para compartir el desagüe, pero también pueden ser instaladas en forma independiente. Pero juntas o separadas deben cumplir con determinadas condiciones, como:

- Deben estar instaladas a una distancia no mayor a 7 m del lugar de trabajo de los laboratoristas, con el objeto de poder ser atendido en no más de 15 seg.
- Los lugares deben ser de fácil acceso y bien visibles desde distintos ángulos.
- Deben estar adecuadamente señalizadas con sus correspondientes iconos, y pintados con sus colores correspondientes según normas.
- En lo posible, su ubicación debe estar de paso a la salida del laboratorio (si es adentro del mismo) o en los pasillos del sistema laboratorio.
- El personal que trabaja en el laboratorio debe conocer su funcionamiento y su ubicación en el recinto.
- Se los debe controlar diariamente para evitar falta de agua o atascamiento por impurezas sólidas.
- Deben estar conectados a una red directa que provenga de un depósito especial sólo para incendio, duchas y lavaojos, que debe ser alimentado por una red independiente de la de los servicios del laboratorio.
- La llave de paso de esta línea no debe estar al alcance del personal para evitar la falta de agua en el momento necesario (sí la válvula de paso se cierra por algún problema, debe quedar abierta inmediatamente una vez que el problema se solucione).
- No debe haber próximo a los mismos enchufes ni aparatos eléctricos.
- Es recomendable que el sistema posea una alarma acústica y/o visual para que el resto de las personas conozca la existencia del problema y acudan en su ayuda.

Veamos de cada una de ellas, en forma separada, su uso particular, material de construcción, dimensiones y precauciones específicas.

3.2. Ducha de seguridad

La misma debe estar fabricada con materiales de buena calidad, tanto en lo relacionado con los conductos como así también la flor, regadera o cabezal. Los materiales pueden ser metálicos, como caños sin costura, galvanizados y pintados con pinturas tipo "epoxi", y de colores tal como los que dan las normas de seguridad.

Actualmente se puede construir con materiales plásticos, como polipropileno, que soporta fuertes presiones y conexiones metálicas como bronce o acero inoxidable por termofusión.

3.2.1 Dimensiones y precauciones

Dimensiones: los conductos deben tener un diámetro no menor a 25,4 mm. El cabezal o regadera debe tener un diámetro suficiente (aproximadamente de 20 cm, con orificios grandes que impidan su obstrucción) como para impregnar o mojar al sujeto en forma rápida y total.

Precauciones: la distancia desde el suelo a la base de la ducha debe ser de alrededor de los 2 a 2,3 m para permitir que la persona pueda estar parada y erguida; y la separación del cabezal a la pared, no menos de 60 a 70 cm a los fines de que pueda ser empleada por dos personas en forma simultánea. Finalmente, la distancia de la válvula de apertura al suelo debe ser de unos 2 m.

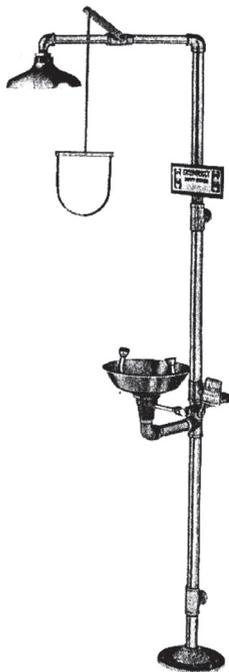


Figura 28: Sistema combinado de ducha de seguridad y lavajojos. Icono de ducha de seguridad.

3.3. Sistema de lavajos

Es un sistema que permite efectuar los primeros auxilios ante alguna de las circunstancias ya mencionadas.

Son sistemas sencillos constituidos básicamente por dos pequeñas duchas separadas por aproximadamente 20 cm y que se encuentran alojadas en un recipiente de acero inoxidable o de otro material (Figura 29):



Figura 29: Distintos modelos de lavajos Icono de lavajos

3.3.1. ¿Cómo se efectúa el lavado?

El lavado de los ojos y/o cara se inicia desde la base de la nariz a las orejas para evitar que el contaminante vuelva al ojo afectado o se traslade al ojo sano. El tiempo de lavado debe ser de aproximadamente 15 min.

En el mercado se pueden adquirir lavajos portátiles de emergencia fabricados con materiales plásticos compuestos de dos botellas de 1.000 cm³ cada una para contener agua y alguna solución acuosa para los ojos.

3.4. Extintores

Forman parte de los elementos mínimos de seguridad con los que debe contar un laboratorio.

En este apartado serán objeto de un breve comentario, ya que fueron tratados ampliamente en el *Capítulo 3*. Se trató de los distintos tipos de fuego, de los agentes extintores y la forma de extinguirlos en el *Anexo M*.

3.5. Mantas ignífugas

Permiten una rápida y eficaz solución para fuegos pequeños y en especial cuando toma fuego la ropa de las personas.

Es una alternativa a las duchas de seguridad, porque evita que el accidentado deba trasladarse con las ropas ardiendo hasta las duchas. Se recomienda no utilizarlas para apagar fuegos. Pueden utilizarse para mantener caliente a una víctima de *shock*.

Están confeccionadas con fibras de vidrio y otros tejidos ignífugas, o tratados con compuestos ignífugantes que son inocuos a la piel, ojos y aparato respiratorio.

Dado que el uso de las mismas es sólo ocasionalmente, una alternativa, si no se tiene mantas ignífugas, es emplear prendas o tejidos poco combustibles previamente humedecidos con agua.

Están descartadas las telas a base de amianto por su carácter cancerígeno.

Debe estar perfectamente identificado el lugar de ubicación de la manta con el correspondiente icono (ver *Figura 30*):



Figura 30

3.6. Neutralizantes

Son otros de los elementos que se emplean como absorbentes o adsorbentes en un laboratorio en caso de emergencia por derrames o vertidos accidentales, y en especial, con un grupo de compuestos como: ácidos, bases, disolventes orgánicos y mercurio.

Es recomendable disponer en el laboratorio de compuestos adsorbentes para control físico de los derrames. El más común es arena perfectamente limpia y carente de elementos orgánicos para retener ciertos compuestos derramados, tanto en el laboratorio como en el depósito de drogas (ha sido suplantada por compuestos más eficaces).

4. Equipos de Protección Individual (EPI) en el laboratorio

Los Elementos de Protección Individual (EPI), como su nombre lo indica, son para protección personal en forma preventiva o de acción.

4.1. Normas de uso de los EPI en el laboratorio

La eficacia de los mismos dependerá del conocimiento que cada uno de los integrantes del laboratorio conozca los procedimientos de uso y del cuidado normalizado internamente. Algunos de los aspectos a tener en cuenta tanto cuando se los emplea para protección o acciones de emergencia son:

- Tipo de operaciones y lugar de su empleo.
- Instrucciones de uso en caso de que las hubiera.
- Instrucciones de limpieza.
- Instrucciones de almacenamiento.
- Instrucciones de conservación.
- Fecha de caducidad de los mismos (casos de filtros especiales).

Un aspecto a tener en cuenta para casos de emergencia es que debe disponerse de más de un elemento de cada uno de ellos, en especial las gafas y mascarillas, por si hay más de una persona en emergencia.

Finalmente, se debe saber que los mismos son de uso personal e individual. Hay casos en que deben ser adaptados a una persona determinada por alguna razón especial y atendible.

La protección aportada por los EPI, en caso de incidentes o accidentes en el laboratorio, deben cubrir todas aquellas medidas de protección en operaciones normales que se realicen en él y para el cual han sido diseñados y se los emplea.

El uso de los EPI deriva, por un lado, de la imposibilidad de instalar una protección colectiva y, por otro lado, de la existencia de riesgos residuales. Para lo cual es necesario efectuar una evaluación total de los riesgos en el laboratorio, abarcando a los productos químicos, su manipulación, al instrumental empleado, a los procesos y a toda actividad potencialmente riesgosa. Veamos algunos riesgos que se pueden originar en operaciones comunes:

| Operaciones | Riesgos | EPI utilizables |
|---|--|---|
| Manipulación de: • Disolventes y compuestos volátiles | • Inhalación de vapores orgánicos • Irritación de la piel y vías respiratorias | • Gafas • Guantes • Mascarillas • Pantallas faciales |
| Manipulación de: • Material biológico • Fluidos biológicos humanos y de animales de experimentación | • Instalación de bioaerosoles • Cortes • Pinchazos • Mordeduras, arañazos • Contacto dérmico | • Gafas • Guantes • Mascarilla • Pantallas faciales |
| Manipulación de: • Productos con riesgo específico | • Exposición a cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción • Exposición a radionucleósidos • Exposición a fibras de amianto y otras | • Gafas • Guantes impermeables a fluidos biológicos • Guantes resistentes a cortes y punciones • Mascarillas • Pantallas faciales |

Como se puede observar en estos pocos ejemplos de casos que nos lleva a la elección de los EPI, y producido el accidente, los mismos deben cumplir con acciones de solución de emergencia. Es decir que los EPI están recomendados para situaciones de emergencia, rescate o autosalvamento.

La protección no hace variar la situación ambiental y por lo tanto no introduce mejora alguna. En conclusión, los EPI deben utilizarse cuando los riesgos no pueden eliminarse por medio de la protección colectiva o mediante las medidas previstas en los procedimientos de organización del trabajo.

4.2. Protección de ojos y cara

Los lentes comunes no protegen los ojos, por lo que no es recomendable su utilización en trabajos desarrollados en laboratorios de tipo biológico o químico. Una persona necesita llevar lentes siempre que se encuentre expuesta a un riesgo biológico o químico. Así, en el caso de vapores, gases o aerosoles, debe usar anteojos o pantallas transparentes (gafas de seguridad).

¿Qué características generales deben reunir?

De acuerdo con los artículos N° 194 y 195 de la ley 19.587, las características son:

- Sus armaduras deben ser livianas, indeformables al calor, no inflamables, cómodas y de diseño anatómico, de probada resistencia y eficacia. Las lentes para anteojos de protección deben ser incoloras, resistentes al riesgo, transparentes, ópticamente neutras, libre de burbujas, ondulaciones u otros defectos.

- Si pudieran estar expuestos a partículas gruesas deben usarse igual que en el caso anterior, pero permitiendo la ventilación indirecta. En los demás casos serán de montura normal y liviana con protección lateral, que pueden estar perforadas o no para una mejor ventilación.

4.3. Protección de las manos

Para los miembros superiores, el artículo N° 198 de la mencionada Ley establece: “La protección de los miembros superiores se hará por medio de mitones, guantes y mangas adaptados a los riesgos a prevenir y que permitan una adecuada movilidad de las extremidades”. De los elementos que menciona el artículo los guantes son los más empleados, aunque no siempre se siguen las más elementales normas de uso. A este respecto caben señalar las siguientes recomendaciones:

- Las manos deberán lavarse obligatoriamente al sacarse los guantes.
- El uso de guantes debe quedar restringido para las operaciones frente a las que hay que protegerse. No es recomendable abrir las puertas, ventanas y tomar el teléfono con los guantes puestos.
- Cualquier tipo de guante no protege frente a cualquier factor de riesgo, esto indica que se debe escoger el modelo según a lo que se está expuesto.

4.4. Protección de las vías respiratorias

Según el artículo N° 199 de la Ley de “Higiene y Seguridad en el Trabajo”:

“Los equipos protectores del aparato respiratorio cumplirán lo siguiente:

- Serán del tipo apropiado al riesgo.
- Ajustarán completamente para evitar filtraciones.
- Se vigilará su conservación y funcionamiento con la frecuencia necesaria y como mínimo una vez al mes.
- Se limpiarán y desinfectarán después de su empleo, almacenándolos en lugares amplios y secos.
- Las partes en contacto con la piel deberán ser de goma especialmente tratada o de material similar, para evitar la irritación de la epidermis. [...] Los riesgos a prevenir del aparato respiratorio serán los originados por la contaminación del ambiente con gases, vapores, humos, nieblas, polvos, fibras y aerosoles.

Los filtros mecánicos deberán cambiarse siempre que su uso dificulte la respiración y los filtros químicos serán reemplazados después de cada uso y si no se llegaron a usar a intervalos que no excedan un año”.

Las mascarillas en general son útiles en los laboratorios biológicos y químicos. La media máscara o la máscara facial pueden resultar útiles en la protección por vertidos importantes.

4.5. Protección de todo el cuerpo

El artículo N° 191 de la Ley dice: “La ropa de trabajo cumplirá lo siguiente:

- Será de tela flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección y adecuada a los puestos de trabajo.
- Ajustará bien el cuerpo del trabajador sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimiento.
- Siempre que las circunstancias lo permitan, las mangas serán cortas y cuando sean largas, ajustarán adecuadamente.
- Se reducirán o eliminarán en lo posible elementos adicionales como bolsillos, bocamangas, botones, partes vueltas hacia arriba, cordones y otros por razones higiénicas y para evitar enganches.
- Se prohibirá el uso de elementos que puedan originar un riesgo adicional de accidente como ser corbatas, bufandas, tirantes, pulseras, cadenas, collares, anillos y otros.
- En casos especiales la ropa de trabajo será de tela impermeable, incombustible, de abrigo o resistente a sustancias agresivas y, siempre que sea necesario, se dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos, fajas, cinturones anchos y otros elementos que puedan ser necesarios”.

En el caso de laboratorios biológicos y/o químicos, que están en contacto con materiales contaminados, no debe usarse en esos lugares de trabajo su ropa de calle. El vestuario que se usa como protección general no debe salir nunca del lugar de uso a otros lugares como biblioteca, cafetería o la calle.

Bibliografía

- Carreras, G.; Guardino Sola, X.; Farrás, R.:** (1999): “Prevención de lesiones por pinchazos (piqueos de agujas) en entornos clínicos”, DHHS (NIOSH) Publication N° 2.000-108, noviembre de 1999.
- Rodríguez Pérez, C.M.; Ravelo Socas, J.L.; Palazón López, J.M.** (2005): *Técnicas de organización y seguridad en el laboratorio*. Editorial Síntesis SA, Madrid, España.
- Ley N° 19.587 de “Higiene y Seguridad en el Trabajo”. Decreto Reglamentario N° 351/1979, Argentina.
- (1992): *Manual “3M” para la de protección respiratoria*. Fundación MAPFRE., Editorial MAPFRE, Madrid, España.

Norma IRAM-SEPLAF AM Q 380-40 Junio, 1.70-CDU 614.812.816:515.821.

Anexo A

Manejo de cilindros de gases especiales envasados y reductores de presión

1. Cilindros

Los gases comprimidos de uso más frecuentes en laboratorios son: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico, amoníaco, cloro, aire, óxido de nitrógeno, anhídrido sulfuroso, óxido de carbono y metano, que se adquieren envasados en cilindros de acero, a presiones que pueden llegar hasta 2.600 libras/pulg². A causa de esas presiones tan elevadas, los fabricantes de gases y los organismos reguladores de control han establecidos normas de seguridad para el manejo de los mismos.

Las normas deben ser conocidas: por los usuarios y saber aplicarlas en el momento oportuno para evitar posibles accidentes con consecuencias que pueden ser irreparables para personas u objetos.

1.1. Normas mínimas

- Manipular cuidadosamente los cilindros para evitar que se golpeen, caigan o se sacudan.
- En el laboratorio sólo se deben tener los cilindros en uso y amarrados con cadenas, agarraderas o cepos a lugares seguros para evitar caídas.
- La tapa de protección de la válvula debe ser mantenida en su lugar hasta tanto el cilindro haya sido asegurado en su puesto de trabajo.
- Los cilindros se deben usar siempre con un reductor de presión, de acuerdo al gas que contiene.
- Después de colocado el reductor de presión o regulador, y antes de abrir la válvula del cilindro, asegurarse que el tornillo, manivela o perilla del reductor se encuentre liberada (girando en sentido contrario a las agujas del reloj).
- Una vez instalado un cilindro con su correspondiente reductor de presión, siempre deben controlarse todas las conexiones con agua jabonosa o detergente para detectar pérdidas.

- Se deben almacenar lejos de materiales combustibles, y en lugares bien ventilados y secos.
- Se deben conservar alejados de fuentes calientes y protegidos de los rayos solares, especialmente en verano.
- Se deben mantener separados los cilindros llenos de los vacíos y perfectamente indicados. Los cilindros vacíos se deben enviar al proveedor lo antes posible, con la válvula bien cerrada y la tapa de protección correspondiente colocada.
- Al transportar los cilindros se lo debe hacer con la tapa de protección colocada y sin que esté instalado el reductor.
- El transporte de los cilindros se debe efectuar con carretillas de mano adecuada (carretilla de tres o cuatro ruedas).
- La carretilla debe poseer: protectores de manos para el operario y un sistema para sujetar los cilindros a la misma.
- No usar grasa o aceite cuando se trabaje con oxígeno (ya sea como gas puro o licuado) ya que puede producirse una mezcla explosiva.
- Al trabajar con gases comprimidos, es de máxima importancia conocer las propiedades de los mismos (ver *Tabla 8*). Es mejor recurrir a las fichas de datos de seguridad para evitar problemas de explosiones, intoxicaciones, quemaduras, incendios, así como problemas de corrosión de los materiales con los que están en contacto.
- En caso de detectar una pérdida en la válvula de un cilindro o atascamiento de la misma, informar al proveedor sobre el problema y no tratar de solucionarlo en el laboratorio.

2. Reductores de presión o Manorreductores

La función del Reductor de Presión, como su nombre lo indica, consiste en disminuir la presión de los gases comprimidos que, de acuerdo con la *Tabla 8*, varían desde 25 a 225 atm, de manera de trabajar con seguridad y no correr riesgos innecesarios.

El regulador junto al cilindro forman un sistema que debe ser manejado con cuidado, siguiendo normas y/o consejos establecidos por las organizaciones de seguridad o por los fabricantes, distribuidores o vendedores de los productos (gases, reductores, etc.).

Como se mencionó anteriormente, los gases especiales envasados empleados mayoritariamente en los laboratorios fisicoquímicos de análisis o investigación, se pueden ver en la *Tabla 8*. La columna encabezada por "Tipo de rosca del cilindro" está referida al tipo de rosca que debe tener la salida donde se conecta el regulador de presión para hacer más seguro el trabajo y no deteriorar la rosca del mismo.

| | Presión de prueba del cilindro (atm) | Presión de carga (atm) | Estado del gas en cilindro | Tipo de rosca del cilindro | Límite de explosión en aire (% en Vol) |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| Acetileno | 25 | 15 | (l) | I | 2,5-8 |
| Anhídrido carbónico | 190 | 57 | líq. | D | NI |
| Aire | 225 | 150 | gas | D | NI |
| Amoniaco | 30 | 8,5 | líq. | D | NI |
| Cloro | 22 | 8,5 | líq. | D | (2) |
| Dióxido de azufre | 12 | 2,3 | líq. | D | NI |
| Hidrógeno | 225 | 150 | gas | I | 4-74 |
| Metano | 225 | 158 | gas | I | 5-14 |
| Monóxido de carbono | 225 | 115 | gas | I | 12,5-74 |
| Nitrógeno | 225 | 170 | gas | D | NI |
| Oxígeno | 225 | 150 | gas | I | NI |
| Propano-Butano | 25 | 4 | líq. | I | 2,2-9,5 |

Tabla 8

Donde:

D = Rosca derecha

I = Rosca izquierda

(1) = Disuelto en acetona

(2) = Reacciona en forma explosiva con materiales inflamables.

NI = No hay información

(Extractado de Catálogos de la firma Matheson)

Anexo B

Primeros auxilios en el laboratorio

1. Introducción

Durante el trabajo en un laboratorio los posibles riesgos que se pueden generar son: heridas cortantes o punzantes, quemaduras de distinta importancia y de distinto origen (fuego, compuestos químicos, etc.), eléctricos y asfixia por razones varias (mecánicas, intoxicación con gases, sobredosis de drogas o medicamentos, etc.).

En la vida diaria se presentan situaciones similares como asfixia por ahogamiento que puede dañar la integridad física de una persona y muchas se pueden salvar si se está preparado para ello. Esto significa conocer y saber actuar en el momento preciso y con la rapidez que el caso requiera.

Los primeros auxilios son una necesidad y como generalmente no se poseen los medios adecuados en el lugar para brindar una adecuada ayuda, sólo se dará una información de conocimientos mínimos y suficientes de acciones sencillas a los fines de salvar una vida.

