

# Guía Mejores Técnicas Disponibles para Prácticas Sustentables en Laboratorios y Talleres en las Instituciones de Educación Superior

---

## MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES.

El presente documento incluye información para Prácticas Sustentables en Laboratorio y Talleres en las Instituciones de Educación Superior, a través de la aplicación de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) que permitan hacer más sustentable esta actividad.

### 1. Mejores Técnicas Disponibles

#### 1.1 DEFINICIÓN DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

Las Mejores Técnicas Disponibles son aquel conjunto de técnicas aplicadas a procesos de diversos sectores productivos que se demuestran más eficaces para alcanzar un elevado nivel de protección medioambiental, siendo a su vez aplicables en condiciones económicas y técnicas viables.

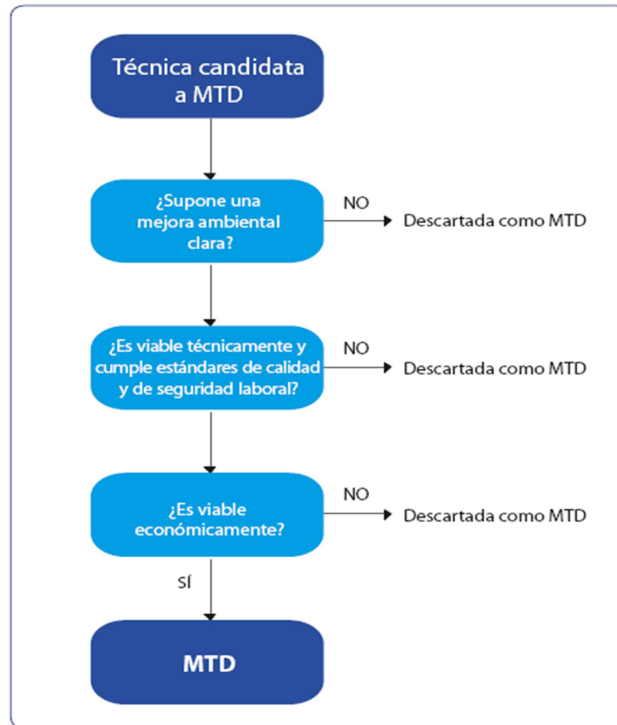
A estos efectos, se entiende por:

**Mejores:** las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

**Técnicas:** la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada; y

**Disponibles:** las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector productivo, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costos y los beneficios, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables.

La Figura 1 representa un esquema simplificado del proceso de selección de MTD.



**Figura 1: Proceso de selección simplificado de MTD.**

En una primera fase de la selección, una técnica candidata a MTD, en comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica, debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro/aprovechamiento de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

Una vez superado este primer requisito, la técnica candidata a MTD deberá estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción según los estándares de calidad, no suponiendo un impacto significativo sobre otros medios, ni un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, etc.).

Finalmente, una técnica no podrá considerarse MTD si resulta económicamente inviable para el sector. La adopción de MTD por parte de un productor/comercializador no supondrá un costo tal que ponga en riesgo la continuidad de la actividad. En este sentido, es conveniente recordar que la adopción o un cambio de tecnología es una inversión muy costosa, no siempre asumible debido a diversos factores.

Es importante señalar que las Mejores Técnicas Disponibles no fijan valores límite de emisión ni estándares de calidad ambiental, sino que proveen medidas para prevenir o reducir las emisiones a un costo razonable. Las MTD significan, por tanto, no un límite a no sobrepasar, sino un constante propósito de mejora ambiental que puede alcanzarse por diferentes vías y que pueden

utilizar otras tecnologías más apropiadas para determinada instalación o localización a las descritas como referencia.

## **PRACTICAS SUSTENTABLES EN LABORATORIO Y TALLERES EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR.**

Esta guía tiene como objetivo presentar y difundir las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para Prácticas Sustentables en Laboratorio y Talleres en las Instituciones de Educación Superior.

### **2. Introducción**

Desde hace algunas décadas, los Establecimientos de Educación Superior a nivel mundial han mostrado un creciente interés por lograr un carácter más sustentable en cuanto a su rol dentro de la sociedad. Estos establecimientos han modificado sus procedimientos y adoptado prácticas que les permite disminuir el impacto de sus actividades en el medio ambiente y en la sociedad, sin disminuir la calidad de su enseñanza. Básicamente, estas prácticas se refieren a la minimización en el consumo de los recursos naturales y energéticos, a la mantención de las condiciones de trabajo adecuadas que permitan un desempeño correcto de las actividades y a la gestión de los recursos económicos para sustentar y establecer estas prácticas dentro de la organización.

El Informe de Diagnóstico Sectorial para el APL de Campus Sustentable indica que sólo el 13% de los establecimientos encuestados cuenta con una política de sustentabilidad, aunque el 57% de ellos muestra compromisos en su plan estratégico o misión. Estos números indican un bajo nivel de acción efectiva en esta materia. En general, las prácticas se refieren al uso eficiente de los recursos hídricos y energéticos, a la construcción o renovación de ambientes verdes y al uso de energía renovables, y en menor medida al las compras sustentables. Mientras en Norteamérica y Europa el tema de la sustentabilidad en la Educación Superior es un tema fuertemente consolidado, en Chile es un tema relativamente nuevo, generando un gran potencial de acción.

Las universidades que tengan dentro de sus dependencias laboratorios o impartan talleres afines, deben realizar un esfuerzo extra por cumplir con la normativa y lograr la sustentabilidad. Para el caso particular de un laboratorio o taller en el que se realicen actividades afines, el uso de recursos es intensivo, (naturales, energéticos y económicos) así como la generación de residuos de diversa índole. El carácter propio de las actividades experimentales conlleva un riesgo potencial (de contaminación y seguridad), en especial en actividades de enseñanza, que deben ser oportunamente identificadas y manejadas.

Por esto, en este documento se plantean técnicas MTD y buenas prácticas complementarias enfocadas en estos cuatro aspectos: minimización en el uso de recursos naturales, minimización en la generación de residuos y contaminación, seguridad en el ambiente de trabajo y gestión de los recursos económicos. Esta visión global permite que tanto el encargado del laboratorio como el administrador de los recursos, puedan ejercer una labor cuyo objetivo es entregar una educación de calidad con el menor impacto ambiental y social. De acuerdo a lo anterior se identificaron las siguientes MTD:

- MTD 1: PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
- MTD 2: REUSO DE SOLVENTES PARA LAVADO DE MATERIAL
- MTD 3: USO DE AHORRADORES DE AGUA
- MTD 4: PLAN DE REUSO DE AGUA: USO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO – CALEFACCIÓN PARA LIMPIEZA
- MTD 5: ADSORCIÓN MEDIANTE FILTROS DE CARBÓN ACTIVO
- MTD 6: USO DE DETECTORES COLORIMÉTRICOS PARA LA CONTAMINACIÓN AÉREA
- MTD 7: MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL CONTROL DEL RUIDO
- MTD 8: USO DE AMORTIGUADORES PARA LA PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DEL RUIDO
- MTD 9: AISLACIÓN DE LOS EQUIPOS/AISLACIÓN DEL AMBIENTE PARA EL CONTROL DEL RUIDO

## **2.1 Contaminación por Residuos**

Los residuos han sido clasificados por muchos años, como los desechos provenientes de las distintas actividades humanas, los cuales eran depositados en sitios específicos para su descomposición. Actualmente, el enfoque que se le ha atribuido a los residuos corresponde a sustancias u objetos que pueden ser valorizados o eliminados sólo en última instancia. Los residuos pueden ser considerados inocuos o peligrosos de acuerdo a sus características particulares (1,2).

Los efectos nocivos de los residuos se refieren a su acumulación y descomposición: son focos de infección, olores, de proliferación de vectores de enfermedades (roedores, insectos, etc.), generan percolados y su composición muchas veces hace que sea de lenta degradación y permanezca en el sitio por un largo tiempo.

### **La contaminación en los laboratorios**

En los laboratorios y talleres que imparten actividades académicas, los residuos generados son de variada índole, pudiendo ser peligrosos o inocuos, y en volúmenes que dependen de la calendarización de actividades propias del establecimiento académico. Además, son residuos que presentan mezclas de compuestos y que no siempre se encuentran bien identificados (1). Según distintos manuales de manejo de residuos (Universidad de Barcelona, UNAM), es común que material sin identificar sea dejado atrás cuando el usuario termina sus labores en el recinto, generando de esta forma residuos “huérfanos”. Estos residuos, si no se encuentran rotulados, no se pueden destinar a un nuevo usuario y deben ser descartados con todas las precauciones referidas a un material peligroso. Esto aumenta el costo de disposición del residuo e impide que pueda ser tratado, transformado o revalorizado. En la Tabla 1 se presenta un resumen con los residuos identificados en trabajos cotidianos de laboratorio:

**Tabla 1: Residuos generados en las actividades comunes de laboratorio y talleres afines.**

<b>Actividad</b>	<b>Residuos generados</b>	<b>Peligrosidad</b>
Adquisición/Inventario	Embalaje (cartón, plástico), muestras sin usar, reactivos expirados	Posible
Oficina (generación datos y reportes, baños, cocina, limpieza)	Papel, residuos de comida, equipos, limpiadores, tintas, metales, cables	No
Experimentación/Análisis/ Limpieza	Solventes, reactivos, material agotado/usado, Aceites lubricantes, Material de protección, Aguas contaminadas, Gases. Material cortopunzante. Baterías.	Generalmente si

### **La medición en la generación de residuos**

De acuerdo al Informe Sectorial de APL de Campus Sustentable, sólo una pequeña parte de las instituciones encuestadas (14%) conocía su generación de residuos. Siendo esta la visión general, sólo se pudo estimar la generación por cada laboratorio perteneciente a la institución.

La medición en la generación de residuos se basa principalmente en la cuantificación de un residuo específico antes de su disposición. La práctica común es que los laboratorios entreguen sus residuos a un coordinador que deriva estos residuos a terceros, sin identificación precisa del origen de los residuos. Debido a que la minimización de los residuos debe realizarse en origen, es decir, con protocolos que sean aplicables a la realidad de cada laboratorio, se hace necesaria la identificación y cuantificación en el lugar de generación de los residuos.

La técnica de medición en la generación de residuos consiste en la cuantificación, ya sea en peso para residuos sólidos, o en volumen para residuos líquidos. Cada laboratorio o taller debe llevar un seguimiento (físico o digital) de la cantidad y tipo de residuos generados por unidad de tiempo. Esto permitirá el monitoreo de la efectividad de la gestión de residuos frente a las estrategias implementadas para la reducción en la generación de residuos y contaminantes.

## **Como controlar y combatir la generación de residuos**

Como en toda gestión de residuos, en primer lugar se busca evitar la generación de residuos, o de lo contrario, que éstos fueran mínimos. Si esto no es posible, los residuos se deberían reutilizar. Si tampoco es posible se deberán tratar y finalmente eliminar de forma segura. En cada laboratorio debe establecerse un procedimiento de gestión de residuos que considere todos los tipos de residuos que se generan de manera ocasional y permanente. Esta gestión debiera considerar todos los aspectos de la generación de residuos, desde el origen a su transporte y disposición, a fin de asegurar una adecuada protección de la salud y el medio ambiente (2). Toda entidad que genere algún tipo de residuo peligroso por mínimo que sea debe realizar un diagnóstico que le permita conocer las características del residuo, de manera tal que le permita hacer una evaluación de sus riesgos (4). Distintas organizaciones educacionales coinciden en que en la gestión de residuos se concentra en la aplicación de las 4R: Reducir, Reusar, Reciclar y Recuperar (1, 2, 4, 5, 6). Estas prácticas permiten un beneficio ambiental y el ahorro de costos para el laboratorio.

Los residuos generados en laboratorios y talleres de establecimientos de educación son considerados distintos a los generados por las oficinas y administrativos del mismo establecimiento debido a la utilización de material reactivo. Sin embargo, las técnicas de prevención y minimización de residuos pueden considerarse transversales a ambos ámbitos. Estas prácticas se encuentran ampliamente estructuradas y definidas para los residuos sólidos y líquidos, residuos característicos (aunque no similares) en ambos casos. Sin embargo, en un laboratorio, además se generan corrientes gaseosas potencialmente molestas que requieren también un sistema de tratamiento antes de su disposición, por ejemplo, debido a los problemas de olores y toxicidad que tienen asociadas. En la



Tabla 2 se entregan las herramientas de las 4R para cada tipo de residuo de las cuales derivan las MTD seleccionadas (adaptado de las referencias 1, 2, 4, 5, 6).

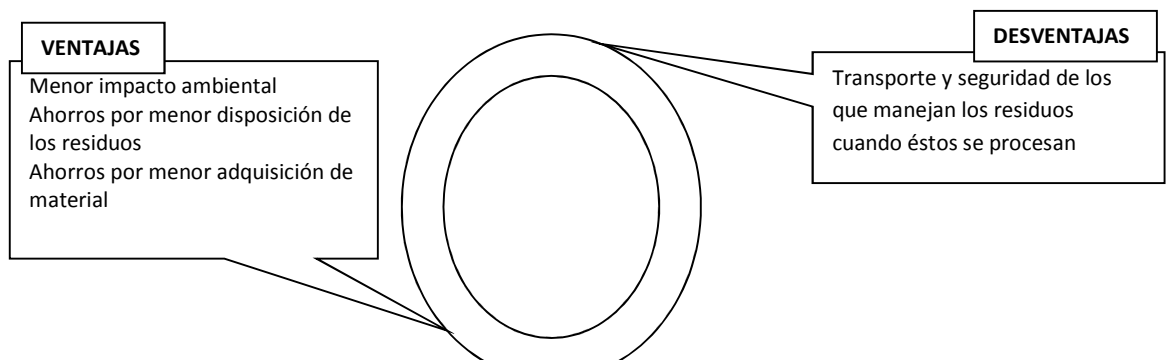
**Tabla 2: Herramientas identificadas para la gestión de residuos basadas en las 4R.**

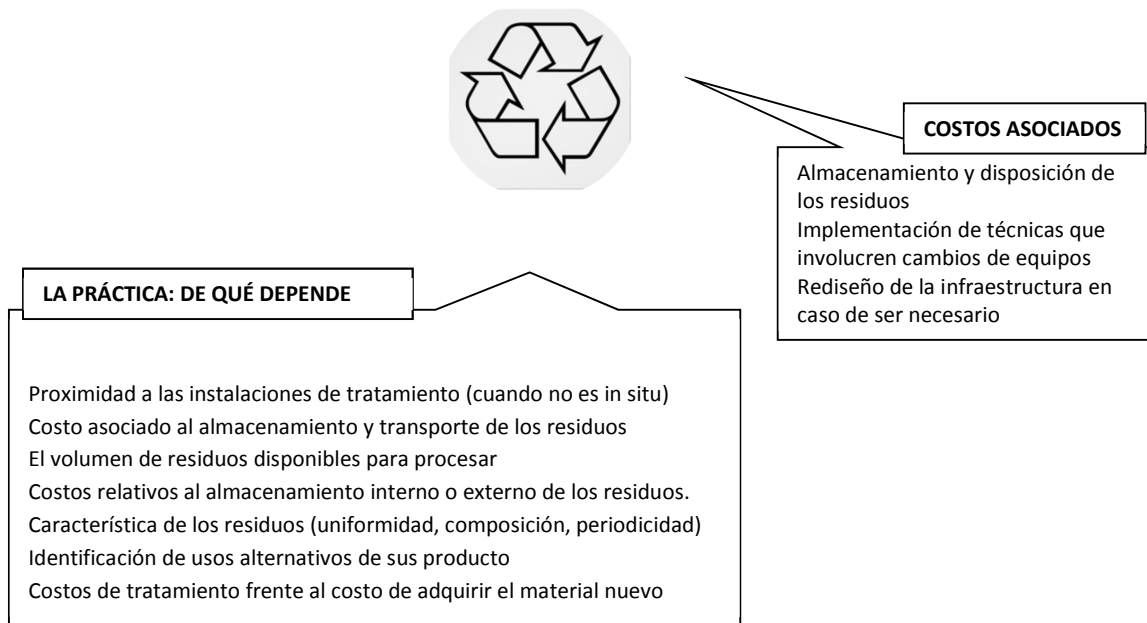
Objetivo	Residuos		
	Sólido	Líquido	Gaseoso
Reducir	Microquímica. Escalamiento. Sustitución de reactivos por otros menos peligrosos. Añadir un último paso de reacción para disminuir o eliminar la peligrosidad del producto. Rediseño de los experimentos para que el producto de uno sea el reactante del otro. Sistema de inventario/cooperación interlaboratorio para la adquisición de material y equipos. Preferir proveedores que reciban material no usado o reciclen sus productos.		
	Autoclavado de material biológico.		Rediseño del sistema de aire acondicionado y ventilación según gradientes de potencial contaminación
Reusar	Escoger proveedores que reciclen y/o cuyo embalaje provenga de fuentes recicladas	Uso de sistemas de ahorro de agua (válvulas, mejora en sistemas de filtración a vacío, mínimo consumo de agua destilada lavado eficiente/ultrasonico/detergentes ecoeficientes)	
Reusar	Material de vidrio reparado/modificado.	Solventes poco contaminados para limpieza inicial.	Rediseño de los sistemas de ventilación según gradientes de potencial contaminación
	Intercambio de material/equipos interlaboratorio	Rediseño de los sistemas de transferencia de calor. Intercambio de reactivos interlaboratorio	
Reciclar	Recuperación de material de vidrio, plástico, papel, cartón, metal (cilindros de gases)	Destilación de solventes y recuperación de aceites medianamente contaminados.	-----
	Concentración metales con técnicas tales como lixiviación, extracción por solventes, intercambio iónico, precipitación, cristalización y evaporación.		
Recuperar	Quema de residuos orgánicos que no tienen opción de tratamiento.	Quema de solventes y aceites muy contaminados	-----

Cuando se deba disponer de los residuos que no pudieron ser evitados, se debe contar con un sistema de disposición de residuos cuando son peligrosos o cuando son inocuos. La disposición de los residuos peligrosos va a depender de sus características. Los residuos inocuos pueden ser manejados como basura común. Sin embargo, debe disponerse en bolsas separadas y seguras, mantenerse rotulado en todo momento, su embalaje debe ser seguro y debe ser transportado al contenedor final por personal del laboratorio (3, 4, 5).

En la

Figura 2 se presenta un esquema de gestión de residuos basado en la 4R, donde se deben considerar las ventajas y desventajas asociadas, los costos y beneficios involucrados, así como de qué depende la selección de la técnica o práctica más adecuada para la reducción de la contaminación.





**Figura 2: Esquema de gestión de residuos basado en la 4R para la reducción en la generación de residuos y contaminación.**

## MTD 1: SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

### DESCRIPCIÓN



Un Sistema de Gestión es un conjunto de etapas unidas en un proceso continuo, con el objetivo entregar los lineamientos para lograr las metas de una institución, mediante una serie de estrategias, que incluyen la optimización de procesos y actividades. Lo anterior para el cuidado de la seguridad y salud de los usuarios que tienen contacto con los residuos generados en una institución, así como del cuidado medioambiental. El sistema de gestión contempla una serie de políticas y acciones que derivan en la reducción de la emisión de residuos al interior del establecimiento. Para esto se cuenta con 4 enfoques: Reducir, Reusar, Reciclar y Recuperar, conocidos como las 4R.

- **Reducir**  
Es la forma más efectiva de minimizar los residuos. Esto implica el uso de reactivos menos peligrosos, tratamiento de los residuos antes de su disposición.
- **Reciclar**  
Involucra la recolección y reprocesamiento de los residuos materiales en nuevos productos. Sólo parte de los residuos pueden ser reciclados, siendo fundamental la segregación en origen. Los residuos deben tener un alto contenido del material de interés para que el proceso sea eficaz.
- **Reusar**  
Consiste en el uso directo del material sin transformar (o ligeramente transformado) para un uso similar o alternativo.