Para brindar primeros auxilios hay que pensar siempre que:

- La acción que usted ejecute puede ser definitiva para salvar una vida.
- Cada instante es vital para la víctima.
- Si no está seguro o algo confuso, *no actúe* hasta tranquilizarse.
- Si está tranquilo, *actúe* valorando primero la situación.
- Si conoce de primeros auxilios y tiene buenos conocimientos *intervenga*. Por ejemplo atendiendo a la víctima puesto que *es la prioridad*; hablarle, pero no informarle de su gravedad y hacer retirar a los "mirones".
- Si no conoce y desea colaborar, será mejor que *no moleste* al que sabe; lo más útil en ese caso es seguir las indicaciones de la persona que sabe, por ejemplo, dando aviso al Jefe del Laboratorio, a la asistencia médica, bomberos y policía, si las circunstancias así lo requieren.

En resumen y frente a un accidente... ¿cómo debemos actuar?

Las dos actitudes básicas que deben regir la actuación del socorrista son:



- Serenidad
- Composición de lugar

Serenidad: ante cualquier situación de tensión es común “ponernos nerviosos”; la serenidad es la primera regla básica. Con serenidad conseguiremos poner en orden nuestras ideas, además de tranquilizar al accidentado y a los que lo rodean. La serenidad no debe estar reñida con la rapidez.

Composición de lugar: en el lugar del accidente no debemos atender al primero que encontramos o el que demande nuestra ayuda con mayor vehemencia, debemos tener una idea lo más exacta posible del siniestro, dado que puede haber enfermos más graves e incluso persistir la situación de peligro. Las acciones a ejecutar deben ser:

- Buscar posibles fuentes de peligro (pérdidas de gas, riesgo de explosión, etc.).
- Valoración rápida de la gravedad de los distintos heridos (dejar a aquellos que no tienen posibilidades).
- Organizar la ayuda con las personas cercanas (pedir que llamen al médico, la ambulancia, una clínica, los bomberos, la policía, etc.).

2. Prioridades

Una vez valorada la situación del siniestro, debemos poner en marcha con la rapidez del caso las prioridades, ellas son:

- 1º) Salve una vida.
- 2º) Aparte a la víctima del peligro, o al peligro de la víctima.
- 3º) Por atender a los muertos no se preocupe, primero atienda a los heridos.
- 4º) Limite las posibles lesiones.
- 5º) Aplique los cuidados lo antes posible.
- 6º) Solicite la asistencia médica urgente.

Lo primero que debe hacer quien presta los primeros auxilios a un accidentado es verificar sus signos vitales.

Si el accidentado está conciente, lo primero es preguntarle cómo fue el accidente, dónde vive, cómo se llama, si es alérgico. Toda información puede ser de utilidad para transmitirla a la asistencia médica.

Si no está conciente, y nota que no respira, acerque su oído a la boca de la víctima para escuchar si respira. Si no respira practique respiración artificial. Si no hay pulso ni respiración aplique reanimación cardiopulmonar (RCP) en forma inmediata.

Tratar de proteger a la víctima de los curiosos ya que a veces entorpecen la acción del que está socorriendo.

En resumen, al examinar a un accidentado, se debe verificar:

- 1º) ¿Está consciente?
- 2º) ¿Habla y entiende lo que se le dice?
- 3º) ¿Respira?
- 4º) ¿Tiene pulso?
- 5º) ¿Presenta fracturas?
- 6º) ¿Tiene hemorragias o sangra?

Una vez prestado los primeros auxilios y si la víctima ha reaccionado, *no abandonarlo*, excepto para solicitar ayuda, mantener la calma y alejar a los curiosos y proporcionarle aire fresco.

Tratar de serenar a la víctima indicándole que se tranquilice, que la ayuda médica está en camino, dado que el accidentado se suele sentir indefenso y dependiente de la persona que lo socorre. Tratar de mantener contacto físico, tomándole una mano, el brazo, etc. para que el accidentado sienta que no está solo.

Si la persona está con pulso, conviene aflojar la ropa del cuello, pecho, cintura. Si al examinarlo hay heridas, tratar de presionar la zona en forma adecuada. Si presenta fracturas, hay que tener sumo cuidado porque un movimiento mal hecho puede producirle un daño irreparable al accidentado (por ejemplo, en accidentes con lesiones de columna o cráneo).

En lo posible no trasladar a la víctima si no es imprescindible, sólo en el caso que haya peligro de derrumbe, explosiones o acumulación de gases tóxicos.

Nunca proporcione líquidos a una persona inconsciente o con heridas en el abdomen o pecho.

Mientras se está practicando la ayuda a un accidentado y hay otras personas, solicitar que requieran ayuda por el medio más rápido que se posea; de lo contrario, si está sólo, trate de solicitar ayuda por teléfono o a quién pase circunstancialmente. No preocuparse si pide ayuda a varios lados, de esa manera se asegurará de que el mensaje de ayuda sea bien recibido por quien corresponda, y no tema en dar sus datos personales, para que los que reciben la llamada no crean que se trata de una broma de mal gusto... ¡qué las hay!

Cuando se solicita ayuda indicar:

- Qué ha sucedido en forma clara y concisa, más aún si es un laboratorio.
- Número de víctimas y su estado.
- Si es un accidente de tránsito *in-itinere* ("sentido estricto"), cantidad y tipo de vehículos involucrados.
- Si existen factores agravantes, menciónelos breve y rápidamente.

3. Normas generales en primeros auxilios

Para actuar en forma eficiente, hay que tener en cuenta algunas normas o medidas:

- No dejarse vencer por las circunstancias ni perder la calma.
- Lo más importante en los primeros auxilios es la prudencia.
- Hay que ser consciente de lo que uno es capaz de hacer.
- Evitar que la víctima se agrave. Retírese si está en peligro mayor.
- Llame inmediatamente al médico.
- Tome el pulso y determine si late el corazón.
- En caso de accidentes múltiples, atender primero a los que tengan paro cardíaco o respiratorio y/o posibilidades de recuperarse.
 - No dejarse engañar por otras lesiones más aparatosas pero menos graves (hemorragias, fracturas expuestas, por ejemplo).
 - Que el accidentado sea atendido por no más de dos personas para facilitar la respiración.
 - No ponga en peligro la vida de terceros, ni la propia.
 - No desprecie los posibles riesgos de desmoronamiento por incendios o explosiones.
 - Ante la presencia de sangre no elija a una persona impresionable para ayudarlo a detener una hemorragia.
 - Ante la duda, no haga nada. Nunca realice algo si no está seguro qué es lo mejor para la víctima. Pida ayuda.
 - Recuerde: *usted no es médico*. No trate de hacer aquello para lo cual no está científica y técnicamente preparado.
 - Los primeros auxilios sirven para disponer de la mejor manera al accidentado hasta que llegue el médico. Relate a éste todos los detalles ya que pueden servir para facilitar el diagnóstico con la máxima precisión y rapidez.

En orden de importancia, trataremos: 1º) Reanimación cardiopulmonar, 2º) Heridas y 3º) Quemaduras.

4. Reanimación cardiopulmonar (RCP)

El objetivo fundamental de la RCP consiste en dar los primeros auxilios para revertir la muerte clínica y, primordialmente, para el mantenimiento de la vida.

La rápida actuación, en tiempo y forma, ante un accidente puede salvar la vida de una persona o evitar el empeoramiento de las posibles lesiones que padezca por falta de circulación sanguínea y oxígeno externo.

El cerebro es el órgano más delicado que posee el ser humano. La falta de oxígeno ocasionará en poco tiempo lesiones irreversibles produciéndose la muerte en 8 a 10 min.

Por lo tanto, cualquier paro cardiorrespiratorio (fracaso de las funciones respiratorias y cardíacas con la consiguiente incapacidad para hacer llegar sangre oxigenada

a las células) es una situación de máxima urgencia ya que del tratamiento inmediato dependerá la vida del paciente.

Las causas principales de paro respiratorio son: ahogamiento, sumergimiento, *shock*, obstrucción de vías respiratorias, intoxicación con gases, medicamentos, drogas, alcohol, anfetaminas, alucinógenos, sedantes, etc., epiglottitis, choque por rayos, infarto de miocardio, coma de distintos orígenes. Cada una de estas causas tienen procesos distintos que imposibilitan la llegada de oxígeno exterior a los pulmones.

La falta de oxígeno exterior al cuerpo puede provenir por deficientes mecanismos originando asfixias. Éstas pueden ser de distinto origen, y se pueden clasificar como:

A. Asfixias mecánicas: son aquellas en que la dificultad de aporte de oxígeno se debe a una obstrucción que interrumpe en cualquier lugar de las vías respiratorias. Entre éstas, en general, tenemos:

Asfixia por obstrucción de las vías aéreas superiores: ocurre con frecuencia en los niños cuando se tragan una moneda u otro objeto (trozo de goma de un globo que explota en forma de una implosión que se atasca en la laringe impidiendo el paso de aire); en los adultos se produce cuando un trozo de comida se desvía hacia la laringe.

Asfixia por sumergimiento: este tipo se produce en aquellos obreros que trabajan en minas, en silos, zanjas, etc., que en caso de derrumbes pueden verse privados de oxígeno.

Asfixia por ahorcamiento: la asfixia se produce por dos motivos: 1) por la compresión de la tráquea sobre la base de la lengua y cara posterior de la faringe; y 2) por falta de riego sanguíneo cerebral al comprimirse las arterias que irrigan el cerebro y que pasan por el cuello. La persona suspendida pierde el conocimiento en 8 a 10 seg y la muerte se produce a los 8 o 10 min, por lo que disponemos de muy poco tiempo para el auxilio.

B. Asfixia por intoxicación: ésta puede ser de dos tipos:

Por gases: típico del monóxido de carbono (CO), que es considerado un gas asfixiante simple que actúa por desplazamiento físico del oxígeno. Es incoloro, inodoro e insípido y se produce por mala combustión de los productos del carbono. Esto ocurre generalmente con los braseros o en los incendios. Si se lo inhala por encima de un 3 a 8% acelera los movimientos respiratorios y aumenta el volumen de aire inspirado, además estimula el cerebro y el centro vasomotor. Si la dosis inspirada aumenta en un 10 a 20% o más, se presentan síntomas contrarios como depresión respiratoria, pérdida del conocimiento, abolición de reflejos, relajación muscular e hipotensión produciéndose la muerte por paro respiratorio y circulatorio. Su toxicidad viene dada por su afinidad, o apetencia, por la hemoglobina (que es la sustancia que lleva el oxígeno a los tejidos), de unas doscientas veces superior al oxígeno, por lo cual éste va a ser desplazado de aquélla y reemplazado por el monóxido de carbono produciéndose así la hipoxia tisular.

Sobredosis de medicamentos y/o de drogas: también se puede producir un déficit de oxígeno por un choque eléctrico. En este caso el accidentado, que ha cedido el paso de energía eléctrica, puede quedar inmediatamente en estado comatoso, sin respiración e incluso en shock circulatorio por paro cardíaco o por fibrilación ventricular. El accidentado estará sin pulso y sin respiración.

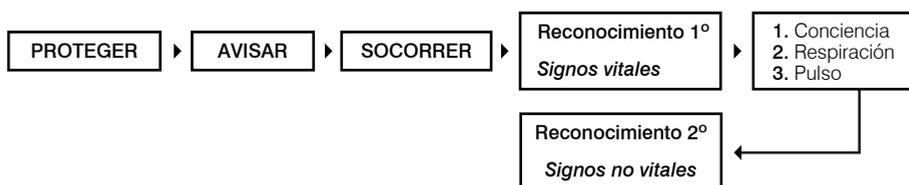
En este anexo se pretende ofrecer algunas pautas de actuación ante un accidente y una técnica de reanimación cardiopulmonar, para que cualquier persona, sin conocimientos especiales de medicina, sepa qué debe y qué no debe hacerse ante una situación de emergencia.

Por fortuna la mayoría de las emergencias que se producen en los laboratorios son de poca importancia y son resueltas aplicando y activando un Sistema de Emergencia. Para ello debemos recordar la palabra "PAS", formada por las iniciales de tres actividades secuenciales para atender a un accidentado: Proteger, Avisar y Socorrer, como puede verse en el siguiente esquema.

P = *Proteger* antes de actuar. Debemos tener la seguridad que tanto el accidentado y el socorrista están fuera de peligro. Por ejemplo, no actuar sobre un electrocutado sin antes desconectar la energía eléctrica causante del accidente, de lo contrario el socorrista puede llegar a formar parte del mismo.

A = *Avisar*. Siempre que sea posible el socorrista dará aviso a los servicios sanitarios (médico, ambulancia, etc.) de la existencia del accidente, así se activa el Sistema de Emergencia, luego empieza el socorro en espera de ayuda.

S = *Socorrer* una vez protegido y avisado. El socorrista actúa sobre el accidentado efectuando el *Reconocimiento Primario*, o lo que es lo mismo, el reconocimiento de los "signos vitales": conciencia, respiración y pulso (en ese orden). Una vez verificado la presencia de los signos, iniciará el *Reconocimiento Secundario*, o lo que es lo mismo, el reconocimiento de "signos no vitales".



4.1. Reconocimiento de signos vitales

De acuerdo con el esquema precedente, el reconocimiento de los signos vitales se debe ejecutar siguiendo el orden establecido:

1. Conciencia: para saber si un accidentado está conciente, le preguntamos qué le pasó. Si contesta, se descarta el paro respiratorio. El problema se presenta cuando el accidentado no responde. Entonces habrá que sacudirlo suavemente y observar sus reacciones (apertura de ojos, gemidos, movimiento de cabeza). Si no hay ningún tipo de reacción significa que el accidentado está inconsciente, por lo tanto no se lo debe tocar (pues puede ser un paciente traumático y existir lesiones óseas o de otra índole que pueden agravar su estado en el futuro), pero debemos comprobar que respire.

2. Respiración: pueden presentarse dos alternativas:

a) Si respira, no será necesario seguir explorando los signos vitales, ya que el corazón funciona. El procedimiento a seguir si hay un posible traumatismo es colocar al paciente en una posición de seguridad para prevenir posibles consecuencias por vómitos. Esta posición se la conoce como PLS (Posición Lateral de Seguridad). Al accidentado se lo coloca de costado con la mano izquierda debajo del mentón con una de las rodillas flexionadas, tal como se muestra en la *Figura 31*:

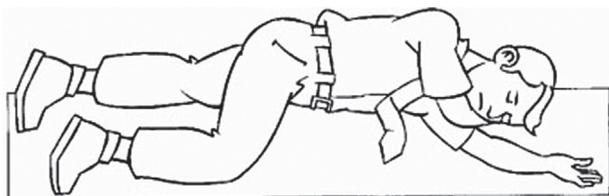


Figura 31

Puede ser que el paciente respire pero que esté traumatizado; por lo tanto, *no debemos moverlo*. Es conveniente seguir a su lado controlando sus signos vitales hasta que llegue la ayuda médica solicitada.

b) No respira: si al acercar nuestra mejilla o el dorso de la mano a su boca, comprobamos que no respira, enseguida y sin perder tiempo colocaremos al accidentado, sea traumático o no, en posición de decúbito supino (estirado mirando hacia arriba) abriendo las vías aéreas, mediante una hiperextensión del cuello (*Figura 32*). Si hubiese un posible riesgo neurológico actuar con sumo cuidado para evitar riesgos mayores. Evitar que la lengua obstruya la vía de entrada de aire. En ciertas ocasiones esta maniobra hace que el paciente vuelva a respirar. En caso contrario, y no existiendo cuerpos extraños en su boca (dentadura, caramelo, etc.), se concluye que el paro es evidente, por lo que debemos suplir la función ausente mediante reanimación cardiopulmonar. Para ello se efectúa respiración boca a boca (*Figura 35*).

3. Pulso: Cuando el paro respiratorio está instaurado y ya hemos procedido a realizar la respiración boca a boca, es necesario comprobar el funcionamiento cardíaco mediante la toma del pulso carotídeo (cuello) por ser éste el más próximo al corazón y el de más fácil localización (*Figura 34*).

Respiración artificial boca a boca: Si el paciente está inconsciente y no respira, se debe efectuar la respiración boca a boca

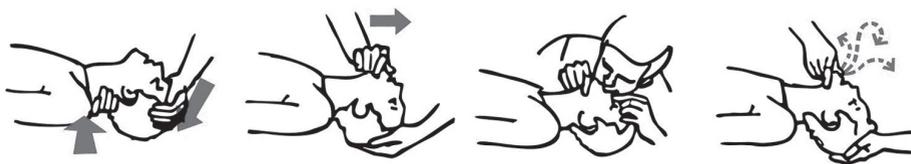


Figura 32: Respiración artificial boca a boca

La secuencia de la respiración boca a boca que deberá respetar el socorrista es:

1. Acostar al paciente de espaldas, levantarle el cuello e inclinarlo levemente hacia atrás.
2. Levantarle el mentón.
3. Oprimirle la nariz con una mano y con la otra tomarle el mentón para abrir su boca.

Mirar dentro de ella y cerciorarse de que no haya objetos que le impidan al accidentado la circulación del aire a los pulmones. Luego hay que tratar de cubrir con la boca la boca del accidentado de forma total y finalmente comenzar a soplar con fuerza observando si el pecho de la víctima se expande.

4. Después de soplar, retirar la boca y escuchar atentamente para percibir si la víctima exhala el aire. Repetir el procedimiento cada 5 seg, es decir unas 12 veces por minuto (*Figura 32*).

Si continúa sin respirar, se debe realizar la reanimación cardiaca externa, para lo cual primero se debe determinar sobre el esternón el punto a realizar la compresión (*Figura 33*).



Figura 33



Figura 34

Técnica de reanimación cardiaca externa: se debe realizar cuando el paciente está inconsciente, no respira y no tiene pulso

La secuencia es la siguiente:

1. Acostar al accidentado sobre una superficie firme (por ejemplo el suelo).
2. Localizar el extremo inferior del esternón (apéndice xifoide), ver *Figura 33*. Localización del punto de compresión, colocar sobre el mismo un dedo de la izquierda, después acercar la parte posterior de la mano derecha (talón), ver *Figura 35*.
3. Colocar la mano izquierda sobre la derecha, una vez ubicadas las manos, se debe empujar hacia abajo para lograr que el esternón se hunda 3 o 4 cm.



Figura 35: Técnica de reanimación cardiaca externa

La secuencia reanimación cardiaca externa y respiración boca a boca debe ser realizada (cuando actúa un socorrista o dos) de la siguiente forma:

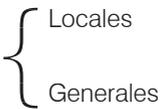
- | | | |
|---------------|---|-----------------------------------|
| 1 Socorrista | { | 2 insuflaciones (boca a boca) |
| | | 15 compresiones (masaje cardíaco) |
| 2 Socorristas | { | 1 insuflación (boca a boca) |
| | | 5 compresiones (masaje cardíaco) |

5. Heridas

Se denomina herida a toda discontinuidad de un tejido (generalmente es la piel) debido a un traumatismo; éste, además de lesionar la piel, puede afectar a otras estructuras subyacentes, como huesos, vasos sanguíneos, etc. Las heridas pueden ser de dos tipos: leves y graves, dependiendo de una serie de factores que hay que tener en cuenta a la hora de establecer los *factores de gravedad* que indican el tipo de cuidados que habrá que tener en cuenta para evitar posibles infecciones:

- Extensión de la herida.
- Profundidad de la misma.
- Localización de la herida en el cuerpo en general.
- Suciedad de la herida.
- Afectación de otras estructuras.
- Edad del accidentado.
- Estado de salud del herido.
- Objeto causante de la herida.
- Complicaciones de la herida.

En relación con este último factor (complicaciones), las mismas son



Locales
Generales

Complicación local:

- Infección.
- Afectación de otras estructuras.
- Problemas de cicatrización.

Complicación general:

- Hemorragias
- Infección generalizada (tétano).
- Presencia de *shock*.

5.1. Heridas leves

Se las considera así cuando los factores de gravedad antes mencionados no están presentes. Por lo tanto, el tratamiento estará dirigido a prevenir una infección de la herida, que se puede generar de dos formas:

1. Falta de asepsia del socorrista.
2. Desinfección deficiente.

Veremos cada uno de los factores:

1. Falta de asepsia del socorrista, antes de intervenir:

- Lavarse las manos (agua y jabón).
- Usar guantes estériles.
- Uso de material estéril o lo más limpio posible (es recomendable usar material desechable).