- **Recuperar**

Involucra la obtención de energía desde los residuos. Por ejemplo, los solventes y el aceite pueden ser utilizados como combustibles

El sistema de gestión integral de residuos contemplará su acción, en particular, sobre las actividades identificadas como las fuentes que generan una mayor cantidad de residuos y las que presentan las mayores oportunidades de minimización en su generación. A modo general, las actividades de mayor importancia en la generación de residuos en talleres y laboratorios son tres:

1. Adquisición de materias primas, reactivos y equipamiento
2. Actividades de trabajo
3. Almacenamiento de material – Almacenamiento de residuos

Una breve explicación de estas actividades se presenta a continuación:

**Adquisición del material:** La prevención y minimización de residuos tiene como punto de origen en la compra del material y equipamiento diverso. En este punto se consideran políticas de compra (qué, cuánto, a quién) a fin de minimizar tanto el material de interés que ingresa al recinto como el material de embalaje, en particular el que no se puede reciclar.

**Actividades de trabajo:** Es la fuente principal de residuos, peligrosos y no peligrosos. Para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar la producción de residuos, se consideran

**Almacenamiento:** Durante la mantención de los materiales en espera de su uso, o bien, durante el almacenamiento de los residuos provenientes de la actividad de trabajo, es posible que se generen emisiones al aire por vaporización de compuestos, y al agua/suelo por derrames de productos líquidos y sólidos contenidos en el almacén.

Dada la magnitud de las actividades asociadas a la generación de residuos, el Sistema de gestión integral de residuos es un documento que especifica políticas, protocolos de actuación, de monitoreo y de mantención, y responsabilidades específicas, entre otros. Así, para el sistema de gestión debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- Inventario de los residuos
- Establecimiento de responsabilidad sobre la aplicación de los protocolos
- Establecimiento de protocolos para:
  - Minimización de residuos.
  - Tratamiento in situ de los residuos que no se pueden evitar.

- Recogida selectiva de los residuos que no se pueden tratar.
- Segregación en el almacenamiento de sustancias.
- Monitoreo y control en la generación, manipulación y disposición de residuos.

Cada política o protocolo asociado al sistema de gestión debe estar orientado a la realidad y a las necesidades específicas de la institución, laboratorio o taller. El desarrollo de estos documentos se encuentra enmarcado dentro del cumplimiento de las normativas y regulaciones nacionales e institucionales.

Este documento se encontrará a disposición de los usuarios de la instalación, debe ser claro, específico e inequívoco en cuanto a la aplicación de sus lineamientos y a las responsabilidades correspondientes.

#### **BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS**

- Se debe realizar la inducción correspondiente a los usuarios a fin de que conozcan el Sistema de gestión integral de residuos de su lugar de trabajo.
- De manera anual – bianual, se debe realizar una revisión de los protocolos establecidos y contrastarlos con las técnicas y tecnologías nuevas del mercado.

#### **CONDICIONES DE USO**

La aplicación correcta del sistema de gestión está basada en la apropiada capacitación de los usuarios y de los encargados de su aplicación.

#### **BENEFICIOS AMBIENTALES**

Se disminuye el nivel de residuos a disponer y contaminantes a emitir en la instalación.

Facilita el reciclaje de materiales por parte de terceros, disminuyendo la emisión de residuos al ambiente.

Disminuye los riesgos de accidentes laborales por malas prácticas. Promueve la seguridad y salud de los usuarios.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Permite la entrega de información de manera central, estandarizada e inequívoca sobre cómo proceder en cada una de los recintos asociados a una instalación.	Requiere de la capacitación del personal  Requiere de revisión para su mejora continua

APLICABILIDAD
Se puede implementar esta práctica para todo laboratorio y taller.

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS
<p>Los costos asociados a esta técnica es el pago al encargado de la realización del documento, con un valor de asesoramiento entre 1,0 a 1,5 UF/h. Se considera que el levantamiento de información, análisis de resultados y redacción del informe considera alrededor de 96 a 100h de trabajo.</p> <p>El costo de capacitación se considera como la hora-hombre del taller de capacitación y del costo del relator.</p>

CASO PRÁCTICO
<p>A continuación se entregan ejemplos de aplicación, sobre los cuales el Sistema de gestión integral de residuos puede generar protocolos para la reducción en la generación de residuos. Para su ejemplificación se consideraran las tres actividades de mayor impacto sobre la producción de residuos dentro de la instalación:</p> <p><b><u>Adquisición del material:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Inventario colaborativo. Se basa en la mantención de un inventario en común para los diversos laboratorio y talleres que funcionen dentro de un mismo establecimiento, el cual debe mantenerse al día y a cargo de una entidad centralizada, previniendo la compra excesiva, duplicada o innecesaria de materiales. Esto evita el desperdicio de material por vencimiento, mal estado, o por exceso de material.</li> <li>Distribución: Esta técnica complementa la mantención de un inventario colaborativo. Se refiere al intercambio de material y equipos entre laboratorios y talleres a fin de evitar la compra innecesaria de los reactivos y a considerar usos alternativos a equipos que ya no son requeridos para cierta actividad. Considera que los equipos dados de baja y que pueden ser utilizados de manera segura en otras actividades, se pueden redistribuidos tanto a otros</li> </ol>

laboratorios como a otras instituciones.

c. Buenas prácticas:

- Limitar la compra de los reactivos a la cantidad precisa que se va a utilizar en cierto periodo de tiempo.
- Se deben preferenciar los envases pequeños, comprar químicos a granel puede ahorrar dinero en la compra, pero la disposición del material sin utilizar puede costar aún más que el ahorro inicial.
- Si se necesita utilizar una solución diluida, preferenciar la compra de la solución preparada y no la botella del sólido respectivo.
- Preferenciar los envases pequeños. Al comprar químicos a granel se puede ahorrar dinero en la compra, pero la disposición del material sin utilizar puede costar aún más que el ahorro inicial.
- Nunca acepte donaciones de materiales. Estas donaciones por lo general no tienen fecha de síntesis y su pureza y calidad son desconocidas.

**Actividades de trabajo:**

- a. Coordinación en el uso de los equipos. Se evita repetir ensayos si el equipo no está a su máxima capacidad. Otra forma es distribuir los equipos de acuerdo a su necesidad de uso, a fin de evitar los cuellos de botella y el uso innecesario de éstos.
- b. Sustitución de reactivos/materiales: Significa el reemplazo o la reducción de sustancias peligrosas en productos y procesos por sustancias menos peligrosas o no peligrosas, o mediante medidas tecnológicas u organizacionales que logren una funcionalidad equivalente que lleven a la reducción en volumen y/o peligrosidad de los residuos químicos. El uso de materiales menos peligrosos (menos inflamables, reactivos, tóxicos, etc.) involucra tanto los reactivos e insumos a utilizar dentro del trabajo, como de los productos de limpieza (por ej. soluciones de ácido crómico por detergentes enzimáticos) y equipamiento (por ej. termómetros de mercurio por electrónicos). Otra opción es sustituir el uso de solventes por técnicas tales como líquidos iónicos y fluidos supercríticos, entre otros.
- c. Buenas prácticas:
- Se debe considerar la opción de presentaciones audiovisuales como sustituto a algunos experimentos con fines demostrativos

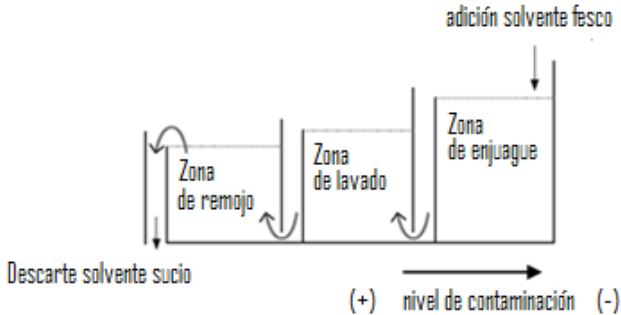


- Para los talleres demostrativos, es recomendado comprar los kit de análisis que vienen con las cantidades exactas para los experimentos.
- Aumentar el uso del análisis instrumental, al contrario el de la química húmeda, cada vez que sea posible.
- Entrenar al personal en seguridad ambiental, así como informar y formar al personal del laboratorio sobre el procedimiento de gestión de residuos.
- Revisar constantemente los procesos que generan residuos, de manera de realizar las modificaciones pertinentes para disminuir el volumen de residuos generados.

### **Almacenamiento**

- a. Segregación. Durante el almacenamiento de los compuestos previo a su utilización, esta técnica se refiere a la separación de éstos de acuerdo a su compatibilidad a fin de prevenir reacciones peligrosas. De manera similar, durante el almacenamiento de los residuos, esta técnica se refiere a la recogida selectiva en función a grupos de residuos establecidos. Esta separación previene que los residuos se contaminen por la mezcla de material inocuo con nocivos evitando la generación de una mayor cantidad de residuos peligrosos. Además, evita la reacción de compuestos incompatibles, minimizando la posibilidad de accidentes. Si bien la segregación de material peligroso se encuentra normada, esta se puede aplicar a material inocuo (papel, cartón, aceites, etc.) a fin de permitir su posterior reciclaje por terceros. La clasificación en origen permite que el reciclaje final de los residuos sea más fácil al eliminar una etapa de clasificación y separación de los residuos (más detalles ver Anexo 1).
- b. Buenas prácticas:
  - Manipular las sustancias con los debidos implementos de protección.
  - Distribuir de las zonas de almacenamiento según compatibilidad de residuos (ver Anexo 2).
  - Revisar continuamente las instalaciones de almacenamiento y de los contenedores.
  - Identificar correctamente de los contenedores para cada tipo de sustancia.
  - Proveer de un ambiente seguro para el almacenamiento (temperatura, humedad, ventilación, contenedores apropiados).

## MTD 2: REUSO DE SOLVENTES DE LIMPIEZA PARA LAVADO DE MATERIAL

DESCRIPCIÓN
 <p>El diagrama ilustra un sistema de lavado en contracorriente. Se muestran tres compartimentos: 'Zona de remojo', 'Zona de lavado' y 'Zona de enjuague'. Una flecha horizontal indica el flujo del material de izquierda a derecha. En la 'Zona de remojo', se indica 'Descarte solvente sucio' con una flecha hacia abajo. En la 'Zona de enjuague', se indica 'adición solvente fresco' con una flecha hacia abajo. Debajo de los compartimentos, una flecha horizontal apunta a la derecha, etiquetada como '(+) nivel de contaminación (-)', indicando que el nivel de contaminación disminuye a lo largo del proceso.</p>
<p>Se refiere a la reutilización de solventes para la limpieza inicial del material. Los solventes que se utilizan para este fin son, por lo general, el agua destilada, el etanol, hidrocarburos y la acetona. Estos solventes se utilizan solos o en combinación con otros agentes para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose para la limpieza como agente tensoactivo. Estos solventes se contaminan de manera progresiva con el uso, disminuyendo su capacidad de remoción de los contaminantes. Sin embargo, es posible reutilizar los solventes varias veces antes de que éste quede saturado.</p>
<p>Para la limpieza de material es posible tener una configuración de alimentación del solvente por lote o continuo, de acuerdo a la modalidad del proceso. El caso más común en talleres y laboratorios es el lavado por lote del material, utilizando para ellos solventes orgánicos, mezclas de éstos con agua o agua corriente pura. En este caso, se sugiere tomar una configuración en estanques secuenciales, donde el material a lavar pase por una zona inicial de remojo (sin lavado) donde tome contacto con el solvente reutilizado. En esta área, el solvente se carga con la mayor contaminación del material. Luego, el material se sumerge en una zona intermedia donde se lave efectivamente el material con solvente y métodos físicos (ej. escobillado), y se lleva finalmente a la zona de enjuague, donde el material es sumergido brevemente en el solvente menos contaminado para la remoción final de partículas adheridas y para un lavado final con solvente puro, el cual es recolectado en esta zona. Este sistema, cuando se realiza en continuo, se denomina lavado en contracorriente.</p>
<p>El sistema de recambio del solvente considera la frecuencia, la cual es establecida de acuerdo al tipo y concentración de contaminante a remover, donde el solvente de la zona de remojo es descartado con la manipulación adecuada, el solvente de la zona de lavado pasa a considerarse de remojo, el solvente de la zona de enjuague pasa a ser de lavado, y finalmente, la zona de enjuague se rellena con solvente limpio. Esta secuencia se repite de acuerdo a la periodicidad establecida con anterioridad. El encargado de esta labor debe dejar un registro del volumen de solvente que se descarta en cada recambio, a fin de mantener el control en el consumo del</p>

solvente.

Para determinar la mejor alternativa en el uso de solventes debe tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Superficie o pieza a limpiar, grado de limpieza, tipo de suciedad, efectos sobre la salud y efectos sobre el medio ambiente, entre otros.
- En el caso de no poder utilizar un proceso totalmente inocuo, preferir la siguiente jerarquía de limpieza: agua o aire > agentes de base vegetal > medio abrasivo con agua o aire como soporte > disoluciones acuosas de detergentes > disoluciones alcalinas > ácidos > disolventes.

#### **BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS**

- Evitar la necesidad de limpieza, disminuyendo la causa de la suciedad.
- Elegir los disolventes orgánicos que sean menos peligrosos. Privilegiar el uso de detergentes biodegradables cada vez que sea posible.
- Extraer frecuentemente los residuos de los tanques de disolventes.
- Aumentar el grado de agitación en los baños en caso de requerirse.
- Controlar las pérdidas por evaporación el solvente. Utilizar baños con tapa y controlar la temperatura del ambiente.
- Reducir la velocidad de extracción del material y permitir un amplio tiempo de drenaje.
- Conseguir una posición adecuada del material en el baño para permitir el máximo contacto con el solvente.
- Mantener los disolventes segregados con el fin de optimizar su reciclaje y/o tratamiento.
- La limpieza del material se debe realizar inmediatamente después de cada operación, ya que es mucho más fácil su remoción y además se conoce la naturaleza de los residuos que contiene.
- Antes de introducir el material al baño, se quitan los residuos sólidos en exceso con una espátula o varilla.

### CONDICIONES DE USO

Se recomienda que el tipo de contaminación a remover sea similar en cada uno de los reusos del solvente dada su potencial recuperación y reciclaje final.

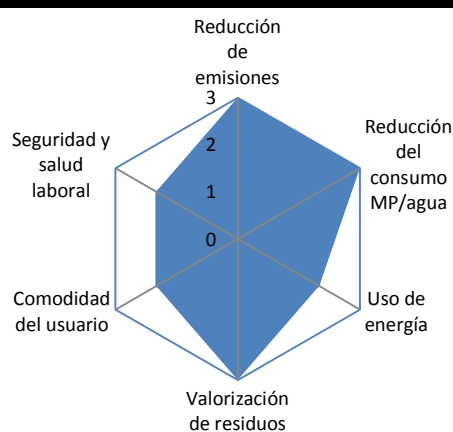
No se recomienda para remover sustancias extremadamente peligrosas, biocontaminantes y compuestos radiológicos, dado que se puede generar una contaminación cruzada importante.

El número de veces que se puede reutilizar un solvente está determinado por el nivel de contaminación del material. Se debe realizar de manera empírica la determinación del número de usos de un solvente.

### BENEFICIOS AMBIENTALES

Minimiza el consumo y disposición de solventes, con un efecto positivo sobre la reducción de emisiones por su generación y uso.

### BRECHAS



### VENTAJAS

Es de fácil y rápida implementación y no requiere de una inversión mayor.

El uso de disolvente libera a la atmósfera compuestos orgánicos volátiles, por lo que su reuso minimiza la cantidad de éstos emitidos en el proceso global.

### DESVENTAJAS

Esta práctica no presenta desventajas directas.

Sin embargo, la manipulación de los solventes para su recuperación y reutilización tiene riesgos para el ser humano debido a la absorción de éstos a través de la piel y por inhalación.

### APLICABILIDAD

Aplicable en todo laboratorio y talleres que trabajen con solventes de limpieza.

### COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

Considera el costo por el uso del solvente, teniéndose un además de un ahorro debido a la reducción en su consumo. El ahorro efectivo va a depender de la frecuencia de recambio del solvente.

### CASO PRÁCTICO

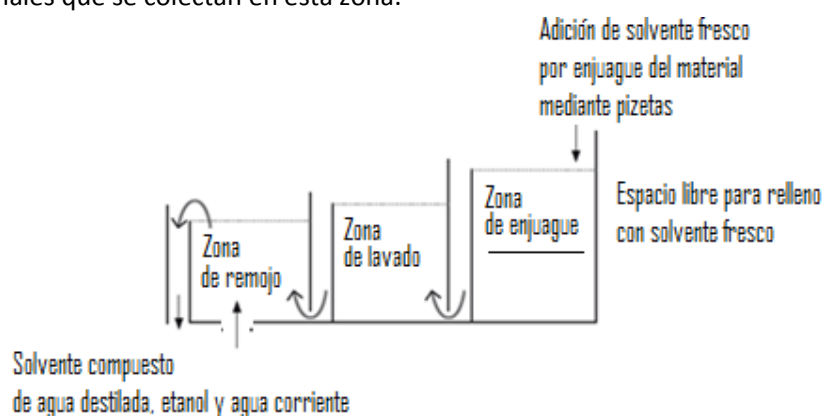
Para el lavado de material de vidrio, es una práctica común es el uso de solventes orgánicos como la acetona y el etanol, y que reciban un baño final de agua destilada. Un ejemplo de configuración para minimizar el uso de éstos solventes se presenta a continuación:

Paso 1: Remojo del material de vidrio dentro de canastillas metálicas sumergidas en el solvente por un periodo de 30 min, o hasta notar el ablandamiento de los residuos más difíciles de remover

Paso 2: El material de vidrio es escobillado en la zona de lavado hasta remover todo el material mediante inspección visual. Este material es puesto en canastillas metálicas en la zona de enjuague para remover inicialmente los restos de material particulado.

Paso 3: Cada material de vidrio es enjuagado finalmente con solvente corriente, primero etanol 96% y luego agua destilada, dispensados mediante pizetas. Ambos solventes son recogidos dentro de la zona de enjuague.

Paso 4 (recambio): Si el solvente de remojo se encuentra saturado con contaminantes, éste se descarta y se rellena la zona con el solvente de la zona de lavado, mientras que esta zona se rellena con el solvente de la zona de enjuague. Finalmente, esta zona se rellena con agua corriente, dejando un espacio suficiente para ir adicionando el etanol y el agua destilada de los enjuagues finales que se colectan en esta zona.



### MTD 3: SISTEMAS AHORRADORES DE AGUA

#### DESCRIPCIÓN



Los ahorradores de agua permiten una reducción importante en el consumo final de agua, lo que beneficia directamente al ambiente y la economía de las instituciones de educación superior. Estos dispositivos son colocados principalmente en llaves, duchas, lavaderos, grifos, inodoros, y sistemas de regadío. Se clasifican en Reguladores de Presión y Mecanismos para grifos y duchas (3):

**Reguladores de presión.** Sirven para garantizar la presión adecuada en cada alzada o nivel topográfico de entrada del agua a los edificios y construcciones. Es recomendable limitar la salida de agua potable con una presión máxima de dos kilogramos y medio por centímetro cuadrado ( $2,5 \text{ kg/cm}^2$ ) durante todos los meses del año en cada vivienda o en los pisos más altos de los edificios con varias plantas.