2. *Desinfección deficiente:*

- Dejarla exudar un poco.
- Dejarla visible (recortar pelos, cabellos, etc.).
- Limpiar la herida con agua y jabón y siempre desde dentro hacia fuera de la herida.
- Emplear antisépticos no colorantes, uno de los más usados es la povidona yodada.

5.1.1. **La infección generalizada tetánica**

De las complicaciones en general, el tétano es una infección que se puede desarrollar.

Es una enfermedad poco frecuente, pero tiene una incidencia letal importante (según datos bibliográficos mueren entre 30-90% de los que adquieren la enfermedad). Es difícil prevenir la infección dado que el *Clostridium tetani* es un microorganismo que produce dos clases de toxinas: tetanospasmina, que ocasiona los síntomas del tétano, y la tetanolisina, que hemoliza los eritrositos. El *Clostridium* se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente (suelo, polvo de las calles, heces humanas y animales, éstas sobre todo). La prevención más conocida y empleada es la vacunación de la población, si bien la efectividad está entre 20 y 30% en la población adulta, por lo que se recomienda aplicar una dosis de refuerzo ante una herida o quemadura, dado que el accidentado puede o no recordar si está vacunado y ante la incertidumbre, es mejor aplicar el refuerzo. De hecho, antes de una intervención quirúrgica es aconsejable vacunar para evitar una posible infección intrahospitalaria. La última dosis no debe ser mayor a 5 años.

¿Qué es lo que no hay que hacer *ante una herida*?

- Utilizar algodón.
- Quitar cuerpos extraños que estén clavados.
- Manosear la herida con las manos sucias y menos con objetos de los cuales se desconoce el origen.
- Utilizar antisépticos de color.
- Utilizar polvos, cremas, pomadas, etc.

5.2. **Heridas graves**

Son aquellas en que están presentes uno o más de los factores de gravedad. Este tipo de herida suele estar acompañada de una patología más grave que la propia herida, por lo tanto el socorrista sólo debe realizar los primeros auxilios y luego derivar al herido a un centro asistencial.

Actuación del socorrista:

- Evaluación primaria (control de signos vitales).
- Evaluación secundaria (coartación de las hemorragias, inmovilización de fracturas, etc.).
- Cubrir la herida con material estéril o lo más limpio posible.
- Evacuar al centro hospitalario.

Vendaje:

- Si el ambiente no es agresivo es conveniente dejar la herida al aire libre, pues así se favorece la cicatrización.
- En caso de sangrado o de ambiente contaminante, lo mejor es taparla con una gasa estéril, fijada con cintas adhesivas, mejor si es del tipo hipoalergénica y, cuando sea posible, dejar la herida al aire libre.

6. Quemaduras

La quemadura es el resultado del contacto de los tejidos del cuerpo humano con el calor. El mismo puede ser de origen accidental, laboral. En el laboratorio las causas principales de quemaduras pueden ser de distintos orígenes: como fuego; líquidos hirviendo o en llamas; sólidos incandescentes, como vidrio, metales; productos químicos; radiaciones y la electricidad.

El cuerpo humano tolera temperaturas de hasta 40 °C, por encima se produce una desnaturalización de las proteínas y se altera la capacidad de reparación celular. De hecho, la piel se daña por la acción directa del agente causante y por otro lado se produce por una isquemia cutánea secundaria.

La piel es el órgano más extenso del cuerpo humano. La misma está compuesta por dos capas: la externa llamada *epidermis*, que a su vez está compuesta por más de una subcapa, la más superficial es una subcapa córnea cuya función es de protección, dado que impide la pérdida de agua y la penetración de determinados microorganismos. La *dermis* es la segunda capa principal y es la más gruesa; según la bibliografía es de 20 a 30 veces más gruesa que la epidermis y su función es albergar los vasos sanguíneos y linfáticos y las terminaciones nerviosas, además de los folículos de las glándulas sebáceas y sudoríparas. Si esta capa se destruye, no se regenera; por lo tanto es necesario injertos para cicatrizar la misma.

6.1. Clasificación de las quemaduras

Las quemaduras se clasifican en función de la profundidad y extensión en:

Primer grado: de espesor parcial, se destruye solamente la capa superficial de la piel (la epidermis), y se manifiesta por un enrojecimiento de la zona lastimada. A esta lesión se la denomina "Eritema".

Segundo grado: también es de espesor parcial, ya que destruye la epidermis y un espesor parcial de la dermis. Se reconoce por una inflamación del tejido y/o formación de ampollas llamadas "Flictemas". La lesión es dolorosa y hay pérdida de líquidos del tejido lesionado y aparecen las ampollas.

Tercer grado: ésta abarca el total de la piel. Afecta a todas las capas de la misma incluyendo la dermis profunda. Es una lesión de aspecto blanquecino o chamuscada. No hay dolor dado que se han destruido las terminaciones nerviosas. Se la denomina "Escara".

6.2. ¿Qué hacer ante una quemadura?

Norma general: lo primero que se debe hacer es eliminar la causa a la brevedad para que el accidentado no se deteriore más. Por norma general se debe:

- Evacuar al accidentado del foco térmico, apagar las llamas, retirar el producto químico que está en contacto con la piel y todo aquello que sea el causante de la agresión térmica.
- Realizar una evaluación primaria y mantener los signos vitales. Si hubiese una quemadura del tipo inhalatoria o de intoxicación o inhalación de gases tóxico o irritativos, como el amoníaco, debe detectarse lo antes posible para eliminar la causa.
- Buscar otras posibles causas como hemorragias, fracturas, *shock* y eliminar la más importante.
- Refrescar la zona quemada. Esto es, aplicar agua en abundancia (durante 15 a 20 min) sobre la superficie quemada evitando enfriar al quemado (riesgo de hipotermia).
- Quitar ropas, joyas y todo aquello que mantenga el calor. Retirar especialmente la ropa que tenga fibras sintéticas, porque se adhiere a la piel quemada y puede causar desprendimientos de la misma; por lo tanto se debe realizar la operación con mucho cuidado.
- Trasladar en lo posible a los quemados a Centros de Salud que posean unidades para quemados. Al hacerlo colocar al accidentado en posición lateral para evitar posibles vómitos (ahogo).

6.3. ¿Qué no se debe hacer ante una quemadura?

- Aplicar pomadas, cremas, pasta dentífrica, ungüentos, etc., sobre la quemadura; sólo agua.
- Enfriar demasiado al paciente. Hacerlo sólo sobre la zona quemada. Si la zona quemada es superior al 20%, se lo debe tapar con una manta térmica.
- Dar agua, alcohol, analgésicos, etc., por vía oral.
- Romper las ampollas, pues el líquido que contienen protege de la posible infección; al hacerlo se abre una puerta para los gérmenes (generando una infección).
- Dejar sola a la víctima. En caso de tener que pedir ayuda, en lo posible llevarla con el socorrista si sus lesiones lo permiten.

6.4. Origen y causa de quemaduras

Como hemos dicho las quemaduras pueden tener distinto origen y causa, veamos las más comunes en el laboratorio.

6.4.1. Quemadura por fuego

En este tipo de quemaduras las llamas no deben apagarse con agua, se debe hacer rodar y con cuidado a la víctima sobre el suelo o sofocar a la víctima con una manta de

tela común a falta de una manta ignífuga. Una vez apagadas las llamas podemos lavar con agua para eliminar suciedad y retirar la ropa con más facilidad.

6.4.2. Quemaduras químicas

Reproducen las quemaduras cuando la piel entra en contacto con sustancias químicas, como ácidos o bases fuertes. En este caso, aparte de las características fisicoquímicas, interesa mucho el tiempo de contacto y la cantidad de sustancia química. En ese tipo de quemaduras lo primero es retirar la sustancia química en contacto con la piel.

Las acciones a seguir son:

- Lavado generoso de la zona afectada con agua durante 15 a 20 min, teniendo cuidado de no salpicarnos con la sustancia química sobre nuestra piel, menos aún los ojos.
- Durante la ducha retirar todos los objetos que estén en contacto con la piel, como gafas, ropa, calzado, anillos, pulseras, relojes y otro tipo de joyas.
- Aplicar la Norma General.

6.4.2. Quemaduras eléctricas

La energía eléctrica puede dar lugar a lesiones, sobre todo cuando pasa por el interior del cuerpo. Los resultados pueden ser un accidente cardiorrespiratorio, contracciones tetánicas o convulsiones. A nivel de piel puede producir quemaduras cutáneas en los puntos de entrada y salida. En este tipo de quemaduras lo primero a realizar es poner en funcionamiento el sistema básico: el PAS.

La secuencia de actuación es:

- Cortar la energía eléctrica y prever la caída del sujeto.
- Iniciar la evaluación primaria y en caso de detención cardiorrespiratorio, iniciar el sistema vital básico.
- Buscar posibles lesiones como hemorragias, fracturas, tratar de detectar si hay principios de *shock* (tratando siempre primero la lesión más grave).
- Colocar sobre la quemadura un apósito limpio y estéril.
- Trasladar al accidentado bajo asistencia médica a un centro asistencial con la premura que la misma requiere.

7. Intoxicaciones

Los laboratorios fisicoquímicos, microbiológicos, bioquímicos y biológicos están potencialmente expuestos a intoxicaciones con compuestos químicos. Las *vía de penetración* al organismo puede ser alguna de las tres siguientes: inhalatoria, digestiva y cutánea.

Las intoxicaciones pueden ser agudas o no, dependiendo del tipo de compuesto, la concentración y su forma de manifestarse. Esto último quiere decir que los gases que

no tienen olor, como el monóxido de carbono, son más peligrosos que aquellos que sí lo tienen, como sulfhídrico y amoníaco, ya que por ello se perciben rápidamente.

Las acciones a tomar como primeros auxilios son en general las más lógicas. Veamos para cada una de las vías.

7.1. Inhalatoria

- Ventilar el ambiente de trabajo abriendo puertas y ventanas.
- Retirar del intoxicado: cuello, corbatas y todo aquello que impida una buena respiración.
 - Si se percibe o hay indicios de la presencia de algún gas inflamable o irritante, no prender fuego ni activar las llaves de energía eléctrica (como la de las luces, por ejemplo).

7.2. Digestiva

Si fue por ingestión, las acciones de auxilio serán como mínimo:

- No suministrar alimentos, ni medicamentos.
- Conservar restos del material donde estaba contenido el tóxico (si el mismo es líquido, la botella que lo contenía, su etiqueta) para su posterior análisis.

7.3. Cutánea

- Lavar perfectamente con abundante agua potable.
- No emplear medicamentos, pomadas y/o polvos.
- Tratar de conservar restos del material para su análisis posterior.

Nota: Como medida de prevención para cualquiera de las vías de penetración, es recomendable iniciar el sistema de emergencia PAS iniciando con el aviso a un centro de asistencia y en lo posible especializado y trasladando al paciente con la premura del caso.

Bibliografía

- Cabrera Soler, R.** (1987): *Manual de primeros auxilios*. Nueva Lente, Madrid.
- Lefèvre, M.J.** (1977): *Manual de primeros auxilios de urgencia*. Editorial Científico-Médica.
- Salle, A.J.** (1960): *Bacteriología*. Editorial Gustavo Gili SA, Barcelona.
- (1993): *Manual de primeros auxilios*. Agencia Interdeco. Publisher, Canadá.
- (1996): *Manual de seguridad en el trabajo*. Fundación MAPFRE, Editorial MAPFRE, Madrid, España.

Anexo C

Botiquín de primeros auxilios

Se deben colocar en lugares estratégicos, con los medicamentos y elementos más indispensables para las primeras curas.

Se conservarán siempre ordenados, provistos de todo lo necesario y dispuestos para usarse en cualquier momento durante las horas de trabajo. Conviene hacer responsable a una persona (cuya identidad deben conocer todos los integrantes del sistema laboratorio) del mantenimiento y cuidado. Además, será quien llevará un inventario del contenido que deberá realizarlo en forma frecuente.

Conviene colocar los teléfonos de urgencia pública, ambulancias, hospitales, dispensarios y nombres de médicos, del seguro mutual o el que fuere.

El botiquín básico de primeros auxilios para un laboratorio, debe tener como mínimo los siguientes elementos:

- Vendas de distinto tamaño.
- Tela adhesiva.
- Gasas estériles de distinto tamaño.
- Agua oxigenada de 10 volúmenes.
- Alcohol etílico de 96 °.
- Desinfectante tipo Merthiolate u otro como Pervinox (clorhexidina).
- Algodón esterilizado.
- Bolsas de goma para agua o hielo.
- Termómetro clínico.
- Agujas esterilizadas.
- Copa lavajojos.
- Cuchara de té (en acero inoxidable).
- Una tijera mediana.
- Solución de bicarbonato de sodio al 5% para quemaduras con ácidos fuertes, bromo, cloro y fósforo. Antes del uso de esta solución se debe lavar con abundante agua.

- Ácido acético al 5%, para quemaduras con álcalis fuerte, sodio y potasio metálico. Se debe lavar con abundante cantidad de agua y luego con acético.
- Solución sobresaturada y esterilizada de cloruro férrico, como coagulante en cortaduras. Aplicar previo lavado y desinfección de partes (especialmente en manos).
- Un antídoto universal, constituido por dos partes de carbón activo, una parte de óxido de magnesio y una parte de ácido tánico.

Un botiquín de primeros auxilios cumplirá su cometido si todos los frascos se encuentran perfectamente rotulados y está indicada la forma de uso.

Reponer cada elemento o producto que se termine o se encuentre vencido, inmediatamente.

El botiquín se debe ubicar en un lugar bien visible y libre de obstáculos para acceder al mismo sin dificultades y rápidamente.

Es recomendable disponer de un cilindro con oxígeno medicinal con su correspondiente regulador de presión y de una mascarilla.

Es importante disponer de un manual de primeros auxilios en el que figure la conducta a seguir en las urgencias más elementales, como: quemaduras, cortes, salpicaduras cutáneas y oculares.

No guardar medicamentos de uso personal en un botiquín de uso general, para evitar equivocaciones o uso indebido de algún medicamento.

Importante: *siempre que se deba prestar auxilio a un accidentado, limitarse a ello. Sólo se debe actuar sobre lo externo, dado que si no es médico o paramédico puede llegar a tener problemas jurídicos y hasta penales si el auxilio brindado no fue exitoso.*

Bibliografía

Cabrera Soler, R. (1987): *Manual de primeros auxilios*. Editorial Nueva Lente, Madrid.

Safar, P.; Bircher, M. D. (1987): *Cardiopulmonary cerebral resuscitation*. Saunders Publi, Illustration medical.

Anexo D

Recomendaciones generales de trabajo en laboratorios fisicoquímicos

La higiene es una forma de crear normas para prevenir accidentes y crear actitudes de seguridad.

En el *Capítulo 5* se enunció una definición de “Higiene” de la AIHA como: “La ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de la comunidad”.

Los malos hábitos son actitudes que deben minimizarse y ello se logra a través de normativas, reglas, etc.; es decir, hay que actuar sobre el factor humano. Para la OIT los accidentes de trabajo relacionados con el factor humano “pueden atribuirse directa o indirectamente a fallas del hombre”. Simonin dijo que “el hombre es la causa de las causas”.

El siguiente listado de reglas y recomendaciones es parte de consideraciones ya vistas, pueden ser de gran utilidad, siempre que sean aplicadas en el momento oportuno y con seguridad:

01. Los líquidos inflamables no se deben calentar directamente sobre la llama, emplear baños de aceite, agua, arena, o mantas de calefacción. En general se los debe manipular lejos del fuego o zonas calientes.

02. Los aparatos y recipientes en los que puede haber desprendimiento de gases no deben cerrar herméticamente para evitar una sobrepresión interior que pueda provocar explosión. Se deben exceptuar aquellos equipos especiales como autoclaves, equipos de hidrogenación, reactores, etc., ya que fueron diseñados con paredes adecuadas para trabajar a alta presión (la generada por la energía térmica y por la exotermia de la reacción misma). Además están dotadas de válvulas de escape como medida de seguridad.

03. Los equipos que trabajen al vacío no deben tener paredes delgadas ni superficies planas.

04. Los tubos de ensayo no deben calentarse por el fondo, sino por flameo lateral al líquido que contienen; además deben estar inclinados y su boca no debe apuntar a operador alguno.

05. Emplear protectores faciales, guantes, delantales cuando se manipulen álcalis fundidos, compuestos cáusticos, se trasvasen ácidos y álcalis, en trabajos con sustancias explosivas, o con equipos a vacío o a presión.

06. Los aparatos que pueden estallar con facilidad deben aislarse con pantallas metálicas, vidrio, etcétera.

07. Cuando se desconoce la naturaleza de un compuesto se debe investigar con pequeñas cantidades (del orden de los mg), para verificar si al calentarlos producen explosiones, humos, colores, olores, etcétera.

08. Nunca debe degustarse los productos químicos, y más aún cuando se desconocen su naturaleza, origen, propiedades, ya que pueden ser la causa de un envenenamiento.

09. Para percibir olores no es necesario llevarse la boca del recipiente a las fosas nasales, sino que basta con agitar el aire con la mano.

10. En operaciones de molienda o trituración, donde se generan partículas que permanecen en suspensión en el ambiente, debe usarse máscaras, barbijos, etc., para proteger las vías respiratorias. Una buena máscara debe reunir ciertas condiciones como:

- Ser la adecuada para la protección según lo que se genere en cada caso: partículas, vapores, etcétera.

- Ajustárselas bien para que el único aire que llegue a los pulmones sea el que pasa por el filtro.

- No dificultar la visibilidad.

11. Los matraces y vasos que contienen líquidos deben taparse, en caso de inflamarse, con una placa de madera, una cápsula de porcelana o de vidrio para impedir la entrada de aire y así extinguir el fuego.

12. El fuego originado por líquidos derramados se debe apagar con mantas de amianto o extintores (fuegos clase "B"). No tratar de extinguir con agua cuando el líquido derramado es insoluble en ella.

13. Sobre las mesadas no se debe apoyar en forma directa elementos de vidrio, porcelana calientes, porque se pueden romper debido a diferencias de temperatura. Para evitar ello se debe disponer en los laboratorios de trozos de madera o amianto como base de apoyo.

14. En las piletas *no deben arrojarse*:

- Cuerpos sólidos, aun cuando estén bien pulverizados.
- Ácidos y/o álcalis, porque corroen los conductos. Cuando no hay alternativa se pueden llegar a arrojar pero diluyendo con gran cantidad de agua. El operador debe

tener como norma general que al diluir líquidos, se debe mantener bien abierto el grifo mientras se realiza la operación tratando de evitar salpicaduras.

- Compuestos inflamables, explosivos y/o tóxicos.

15. Los reactivos, una vez sacados de sus frascos, no deben ser vuelto a ellos, puesto que pueden producirse contaminaciones no deseables.

16. Los matraces de destilación deben sujetarse con pinzas o agarraderas, pero tomándolos por la parte del cuello, que está por encima de la tubuladura lateral.

17. Los termómetros no deben colocarse tocando las paredes de los matraces, porque pueden romperse y producir contaminación, además de dar lecturas erróneas.

18. En las filtraciones al vacío, cuando se emplean trompas de agua o bombas de vacío, se debe intercalar entre el equipo y el kitasato una trampa de seguridad.

19. En las filtraciones al vacío, cuando se emplea una bomba mecánica, se debe sujetar el kitasato a un soporte universal o a un rack, mediante agarraderas para así evitar caídas del embudo de Büchner, con la rotura del mismo, pérdidas de tiempo y probables accidentes.

20. Acostumbrarse siempre a conocer las propiedades de aquellos compuestos de uso esporádico a través de manuales, banco de fichas de datos de seguridad, normas, la Ley 19.587, "Higiene y Seguridad en el Trabajo", decreto 351/79.

21. Tener cuidado de familiarizarse con el uso de compuestos riesgosos.

22. Acostumbrarse a emplear las campanas o cabinas de captación localizadas cuando se trabaja con compuestos tóxicos (tengan o no olor), corrosivos, irritantes., inflamables, etcétera.

23. En los trabajos con sustancias explosivas, emplear la menor cantidad posible de compuesto.

24. Los residuos de sodio y potasio se deben destruir con alcohol etílico en frío. Nunca los arroje a piletas de lavado, cubos de desperdicios. Jamás debe calentarse sodio o potasio metálico en baños de agua o vapor. Los refrigerantes de los equipos en los que se trabaja con estos metales deben estar en buen estado para evitar el posible contacto de agua con dichos compuestos.