**Mecanismos para grifos y duchas.** Los reductores de caudal son sistemas que permiten regular o reducir el caudal de agua, de manera que para una presión de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  tengan los grifos un caudal máximo de 8 L/min y las duchas un caudal máximo de 10 L/min. Además de éstos, los grifos de uso público pueden disponer de temporizadores u otros mecanismos de cierre automático que dosifican el consumo de agua limitando las descargas a un máximo de 0,5 L de agua por uso. A continuación se presentan los dispositivos y sus características principales (3)

Dispositivo	Descripción
Perlizadores	Se incorporan a la grifería existente y reducen drásticamente el consumo de agua y la energía empleada en su calentamiento. Su funcionamiento se basa en la mezcla de aire y agua por efecto de la presión, produciendo un chorro de agua suave y sin salpicaduras. Los dispositivos funcionan incorporando aire para aumentar la velocidad controlando la salida mínima de agua con mayor presión. Se consigue un ahorro de agua y de energía empleada en su calentamiento entre un 43-64% sobre las griferías tradicionales. Se fabrican con flujo regular o constante, caudales de 5 - 8 L/min, con rosca interna o externa. La instalación de estas revolucionarias piezas no necesita obras adicionales. En lavabos y otra grifería basta con sustituir el filtro existente por el perlizador.
Reductores volumétricos de caudal	Los reductores volumétricos de caudal para duchas están diseñados para duchas que no posean una función economizadora. Se fabrican en caudales de 5 – 12 L/min, giratorios o fijos se colocan entre el grifo y el flexo. Se consigue un ahorro de agua y de energía empleada en su calentamiento entre 25 – 69%. A diferencia de los limitadores o reductores de caudal de flujo constante, éstos son sensibles a variaciones de presión.
Duchas ecológicas	Duchas de altísima calidad, producen una lluvia ecológica a través de los difusores finísimos de alta presión que ofrecen una ducha muy confortable y relajante. Se fabrican para caudales de 8 ó 10 L/min, enlace fijo o giratorio. El ahorro de agua y de energía empleada para calentarla varía entre 38 - 50%, independientemente de la presión de servicio.
Mecanismos para cisternas	El ahorro de agua en cisternas, puede ser de dos tipos, un mecanismo de descarga de doble pulsador y otro mecanismo de descarga por contrapesos. Permiten realizar dos descargas, una parcial y otra total, regulando las mismas desde 2 a 12 L. Generan un ahorro de agua entre 40 - 70%.
Válvulas de seguridad	Son dispositivos cuyo objeto es vaciar el contenido del agua retenida en el interior de la tubería del flexo de ducha, tras el uso de la misma. Tienen la opción de integrar un limitador de caudal de 8 ó 10 L/min. Destacan por su construcción robusta y fabricación con materiales de alta calidad.
Grifería temporizada o de cierre automático	Las griferías temporizadas son aquellas que se accionan pulsando un botón y dejan salir el agua durante un tiempo determinado, transcurrido el cual se cierran automáticamente. En edificios, la reducción en el consumo se estima entre un 30 y un 40%. Es importante calibrar en todos los grifos el caudal y tiempo de apertura más cómodos para los usuarios y no menos relevante un adecuado mantenimiento de los mismos que garantice su buen funcionamiento. Se estima que un caudal de entre 6 y 8 L/min durante 6-9 segundos es perfecto para un uso normal.
Grifería electrónica	Dentro de las opciones de grifería de cierre automático, las de tipo electrónico son las que ofrecen las máximas prestaciones desde el punto de vista de la higiene y el ahorro de agua. La apertura se activa cuando se colocan las manos bajo el caño de salida de agua. Mientras el usuario tiene las manos en posición de demanda de agua el flujo permanece constante, interrumpiéndose inmediatamente en el momento de retirar las manos. Se fabrican con flujo regular o constante, caudales de 5 - 8 L/min, con rosca interna o externa. La instalación de estas revolucionarias piezas no necesita obras adicionales. En lavabos y otra grifería basta con sustituir el filtro existente por el perlizador.

A continuación se entrega a modo de resumen, la siguiente tabla con los dispositivos identificados como más convenientes para su uso en el ahorro por consumo de agua.

Tipo de instalación	Máximo exigido	Mejor tecnología disponible
Llaves	Caudal entre 6 y 8 L/min	Sistema de apertura en frío. Apertura escalonada
Llave de uso público	Temporizador de caudal	Llave electrónica con caudal regulado a 6 L/min.
Duchas	Temporizador y rociador economizador. Caudal máximo 10 L/min	Temporizador con posibilidad de paro voluntario y rociador economizador. Caudal máximo 10 L/min.
Excusados	Estanque simple con interruptor de descarga simple	Estanque con doble accionado de descarga. Volumen máximo de descarga 3 o 6 L.
Urinarios	Temporizador con descarga máxima de 1 L/min	Célula óptico-electrónica individual para cada urinario (descarga máxima con prelavado 1 L)

#### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Realizar una mantención periódica de los sistemas de grifería al interior de la instalación.
- Monitorear la calidad de las aguas en cuanto su dureza, debido a que estos repercute directamente en el desempeño de los ahorradores. Considerar de ser posible, algún tipo de pretratamiento antes que el agua sea distribuida.
- Reducir el consumo de agua al mínimo cerrando las válvulas cuando no estén en uso

#### CONDICIONES DE USO

No existe un requerimiento específico para poder implementar los dispositivos ahorradores de agua. Se necesita tener las medidas de los diámetros o en algunos casos la medida nominal de la rosca y el paso del hilo de los equipos que se les incluirá este sistema. Para poder tener una mejor optimización del recurso hídrico es necesario conocer la presión del flujo que se tiene, además del rango de temperatura del agua. A continuación se presentan condiciones específicas para los distintos tipos de ahorradores de agua de acuerdo a su tipo (1):

**Perlizadores:** Se recomienda que los aireadores se utilicen solamente para agua fría, ya que con el agua caliente existe la posibilidad de que retorne. Con el retorno, el agua fría y el agua caliente se mezclan en la tubería y esto provoca menos presión. La solución para este problema es instalar válvulas antirretorno.

**Duchas:** En algunos casos, la distancia del calentador puede influir en una pérdida de

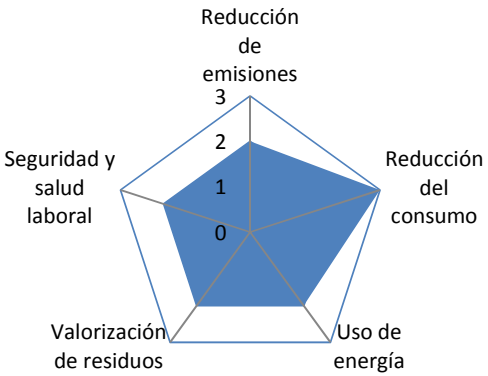


temperatura. En el caso de que instalemos reductores o mangos de ducha economizadores, es necesario que el flexor sea de resistencia alta (doble grapado), ya que la presión retenida en el mango y en el flexor lo podría deteriorar.

**Cisternas:** Si se desconoce que hay disponibilidad de descarga de 3 y 6 litros, se pueden accionar los dos dispositivos e incrementarla en 9 litros.

**Reguladores de presión:** La instalación requiere de una presión mínima indicada por el fabricante para que estos aparatos funcionen correctamente. Por lo tanto, deberemos regular la presión según las indicaciones del fabricante.

La vida útil de los dispositivos es de aproximadamente 10 años. Se ha indicado que el mantenimiento de estos dispositivos (ya sea para grifos, duchas o sanitarios) son mínimas y similares a las que se realizan en griferías normales. En caso de tratar con aguas muy duras, se recomienda una mantención periódica para remover la cal de las juntas y del interior de los dispositivos. La mantención de estos equipos se puede hacer con soluciones comerciales o con una solución de agua y vinagre. El tipo de mantención no requiere costo extra ya que se basa en el monitoreo del cerrado o vertido adecuado para evitar fugas, revisar gomas de cierre y engrasar juntas para evitar su resquebrajamiento (1,3).

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Reduce el consumo y, por tanto, el vertido de agua a la alcantarilla, provocando un beneficio tanto ambiental como económico.</p>	 <p>A radar chart with five axes representing different categories. The axes are: 'Reducción de emisiones' (top), 'Reducción del consumo' (right), 'Uso de energía' (bottom right), 'Valorización de residuos' (bottom left), and 'Seguridad y salud laboral' (left). The chart has four concentric lines representing values 0, 1, 2, and 3. The data points are: Reducción de emisiones (3), Reducción del consumo (2), Uso de energía (1), Valorización de residuos (1), and Seguridad y salud laboral (1).</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Entregan caudales abundante de gran confort, suave al tacto.                      Reducción del recurso hídrico entre un 25 a 70%                      Dispositivos silenciosos, no adhieren ruidos extras a las tuberías.</p>	<p>Inversión tecnológica                      Necesidad de implementación en cada una de las unidades de salida de aguas</p>

### APLICABILIDAD

Se puede utilizar en todo laboratorio o taller afín en que se considere el uso de agua desde tuberías.

### COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

La instalación de un sistema ahorrador de agua, no requiere tanta complejidad por lo que los gastos operaciones relacionados a esta actividad pueden ser cubiertos por los funcionarios de la misma Institución de educación superior. Los costos varían de acuerdo al sistema a implementar. A continuación se presentan ejemplos de costos para cada caso:

Dispositivo	Costo	Fuente
Perlizadores	\$2.000 - \$4.000	<a href="http://www.easy.cl/">http://www.easy.cl/</a> - <a href="http://www.nibsa.cl/">http://www.nibsa.cl/</a>
Limitadores de caudal	\$2.000 - \$4.000	<a href="http://www.ahorraragua.org/catalogo/ducha.html">http://www.ahorraragua.org/catalogo/ducha.html</a>
Reductores volumétricos de caudal	\$4.500 - \$7.500	<a href="http://www.aguaflux.es/Ahorrar-agua-ducha">http://www.aguaflux.es/Ahorrar-agua-ducha</a> <a href="http://www.latiendadelahorrodeagua.com">http://www.latiendadelahorrodeagua.com</a>
Duchas ecológicas	\$11.000 - \$45.000	<a href="http://www.nibsa.cl/">http://www.nibsa.cl/</a> <a href="http://www.latiendadelahorrodeagua.com">http://www.latiendadelahorrodeagua.com</a> <a href="http://www.laboutiquedelhogar.es">http://www.laboutiquedelhogar.es</a>
Mecanismos para cisternas	\$6.000 - \$15.000	<a href="http://www.latiendadelahorrodeagua.com">http://www.latiendadelahorrodeagua.com</a> <a href="http://www.gduran.com">http://www.gduran.com</a>
Válvulas de seguridad	\$6.000 - \$18.000	<a href="http://www.latiendadelahorrodeagua.com">http://www.latiendadelahorrodeagua.com</a>

## CASO PRÁCTICO

Se va a considerar un laboratorio o taller pequeño que cuente con dos griferías para lavado de material. La implementación de ahorradores de agua no involucra costo de mano de obra especializada por lo que su implementación es sencilla e inmediata. Para determinar el beneficio de la implementación de ahorradores de agua en una instalación pequeña se harán las siguientes consideraciones:

Caudal de agua en la grifería tradicional: 12 L/min

Caudal en la grifería con ahorrador: 8 L/min

Costo del agua potable: \$0,3/L<sup>1</sup>

Costo del tratamiento de alcantarillado: \$0,4/L<sup>4</sup>

Tiempo de lavado: 20 min

Números de lavado al día: 4

Días de uso de la instalación a la semana: 5

Meses de trabajo al año: 10

Costo del ahorrador de agua: \$6.000 (suponiendo recambio anual de uno de los ahorradores por desgaste debido a uso intensivo)

Para el cálculo del ahorro se tiene que:

Consumo de agua en la grifería tradicional:  $12 \times 20 = 240$  L/lavado

Consumo de agua en la grifería con ahorrador:  $8 \times 20 = 160$  L/lavado

Ahorro en el consumo de agua potable: 80 L/lavado

Ahorro anual en el consumo de agua potable:  $80 \times 4 \times 4 \times 5 \times 10 = 64.000$  L/año

Ahorro económico en el consumo de agua por grifería:  $64.000 \times 0,3 = \$19.200$ /año

Ganancia neta anual por ambas griferías en consumo de agua:  $\$19.200 \times 2 - \$6.000 = \$32.400$

Ganancia por disminución en el tratamiento de las aguas residuales:  $64.000 \times 0,4 \times 2 = \$51.200$

Ganancia total anual para un laboratorio o taller pequeño que cuente con dos griferías de uso constante:  $\$51.200 + \$32.400 = \$83.600$

<sup>1</sup> SISS, dato aproximado para la zona central del país Julio 2013.

#### MTD 4: PLAN DE REUSO DE AGUA: USO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO – CALEFACCIÓN PARA LIMPIEZA

##### DESCRIPCIÓN



Considera la creación de un sistema de aprovechamiento integral del recurso hídrico, relacionando las distintas actividades que se llevan a cabo dentro de una misma instalación. La primera acción es identificar cuáles son los procesos que demandan agua y bajo qué condiciones (temperatura, flujo, contaminación) las aguas son consumidas y posteriormente vertidas. Con esta información se busca aparejar los procesos compatibles y diseñar una red de uso de agua que permita el aprovechamiento máximo del recurso, tanto de sus flujos como de su capacidad calorífica. Esta red de uso puede ser modular o por lote, donde el agua vertida de un proceso es recogida en bidones y distribuida al siguiente proceso, o bien, mediante un sistema de tuberías o mangueras ésta puede ser distribuida de manera continua. Las acciones aplicadas en este plan son las siguientes:

**Redistribución de los equipos que consumen agua de refrigeración/calefacción:** Los equipos de trabajo que consuman agua para estos propósitos se deben identificar y distribuir en zonas de alta, media y baja temperatura, de manera que la red de agua que los comunique forme un gradiente de temperatura y permita el paso del agua en forma de cascada, pudiendo terminar esta agua en el lavado, riego o recirculándose al proceso en ciclos de vaporización/condensado.

Algunos de los equipos que consumen agua para este fin son:

- Destiladores (producción de agua destilada, equipos de extracción con destilación final, pero ej. Soxhlet y Kjeldhal).
- Sistemas refrigerantes.

- Baños termostatzados.
- Sistemas de vacío.

**Limpieza programada:** El agua recuperada de los procesos y actividades anteriormente señaladas son utilizadas en procesos de limpieza del material. Considera la acumulación del agua en estanques y la realización de planes coordinados de limpieza, con la intención de minimizar el consumo de detergente y de agua.

#### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Cerrar las llaves de paso cuando no estén en uso
- Sólo el lavado final del material con agua corriente
- Realizar una limpieza en seco de superficies antes del lavado
- Disminuir la cantidad de detergente a fin de acortar la etapa de enjuague
- Para el caso de material de laboratorio, lavado inicial en agua recirculada y lavado final en agua destilada, minimizando el uso de ésta última.
- Sustituir los detergentes químicos convencionales por detergentes biodegradables.
- Utilizar la carga máxima de lavado en equipos de lavado automático,
- Dentro de lo posible, juntar la mayor cantidad de material compatible y que pueda ser lavado de manera conjunta, incluyendo material de otros laboratorios.
- Utilizar sistemas ahorradores de agua cuando se necesite utilizar agua de la red, los que entregan ahorros entre 40 a 70% en el consumo de agua y energía. Requieren de baja mantención (monitoreo del cerrado o vertido adecuado para evitar fugas, revisar gomas de cierre y engrasar juntas para evitar su resquebrajamiento) y similar a la grifería tradicional<sup>2</sup>.
- Evitar el vertido de reactivos a los desagües o que tomen contacto con las aguas de refrigeración u otras aguas de proceso que pueden ser recirculadas al proceso.

<sup>2</sup> Guía del usuario. El ahorro de agua doméstica. Disponible en <http://www1.diba.cat/liblioteca/pdf/49525.pdf>  
 Catálogo de tecnologías ahorradoras. Disponible en  
[http://www.ecodes.org/component/option,com\\_phocadownload/Itemid,2/download,21/id,19/view,category/](http://www.ecodes.org/component/option,com_phocadownload/Itemid,2/download,21/id,19/view,category/)

### CONDICIONES DE USO

Las aguas que deriven a lavado no tienen que haber tomado contacto con otros contaminantes como producto de las actividades de laboratorio o por falla en la mantención de los equipos, por ej. por filtración de aceites de motor en bombas o sistemas de vacío.

La instalación de los sistemas ahorradores de agua no es un proceso complejo y su vida útil es de aproximadamente 10 años. El mantenimiento de estos dispositivos son mínimas y similares a las que se realizan en griferías normales. En caso de tratar con aguas muy duras, se recomienda una mantención periódica para remover la cal de las juntas y del interior de los dispositivos. La mantención de estos equipos se puede hacer con soluciones comerciales o con una solución de agua y vinagre.

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Disminuye el consumo de agua y energía en el balance global del proceso. Una disminución en el consumo de agua también genera una disminución en su vertido a la alcantarilla.</p>	<p>The radar chart displays six performance metrics on a scale from 0 to 3. The metrics and their values are: Reducción de emisiones (3), Reducción del consumo MP/agua (1), Uso de energía (1), Valorización de residuos (1), Comodidad del usuario (1), and Seguridad y salud laboral (1).</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Los sistemas de recirculación de agua son fáciles y rápidos de implementar una vez que se han identificado las actividades.</p> <p>Puede llevarse a cabo de manera modular (por lote) o en sistemas continuos.</p>	<p>Puede involucrar la reestructuración y redistribución de los equipos al interior de la instalación.</p> <p>La coordinación de actividades interlaboratorio puede ser complicada de llevar a cabo cuando los materiales son incompatibles o su calendarización distinta.</p>

#### **APLICABILIDAD**

Aplicable a todo laboratorio o taller

#### **COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS**

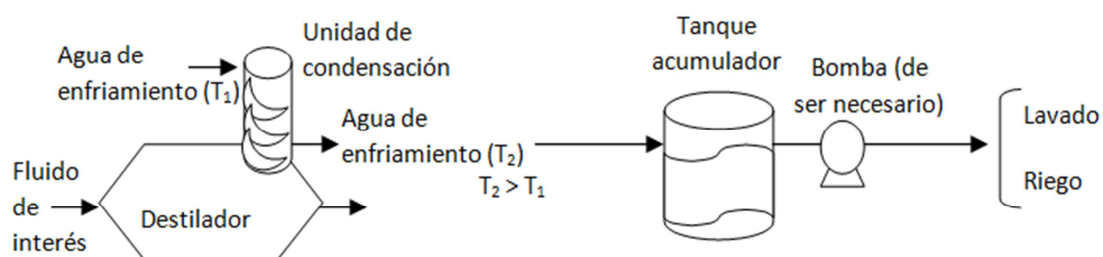
No se consideran costos importantes asociados a esta técnica. Los gastos incurridos se refieren a la compra de mangueras y/o tuberías. En caso de almacenarse el agua en un proceso por lotes, los bidones de PVC de 60 L cuestan aproximadamente \$15.000, mientras los bidones de 10 y 230 L, cuestan \$2.500 y \$28.000, respectivamente. En caso de requerirse un estanque acumulador de mayor dimensión, el costo por m<sup>3</sup> de almacenamiento oscila entre \$60.000 a \$80.000, para polietileno de calidad standard.

Se puede considerar la compra de bombas para succión y descarga de aguas, por un monto aproximado de \$250.000 en caso de requerirse. En caso de obras civiles, el costo asciende a 10 - 15 UF por metro cuadrado de la instalación a habilitar

## CASO PRÁCTICO

Un taller o laboratorio cuenta con una unidad de destilación, ya sea para la producción de agua destilada para consumo interno o adosados a otros equipos de trabajo. En ambos casos, los destiladores consumen agua para los procesos de enfriamiento de los fluidos que son tratados a través de ellos. Básicamente, el fluido es evaporado para separar las partículas contenidas en él, el vapor es condensado en una cámara especial para su recuperación mediante el descenso de la temperatura. En este proceso, el fluido a mayor temperatura entrega su calor a una corriente de enfriamiento, que por lo general es agua corriente obtenida directamente de la red. El agua de enfriamiento no toma contacto con otros fluidos del equipo y es vertida a la salida sin cambios en su composición, sólo en su temperatura.

A modo de ejemplo, un destilador de agua con una capacidad de 4 L/h de agua destilada, consumo 70 L/h de agua limpia para enfriamiento. Esta agua se puede destinar a la mantención de sistemas que requieran calefacción moderada o bien destinarse a limpieza de material o regadío. Dentro del mismo tanque de acumulación se puede disminuir la temperatura del agua de ser necesario. A continuación se presenta un esquema y ejemplo de cálculo de ahorro por concepto de reutilización de estas aguas.