25. Deben evitarse las mezclas explosivas, entre la que se puede citar: éter en presencia de aire u oxígeno, que se oxida dando peróxidos explosivos (en especial cuando se lo guarda largo tiempo y a la luz). Este compuesto debe guardarse en frascos color ámbar y protegido de la luz. La presencia de peróxidos se comprueba agitando suavemente el éter con disolución acuosa de yoduro de potasio y ácido acético glacial; en caso positivo aparecerá una coloración amarilla que al agregar engrudo de almidón tornará al azul.

Un método para eliminar estos peróxidos del éter es agitándolo lentamente con yoduro de potasio; luego se debe destruir el yodo liberado con tiosulfato.

26. Con peróxidos nunca usar espátulas de metal puesto que el contacto con metales puede llevar a producir explosiones. Usar espátulas de cerámica o madera.

27. En la determinación de aldehídos se producen fulminatos de mercurio o de plata, altamente explosivos por efecto del calor, rozamiento, percusión. No preparar los reactivos con demasiada anticipación y enjuagar los elementos de trabajo con ácido nítrico, que destruye los fulminatos.

28. Los nitratos y cloratos producen mezclas explosivas frente a sustancias oxidables como carbón, azufre, sales amónicas y otras, por lo que se debe prestar atención y evitar esas mezclas.

El nitrógeno líquido o el aire líquido no deben ser usados para enfriar material combustible en presencia de aire porque pueden explotar como resultado de una posible condensación del oxígeno del aire.

Estos refrigerantes criogénicos deben usarse con mucha precaución. En contacto con la piel producen serias quemaduras

Pueden producirse explosiones al poner en contacto el sodio, potasio o magnesio en caliente cuando se realizan análisis cualitativos con derivados halogenados, como cloroformo y tetracloruro de carbono.

29. El hipoclorito de sodio nunca debe ser agregado sobre el ácido sulfúrico, puede reaccionar dando una niebla azul de ácido hipocloroso en estado naciente, y causar la muerte en forma rápida.

30. En general es más deseable desecar las disoluciones que a los compuestos mismos. Pero se debe asesorar que el desecante a emplear no sea la causa de un accidente por incompatibilidad con los componentes de la disolución a secar. Así, por ejemplo, el cloruro de calcio se emplea ampliamente como desecante, pero reacciona con el cloroformo en presencia del oxígeno para dar cloruro de carbonilo (gas fosgeno) muy tóxico, su concentración máxima permisible (MCP) está en el orden de 0,1 ppm, actúa como asfixiante, produce anoxia y edema pulmonar.

31. Cuando se manipulan sustancias venenosas (tóxicos), la limpieza de manos, utensilios y lugar de trabajo debe ser esmerada, para evitar peligros de envenenamiento.

32. En todos los laboratorios debe haber recipientes de desperdicios metálicos con tapa del mismo metal para arrojar los desechos inflamables, combustibles del laboratorio, (papeles, compuestos orgánicos o inorgánicos). Aunque es deseable disponer de distintos recipientes para separar los residuos de acuerdo a su estructura, antes de ser retirados del ámbito del laboratorio.

33. Sobre el plano de trabajo de la mesada no debe haber elementos y/o equipos de laboratorio que no se usen, tales como frascos, balones, erlenmeyers que contengan líquidos, que se encuentren destapados y sin rotular, porque dificultan el trabajo y pueden ser el origen de un accidente.

34. En todo trabajo de laboratorio una premisa es trabajar en forma ordenada y limpia, ello redundará en éxitos.

35. Durante el trabajo en el laboratorio se debe evitar el uso de echarpes, cabellos largos y sueltos, también es necesario emplear guardapolvos o chaquetillas, con mangas largas y puños con broches, para evitar accidentes.

36. El personal deberá lavarse las manos después de quitarse los guantes de protección, así como al regresar de los sanitarios o de otras áreas fuera del laboratorio.

37. Se deben usar carteles indicadores de precaución apropiados cuando existan potenciales riesgos de accidentes, por ejemplo durante una destilación de éter, solventes, etcétera.

38. Nunca dejar un equipo trabajando solo cuando la operación es riesgosa. Siempre deje un compañero a cargo del mismo e informado del peligro.

39. Si está trabajando con material combustible y/o inflamable tome la precaución de alertar mediante un cartel, bien ubicado y escrito con caracteres grandes y legibles: NO FUMAR; y menos aún si hay normativas que así lo indican y para un operador de buen criterio.

40. El material de vidrio usado debe ser vaciado de soluciones, solventes, etc., y enjuagado con agua antes de ser entregado para su lavado regular.

En caso de de un lavado especial o con precauciones adicionales a las normales, el personal de limpieza debe ser informado previamente.

41. Todo compuesto nuevo se lo debe considerar como peligroso, hasta el momento en que se haya adquirido certeza de que no lo es en absoluto.

42. Durante el trabajo en el laboratorio los alumnos y docentes deben estar conscientemente seguros del trabajo que realizan.

43. Evitar mezclar reactivos por simple curiosidad.

44. Evitar las visitas, porque distraen.

45. Los supervisores o jefes de laboratorio en unidades académicas, deben estar familiarizados con las normativas existentes aplicables al laboratorio.

46. El lugar de trabajo debe estar organizado y limpio aun en las horas de trabajo.

47. Nunca trabajar solo. En caso de accidente no habrá quién lo pueda ayudar.

48. Evitar realizar trabajos ajenos al laboratorio.

49. Conocer dónde están las salidas de emergencia

50. Conocer dónde se encuentran los Equipos de Protección Individual (EPI).

51. Como se usa el EPI (máscaras, gafas con y sin filtro, etc.).

52. Antes de retirarse del laboratorio, asegurarse de:

- Cortar todos los servicios que no se usan.
- Controlar que no queden mecheros encendidos.
- Verificar que no queden equipos funcionando.
- Cerrar puertas de oficinas y laboratorio.
- Cerrar la puerta de emergencia con llave.

53. No guardar lápices afilados, objetos cortantes o punzantes en los bolsillos del guardapolvo, para no lastimarse.

54. Tener en un lugar visible los números de teléfonos, con letra clara y tamaño grande, de emergencias, como médico, bomberos, ambulancias, policía, Cruz Roja, Emergencias Médicas, etcétera.

55. Se deben utilizar gafas protectoras o máscaras faciales cuando existe peligro de salpicaduras con compuestos químicos o proyección de partículas.

56. El personal debe estar está formado y entrenado para la localización de los equipos de seguridad.

57. Se debe utilizar siempre guantes protectores cuando se trasvasan productos químicos peligrosos.

58. Se debe tener a mano un recipiente con neutralizador de ácidos cuando se trabaja con éstos.

59. La ducha de seguridad debe ser fácilmente accesible a todo el personal y debe comprobarse su funcionamiento de manera regular.

60. Las válvulas de las duchas de seguridad deben estar claramente indicadas y deben abrirse rápidamente en todas direcciones y permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente.

61. El personal de laboratorio debe saber que siempre se vierte el ácido sulfúrico sobre el agua y nunca el agua sobre el ácido.

62. Todas las botellas de ácido deben estar herméticamente cerradas cuando no se usan.

63. El laboratorio se inspecciona a menudo y a fondo para evaluar las potenciales condiciones de inseguridad, tomándose rápidamente medidas para corregirlas.

64. Se debe mantener la disciplina y las reglas de seguridad y hacer cumplir a todo el personal y también a las visitas a cumplirlas.

65. No se deben tolerar nunca bromas pesadas, ni de ninguna clase.

66. Nunca trabajar sentado frente a equipos que trabajan a presión, pueden explotar.

67. Los frascos Dewar y vasijas grandes de vacío deben estar apantallados o forrados con alguna envoltura resistente (madera, tejido).

68. Los frascos de ácido se deben limpiar previo a abrirse.

69. Los aparatos o equipos altos y frágiles deben siempre fijarse a un rack o soporte universal.

70. El éter y otros productos que formen peróxidos deben estar bien etiquetados, con la fecha de apertura de la botella.

71. Los recipientes que contienen mercurio deben ser guardados bien cerrados, etiquetado y en lo posible en los estantes inferiores de los armarios para evitar roturas por descuido.

Anexo E

Recomendaciones generales de trabajo en laboratorios bioquímicos y biológicos

El uso de técnicas microbiológicas apropiadas son fundamentales para trabajar con seguridad en el laboratorio y así prevenir enfermedades profesionales de microbiólogos y biólogos. Hay que proteger además al material contra posibles contaminaciones cruzadas que pueden invalidar el trabajo.

Algunas de las principales técnicas más usadas son:

a) *Tareas de organización*

- La señal internacional de riesgo biológico debe colocarse en las puertas de los locales en donde se manipulen microorganismos del grupo de riesgo 2.
- Nunca pipetear directamente con la boca fluidos infecciosos o tóxicos, usar siempre un dispensador.
- Tapar siempre las pipetas con algodón.
- No soplar material infeccioso de las pipetas.

b) *Tareas de inoculación*

- Llenar cuidadosamente la jeringa para reducir al mínimo la formación de espuma y burbujas en el material que se inyectará.
- Evitar el empleo de jeringas para mezclar líquidos infecciosos. En caso de hacerlo asegurarse de que sólo la punta de la aguja penetre en el líquido del recipiente y abstenerse de actuar con excesiva fuerza.
- Utilizar y abrir material homogeneizado en cámaras de seguridad biológica.
- Si debe agitar material de cultivo, trabajar en cámara de seguridad biológica.
- Utilizar frascos de cultivo resistentes con tapón a rosca y orificios de salida, con filtros si fuese necesario, y un buen sistema de sujeción.
- Colocar un tapón humedecido en alcohol alrededor de la tapa y aguja cuando se extrae con jeringa y aguja, vacunas de un frasco con tapón de goma.

- Emplear solamente jeringas hipodérmicas con traba de aguja o aguja fina (desechables).
- Expulsar el exceso de fluido y burbujas de la jeringa verticalmente sobre un tapón de algodón humedecido con desinfectantes o dentro de una pequeña botella con algodón.
 - Antes y después de inyectar a un animal, limpiar el lugar de inyección con desinfectantes.
 - Esterilizar las pipetas y jeringas descartadas antes de desecharlas.
 - Antes de centrifugar verificar que:
 - los tubos no estén quebrados o fisurados;
 - el interior del portatubos no tenga las paredes ásperas debido a la erosión o material adherido;
 - la almohadilla de goma no tenga trozos de vidrio adheridos;
 - en el espacio entre tubo y portatubos haya solución germicida porque no sólo desinfecta la superficie de ambos, sino que además produce una excelente amortiguación contra golpes, que de otro modo podrían romper el tubo.
 - Evitar decantar los tubos de centrifuga; si debe hacerlo, después limpie el borde externo con un desinfectante. Evitar llenar los tubos hasta el punto tal que el borde se humedezca con el cultivo.
 - Envolver las ampollas de cultivo liofilizada con un algodón humedecido con desinfectante antes de quebrarla. Emplear siempre guantes.
 - Nunca dejar sola una bandeja descartada con material infectado.
 - Todo material contaminado a ser descartado, debe previamente esterilizarse.
 - Periódicamente limpiar las cajas de hielo seco y refrigeradoras en las cuales se guardan los cultivos para eliminar las ampollas vacías o tubos rotos. Utilizar guantes de goma y protección respiratoria durante la limpieza.
 - Manejar con guantes de goma los especímenes de suero de diagnóstico que implican riesgos de hepatitis infecciosa.
 - Desarrollar el hábito de mantener las manos lejos de la boca, nariz, ojos y rostro. Esto puede evitar una autoinoculación.
 - Evitar fumar, comer y beber en el laboratorio
 - Tomar precauciones especiales contra la inoculación intranasal e intratraqueal de material infeccioso.
 - Dar preferencias a las ropas de trabajo que se cierran en la parte posterior.
 - Usar solamente ropa de laboratorio limpia en el comedor, biblioteca y otras áreas fuera del laboratorio.
 - Agitar los caldos de cultivo de forma tal de evitar el humedecimiento del tapón o tapa.
 - Los medios de cultivo que han sido sembrados y desarrollados, esterilizarlos antes de arrojarlos al recipiente de los desperdicios.

c) Para el personal de limpieza

- Usar siempre la ropa de protección suministrada, siguiendo las instrucciones del Jefe o Director del laboratorio.
- Lavarse las manos con frecuencia y siempre que se salga del laboratorio para ir a otra parte del edificio.
- No llevar ropa de protección a la cantina o sala de reposo del personal.
- No limpiar ni quitar el polvo de las mesas de trabajo sin autorización del personal técnico del laboratorio.
- No entrar sin autorización especial en ningún local en cuya puerta figure una señal de "Acceso restringido", por ejemplo, o una señal de riesgo biológico o de radiaciones.
- No vaciar ningún recipiente con residuos a menos que haya un letrero o instrucciones indicando que está permitido.
- No comer, beber, fumar o maquillarse en ningún laboratorio. Utilizar a estos efectos la sala de reposo del personal.
- Tener siempre a disposición, y próximo al lugar de trabajo de los analistas o investigadores, recipientes con soluciones descontaminantes (con descontaminantes físicos o químicos, según *Anexo L*), y más aún si trabaja material biológico que potencialmente pueden estar contaminados con el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (HIV). Recomendaciones que son aplicables al trabajo con otras enfermedades transmitidas por sangre y con diferentes grados de infectividad como el virus de la hepatitis B y C.
- Todo el material empleado para el estudio de HIV y las hepatitis B y C, debe ser cuidadosamente descontaminado. Dichos elementos serán posteriormente desechados o lavados, secados y/o esterilizados según los requisitos que deban reunir para su reutilización. Aun en el caso de emplear material desechable debe ser esterilizados antes de descartarlo para su destrucción.

Bibliografía

Steere, N.V. (1979): Handbook of Laboratory Safety. CRC-Press, Estados Unidos.

Recomendaciones de bioseguridad para los laboratorios de diagnóstico e investigación que trabajan con material biológico. Aprobadas por resolución Secretarial Resolución N° 228/83, Secretaría de Salud, Programa Nacional de lucha contra los RH y SIDA.

Mullins, J.M. et. al. (1977): *Quality assurance practices for health laboratories.* Inhorn, American Public Health Association, Washington DC, 1007. Federal register (Jan. 31, 1990).

(1993): *Laboratory Biosafety Manual*, 2da. ed., Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

Anexo F

Incompatibilidad de los compuestos químicos

Se denominan “compuestos químicos incompatibles” a aquellos que al entrar en contacto dan lugar a reacciones violentas y en ocasiones incontrolables, con desprendimiento de calor (y hasta ignición), explosión; expansión, etcétera.

Algunos de ellos son incompatibles nada más que en determinadas circunstancias bien definidas y esencialmente variables de un producto a otro.

Los productos químicos incompatibles no deben ser almacenados, transportados ni manipulados juntos.

| Producto | Evitar contacto con |
|---------------------------|---|
| Acetona | Mezclas concentradas de ácidos nítrico y sulfúrico |
| Acetileno | Cloro, Bromo, Flúor, Plata y Mercurio |
| Ácido acético | Ácido crómico, ácido nítrico, etilenglicol, ácido perclórico, peróxidos, permanganato |
| Ácido cianhídrico | Ácido nítrico y álcalis |
| Ácido crómico | Ácido acético, naftaleno, glicerol, alcohol y líquidos inflamables en general |
| Ácido fluorhídrico | Amoniaco acuoso o anhidro y metales |
| Ácido nítrico concentrado | Ácido acético, anilina, ácido crómico, ácido cianhídrico, sulfuro de hidrógeno, líquidos inflamables en general, cobre, latón y metales pesados |
| Ácido oxálico | Plata y mercurio |
| Ácido perclórico | Anhídrido acético, alcoholes, bismuto y sus aleaciones, papel, madera, aceite y grasas |
| Ácido sulfúrico | Clorato de potasio, perclorato de potasio, permanganato de potasio, bromuro de sodio, cianuro de sodio, ácido yodhídrico, bromuro de potasio, bromuro de sodio, cianuro de sodio, tiocianato de sodio, polvos metálicos, picratos, fulminatos |
| Amoniaco anhidro | Mercurio, cloro, hipoclorito de calcio, yodo, bromo, ácido fluorhídrico anhidro |

| | |
|---------------------------------------|---|
| Anilina | Ácido nítrico y peróxido de hidrógeno |
| Azidas | Ácidos en general |
| Bromo y cloro | Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano, u otro gas de petróleo, hidrógeno, carburo de sodio, ácido yodhídrico, tiocianato de sodio, metales finamente pulverizados, aguarrás |
| Carbón activado | Hipoclorito de calcio y todos los agentes oxidantes |
| Cianuros | Ácidos en general |
| Cloratos y percloratos | Sales de amonio, metales finamente divididos, azufre, materia orgánica finamente dividida, mezclas combustibles, ácido sulfúrico |
| Cobre | Acetileno y peróxido de hidrógeno |
| Dióxido de cloro | Amoníaco, metano, fosfina, sulfuro de carbono |
| Fósforo (blanco) | Aire, oxígeno, álcalis y agentes reductores |
| Flúor | Ácido benzoico, yoduro de potasio, acetato de etilo, ClH, piridina, anilina, acetato de sodio |
| Hidrocarburos | Butano, propano, éter, flúor, bromo, ácido crómico, peróxido de sodio, oxidantes en general |
| Hidrógeno | Disulfuro de carbono, benzaldehido, glicerina, etilenglicol, acetato de etilo y metilo, furfural |
| Hidrógeno sulfurado | Ácido nítrico y gases oxidantes |
| Hipocloritos | Ácidos y carbón activado |
| Líquidos inflamables | Nitrato de amonio, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, peróxido sódico y halógenos |
| Materiales de arsénico | Agentes reductores |
| Metales alcalinos y alcalinos térreos | Agua, tetracloruro de carbono, hidrocarburos clorados, dióxido de carbono y halógenos |
| Mercurio | Acetileno, ácido flumínico y amoníaco |
| Nitrato de amonio | Ácidos, metales pulverizados, líquidos inflamables, cloratos, nitritos, azufre, materias orgánicas finamente divididas y combustibles |
| Nitrato sódico | Ácidos |
| Nitritos | Bases inorgánicas y aminas |
| Nitroparafinas | Agua |
| Óxido de calcio | Aceites, grasa, hidrógeno, líquidos, sólidos, gases inflamables |
| Oxígeno | Ácido sulfúrico y otros ácidos, sales de amonio, metales en polvo, azufre, materiales combustibles y orgánicos finamente divididos |
| Plata | Acetileno, compuestos amoniacaes, ácido crómico, ácido tartárico |
| Permanganato de potasio | Cobre, bromo, hierro, metales y/o sus sales, alcoholes, material orgánico, acetona, anilina, nitrometano, hidrógeno líquido |
| Peróxido de hidrógeno | Alcohol etílico, alcohol metílico, ácido acético glacial, anhídrico acético, acetona, anilina, hidracinas, nitrometano |
| Peróxido de sodio | Ácidos orgánicos e inorgánicos |
| Potasio | Agentes reductores |
| Seleniuros | Agua, dióxido de carbono, tetracloruro de carbono |
| Sodio | Ácido nítrico fumante y gases oxidantes |
| Sulfuro de hidrógeno | Ácido y gases oxidantes |
| Sulfurosos | Reductores |
| Teliuros | Sodio |
| Tetracloruro de carbono | Acetileno, amoníaco anhidro o acuoso, hidrógenop |

Bibliografía

- Barral, M.Á.; Uñates, C.A.; Redonder, N.** (1998): Contaminación química en ambientes de trabajo (curso).
- Guardino Solá, X.:** NTP N° 479 "Reactividad de los productos químicos", en Prevención de riesgos en el laboratorio químico. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.
- Picot, A.; Ygrenouillet, P.** (1992): La seguridad en laboratoire de chimie et biochimie. 2da. ed., Technique et Documentation Lavoisier, Aris.
- Plunkett, E.R.**(1968): Manual de toxicología industrial. Ed. Urmo, Bilbao, España.
- Rodríguez Pérez, C.M.; Ravelo Socas, J.L.; Polazón López, J.M.** (2005): Técnicas de organización y seguridad en el laboratorio. Editorial Síntesis SA, Madrid, España.
- Steere, N.V.** (1990): Handbook of laboratory safety. 2da. ed., CRC Press, EEUU.
- (1971): Manual de Higiene Industrial, Fundación MAPFRE, Editorial MAPFRE, Madrid.
- Normas IRAM N° 3.645, parte 1 y parte 4.
- "Safety in Academic Chemistry Laboratories" ACS.
- "Revista Seguridad", Instituto Argentino de Seguridad.