### Consideraciones:

Consumo promedio en una instalación mediana: 50 L de agua destilada/día

Consumo del equipo de agua de enfriamiento: 70 L por cada 4 L de agua destilada producida

Meses al año de uso de la instalación: 10

Consumo de agua mensual para enfriamiento:  $50 \times 17,5 \times 5 \times 4 = 17.500$  L/mes

Costo del agua potable:  $\$0,3/L^3$

Costo de la recolección y tratamiento del agua:  $\$0,4/L^2$

<sup>3</sup> SISS, Julio 2013 para la región Metropolitana.



Caso 1: Reutilización para lavado

Ahorro anual:  $17.500 \times 10 \times 0,3 = \$52.500$

Se descarga a la alcantarilla después del lavado

Caso 2: Reutilización para riego

Ahorro anual:  $\$52.500 + \$17.500 \times 10 \times 0,4 = \$122.500$

No considera descarga a la alcantarilla.

## **2.2 Contaminación por Olores**

Un olor se define como la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. El ser humano percibe el aire como la suma de dos sensaciones difícilmente diferenciables, una olfativa y otra química o irritante, que se dan de forma simultánea frente a muchos compuestos químicos. La percepción de un olor por el ser humano genera una respuesta de tipo psicofisiológico que justifica la importancia que en la vida diaria tiene el sentido del olfato. Los ambientes son espacios en los que, a menudo, la percepción de olores desagradables genera quejas sobre la calidad del aire. Por ello, junto a alteraciones de la salud que puedan manifestarse, hay que considerar de forma especial efectos de tipo sensorial tales como olores o irritación. Además, cuando ocurre un problema de aire cargado, irritante, molesto o de mal olor, en general, no existe un único responsable sino que se trata de un efecto combinado, por lo que se tiende a considerar a los olores en un interior como una clase única de contaminantes (7).

Los efectos adversos descritos por la presencia de sustancias volátiles incluyen efectos somáticos, físicos o mentales, difícilmente justificables por las concentraciones presentes en aire. Entre los citados se hallan náuseas, vómitos, dolor de cabeza, algunas reacciones aparentemente neurotóxicas, tales como comportamiento evasivo, pérdidas de memoria o problemas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan reacciones de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración, y estrés, especialmente frente a olores repetitivos y/o no identificados. Algunos de estos efectos dependen de la dosis y pueden aumentar con el tiempo (7, 8).

### **La contaminación olfativa en laboratorios y talleres afines**

Para establecer la calidad de un aire no es suficiente con conocer la composición del mismo, sino que hay que tener en cuenta su impacto en las personas que lo respiran. Se puede definir un aire de calidad como aquel que aporta al ser humano lo que él quiere y, así, el aire será de calidad alta o pobre según sus ocupantes estén, o no, conformes con él. El aire no debe representar ningún peligro para la salud y ser fresco y agradable; dónde estas últimas están directamente relacionadas con la presencia de compuestos contaminantes o con olor que menoscaban la vida de los ocupantes (7, 8). En laboratorios y talleres se maneja una cantidad crítica de material químico más o menos volátil, así como reactivos particulados que participan en la contaminación del aire y en los problemas de olores. En la Tabla 3 se presenta un resumen con los principales compuestos químicos que contaminan el aire (9).

**Tabla 3:** Compuestos odoríficos característicos en un laboratorio o taller afín.

Tipo de compuesto	Ejemplos	Descripción
Aminas	Metilamina, etilamina	Pútrido, amoniacal, ácido
Mercaptanos	Propanitiol	Pútrido, desagradable
Sulfitos	Sulfito de sodio	Pútrido, desagradable
Aldehídos/ Cetonas	Formaldehido Acetona	
Alcoholes	AMil –OH, Butil-OH	Ácido, rancios, frutales
Ácidos	Acético, Propiónico, etc.	Vinagre, rancio
Inorgánicos	NH <sub>3</sub> , CL <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub>	Irritantes sofocantes

### La medición del olor

La emisión de olores molestos puede provenir de cualquier actividad por un manejo inadecuado (síntesis, transporte, manejo, almacenamiento, etc.) de residuos o sustancias químicas (8), tanto para procesos industriales como para oficinas, y en particular, para laboratorios químicos y talleres afines. En un laboratorio, la generación de olores se encuentra determinados por los puntos de almacenamiento de reactivos y material de trabajo, equipos, los sitios de recolección de desechos y el propio lugar donde se realiza el trabajo.

Dada la complejidad del factor olor dentro de la percepción general de un ambiente interior, su evaluación es una herramienta crítica para el establecimiento de la calidad del aire y se ha convertido en una ciencia especializada, con una aplicación directa en aquellos casos en que es difícil establecer una diferencia clara entre olores molestos y problemas de discomfort.

La dificultad fundamental en la identificación de un olor como contaminante es que las emisiones de malos olores se enmascaran, o se potencian, dependiendo de las mezclas (y de las proporciones en estas mezclas) de las sustancias emitidas. Es decir, no basta con medir la concentración de emisiones de distintas sustancias. La “subjetividad” de la percepción de esta contaminación se refleja en algunos de los calificativos utilizados para describirla: ofensividad, desagrado, umbral de percepción. Otros parámetros pueden medirse más objetivamente como: tiempo de exposición e intensidad. En todo caso, una fuerte intensidad puede hacer ofensivo cualquier olor que, a bajas intensidades, podría ser agradable (8, 9).

Cuatro parámetros que se consideran en la medición de un olor son:




- Concentración (unidades de olor por metro cúbico).
- Intensidad (ppm butanol).

- Persistencia (relación entre concentración e intensidad).
- Características descriptoras (usa escala categórica y ejemplos reales).

Estos parámetros son objetivos debido a que utilizan técnicas de referencia. Sin embargo, a su vez dependen de la interpretación subjetiva (experiencias, sensaciones, creencias y prejuicios del personal que efectúa la medición). Una de las mayores dificultades que se presentan para la medición y evaluación de un olor es el amplio margen de variables existentes. Además de las diferentes percepciones individuales, hay factores tales como la humedad y la temperatura que afectan la sensibilidad para el olor e incluso pueden aumentar su intensidad. Es por esto que se han definido técnicas instrumentales y técnicas sensoriales (9).

Dentro de estas técnicas, la olfatometría es una herramienta que más se emplea para el control en línea de actividades molestas o para la verificación del cumplimiento de los estándares de calidad ambiental en los recintos generadores de olores o bien en las propias zonas afectadas. En la Tabla 4 se presenta una breve descripción de las técnicas más utilizadas para la medición de los olores en un ambiente (4, 9).

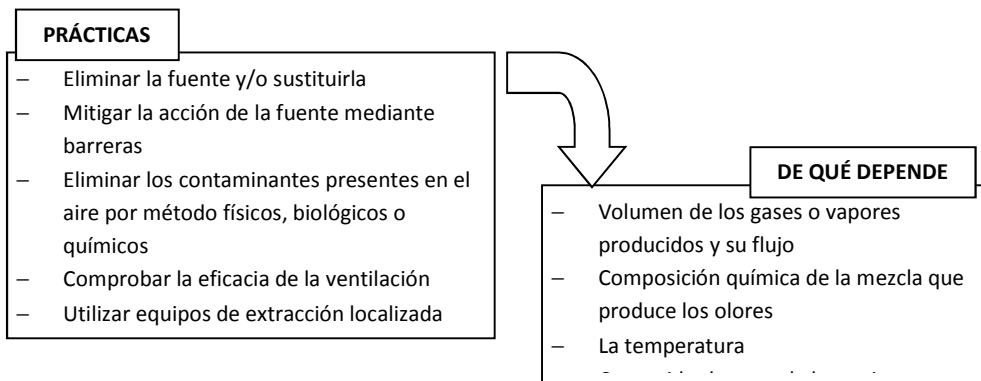
**Tabla 4:** Métodos actuales de medición de olores.

Equipo	Descripción
<p><u>Olfatómetro</u></p> 	<p>Sensorial. Hay dos tipos (estático y dinámico) que difieren en el método de dilución de los gases olorosos para el examinador. Basado en la norma EN13725.</p> <p>Trabaja con el umbral de olor en el aire, es decir, justo cuando el olor se empieza a detectar. Este umbral se identifica a base de diluir la muestra de aire con aire neutro, la concentración de olor se corresponde con la dilución de la muestra, o el cociente entre el flujo o volumen después de la dilución y el flujo o volumen del gas oloroso.</p>
<p><u>Cromatografía</u></p> 	<p>Instrumental. Este método instrumental es capaz de separar mezclas complejas de olores, mediante el paso del gas por una columna que separa los compuestos de acuerdo a su presión de vapor y polaridad. Se utiliza tanto para la identificación y cuantificación de los compuestos. No es un método portátil para terreno.</p> <p>El costo de realizar estos análisis se encuentra entre los U\$100 – 400 por muestra, dependiendo de su complejidad y tipo de equipo (HPLC, IC, GC-MS, etc.)</p>
<p><u>Detectores colorimétricos</u></p> 	<p>Instrumental. Están diseñados para compuestos específicos. Sin embargo, pueden tener interferencias con compuestos de estructura similar a la molécula de interés.</p> <p>Son de bajo costo y portátiles, (\$2.500 por tubo) y se encuentran asociados a bombas (&lt;\$250.000) u otros equipos electrónicos más sofisticados (\$2.500.000 – \$5.000.000)<sup>4</sup></p>

<sup>4</sup> Precios a Abril 2013

### Cómo controlar y combatir los olores

Las medidas que se adoptan para la prevención dependen de las sustancias emitidas y de la concentración espacial de estas emisiones (8). En general, en un laboratorio se encuentran en constante uso reactores, calderas, incineradores, etc., además de almacenarse reactivos con potencial de volatizar y contaminar el ambiente. Las dependencias que conforman los laboratorios y donde se realizan los talleres, necesitan confinar las áreas que provocan emisiones para cuidado del personal, así como el tratamiento del aire previo a su expulsión al medio ambiente o a su recirculación a otras zonas de las dependencias. En la Figura 3 se presentan las prácticas identificadas para el tratamiento del aire contaminado con sustancias odoríficas y de que depende su elección (9, 10).