Anexo G

Evaluación de la seguridad en un laboratorio

Los laboratorios son un espacio de trabajo que por distintas causas se producen accidentes como incendios, explosiones, problemas eléctricos, toxicidad de los compuestos con los que se trabaja, problemas con los equipos y problemas de falta de iluminación y de confort.

De ahí la conveniencia de evaluar la seguridad del lugar de trabajo a través de un cuestionario que permitirá determinar el porcentaje de seguridad del mismo. La fórmula propuesta por Hedberg y Bussel es:

$$\% = \frac{\text{N}^\circ \text{ de respuestas Sí} \times 100}{120 - \text{N}^\circ \text{ de respuestas NC}}$$

donde 120 = al número de preguntas de la evaluación

El porcentaje obtenido será una medida aproximada del nivel de seguridad existente en la oportunidad.

| N° | Cuestionario | Sí | No | Nc |
|----|---|----|----|----|
| | Infraestructura | | | |
| 01 | ¿Es cómodo y confortable su laboratorio? | | | |
| 02 | ¿Los pisos son de materiales antideslizantes? | | | |
| 03 | ¿Tiene desniveles en el piso? | | | |
| 04 | ¿Están señalizados adecuadamente los desniveles? | | | |
| 05 | ¿Está sectorizado el laboratorio de acuerdo a funciones de cada uno de ellos (biblioteca, sala de calor, vestuario, baños)? | | | |
| 06 | ¿Cuando están todos los integrantes del laboratorio trabajando se puede circular sin inconvenientes? | | | |
| 07 | ¿El material con que están revestidas las mesadas es adecuado a las sustancias con las cuales se trabaja? | | | |
| 08 | ¿Tienen piletas las mesadas? | | | |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 09 | ¿Hay la cantidad suficiente? | | | |
| 10 | ¿Los desagües de las piletas están separados de aquellos destinados a otros usos? | | | |
| 11 | ¿Las instalaciones y armarios están diseñados de forma tal que impiden el ingreso de insectos? | | | |
| 12 | ¿Los armarios son resistentes para el uso normal del laboratorio? | | | |
| 13 | ¿Se hace mantenimiento de la estructura del laboratorio? | | | |
| | Servicios | | | |
| | <i>Agua</i> | | | |
| 14 | ¿Las piletas disponen de cierre neumático (sifones)? | | | |
| 15 | ¿El laboratorio dispone de agua fría y caliente en forma independiente? | | | |
| 16 | ¿En los dispensadores de agua para beber, disponen de vasos desechables? | | | |
| | <i>Electricidad</i> | | | |
| 17 | ¿A su criterio es adecuada la iluminación en su laboratorio de acuerdo a las necesidades de cada lugar, por ejemplo: sala de balanzas? | | | |
| 18 | ¿La iluminación de la sala de equipos es la adecuada? | | | |
| 19 | ¿Los anexos como el depósito de drogas, tienen la iluminación según normas? | | | |
| 20 | ¿Las oficinas administrativas tienen iluminación general y sectorial adecuada a las distintas tareas? | | | |
| 21 | ¿La biblioteca tiene la iluminación general e individual adecuada? | | | |
| 22 | ¿Los vestuarios tienen iluminación adecuada? | | | |
| 23 | ¿La sala de reuniones está dotada de iluminación general y puntual en la zona de proyecciones y computadoras? | | | |
| 24 | ¿Tienen instalados interruptores diferenciales? | | | |
| 25 | ¿Tienen instaladas llaves térmicas? | | | |
| 26 | ¿Sabe dónde están instaladas las llaves térmicas y los interruptores diferenciales? | | | |
| 27 | ¿Se efectúan mantenimientos de las instalaciones eléctricas? | | | |
| 28 | ¿A su criterio es adecuada la ventilación general de su laboratorio? | | | |
| 29 | ¿Se controla periódicamente el sistema de ventilación mecánica? | | | |
| 30 | ¿Los integrantes del laboratorio, conocen las funciones de los ítems 24 y 25? | | | |
| 31 | ¿Tiene el laboratorio una red de puesta a tierra bien instalada y su correspondiente jabalina reglamentaria? | | | |
| | Seguridad e Higiene | | | |
| 32 | ¿Se utilizan heladeras tipo doméstico para guardar productos químicos, salvo que se haya modificado la heladera, por ejemplo, colocar los controles eléctricos en la parte externa al gabinete o mueble y agregarle cierres magnéticos a la puerta? | | | |
| 33 | ¿Las heladeras para laboratorio se usan para guardar alimentos y/o medicinas de uso particular? | | | |
| 34 | ¿El personal de laboratorio debe estar informado que nunca pruebe los productos químicos para identificarlos y de que éstos pueden olerse llevando sólo una pequeña cantidad de vapor hacia la nariz apantallando con la mano? | | | |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 35 | ¿Se hace mantenimiento de equipos del laboratorio? | | | |
| 36 | ¿Los compuestos tóxicos como cianuros, arseniatos y carcinógenos, etc., se controlan en forma adecuada, una vez que fueron retirados del depósito, hasta su utilización o su eliminación? | | | |
| 37 | ¿Los compuestos líquidos volátiles se mantienen alejados de las fuentes de calor, luz e interruptores eléctricos? | | | |
| 38 | ¿Los compuestos incompatibles se guardan separados entre sí? | | | |
| 39 | ¿Las pinzas de usos especiales (por ejemplo la mufla), se encuentran al alcance de la mano? | | | |
| 40 | ¿El laboratorio dispone de archivos con informaciones de Higiene y Seguridad a disposición de los integrantes del mismo? | | | |
| 41 | ¿En el laboratorio utilizan cubreobjetos (vidrio reloj) cuando se calientan líquidos sobre placas? | | | |
| 42 | ¿Utilizan protectores faciales cuando realizan fusiones alcalinas? | | | |
| 43 | ¿Las puertas de las estufas de secado se abren automáticamente cuando la presión aumenta por el calor? | | | |
| 44 | ¿Se utilizan gafas protectoras adecuadas para protección cuando se trabaja con rayos infrarrojos y ultravioleta? | | | |
| 45 | ¿Utiliza material de vidrio en mal estado, deteriorado? | | | |
| 46 | ¿Los equipos, aparatos y vidrios salen del plano de trabajo de las mesadas? | | | |
| 47 | ¿Los equipos livianos y proclives a caerse están amarrados a soportes universales o rack (enrejados)? | | | |
| | Protección contra incendios | | | |
| 48 | ¿Existe en su laboratorio algún tipo de protección contra incendio como: extintores? | | | |
| 49 | ¿Ídem, salidas de emergencia? | | | |
| 50 | ¿Ídem, detectores de humo o de temperatura? | | | |
| 51 | ¿Hay algún teléfono cercano y otro medio para avisar a quién corresponda en caso de emergencia? | | | |
| 52 | ¿Existe al menos un extintor de apoyo grande, que se encuentra en el pasillo próximo al laboratorio? | | | |
| 53 | ¿Conoce el número telefónico de los bomberos? | | | |
| 54 | ¿Existe en su laboratorio un listado de teléfonos de emergencia con tipos grandes y bien visibles? | | | |
| | Residuos | | | |
| 55 | ¿Se desactiva el material biológico una vez usado, antes de arrojarlo al recipiente de los desperdicios? | | | |
| 56 | ¿Su laboratorio se mantiene limpio y ordenado? | | | |
| 57 | ¿Separan de alguna manera los residuos antes de eliminarlos? | | | |
| 58 | ¿Disponen de recipientes especiales para residuos de acuerdo a su tipo? | | | |
| 59 | ¿Se deja la basura durante la noche en el laboratorio? | | | |
| 60 | ¿Está en funcionamiento y se mantiene el programa de limpieza y orden general del laboratorio? | | | |
| | Factor humano | | | |
| 61 | ¿El personal está informado en el sentido que debe pipetear siempre con medios mecánicos y nunca con la boca? | | | |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 62 | ¿Las botellas se llenan con compuestos distintos a lo que indica la etiqueta? | | | |
| 63 | ¿Se desecha siempre el contenido de recipientes no etiquetados? | | | |
| 64 | ¿Se leen las informaciones sobre manipulación y almacenaje de productos nuevos o no habituales antes de proceder a su utilización? | | | |
| 65 | ¿Se retiran productos del laboratorio bajo la autorización del superior? | | | |
| 66 | ¿El personal tiene instrucciones de no llevar a cabo experimento no autorizados? | | | |
| 67 | ¿En su laboratorio hay carteles indicadores y/o educativos de la conducta a tener en el laboratorio? | | | |
| 68 | ¿Hay analistas que guardan reactivos y drogas en cajones con llave? | | | |
| 69 | ¿El personal fuma y bebe o come empleando elementos del laboratorio? | | | |
| 70 | ¿Cuando guarda drogas o sustancias tiene en cuenta su tipo de riesgo? | | | |
| 71 | ¿Se permite el trabajo de personas solas en el laboratorio? | | | |
| 72 | ¿No se retiran nunca productos del laboratorio si no es bajo las instrucciones del docente a cargo del mismo | | | |
| 73 | ¿El personal que ha sido instruido en medidas de higiene, llegado el momento de aplicarlas, las emplea? | | | |
| 74 | ¿Ídem la cantidad y su registro? | | | |
| 75 | ¿Se mantiene la disciplina y las reglas de seguridad se hacen cumplir a todo el personal, aun a las visitas autorizadas? | | | |
| 76 | ¿Se toleran bromas pesadas o de otro tipo? | | | |
| | Almacenamiento | | | |
| 77 | ¿Hay en el depósito de drogas una línea de puesta a tierra y se conecta a los bidones dispensadores de líquidos inflamables? | | | |
| 78 | ¿Posee el depósito una rejilla central en la dirección mayor, por donde circula agua y arrastra derrames de líquidos o sólidos? | | | |
| 79 | ¿Utiliza en sus tareas elementos de protección personal como delantales, guantes adecuados a las necesidades del momento? | | | |
| 80 | ¿El depósito de drogas tiene salida de emergencia de fácil acceso? ¿El depósito tiene iluminación de seguridad y lámparas de emergencia? | | | |
| 81 | ¿La puerta de ingreso al depósito, tiene cortina de agua? | | | |
| 82 | ¿Tienen duchas de seguridad en el depósito de drogas? | | | |
| 83 | ¿Tienen lavaojos instalados en el depósito de drogas? | | | |
| 84 | ¿Los materiales peligrosos se guardan en pequeños recipientes? | | | |
| 85 | ¿El personal de laboratorio sabe que se debe verter el ácido sulfúrico sobre el agua y nunca el agua en el ácido? | | | |
| 86 | | | | |
| 87 | ¿Los líquidos inflamables o combustibles se trasvasan a recipientes o frascos más pequeños utilizando dispositivos de seguridad (válvula de cierre automático)? | | | |
| | ¿Los recipientes grandes de vidrio empleados para contener ácidos, agentes oxidantes, líquidos inflamables tienen tapa o cubierta protectora? | | | |
| 89 | ¿La distribución de ácidos, amoníaco que se adquieren en bidones grandes se realiza en una habitación separada provista de extractor? | | | |
| 90 | ¿Los cilindros de gas cloro y de sulfuro de hidrógeno son siempre manejados por más de una persona? | | | |

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| 91 | ¿Los cilindros de gases especiales después de haberse dispuesto su uso, se sujetan en su sitio? | | | |
| 92 | ¿Los envases de más de 2 litros de ácidos concentrados y peligrosos se guardan en el laboratorio? | | | |
| 93 | ¿Los productos químicos que son incompatibles entre sí, están almacenados alejados de sí? | | | |
| 94 | ¿Tiene el depósito un programa de mantenimiento de los elementos de seguridad? | | | |
| 95 | ¿Los cilindros de gases especiales están cubiertos con sus respectivos capuchones para prevenir posibles roturas de válvulas? | | | |
| 96 | ¿Los cilindros almacenados están lejos de las fuentes de calor y de llamas abiertas? | | | |
| 97 | ¿Para transportar cilindros se emplean carretillas manuales de tres ruedas o de cuatro ruedas? | | | |
| 98 | ¿En el laboratorio general y sus anexos, se emplean los íconos adecuados tanto en colores como en formas de acuerdo a normas de seguridad? | | | |
| 99 | ¿Los jefes de laboratorios y los integrantes del mismo están entrenados en reanimación cardiopulmonar (RCP)? | | | |
| 100 | ¿El depósito de drogas está provisto de un adecuado sistema de ventilación? | | | |
| 101 | ¿En el depósito se cuenta con rejillas en el piso para recoger posibles derrames de líquidos y que puedan ser arrastrados por corriente de agua? | | | |
| 102 | ¿Los compuestos tóxicos se guardan bajo llave? | | | |
| 103 | ¿Todos los compuestos carcinógenos están etiquetados como tales? | | | |
| 104 | ¿Controlan en su laboratorio periódicamente los lavajos? | | | |
| 105 | ¿Llevan un registro de los accidentes? | | | |
| 106 | ¿En su laboratorio se habló sarcásticamente de un accidente? | | | |
| 107 | ¿Los aparatos de vidrio son de borosilicato (pirex), a excepción de las | | | |
| 108 | botellas de reactivos y/o equipos de medición? | | | |
| 109 | ¿En el laboratorio sólo debe haber la cantidad de droga que se usa en una jornada, las cantidades mayores deben estar en depósito? | | | |
| 110 | ¿Se utilizan carretillas inclinadas sobre ruedas pivotantes para el transporte de cilindros y otros recipientes grandes? | | | |
| 111 | ¿Las carretillas con tres ruedas fijas y una pivotante tienen una guarda de protección para las manos del operador? | | | |
| 112 | ¿Las estanterías disponen de bordes protectores para evitar el vuelco y caída de botellas de vidrio con reactivos? | | | |
| 113 | ¿Se dispone de recipientes especiales para almacenar productos químicos inflamables y/o combustibles? | | | |
| 114 | ¿Los disolventes inflamables en cantidades superiores a 2,5 litros, se guardan en recipientes metálicos con seguridad? | | | |
| 115 | ¿Los productos químicos que puedan reaccionar entre sí produciendo humos peligrosos, fuego o explosiones se almacenan lejos unos de otros? | | | |
| 116 | ¿Los compuestos sospechosos de ser cancerígenos, están etiquetados y guardados como tales en recipientes cerrados con llave? | | | |

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| 117 | ¿Los equipos y elementos metálicos se encuentran en ámbitos distintos en el depósito en drogas y reactivos? | | | |
| 118 | ¿Se dispone en el depósito de teléfonos y números para llamar por episodios de riesgo? | | | |
| 119 | ¿Los recipientes grandes de reactivos (por ejemplo, 5 litros) se guardan en el laboratorio y sólo quedan como mínimo una semana y después vuelven al depósito? | | | |
| 120 | ¿Éstos traslados se controlan en forma adecuada entre los responsables del depósito y del laboratorio? | | | |

Referencias:

Sí: Se cumple.

No: No se cumple.

Nc: No corresponde (para el caso del laboratorio en estudio).

Nota: con referencia a compuestos potencialmente carcinógenos no se valoran (Nc)

Respuestas positivas

| |
|----|
| xx |
|----|

Respuestas negativas

| |
|----|
| yy |
|----|

Nº de Respuestas que no corresponden

| |
|----|
| zz |
|----|

Nota: Los laboratorios donde se ensayó el control arriba visto, según los autores fueron de Docencia e Investigación Universitaria, médicos, industriales, seguridad, etc.

El cuestionario de esta encuesta puede servir de base para realizar Auditorías Internas, cambiando el tiempo de la pregunta.

Bibliografía

Vidal Cuscó, J.M.; Guardino Solá, X.: NTP Nº 135

"Seguridad en laboratorios. Cuestionario de Seguridad", en *Prevención de riesgos en el laboratorio químico*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

Hedberg, D.D. and Bussell, E. (1978): *Lab safety questionnaire*. Lab Safety Co, 53.545. J. Chemical Ducation 55 (3), Janesville, Wisconsin, 148-150.

Anexo H

Etiquetado de sustancias y preparados peligrosos

1. Frases R y S

Cuando se trabaja en un laboratorio nos encontramos en la obligación de buscar información sobre la peligrosidad de los compuestos que empleamos o de los posibles productos a obtener que pueden ser riesgosos. La obligación del laboratorista es buscar las propiedades de los mismos antes de adquirirlos o antes de usarlos; es la primer herramienta de la que debe hacer uso para no ser el responsable de algún accidente, que puede ser él mismo la víctima o algún compañero de su entorno. Actualmente hay suficiente bibliografía escrita que se puede encontrar publicada en soporte de papel o electrónico. La información es amplia en cuanto a contenidos, dado que refiere a las características de peligrosidad y las “frases de riesgo” (*frases R*) y “consejos de seguridad” (*frases S*). A continuación veremos un listado de las mencionadas frases para los compuestos más empleados en los laboratorios.

2. Frases R

Naturaleza de los riesgos específicos atribuidos a las sustancias y preparados peligrosos.

Anexo del reglamento sobre notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas.

Frases de riesgo

| | |
|-----|--|
| R-1 | Explosivo en estado seco. |
| R-2 | Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego, u otras fuentes de ignición. |
| R-3 | Grave riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición. |
| R-4 | Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles. |
| R-5 | Peligro de explosión por acción del calor. |

| | |
|------|--|
| R-6 | Peligro de explosión con y sin contacto con el aire. |
| R-7 | Puede provocar incendios. |
| R-8 | Peligro de fuego en contacto con sustancias combustibles. |
| R-9 | Peligro de explosión con sustancias combustibles. |
| R-10 | Inflamable. |
| R-11 | Muy inflamable. |
| R-12 | Extremadamente inflamable. |
| R-13 | Gas licuado extremadamente inflamable. |
| R-14 | Reacciona violentamente con el agua. |
| R-15 | Reacciona con el agua produciendo gases muy inflamables. |
| R-16 | Explosivo en mezcla con sustancias oxidantes. |
| R-17 | Se inflama espontáneamente al aire. |
| R-18 | Al usarlo puede formar mezclas vapor-aire explosivas/inflamables. |
| R-19 | Puede formar peróxidos explosivos. |
| R-20 | Nocivo por inhalación. |
| R-21 | Nocivo en contacto con la piel. |
| R-22 | Nocivo por ingestión. |
| R-23 | Tóxico por inhalación. |
| R-24 | Tóxico en contacto con la piel. |
| R-25 | Tóxico por ingestión. |
| R-27 | Muy tóxico en contacto con la piel. |
| R-28 | Muy tóxico por ingestión. |
| R-29 | Emite gases tóxicos en contacto con el agua. |
| R-30 | Puede inflamarse fácilmente durante el uso. |
| R-31 | Emite gases tóxicos en contacto con ácidos. |
| R-32 | Emite gases muy tóxicos en contacto con ácidos. |
| R-33 | Peligro de efectos acumulativos. |
| R-34 | Provoca quemaduras. |
| R-35 | Provoca graves quemaduras. |
| R-36 | Irrita los ojos. |
| R-37 | Irrita las vías respiratorias. |
| R-38 | Irrita la piel. |
| R-39 | Riesgo de efectos irreversibles muy graves. |
| R-40 | Posibilidad de efectos irreversibles. |
| R-42 | Posibilidad de sensibilización por inhalación. |
| R-43 | Posibilidad de sensibilización por contacto con la piel. |
| R-44 | Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado. |
| R-45 | Puede causar cáncer. |
| R-46 | Puede causar alteraciones genéticas hereditarias. |
| R-48 | Riesgos de efectos graves para la salud en el caso de exposición prolongada. |
| R-49 | Puede causar cáncer por inhalación. |
| R-50 | Muy tóxico para organismos acuáticos. |
| R-51 | Tóxico para organismos acuáticos. |
| R-52 | Nocivo para organismos acuáticos. |
| R-53 | Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio acuático. |
| R-54 | Tóxico para la flora. |

| | |
|------|---|
| R-55 | Tóxico para la fauna. |
| R-56 | Tóxico para organismos del suelo. |
| R-57 | Tóxico para las abejas. |
| R-58 | Puede provocar efectos negativos en el medio ambiente. |
| R-59 | Peligroso para la capa de ozono. |
| R-60 | Puede perjudicar la fertilidad. |
| R-61 | Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. |
| R-62 | Posible riesgo de perjudicar la fertilidad. |
| R-63 | Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto. |
| R-64 | Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna. |
| R-65 | Nocivo, si se ingiere puede causar daño pulmonar. |
| R-66 | La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. |
| R-67 | La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo. |

Combinación de las frases R

| | |
|---------------|--|
| R-14/15 | Reacciona violentamente con el agua produciendo gases muy inflamables. |
| R-15/29 | Reacciona con el agua produciendo gases venenosos y fácilmente inflamables. |
| R-20/21 | Nocivo por inhalación y contacto con la piel. |
| R-20/22 | Nocivo por inhalación y por ingestión. |
| R-20/21/22 | Nocivo por inhalación, ingestión y contacto con la piel. |
| R-21/22 | Nocivo por inhalación y por ingestión. |
| R-23/24 | Tóxico por inhalación y contacto con la piel. |
| R-23/25 | Tóxico por inhalación y por ingestión. |
| R-23/24/25 | Tóxico por inhalación, ingestión y contacto con la piel. |
| R-24/25 | Muy tóxico por inhalación y contacto con la piel. |
| R-26/27 | Muy tóxico por contacto con la piel y por ingestión. |
| R-26/28 | Muy tóxico por inhalación y por ingestión. |
| R-26/27/28 | Muy tóxico por inhalación, por ingestión y contacto con la piel. |
| R-27/28 | Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión. |
| R-36/37 | Irrita los ojos y vías respiratorias. |
| R-36/38 | Irrita los ojos y la piel. |
| R-36/37/38 | Irrita los ojos, las vías respiratorias y la piel. |
| R-37/38 | Irrita las vía respiratorias y la piel. |
| R-39/23 | Tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación. |
| R-39/25 | Tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión. |
| R-39/23/24 | Tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contactos con la piel. |
| R-39/23/25 | Tóxico, peligro de efectos irreversible muy graves por inhalación e ingestión. |
| R-39/24/25 | Toxico, peligro por efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-39/23/24/25 | Tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-39/26 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación. |
| R-39/27 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel. |
| R-39/28 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión. |
| R-39/26/27 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel. |

| | |
|---------------|---|
| R-39/26/28 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión. |
| R-39/27/28 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión. |
| R-39/26/27/28 | Muy tóxico, peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-40/20 | Nocivo, posibilidades de efectos irreversibles por inhalación. |
| R-40/21 | Nocivo, riesgo de efectos irreversibles en contacto con la piel. |
| R-40/22 | Nocivo, posibilidad de efectos irreversibles por ingestión. |
| R-40/20/21 | Nocivo, posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel. |
| R-40/20/22 | Nocivo, posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión. |
| R-40/21/22 | Nocivo, posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión. |
| R-40/20/21/22 | Nocivo, posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-42/43 | Posibilidad de sensibilización por inhalación y contacto con la piel. |
| R-48/20 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. |
| R-48/21 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel. |
| R-48/22 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión. |
| R-48/20/21 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel. |
| R-48/20/22 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión. |
| R-48/21/22 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión. |
| R-48/22/21/22 | Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-48/23 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación. |
| R-48/24 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel. |
| R-48/25 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión. |
| R-48/23/24 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel. |
| R-48/24/25 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión. |
| R-48/23/24/25 | Tóxico, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión. |
| R-50/53 | Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |
| R-51/53 | Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |
| R-52/53 | Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. |

Frases S

Consejos de prudencia relativos a las sustancias y preparados peligrosos.

Consejos de prudencia

- S-1 Guardar bajo llave.
- S-2 Mantener fuera del alcance de los niños.
- S-3 Conservar en sitio fresco.
- S-4 Guardar fuera de espacios habitados.
- S-5 Conservar bajo... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).
- S-6 Conservar bajo... (gas inerte a especificar por el fabricante).
- S-7 Tener el recipiente bien cerrado.
- S-8 Tener el recipiente en sitio seco.
- S-9 Tener el recipiente en sitio ventilado.
- S-10 Mantener el producto en estado húmedo.
- S-11 Evitar contacto con aire.
- S-12 No cerrar herméticamente el recipiente.
- S-13 Mantener lejos de alimentos y bebidas.
- S-14 Mantener lejos de... (sustancias a especificar por el fabricante).
- S-15 Mantener lejos del calor.
- S-16 Mantener lejos de fuentes de ignición. No fumar.
- S-17 Mantener lejos de materiales combustibles.
- S-18 Manipular y abrir el recipiente con cuidado.
- S-20 No comer ni beber durante la manipulación.
- S-21 No fumar durante la manipulación.
- S-22 Evitar respirar el polvo.
- S-23 Evitar respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.
- S-24 Evitar contacto con la piel.
- S-25 Evitar contacto con los ojos.
- S-26 En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua y acudir al médico.
- S-27 Quitarse inmediatamente la ropa contaminada o empapada.
- S-28 En caso de contacto con la piel lavarse inmediatamente y abundante con... (productos adecuados indicados por el fabricante).
- S-29 No tirar residuos por los desagües.
- S-30 Nunca verter agua sobre este producto.
- S-31 Mantener lejos de materiales explosivos.
- S-33 Evitar la acumulación de cargas electrostáticas.
- S-34 Evitar choque o frote.
- S-35 Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S-36 Llevar ropa de protección durante la manipulación.
- S-37 Llevar guantes de protección adecuados.
- S-38 En caso de ventilación insuficiente, llevar máscara adecuada.
- S-39 Protegerse los ojos/la cara.
- S-40 Para limpiar el piso y los objetos contaminados por este producto, utilizar... (debe precisarlo el fabricante).

- S-41 En caso de incendio utilizar... (los medios de extinción debe indicarlos el fabricante).
- S-42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, utilizar máscara adecuada.
- S-43 En caso de incendio utilizar... (los medios de extinción debe indicarlos el fabricante. Si el agua aumenta el riesgo añadir: "no utilizar agua").
- S-44 En caso de malestar acudir al médico (si es posible mostrarle la etiqueta).
- S-45 En caso de accidente o de malestar acudir al médico (si es posible mostrarle la etiqueta).
- S-46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.
- S-47 Consérvese a una temperatura no superior a ...°C (a especificar por el fabricante).
- S-48 Consérvese húmedo con... (medio apropiado a especificar por el fabricante).
- S-49 Consérvese en el recipiente de origen.
- S-50 No mezclar con... (a especificar por el fabricante).
- S-51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.
- S-52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados.
- S-53 Evítase la exposición –recábense instrucciones especiales antes de su uso.
- S-57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S-59 Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.
- S-60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S-61 Evítase su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.
- S-62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.
- S-63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo.
- S-64 En caso de accidente, lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente).

Combinación de las frases S

- S-1/2 Guardar bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S-3/7 Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.
- S-3/9/14 Consérvese en lugar fresco y bien ventilado.
- S-3/9/49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante).
- S-3/14 Consérvese en lugar fresco y lejos de... (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante).
- S-7/8 Consérvese el recipiente bien cerrado en un lugar fresco y bien ventilado
- S-7/47 Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante).
- S-20/21 No comer, no beber, ni fumar durante su utilización.
- S-24/25 Evítase el contacto con los ojos y la piel.

| | |
|------------|--|
| S-27/28 | Después del contacto con la piel, quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada y lávese inmediata y abundantemente con... (producto a especificar por el fabricante). |
| S-29/35 | No tirar los residuos por el desagüe, elimínense los residuos de producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. |
| S-29/56 | No tirar los residuos por el desagüe, elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recolección pública de residuos especiales y peligrosos. |
| S-36/37 | Úsese indumentaria y guantes de protección adecuados. |
| S-36/37/39 | Úsese indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. |
| S-36/39 | Úsese indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara. |
| S-37/39 | Úsese guantes adecuados y protección para los ojos/la cara. |
| S-47/49 | Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a... °C (especificar por el fabricante). |

3. ¿Cómo encontramos la información en la bibliografía?

Veamos algunos ejemplos.

| Compuesto | Índice de peligro | Frases R | Frases S |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| Acetaldehído | F, xn | 12-36/37-40 | 16-33/36/37 |
| Acetato de propilo | F | 11 | 16-23-29-33 |
| Ácido sulfúrico | C | 35 | 2-26-30-45 |
| Benceno | F, t | 45-11-48/23/24/25 | 53-45 |

Donde Índice de Peligro = Riesgos Principales

- E = Explosivo
- O = Comburente
- F = Fácilmente inflamable
- F+ = Extremadamente inflamable
- T = Tóxico
- T+ = Muy tóxico
- C = Corrosivo
- N = Peligroso para el medio ambiente

4. Bibliografía

Gadea Carrera, E.; Guardino Solá, X.: NTP Nº 461 "Seguridad en laboratorios. Característica de peligrosidad de los productos químicos de uso más corriente", en *Prevención de riesgos en el laboratorio químico*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España. (2002): *Manual de productos peligrosos*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, IHOBE, España.

Anexo I

Reglamento de seguridad en laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química (UNL)

Higiene y seguridad.

Artículo 1. El presente Reglamento se aplica en todos aquellos ámbitos de la Facultad de Ingeniería Química donde se realicen actividades experimentales, sean éstas de Docencia, de Investigación, de Mantenimiento o de Transferencia.

Estos ámbitos, para efectos del presente Reglamento, serán denominados: Laboratorios.

Su observancia es obligatoria para toda persona que opere en los mismos y no excluye otra reglamentación que pudiera ser aplicable.

Artículo 2. Es necesario que las personas que trabajan en cada Laboratorio conozcan acabadamente las medidas Generales de Higiene y Seguridad –tanto las operacionales como las preventivas– establecidas en el correspondiente Reglamento Interno propio del Área Académica o No Docente. Además, para casos de Emergencias, lo relativo al manejo de los equipos para combatir incendios y el conocimiento de las vías de escape, respetándose rigurosamente las Medidas de Seguridad establecidas en cada Laboratorio en particular acorde con la índole de las tareas realizadas en el mismo.

Artículo 3. Los Laboratorios deberán contar, como mínimo, con lo siguiente:

a) Un tablero principal y tableros secundarios para energía eléctrica. Todos los sectores del Laboratorio deben contar con su correspondiente Disyuntor Diferencial.

b) Un Botiquín Básico de Primeros Auxilios.

c) Extintores acordes con los riesgos posibles.

d) Un sistema adecuado de Ventilación General.

e) Sistemas de Ventilación por Aspiración Localizada, en el lugar donde sea necesario.

f) Sistema de desagües.

g) Sistema de suministro de gas general y sectorizado.

h) Salidas de Emergencia.

Artículo 4. Todas las actividades que se realicen en los Laboratorios deberán estar supervisadas por un encargado. Los Departamentos Académicos, las Unidades Funcionales, Talleres, Gabinetes nombrarán a tales efectos a dicho Encargado y se lo comunicarán a las Autoridades de la Facultad de Ingeniería Química.

Artículo 5. Al realizar actividades experimentales, docentes, nunca deberá permanecer sola una persona en el Laboratorio. Deberán estar presentes simultáneamente cuanto menos dos personas, no necesariamente realizando el mismo trabajo, experimental.

Artículo 6. Los usuarios, mientras operan, deberán abstenerse de dejar a la vista, en el lugar de trabajo, elementos de valor.

Siempre que se ausente del mismo deberá cerrar las puertas de laboratorios, así como cajones y archiveros.

Artículo 7. Para trabajar en un Laboratorio es obligatorio que los operadores usen, cuando sea conveniente para su seguridad: calzado y ropa de trabajo, guardapolvos, guantes y visores de seguridad adecuados al riesgo potencial presente.

En el caso del personal docente y no docente, el equipo de protección personal lo aconsejará la Comisión Asesora de Seguridad. Este equipo será de uso obligatorio en los momentos de realización de cualquier operación que los requiera por razones de Seguridad.

En la realización de los Trabajos Prácticos, el alumno que no tenga protección no podrá trabajar ni permanecer en el Laboratorio, siendo responsabilidad propia el contar con el equipo adecuado.

Además, ningún alumno podrá trabajar o permanecer dentro del Laboratorio si no se encuentra presente en el mismo un docente: Profesor, Jefe de Trabajos Prácticos o alguien encargado que los sustituya.

Artículo 8. En un Laboratorio queda prohibido: fumar, consumir alimentos o bebidas, el uso de lentes de contacto y el uso de calzado de zapatos abierto.

Artículo 9. Todas las sustancias, equipos, materiales de laboratorio, etc., deberán ser manejados con el máximo cuidado, atendiendo a las indicaciones de los manuales de uso de los mismos y/o de los Manuales de Seguridad, según el caso.

Artículo 10. Cuando hay personal trabajando, las puertas de acceso y las Salidas de Emergencias deberán estar siempre sin llave, accesibles, libres de obstáculos, y en posibilidad de ser utilizadas ante cualquier eventualidad. El encargado del ámbito de trabajo deberá verificar esto en forma permanente.

Artículo 11. Las duchas de seguridad deberán contar con el desagüe correspondiente, funcionar en forma correcta, estar lo más alejadas que sea posible de instalaciones o controles eléctricos y libres de todo obstáculo que impida el acceso a los mismos. Deberá estar indicada su ubicación con el color y pictograma correspondiente. El encargado del área de trabajo deberá verificar esto, por lo menos una vez por semana.

Artículo 12. Los lavajos fijos deberán estar perfectamente señalizados con el color y pictograma correspondiente, estar libre de obstáculos y cercano a los lugares de trabajo. El Encargado del área deberá verificar una vez por semana su correcto funcionamiento.

Artículo 13. Los tableros de energía eléctrica y grifos de suministro de gas para cada laboratorio deberán estar identificados según Norma Legal, de manera tal que sean reconocidos fácilmente.

Artículo 14. En cada Laboratorio deberá existir al alcance de todas las personas que en él trabajen, un Botiquín Básico de Primeros Auxilios. El encargado del mismo deberá verificar, al menos una vez por semana, el contenido del botiquín, para proceder a reponer los faltantes; deberá diseñar una planilla de uso del mismo.

Artículo 15. Los extintores de incendios deberán ser de CO₂, o de polvo químico seco, según lo determine la Comisión Asesora de Seguridad; deberán ser recargados y probados cuando sea necesario, de conformidad con las normativa de Seguridad vigente o inmediatamente luego de haber sido utilizados.

Artículo 16. En caso de Emergencias, por incendios, derrames o personas accidentadas, si tiene conocimientos adecuados, actuar y comunicar de inmediato la novedad a Intendencia/Personal, quienes se comunicarán a los números telefónicos de emergencia establecidos por la ART, al teléfono 107 de Emergencias Médicas y al 100 de bomberos:

Al comunicarse telefónicamente:

- Identificar: Nombre y Apellido.
- Suministrar la ubicación del edificio y la del lugar de la emergencia.
- Dar el mayor número de referencias físicas posibles y las vías de acceso.

Informar:

- 1) Tipo de siniestro.
- 2) Número de lesionados y tipo de lesiones.
- 3) Brindar la mayor información posible del estado de los accidentados.

Artículo 17. Los sistemas de evacuación de gases, vapores y material particulado, deberán recibir mantenimiento preventivo o correctivo que los Encargados de cada área soliciten.

Deberán de mantenerse siempre libre de obstáculos que impidan que cumplan con su función, y evaluarse su correcto funcionamiento al menos una vez al mes.

Artículo 18. Tanto los sistemas de suministro de agua corriente como el de desagüe de efluentes, deberán recibir el mantenimiento preventivo o correctivo que los Responsables de cada área soliciten.

Artículo 19. Los lugares de almacenamiento de: reactivos, disolventes, equipos, materiales, medios de cultivo, y todo aquello relacionado con el trabajo en los Laboratorios, estarán sujetos a este Reglamento en su totalidad.

Artículo 20. Queda prohibido arrojar sustancias a desagües sin un tratamiento previo adecuado.

Los procedimientos de prácticas deberán incluir la forma correcta de desechar los residuos de acuerdo a su peligrosidad.

Artículo 21. Queda prohibido pipetear con la boca.

Para transferir líquidos mediante el empleo de pipetas, deberá utilizarse siempre el dispensador correspondiente.

Artículo 22. Antes de retirarse el último ocupante del Laboratorio deberá proceder a realizar una recorrida de todos sus ámbitos para detectar posibles situaciones de riesgo y suprimirlas. Si no pudiera solucionarlas, deberá dar aviso a quien corresponda.

No deberá quedar ningún aparato eléctrico conectado o funcionando. Esta prevención podrá no ser observada en los casos especiales de Investigación, debidamente autorizados por la máxima autoridad del Laboratorio. En estos casos, debe previamente identificarse y establecerse, en forma clara, quién es el Operador, siendo esta persona quien al retirarse debe dar conocimiento al Sereno del Edificio de la situación existente con la finalidad de que éste, en caso de Emergencias, pueda poner al tanto a quien corresponda.

Todas las llaves generales de corte (agua, electricidad, gas, etc.) deberán estar en posición de cerrado.

Deberá cerrar las puertas y ventanas del Laboratorio, así como también cajones, armarios y archiveros. No obstante, debe dejarse suficiente aireación general en el mismo para evitar alguna concentración accidental de agentes químicos en el ambiente.

Artículo 23. Cuando se trabaje con sustancias tóxicas, deberá identificarse plenamente el área correspondiente. Nunca deberán tomarse frascos por la tapa o el asa lateral, siempre deberán tomarse con ambas manos limpias y secas, una en la base y la otra en la parte media. Además se deberá trabajar en esos casos bajo el control de un sistema de extracción (Cabinas de Seguridad) y equipos de protección personal (según el manual correspondiente).

Artículo 24. En cada Laboratorio de la Facultad deberá existir, de manera clara, visible y legible, la información acerca de los teléfonos de emergencia a los cuales llamar en caso de necesidad.

Artículo 25. Todas aquellas cuestiones que no estén específicamente señaladas en el presente Reglamento, deberán ser resueltas por la Dirección de la Facultad con el asesoramiento de Comisión Asesora de Seguridad.

Artículo 26. El máximo responsable del laboratorio, antes de efectuar cualquier modificación de las medidas de seguridad establecidas por este reglamento, deberá tener el acuerdo de la Comisión Asesora de Seguridad.

Artículo 27. Cada área Académica, No Docente, de Investigación o de Transferencia deberá contar con un Reglamento Interno de Higiene y Seguridad aprobado por la Autoridad Superior de la Facultad, con el conocimiento de la Comisión Asesora de Seguridad, el que será de observancia obligatoria, siendo compatible con el presente reglamento.

Nota: Aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Química, redactado por la Comisión Asesora de Seguridad, resolución N° 487/2001

Santa Fe, 12 de diciembre de 2001.

Anexo J

Acondicionamiento de un laboratorio

1. Introducción

El fin de acondicionar un Laboratorio es para obtener condiciones de confort termohigrométrico adecuadas para el personal que trabaja en determinadas áreas, del mismo.

Confort Térmico se puede definir como “un estado de completo bienestar físico, mental y social”. En los ambientes de trabajo se pretende que los individuos se encuentren bien, no que estén menos mal. El confort depende de muchos factores de carácter personal y parámetros físicos. De entre todos los factores, el confort térmico representa el sentirse bien desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a las personas. Los límites extremos de temperatura pueden resultar dañinos e incluso mortales para el hombre.

Condiciones higrotérmicas (s/art. N° 60 de la Ley 19.587) son las determinadas por: la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica.

En principio, las situaciones de incomfort se generan por las condiciones externas y por las instalaciones propias del laboratorio, tal como focos de calor o instalaciones frigoríficas. Las condiciones de incomfort se manifiestan en épocas estivales, cuando deben realizarse tareas que impliquen el uso de equipos que generan calor directa o indirectamente. Estas situaciones llevan al operador a sufrir incomfort y así a una mayor predisposición a los errores; por ejemplo, en el caso de las manos que al asir elementos de vidrio se pueden resbalar de las mismas por efectos de la transpiración. Por otra parte las situaciones de incomfort se dan en menor medida en épocas invernales porque el hecho de trabajar y la presencia de equipos que producen calor o aparatos calefactores, ayudan a mejorar el confort.

2. Planeamiento general para acondicionar un laboratorio

Como ya hemos visto, las condiciones básicas para adecuar un laboratorio –previa resolución de los riesgos químicos y biológicos– son:

- Control y ajuste de las condiciones higrotérmicas.
- Renovación del aire por dilución y/o evacuación.
- Mantenimiento de una situación adecuada de corrientes de aire en el sentido de que circule aire limpio (aire exterior) a las zonas más contaminadas, manteniendo a esta última en depresión, así como al conjunto del sistema laboratorio. Si el mismo es parte de un sistema industria, puede ocurrir que reciba contaminantes externos, así como el laboratorio puede generar compuestos contaminantes que se distribuyan en otras áreas externas al mismo.

3. Ventilación

La Ley 19.587 en sus artículos 64 y 67 establece que “la ventilación contribuirá en mantener las condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador tales como carga térmica, vapores, gases, nieblas, polvos u otras impurezas en el aire”.

Debe entenderse que la ventilación es sinónimo de renovación o reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio.

La ventilación de un local (laboratorio) puede ser natural o forzada.

Se dice que hay ventilación natural cuando no hay aporte de energía artificial para renovar el aire, la misma se logra abriendo puertas y ventanas que comunican con el exterior.

La ventilación forzada, se logra con ventiladores y/o extractores localizados en las paredes y equipos. Si no hay contaminación, con sólo la ventilación natural se logra la renovación del aire del laboratorio, a excepción de que el mismo no se comunique con el exterior.

La diferencia entre una y otra ventilación, suponiendo condiciones de igualdad, está en la regulación y en el costo operativo

La ventilación natural es difícil de controlar porque depende de las condiciones meteorológicas y de las superficies de las aberturas que dan al exterior, aunque en cuanto al costo es ínfimo.

La ventilación forzada es controlable y aplicable a lugares cerrados, como sótanos o locales interiores del edificio que no tienen salida al exterior y, por lo tanto, su ventilación sólo puede lograrse con conductos a través de los cuales se fuerza al aire su paso por medio de ventiladores. En relación con el costo es mayor, por el consumo de energía eléctrica. El mismo está en función de las condiciones internas del laboratorio (fuentes de calor y número de personas).

Aunque en principio se aplica la ventilación para evitar y minimizar la contaminación en los puestos de trabajo, en la práctica es aplicable en lugares de baja concentración, porque el contaminante es de baja toxicidad y se puedan admitir concentraciones relativamente elevadas sin riesgo para la salud del analista.

4. Aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado debe ser capaz de reducir la energía generada en las distintas áreas del laboratorio para lograr un clima adecuado a las mismas y compensar, con aire limpio el volumen retirado por los extractores ubicados en los muros (paredes) y en otros equipos, como las cabinas de extracción o las de seguridad biológica que reciclan parte del aire.

El *objetivo* de acondicionar, es crear un clima artificial modificando parámetros como temperatura y humedad. Las consecuencia de las condiciones externas e internas podrían terminar generando condiciones de discomfort.

Antes de aplicar aire acondicionado es conveniente haber solucionado los posibles problemas de riesgos químicos y/o biológicos para no producir una contaminación generalizada en distintas áreas.

Si el laboratorio está integrado al aire acondicionado del sistema industrial puede ocurrir que tenga contaminación externa y otros problemas como la propagación por solventes y tóxicos y afectar el ambiente del laboratorio.

Finalmente, *el acondicionamiento del laboratorio es beneficioso, siempre y cuando éste se aplique en forma puntual al laboratorio.*

Los aspectos más importantes a tener en cuenta tanto para un acondicionamiento puntual como para una integración, son:

- 1) Características del laboratorio: son físicas y de funcionamiento, como focos generadores de calor, cantidad de personas que trabajan, horas de trabajo.
- 2) Condiciones termohigrométricas: temperatura, humedad velocidad del aire y radiación térmica.
- 3) Fuentes de calor: estufas, reactores, baños termoestáticos, cabinas de extracción de polvos, humos, aerosoles y cabinas de seguridad biológicas.
- 4) Contaminación química.
- 5) Sistemas de extracción: localizados (equipo de absorción atómica), general (puertas y ventanas), mecanizado (ventiladores, extractores, etcétera).
- 6) Áreas anexas al laboratorio principal: zonas de calor y/o húmedas; depósito de equipos.
- 7) Volumetría general del laboratorio y anexos.

4.1. Precauciones a considerar

- Retornos de aire contaminado desde el exterior.
- Áreas específicas como sala de estufas y autoclaves, sala de balanzas con parámetros como: temperatura constante de 22 °C y humedad relativa de alrededor del 50%, ausencia de corrientes de aire.
- Cabinas de Seguridad Biológica Clase II, que reciclan entre el 30% del aire interior

y 70% del aire exterior.

- Problemas de ruido que los mismos producen (dado que el ruido es un contaminante que se debe tener en cuenta), por lo tanto se debe solicitar al vendedor, representante o fabricante el nivel de ruido de los equipos.
- Otro factor negativo a considerar es la toma de aire externo que puede introducir aire contaminado si la toma está próxima a salidas de extractores, puertas y ventanas.

Se debe tener en cuenta además en el acondicionamiento la cantidad de aire que se debe renovar, para tener un ambiente confortable y limpio. En este punto no hay coincidencia entre los autores, pero en el artículo N° 64 de la ley N° 19.587 de "Higiene y Seguridad en el Trabajo" establece la ventilación mínima para situaciones de descanso y/o tareas moderadas. En el laboratorio podemos suponer trabajo moderado, por lo tanto los valores sugeridos en función del número de ocupantes son: para una persona es necesario 3 m³ y un caudal de aire de 65 m³/h/persona, y el número de renovaciones por hora; otros autores recomiendan de 20 a 30. En la práctica todo dato se debe relacionar con las actividades del sistema laboratorio en particular.

5. Bibliografía

Cuscó Vidal, J.M.; Guardino Solá, X.; Turmo Sierra, E.: NTP N° 135 "Seguridad en laboratorios, en *Prevención de riesgos en el laboratorio químico*. INSHT, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España.

(1979) Ley N° 19.587, "Higiene y Seguridad en el Trabajo", Ministerio de Trabajo.

Steere, V. (ed.) (1984): *Handbook of laboratory safety*. Associates CRC Pres.

Anexo K

Auditoría de seguridad en el laboratorio

Según la norma IRAM N° 10.011 se puede definir partiendo del latín *auditoria* = escuchar.

La norma es específica para Gestión de Calidad de una industria, pero si en una industria o en un laboratorio que forma parte del Sistema Industria hay *calidad*, seguramente habrá *higiene* y por lo tanto también *seguridad*. Por ello, propongo emplear los mismos postulados, normas y métodos que los aplicados a la Higiene y Seguridad en Laboratorios.

| Nombre del Laboratorio | | Cuestionario para una auditoría de seguridad en un laboratorio | Higiene y seguridad | | |
|------------------------|---|--|---------------------|----|----|
| N° | Cuestionario | | Si | No | NC |
| | Control de riesgo de incendios | | | | |
| 01 | ¿Existe un extintor de 5 o más kg? | | | | |
| 02 | ¿El extintor está en un área libre y fácilmente visible? | | | | |
| 03 | ¿El extintor está localizado en la ruta de escape? | | | | |
| 04 | ¿Hay acceso a un segundo extintor? | | | | |
| 05 | ¿Hay equipo especial para equipamiento electrónico? | | | | |
| 06 | ¿Hay evidencias que han sido controlados mensualmente? | | | | |
| 07 | ¿Los pasillos son lo suficientemente anchos y libres de obstáculos para permitir una evacuación ordenada? | | | | |
| 08 | ¿Hay acceso libre al edificio? | | | | |
| 09 | ¿Existe alguna salida de emergencia? | | | | |
| 10 | ¿Está perfectamente identificada? | | | | |
| 11 | ¿Tiene barra antipánico? | | | | |

| | | | | |
|----|--|--|--|--|
| 12 | ¿Abre hacia afuera? | | | |
| 13 | ¿Está con llave durante las horas de trabajo? | | | |
| 14 | ¿Sabe dónde se encuentra la llave? | | | |
| 15 | ¿Las demás puertas abren también hacia afuera? | | | |
| 16 | ¿Hay detectores de detección y alarma? | | | |
| 17 | ¿Hay detector de humo en el laboratorio? | | | |
| 18 | ¿Hay detector de humo en el depósito de drogas? | | | |
| 19 | ¿El sistema de alarma del laboratorio funciona correctamente? | | | |
| 20 | ¿Hay instalaciones de agua contra incendio? | | | |
| 21 | ¿El suministro de agua es distinto al del resto del laboratorio? | | | |
| 22 | ¿Hay lavajos instalados? | | | |
| 23 | ¿Hay duchas de emergencia? | | | |
| 24 | ¿El laboratorio cuenta con splinker? | | | |
| 25 | ¿Las instalaciones están en condiciones de funcionar? | | | |
| 26 | ¿Los números de emergencia están al alcance de todos? | | | |
| 27 | ¿Hay carteles indicadores de salida para casos de emergencia? | | | |
| 28 | ¿Está prohibido fumar en el laboratorio? | | | |
| 29 | ¿Los analistas saben controlar un incendio clase D? | | | |
| | Instrucciones de seguridad | | | |
| 30 | ¿Existe un manual de seguridad general? | | | |
| 31 | ¿Hay documentación fehaciente de entrenamiento de analista en temas de seguridad? | | | |
| 32 | ¿Concorre el responsable de seguridad a cursos sobre Seguridad en Laboratorios? | | | |
| 33 | ¿Los mecheros han sido sustituidos por planchas calefactoras? | | | |
| 34 | ¿Posee un procedimiento para el manejo de material de vidrio? | | | |
| 35 | ¿El manual de seguridad está actualizado? | | | |
| 36 | ¿Hay documentación fehaciente sobre la concurrencia del responsable de seguridad a entrenamiento externo en el tema? | | | |
| 37 | ¿El sistema de alarma del laboratorio opera correctamente? | | | |
| 38 | ¿Tiene un sistema de simulacros de evacuación? | | | |
| 39 | ¿Hay documentación que informe la realización de simulacros de incendio? | | | |
| | Sistema de comunicación | | | |
| 40 | ¿Tienen un sistema de comunicación interno con el exterior? | | | |
| 41 | ¿Existe un listado de teléfonos de emergencia? | | | |
| 42 | ¿Los analistas conocen el listado? | | | |
| 43 | ¿Los analistas tienen copias del listado? | | | |
| 44 | ¿Dónde está ubicado el listado? | | | |
| 45 | ¿Tiene tipografía grande de fácil lectura? | | | |
| 46 | ¿El teléfono está próximo al laboratorio? | | | |
| 47 | ¿Existe documentación para informar a los analistas sobre temas de seguridad? | | | |
| | Sistema de iluminación | | | |
| 48 | ¿Tiene el sistema laboratorio una iluminación en función de las tareas y normas? | | | |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| 49 | ¿Hay luz de emergencia en el laboratorio? | | | |
| 50 | ¿Hay información concreta de un plan de mantenimiento y control de las lámparas? | | | |
| 51 | ¿Hay lámparas de emergencia en pasillos internos externos? | | | |
| 52 | ¿En el Manual de Seguridad está mencionado el responsable de hacer el control de las lámparas? | | | |
| | Sistema de ventilación | | | |
| 53 | ¿Hay documentación concreta sobre el programa de control de los elementos de extracción? | | | |
| 54 | ¿El sistema de ventilación mecánica está diseñado para producir la renovación indicada en normas en una hora? | | | |
| 55 | ¿La ventilación del depósito es mecánica y continua? | | | |
| 56 | ¿La salida de los extractores están alejados de las tomas del aire acondicionado? | | | |
| | Equipamiento en general | | | |
| 57 | ¿Los cilindros de gases especiales tienen todos sus reductores de presión correspondientes? | | | |
| 58 | ¿Hay procedimientos de seguridad para cada equipo? | | | |
| 59 | ¿Todos los equipos tienen conexión a tierra interconectada? | | | |
| 60 | ¿Los equipos con riesgos mecánicos y eléctricos tienen guardas de protección? | | | |
| 61 | ¿El laboratorio posee jabalina reglamentaria para la puesta a tierra? | | | |
| 62 | ¿Emplean autoclaves para desinfectar los medios usados antes de eliminarlos? | | | |
| 63 | ¿Son controladas periódicamente la entrada de gas y la guarnición de la tapa del autoclave? | | | |
| 64 | ¿Hay un procedimiento de control de filtros de la Cabina de Seguridad Biológica? | | | |
| | Depósito general del laboratorio | | | |
| 65 | ¿Existe procedimiento de disposición e inventario de productos químicos no usados? | | | |
| 66 | ¿Están correctamente identificados cuando son transferidos desde el envase original? | | | |
| 67 | ¿La cantidad almacenada no es excesiva? | | | |
| 68 | ¿Las etiquetas usadas en el laboratorio son a prueba de agua e indican en ella: la fecha de adquisición, señales de prevención, nombre del proveedor y concentración? | | | |
| 69 | ¿El almacenamiento se hace por familias químicas (nunca alfabéticamente)? | | | |
| 70 | ¿Los compuestos inflamables se guardan en gabinetes de seguridad con conexión a tierra? | | | |
| 71 | ¿El depósito de reactivos es resistente al fuego? | | | |
| 72 | ¿Hay en el depósito elementos de extinción de incendios? | | | |
| 73 | ¿Tiene el depósito cortina de agua? | | | |
| 74 | ¿Hay salida de emergencia? | | | |
| 75 | ¿Tiene pendiente hacia el centro, donde hay una canaleta con rejilla para recibir los posibles derrames de líquido? | | | |

| | | | | |
|-----|---|--|--|--|
| 76 | ¿Los ácidos se almacenan separadamente y en estantes no metálicos? | | | |
| 77 | ¿Los compuestos inflamables se guardan en gabinetes de seguridad con descarga a tierra? | | | |
| 78 | ¿Los compuestos tóxicos se guardan en gabinetes de seguridad cerrados con llave? | | | |
| 79 | ¿La llave es guardada por el responsable del depósito o por quién lo reemplace? | | | |
| | Cilindros de gases especiales | | | |
| 80 | ¿Los cilindros se encuentran con la cubierta protectora cuando no están en uso? | | | |
| 81 | ¿Los cilindros están colocados lejos de las llamas y fuentes de ignición, o fuentes de calor? | | | |
| 82 | ¿Están clasificados de acuerdo a su estado de uso en vacío, o llenos y separados en boxes? | | | |
| 83 | ¿Están identificados de acuerdo al código de colores normalizados? | | | |
| 84 | ¿Emplean los conectores para los reductores de acuerdo al tipo de gas? | | | |
| 85 | ¿Están almacenados en un lugar protegido del sol y bien ventilado? | | | |
| 86 | ¿Existe procedimientos de ingreso y egreso de cilindros? | | | |
| 87 | ¿Existe un programa de control de funcionamiento de los reductores de presión? | | | |
| 88 | ¿Existe un programa de las pruebas hidráulicas a que son sometidos los cilindros de acuerdo a normas? | | | |
| 89 | ¿Los cilindros en uso, están convenientemente sujetos a la pared o mesadas para evitar su caída? | | | |
| | Sistema eléctrico | | | |
| 90 | ¿El laboratorio cuenta con parcialización de circuitos de acuerdo a la carga? | | | |
| 91 | ¿El laboratorio cuenta con elementos de protección eléctrica para las personas (como disyuntores diferenciales)? | | | |
| 92 | ¿Los disyuntores son probados con determinada frecuencia? | | | |
| 93 | ¿Hay estabilizadores de tensión en las líneas que están conectados equipos sensibles a las variaciones de la tensión? | | | |
| 94 | ¿Existen procedimientos para probar los disyuntores diferenciales? | | | |
| 95 | ¿Las conexiones a tierra están probadas? | | | |
| 96 | ¿Tienen suficientes tomas para evitar el uso de extensiones y multiconectores? | | | |
| 97 | ¿Las líneas de corriente continua, alterna y estabilizadas, están convenientemente identificadas? | | | |
| 98 | ¿El laboratorio y anexos están convenientemente organizados y limpios? | | | |
| 99 | ¿Las mesadas, escritorios están ordenados y limpios? | | | |
| 100 | ¿El material de vidrio usado, se limpia en el día? | | | |
| 101 | ¿Hay un programa de limpieza de luminarias y vidrios de ventanas y puertas? | | | |
| 102 | ¿El material de vidrio limpio y seco se guarda en sus correspondientes vitrinas o armarios? | | | |

| | | | | |
|-----|---|--|--|--|
| 103 | ¿La sala de reuniones está siempre limpia y ordenada? | | | |
| 104 | ¿La cocina está siempre ordenada y limpia? | | | |
| 105 | ¿Los sanitarios del baño se encuentran limpios? | | | |
| 106 | ¿Los pasillos internos y externos se limpian todos los días y se encuentran libres de obstáculos? | | | |
| 107 | ¿Los residuos se separan por tipo de residuo y en recipientes separados? | | | |
| 108 | ¿Los recipientes para los distintos tipos de residuos están convenientemente identificados por color y leyenda? | | | |
| 109 | ¿Los elementos de limpieza se guardan en el laboratorio? | | | |
| 110 | ¿Otros? | | | |

Elaboró:

Hoja: x de y

Revisión: 0.1

Aprobó:

Fecha: x/y/año

Realizada la Auditoria de acuerdo al Plan de Auditoria de Seguridad, elaborado por el grupo Auditor, el procedimiento deberá haber sido comunicado con anterioridad al sistema laboratorio a auditar.

Para concluir el Plan de Auditoria, el grupo auditor debe elaborar en una reunión privada de los integrantes del mismo, el informe de la auditoria finalizada (generalmente debe ser breve, por ejemplo una página por cada no conformidad y su acción correctiva que es escrita por los auditores).

Este informe es entregado al responsable del Laboratorio auditado y demás integrantes (incluido el responsable de la Seguridad) en una reunión final de acuerdo al Plan de Auditoria.

La auditoria culmina con la verificación de las acciones correctiva que han sido comunicadas al responsable del laboratorio y al responsable de la seguridad del laboratorio en fecha futura.

En el caso de auditoria para la seguridad los plazos para realizar las acciones correctivas deben ser de corto tiempo y ser cuidadosos al verificar las acciones correctivas realizadas.

Bibliografía

Harrison, L. (1966): "Manual de auditoría medioambiental", en *Higiene y Seguridad*. Mac Graw Hill, Madrid, España.

IRAM-ISO N° 19.011; 2005 (Norma Argentina)
"Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental".

Anexo L

Metodología para extinguir un incendio con extintores portátiles

REGLAS ELEMENTALES DE ATAQUE

MODOS DE UTILIZAR LOS EXTINTORES

INCORRECTO



CORRECTO



Ataque el fuego en la dirección del viento.



Al combatir fuegos en superficies líquidas, comience por la base y parte delantera del fuego.



Al combatir fuegos en derrames, empiece a extinguir desde arriba hacia abajo.



Es preferible usar siempre varios extinguidores al mismo tiempo en vez de emplearlos uno tras otro.



Esté atento a una posible reiniciación del fuego. No abandone el lugar hasta que el fuego quede completamente apagado.

Anexo M

Señalización y colores de seguridad

Por señalización se entiende “al conjunto de estímulos que condicionan la actuación de un individuo frente a unas circunstancias que se pretende resaltar”.

1. Consideraciones

- En el área o campo de la seguridad, la señalización tiene por fin llamar la atención sobre objetos o situaciones aptas de provocar peligros, así como indicar la ubicación de dispositivos o equipos que tengan importancia desde el punto de vista de la seguridad.

- Las señales de seguridad se materializan mediante la combinación de una figura geométrica, colores y un símbolo (icono).

- La señalización de seguridad es una medida complementaria que se debe ejecutar antes de una serie de acciones realizadas previamente sobre peligros que pueden terminar en riesgos si las circunstancias así lo permiten.

Las acciones básicas son:

- 1) Identificación y evaluación de peligros-riesgos.

- 2) Generar medidas preventivas para la eliminación o minimización de los riesgos. En esta acción se pueden aplicar medidas preventivas colectivas y elementos de medidas de protección individual.

- Una vez realizadas las acciones anteriores, se procede a programar la señalización.

2. Programación de la señalización

Ejecutadas las acciones tendientes a eliminar riesgos o minimizarlos se procede a elaborar el proyecto de señalización, que deberá incluir: el tipo de señalización, el tamaño y forma de la señalética, la distribución de los lugares de ubicación de tal modo que cumplan lo expresado más arriba.

Además el programa de señalización deberá considerar la información y formación sobre señalización a los trabajadores, en nuestro caso a los integrantes del sistema laboratorio.

Según la Norma IRAM N° 10.005, Parte 1, *Colores y señales de seguridad*. "Colores y señales fundamentales".

Las señales que propone la norma son:

| | |
|-----------------|--|
| 1) Prohibición | 5) Lucha contra incendio |
| 2) Advertencia | 6) Señal complementaria de riesgo permanente |
| 3) Obligación | |
| 4) Informativas | |

3. Tipo de señal y dimensiones

a) Señales de prohibición: el color de fondo es el blanco, la corona circular y la barra transversal serán rojas, el símbolo de seguridad será de color negro y estará ubicado en el centro de la corona y no debe superponerse a la barra transversal. El color rojo debe cubrir, como mínimo, el 35% del área de la señal, como puede observarse en los iconos de la *Figura 36*.



Figura 36

b) Señales de advertencia: el color de fondo es amarillo, la banda triangular es negra, el símbolo de seguridad es negro y ubicado en el centro. El color negro cubre como mínimo el 50% del área de la señal, como puede apreciarse en la *Figura 37*.

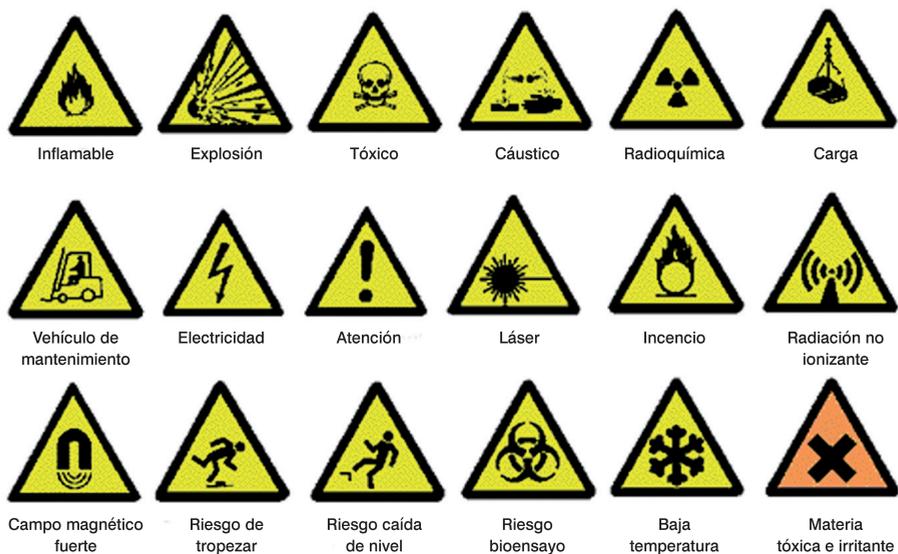


Figura 37

c) Señales de obligación: el color de fondo es el azul, el símbolo de seguridad es de color blanco y está ubicado en el centro del círculo, el color azul cubre como mínimo el 50% del área de la señal de seguridad, como se puede apreciar en la *Figura 38*



Figura 38

d) Señales informativas: son de formas rectangulares o cuadradas según convenga a la ubicación del símbolo de seguridad o texto. El color de fondo es de color verde, el símbolo de seguridad es blanco. El color de fondo debe cubrir el 50% del área de la señal de seguridad, como se puede apreciar en la *Figura 39*.

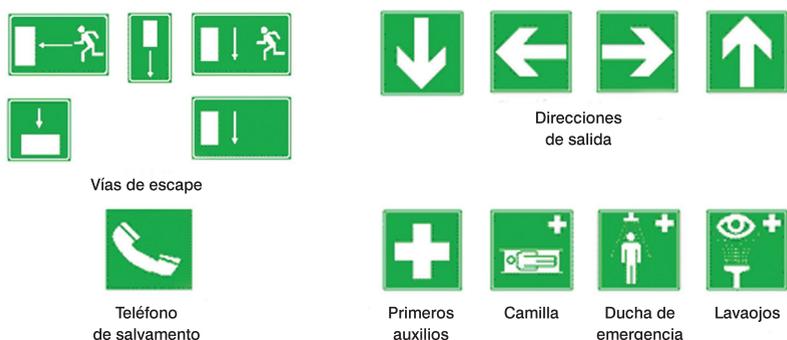


Figura 39

Las “señales en panel” son una combinación de formas geométricas, colores; un pictograma proporciona una determinada información cuya visibilidad está asegurada por una suficiente iluminación.

e) Lucha contra incendio: son de forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal), tal como lo muestra la *Figura 40*:



Figura 40

f) Señal complementaria de riesgo permanente: es una señal utilizada junto a otras señales ya vistas que facilita informaciones complementarias. La señalización se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras; las mismas deberán tener una inclinación aproximada de 45° y ser de dimensiones similares, tal como lo muestra la *Figura 41*.



Figura 41

Según Norma IRAM N° 10.005, parte 2, *Colores y señales de seguridad*. “Aplicación de los colores de seguridad a las señalizaciones particulares”, ver *Figura 42*, se establece las condiciones para el uso de los colores de seguridad sobre los objetos físicos para llamar la atención y asignarle un significado relativo a la seguridad.



Figura 42. Señalización de zonas y zonas de seguridad (Norma IRAM 10.005).

Según Norma N° 2.507 *NIO Sistemas de seguridad* para “Identificación de cañerías”, ver *Figura 43*:



Figura 43. Identificación de cañerías (Norma IRAM 2.507)

Esta norma establece el sistema para la identificación de cañerías (servicios de gas, agua, energía eléctrica) en los lugares de trabajo. Asimismo la norma no considera el sistema de identificación del contenido de los cilindros de gases comprimidos o permanentes.

4. Prevención de la señalización

Para que la señalización sea eficaz deberá cumplir:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Los símbolos han de ser lo más simple posible, eliminándose los detalles para la comprensión de los textos.
- Facilitar la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Informar, orientar o guiar sobre la actuación conveniente para cada caso concreto.
- Dar a conocer el riesgo con suficiente anticipación y alertar sobre una determinada emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Ser suficientemente clara para que el riesgo sea captado.
- Conducir a una sola interpretación.

- Estar fácilmente visible y permanecer hasta tanto la situación persista.
- Posibilidad real en la práctica para cumplir lo indicado.

Además, para que la señalización sea eficaz deberá ser utilizada con moderación, sólo se utilizará cuando:

- 1) No sea posible eliminar o reducir al mínimo el riesgo en primera instancia.
- 2) No se pueda proteger directamente con resguardos o elementos de seguridad.
- 3) No se pueda proteger al individuo (protección personal).
- 4) Como complemento a la protección empleada: tales como resguardos, protección personal y dispositivos de seguridad.

5. Programación de la señalización

Ejecutadas las acciones tendientes a eliminar riesgos o minimizarlos se procede a elaborar el proyecto de señalización, que deberá incluir el tipo, el tamaño y forma de la señalética, la distribución de los lugares de ubicación y que cumpla lo expresado más arriba.

Además dicho programa de señalización deberá considerar la información y formación sobre señalización a los trabajadores, en nuestro caso a los integrantes del sistema laboratorio.

6. Aplicación de los colores

Los colores de seguridad se aplicarán directamente sobre los objetos, partes de edificios, elementos de máquinas, equipos o dispositivos de forma que llamen la atención para que les quede asignado un significado relativo a la seguridad.

La aplicación de los colores de seguridad puede estar complementada con el uso de las señales de acuerdo con la norma IRAM N° 10.005, Parte 1, que se reproducen en partes en la siguiente *Figura 44*:

Los colores a emplear pueden ser de tonos mate o semimate, cuando la reflexión no dificulta la visión se pueden usar tonos brillantes. Cuando se requiera podrán utilizarse señales retrorreflectoras, en cuyo caso las láminas deberán cumplir con la norma IRAM N° 10.033.

En conclusión y en nuestro caso, todo lo relacionado con señalización para seguridad y salud debe ser informado a los integrantes del sistema laboratorio.

Es dable observar que “la señalización no debe considerarse como una medida sustitutoria de la información y formación del personal”.

Tampoco debe sustituir a las normas, instrucciones de trabajo, medidas preventivas de carácter general y/o individual.

| Color de seguridad | Significado | Ejemplos de aplicación | Color de contraste (si es requerido) |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|
| Rojo | Pararse, detenerse. Prohibición | Señales de detención Dispositivos de parada de emergencia. Señales de prohibición | Blanco |
| | Este color se utiliza además para los equipos contra incendio y señalar su ubicación | | |
| Amarillo | Precaución Advertencia | Indicación de riesgos (incendio, explosión, radiación ionizante, indicación de desniveles, pasos bajos, obstáculos, etc.). | Negro |
| Verde | Precaución Advertencia | Indicación de rutas de escape. Salidas de emergencia. Estaciones de rescate o de primeros auxilios, etc. | Blanco |
| Azul | Obligatoriedad | Obligatoriedad de usar equipos de protección personal (máscaras, cascos, etc.). | Blanco |

Figura 44

7. Color e iluminación

Los mismos están solidariamente relacionados en la señalización de Normas de Seguridad en el trabajo, debiendo estar adecuadamente dispuestas para no producir deslumbramiento o reflejos sobre las señales y que no se las vea con claridad.

Los colores de seguridad y su significado así como los colores de contraste, son los especificados en la *Figura 44*, de la Norma IRAM N° 10.005, Parte 1, 1982.

Bibliografía

(1982) Norma IRAM N° 10.005. "Colores y señales fundamentales" en Colores y señales de seguridad. Parte 1.

(1984) Norma IRAM N° 10.005. "Aplicación de los colores de seguridad en señalizaciones particulares", en Colores y señales de seguridad. Parte 2.

(1965) Norma IRAM N° 2.507. "NIO. Sistema de seguridad para identificación de cañerías".

(1979) Ley N° 19.587, "Higiene y Seguridad en el Trabajo". Ministerio de Trabajo.

Anexo N

Glosario de acrónimos sobre higiene y seguridad y organismos de normalización

1. Organismos de normalización

| | |
|---------|---|
| ACS | American Chemical Society (Sociedad Americana de Química) |
| AENOR | Asociación española de Normalización y Certificación |
| AFNOR | Association Francaise de Normatisation (Asociación Francesa de Normalización) |
| ACGIH | American Conference of Governmental Industrial Hygienist (Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno) |
| AMN | Asociación MERCOSUR de normalización |
| ANSI | American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas Nacionales) |
| ASA | American Standards Association (Asociación Americana de Estándares) |
| BSI | British Standards Institution (Instituto de Estándares Ingleses) |
| CEN | European Comité for Standardization (Comité Europeo para la Estandarización) |
| GENELEC | European Comité for Electrochemical Standardization (Comité Europeo para la Estandarización Electrónica) |
| COPANT | Comisión Panamericana de Normas Técnicas |
| DIN | Deutsches Institut Fur Normung (Instituto Alemán para la Normalización) |
| ICRP | The International Commission on Radiation Protection (Comisión Internacional de Protección Radiológica). |
| INSHT | Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España) |
| IQNET | The international Certification Network (Red Internacional de Certificación) |
| IRAM | Instituto de Racionalización Argentino de Materiales |
| ISO | International Standardization of Organization (Organización Internacional de Estandarización) |
| NBS | National Bureau of Standards (Oficina Nacional de Estándares) |
| NFPA | National Fire Protection Agency (Agencia Nacional de Protección del Fuego) |
| NIST | National Institute of Standards and Technology Instituto Nacional de Tecnología y Estándares) |
| UNE | Unidad de Normas Españolas |
| UNEP | United Nations Environment Program (Programa de las Naciones para el Medio Ambiente) |
| UNI | Ente Nazionale Italiano de Unificazione (Ente Nacional de Unificación Italiana) |
| WHO | World Health Organization (Organización Mundial de la Salud) |
| WMO | World Meteorological Organization (Organización Mundial de Meteorología) |

2. Organismos reguladores de salud y trabajo

| | |
|--------|---|
| ART | Aseguradora de Riesgos del Trabajo |
| ATSDR | Agencia for Toxic Substance and Disease Registry (Organismo para el Registro de Enfermedades y Tóxicos) |
| EPA | US Environmental Protection Agency (Organismo de Protección del Medio Ambiente) |
| CDC | US Department of Health and Human Service Center for Disease Control (Centro de Control de Enfermedades). |
| GEMS | Global Environmental Monitoring System (Sistema Global de Monitoreo del Medio Ambiente) |
| GEENET | Global Environmental Epidemiology Network (Red Mundial de Epidemiología Ambiental) |
| CIAS | Comisión Interamericana de Seguridad |
| IAEA | Internacional Atomic Energy Agency (Agencia Internacional de Energía Atómica) |
| IARC | International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional de Investigación del Cáncer) |
| ILO | Internacional Labour Office (Oficina Internacional del Trabajo) |
| IACC | Interamerican Commission Accreditation Cooperación (Comisión Interamericana de Cooperación para la Acreditación) |
| IEC | The Internacional Comisión on Electronic (Comisión Internacional de Electrónica) |
| IRPTC | Internacional Register of Potentially Toxic Chemical (Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas) |
| MTESS | Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social. |
| NIOSH | Nacional Institute Of Occupational Safety and Health (Instituto Americano de Normas Nacionales) |
| OIT | Internacional Organization of Work (Organismo Internacional del Trabajo) |
| OPS | Panamerican Health Organization (Organización Panamericana de la Salud) |
| OSHA | Occupational Safety and Health Administration (Agencia de Seguridad e Higiene Ocupacional) |
| SRT | Superintendencia de Riesgos del Trabajo (Argentina) |

3. Acrónimos técnicos

| | |
|------|---|
| AIT | Autoignition Temperatura (Temperatura de Autoignición) |
| CAS | Chemical Abstract Service (Servicio Técnico de Resúmenes) |
| CL | Control Limit (Límite de Control) |
| CMA | Chemical Manufactures Association (Asociación de Fabricantes de Productos Químicos) |
| CNS | Central Nervous System (Sistema Nervioso Central) |
| CPR | Cardiopulmonary Resuscitation (Resucitación Cardiopulmonar) |
| DOT | US Department Of Transportation (Departamento de Transporte, US) |
| ED | Effective Dose (Dosis Efectiva) |
| LC | Letal Concentration (Concentración Letal) |
| LCL | Lower Confidence Limit (Límite Inferior de Confidencia) |
| LEL | Lower Explosion Limit (Límite Inferior de Explosión) |
| MAC | Maximal Accepted Concentration (Máxima Concentración Aceptada) |
| MSDS | Material Safety Data Sheets (Base de Datos de Material de Seguridad) |
| NIR | Non Ionizing Radiations (Radiaciones No Ionizantes) |

| | |
|----------|--|
| OEL | Occupational Exposure Limit (Límite de Exposición Ocupacional) |
| PEL | Permissible Exposure Limit (Valor de Exposición Límite) |
| REL | Recommended Exposure Limit (Límite de Exposición Recomendado) |
| SI | Système International (Sistema Internacional de Unidades) |
| TLV | Threshold Limited Value (Valor Límite Umbral) |
| TLV-C | Threshold Limited Value-Ceiling (Valor Límite Umbral-Techo) |
| TLV-STEL | Threshold Limited Value-Short Term Exposure Limit (Límites de Exposición para Períodos Cortos de Tiempo) |
| TLV-TWA | Threshold Limited Value-Time Weighted Average (Concentración Ponderada en el Tiempo) |
| UEL | Upper Explosion Limit (Límite Superior de Explosión) |
| UFL | Upper Flammability Limit (Límite Superior de Inflamabilidad) |

Bibliografía general y documentos

- Alvarez Alva, R.** (1991): *Salud pública y Medicina Preventiva*. El manual moderno, México.
- Beiser, A.** (1994): *Conceptos de física moderna*. Editorial Mc Graw Hills, Madrid.
- Burton, D.J.** (1999): *Laboratory ventilation guide-book*. (DATOS)
- Cortés Díaz, J.M.** (1998): *Seguridad e Higiene del trabajo*. 3ra. ed. Editorial Tebar SL, Madrid.
- Drucker, P.** (1967): *The effective executive*. Ed. William Heidmann Ltda., Londres.
- Eisberg, R.M.** (1997): *Fundamentos de física moderna*. Editorial Limusa.
- Jacobo, G. y Rougès, C.**: (1994) *Régimen legal de los residuos peligrosos, Ley 24.051, decreto 831/93*. Ediciones Depalma, Buenos Aires.
- Garner W. et al.** (1992): *Good laboratory practice standards*. Applications for field and Laboratory Studies.
- Garritz, Ch.J.; Cruz, D.; Garritz, A.** (1991): *Estructura atómica. Un enfoque Químico*. Editorial Adison Wsley Iberamericana.
- Goetsch, D.L.** (1998): "Seguridad, Salud y Competitividad en el Mercado Mundial", en *Implementig total safety mamagement*. Prentice Hall Hispanoamericana SA, México.
- Harrison, L.**: *Environmental, health and safety auditing handbook*. Editorial Mc Graw Hill Inc. Madrid.
- Heinsohn, R.J.; Wiley, J.** (1991): *Industrial ventilation. engineering principles*, Sons Inc.
- Keith, D.; Newtrom, J.W.** (1999): *Comportamiento humano en el trabajo*. 10ma. ed. Editorial Mc Grw Hill, Madrid.
- Lefèvre, M.J.** (1977) *Manual de primeros auxilios de urgencia*. Editorial Científico Médica, Barcelona.
- Mondelo, P.; Gregory Torrada, E.; Comas Uriz, S.; Castejón Vilella, E.** (2004): "Confort y Estrés Térmico", en *Ergonomía 2*. Editorial Alfaomega, México.
- Peña, C.; Carter, D.E.; Ayala-Fierro, F.** (2001): *Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos y Restauración Ambiental*. Southwest Hazardous Waste Program.
- Pigretti, E.A.** (1993): *Derecho ambiental*. Ediciones Depalma, Buenos Aires.
- Rodríguez J.J.** (1999): *Los residuos peligrosos Caracterización. Tratamiento y Gestión*. Iarbien, Á. (ed.). Editorial Síntesis, Madrid.
- Rouessac, F.; Rouessac, A.** (2003): *Métodos y técnicas instrumentales modernas*. Mac Graw Hill, España.
- Rubio Romero, J.C.** (2004): *Método de evaluación de riesgos laborales*. Ediciones Rodríguez Santos, Madrid.
- Segarra Obiol, F.** (1985): *Enfermedades bronco-pulmonares*. Editorial Labor, Barcelona.
- Sing, J.; Coffman, M.A., Steere, N.V.** (1979): *Handbook of laboratory safety*. Editor, 2da. ed. CRC Precc. Inc. Mineapolis.
- Storch de Gracia, J.M.** (1998): "Fundamentos y Evaluación de Riesgos y Diseño", en *Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras*. Editorial Mc Graw Hill, España.
- West, Ch.A.** (1967): *Física de los sólidos*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid.
- Ley 19587, "Higiene y Seguridad en el Trabajo" Dec. Reg. 315/79 y Res. 444/91.
- (1993): *Manual de emergencias médicas*. Agencia Interdeco Canadá. Ed. ACME SACI, Buenos Aires.

Norma IRAM N° 2.371/87 "Efecto del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano".

(1984): OIT "La prevención de los accidentes", 2da. ed., Ginebra, Suiza.

(1992): *Manual de seguridad en el trabajo*. Fundación MAPFRE. Madrid.

Normas IRAM Argentina, Serie 3.500.

Modelos de Incendio, Revista de SEGURIDAD, Instituto Argentino de Seguridad, Año LVII N° 358/98.

(2002): *Manual de productos peligrosos*. Departamento de Ordenación Territorial y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, IHOBE.

(1991) *Manual de higiene industrial*. Fundación MAPFRE, Madrid.

(1990) *Chemical Hazards Niosh* (Pocked Guide To); Department of health and human services, June, US. Técnicas de prevención de riesgos laborales

(1999) *Handbook of global environmental policy and administratiom*. Soden, D. and Steel, B. (eds.).

(1997) Norma IRAM N° 80.004. "Contaminación del aire. Definiciones con los Contaminantes del Aire".

Patty´s industrial hygiene industrial and toxicology. Vol 1, parte B, 4ta. ed.

(1992) "Ventilación industrial", en *Manual de recomendaciones para prevención de riesgos profesionales*. ACGIH Versión Española, Generalitat Valenciana Conselleria de Treball i Alter Socials, Valencia.

(2001): A Superfine Research and Training Program At the Collage of Pharmacy. The University of Arizona.

Chemical hazards. Pocket guide to niosh. US Departmentn of Health and Human Services Public Health Service-Centers for Disease Control, June 1980.