**Figura 3: Esquema general de las prácticas asociadas a la reducción de la contaminación odorífica.**

En general, las corrientes gaseosas de los laboratorios insertos en establecimientos educativos se generan de manera puntual, presentan un bajo flujo, son de alta variabilidad en su composición y temperatura, ya que dependen de las condiciones experimentales y de las actividades académicas. Estas características hacen que las tecnologías de control de olores se encuentren basadas principalmente en la eliminación o sustitución de la fuente, mitigación por barreras y buenas prácticas de laboratorio. La eliminación de los componentes odoríficos por métodos físicos, químicos o biológicos, involucran un costo de implementación y mantenimiento que se justificaría en caso de tener altos flujos de gases y que éstos se generaran de manera continua, teniendo una mayor aplicabilidad en la industria.

## MTD 5: ADSORCIÓN MEDIANTE FILTROS DE CARBÓN ACTIVO

### DESCRIPCIÓN



El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito siendo extremadamente poroso. Mediante procesos de adsorción, la contaminación odorífica queda atrapada en el carbón. Específicamente, la adsorción es un proceso donde un sólido, en este caso el carbón activo, se utiliza para quitar una sustancia del aire. El carbón activo se produce específicamente para alcanzar una superficie interna muy grande (entre 500 - 1500 m<sup>2</sup>/g), lo que hace que tenga una adsorción ideal. El carbón activo viene en dos variaciones: Carbón activado en polvo (PAC) y carbón activado granular (GAC). Existe una variedad de filtros de carbón activo de distintos tamaños y formas que pueden ser utilizados en los sistemas de ventilación, en los ductos de aire y como cubierta de basureros.

Para el uso en sistemas de extracción se utilizan cubiertas (espuma filtrante de poliuretano) impregnadas con carbón activo que se sitúan en los sistemas de aire acondicionados ya que disminuyen el grado de intensidad de olores evacuados a la vía pública siendo el porcentaje de filtración dependiente directamente de las características técnicas y funcionales del sistema de extracción de humos (velocidad de paso del aire, potencia del ventilador, diámetro de la tubería, longitud, etc.). También existen filtros tubulares que se conectan a las tuberías, siendo el filtro de carbón el primer elemento por donde entra el aire para purificarse.

Los principales factores que influyen en la adsorción de compuestos presentes en el aire mediante carbón activado son:

- El tipo de compuesto que desea ser eliminado: En general los compuestos de alto peso molecular, baja presión de vapor/alto punto de ebullición y alto índice de refracción son mejor adsorbidos.
- La concentración: Cuanto mayor sea la concentración, mayor será el consumo de carbón.
- La temperatura: Cuanto más baja sea la temperatura, mejor será la capacidad de adsorción.

- Presión: Cuanto mayor sea la presión, mayor será la capacidad de adsorción.
- Humedad: Cuanto más baja sea la humedad, mayor será la capacidad de adsorción.

#### **BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS**

- Realizar la mantención periódica de los equipos y tuberías que tienen incluidos los filtros de carbón activados para evitar la acumulación de residuos que limiten el desempeño de los filtros
- Esta mantención debe realizarse también para la prevención de fugas de aire por sistemas que no se encuentren cubiertos por los filtros de carbón activo
- Revisar periódicamente el funcionamiento de la ventilación al interior de la instalación, debido a que ésta afecta los flujos de aire (en velocidad, temperatura, humedad y dirección) que son derivados a los filtros de carbón activo.



## CONDICIONES DE USO

No necesitan mantención directa, exceptuando la remoción de material que obstruya el paso de aire, en especial en las cubiertas de ventilación. por ej. trozos de papeles y plásticos que queden en la superficie del extractor.

Se recomienda una temperatura máxima de uso de 40°C (y en aplicaciones especiales de 60°C), con una humedad de 60 - 70%, ya que el carbón activado simplemente deja de funcionar cuando la humedad sobrepasa el 80%.

No puede tener lugar ninguna reacción dentro del filtro. Por otra parte, los carbones activos se comportan de manera selectiva en relación con algunas sustancias adsorbidas; es decir, las sustancias que entran en el carbón pueden mover o desplazar a las sustancias que habían sido retenidas precedentemente.

El carbón activado tiene una vida útil de 6 a 12 meses, mientras que las mangas de prefiltro (cuando aplique) y las cubiertas impregnadas de carbón activo tienen un periodo de cambio recomendado de 3 meses. La frecuencia estará sujeta al grado de uso y funcionamiento de la campana extractora, al criterio propio del cliente y al de organismos competentes.

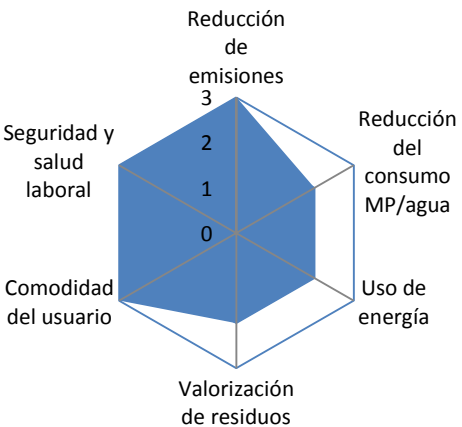
Tratando el carbón activo previamente para algunas sustancias como el sulfhídrico se pueden mejorar las características de retención. Para el sulfhídrico por ejemplo se puede aplicar hidróxido de sodio y yodo.

Entre los compuestos para cuya eliminación no es probable que el carbón activo sea efectivo, a menos que el flujo o la concentración del compuesto son muy bajos, se encuentran la acetona, el cloruro de metileno, acetonitrilo, 1-propanol, acrilonitrilo, propionitrilo, dimetilformaldehido, propileno, 1,4-dioxano, tetrahidrofurano, isopropil alcohol, urea y cloruro de metilo<sup>5</sup>.

La regeneración del carbón activo, una vez que éste se satura, se recomienda para volúmenes de uso elevados, justificados a nivel industrial. Se indica una pérdida del 5 a 10% en el contenido del carbón activo y en su capacidad de adsorción<sup>6</sup>. Para su uso en sistemas de ventilación de edificios, su regeneración no es factible y se desecha en los residuos asimilables a urbanos.

<sup>5</sup> <http://www.lenntech.es/adsorcion-carbon-activado.htm>

<sup>6</sup> <http://www.filtros-carbon-activo.com/quees.htm>

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Reduce la contaminación odorífica que se emite a la atmósfera minimizando enfermedades y accidentes laborales asociados a ella.</p>	 <p>A radar chart with five axes representing different categories. The axes are: 'Reducción de emisiones' (top), 'Reducción del consumo MP/agua' (right), 'Valorización de residuos' (bottom), 'Comodidad del usuario' (left), and 'Seguridad y salud laboral' (top-left). The chart has a scale from 0 to 3. The values for each category are: Reducción de emisiones (3), Reducción del consumo MP/agua (2), Valorización de residuos (1), Comodidad del usuario (1), and Seguridad y salud laboral (1).</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Es de fácil implementación y escalabilidad Buena escalabilidad y baja demanda de espacio Apto para contaminaciones esporádicas</p>	<p>Está limitado por las condiciones del aire a filtrar (temperatura, humedad). Su eficacia se encuentra limitada en frente a moléculas pequeñas. Las partículas de suciedad dañan y bloquean los poros abiertos del carbón activado. Requiere frecuente reposición del lecho de carbón.</p>

APLICABILIDAD
<p>Aplicable en todo laboratorio o taller afín</p>

COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS
<p>Su costo va desde los \$1.600 en filtros para cubrir los basureros<sup>7</sup> a \$50.000 en filtros que se conectan a tuberías en salidas de aires<sup>8</sup></p>

<sup>7</sup> www.easy.cl

## CASO PRÁCTICO

Para la evitar la dispersión de olores se considera la instalación de un filtro tubular relleno con carbón activo a un extractor centrífugo. Se conectan al extractor mediante el tubo flexible adecuado a los diámetros de sus bocas. El aire con olor al interior del cultivo es absorbido a través del filtro atravesando el tubo y saliendo por el extractor ya sin olor. Estos filtros se instalan en vitrinas, campanas, armarios de seguridad para productos químicos, construidos en aglomerado hidrófugo y revestidos de laminado plástico ignífugo.

Para determinar el tamaño del filtro se debe considerar lo siguiente:

- Calcular el volumen de aire del cuarto. Se calcula según el ancho, largo y alto del sitio.
- De acuerdo a los flujos de ventilación, calcular el volumen de intercambio de aire por hora en el cuarto.
- Seleccionar el tamaño del filtro que se adecue al flujo de aire necesario para maximizar la captación de los olores.

A continuación se entrega una tabla que ejemplifica la selección del tipo de filtro de acuerdo a los flujos máximos que soporta para una filtración eficiente, por ejemplo, en campanas de extracción<sup>9</sup>.

Filtros de triple capa	Máx. cfm	Máx. m <sup>3</sup> /h
100 mm (4") Fibra de carbón	518	880
160 mm (6") Fibra de carbón	942	1.600
200 mm (8") Fibra de carbón	2.000	3.398
250 mm (10") Fibra de carbón	3.000	5.097
315 mm (12") Fibra de carbón	4.000	6.796

Otra información que se debe considerar es la presión a la cual se opera el flujo de aire, debido a que la retención de partículas varía con su tamaño a una condición de presión dada. A modo de ejemplo se entrega la siguiente tabla para filtros HEPA<sup>11</sup>.

Volumen CFM	Presión inversa Pa	Retención de partículas		
		>1 micra	>2 micra	>5 micra
900	172,5	61,69	88,42 %	92,41 %
720	129,4	48,60	87,67 %	92,37 %
546	90,2	37,10	87,47 %	91,50 %
360	51,9	26,19	78,73 %	91,34 %

<sup>8</sup> <http://www.psicoadctivo.cl/vmchk/filtro-carbon-activo-50-cm>.

<sup>9</sup> Línea "Freshmaker", Organic Air Filter. <http://www.organicairfilter.com/spanish/about.shtml>

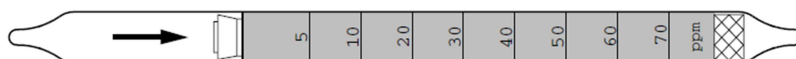
## MTD 6: USO DE DETECTORES COLORIMÉTRICOS PARA EL MONITOREO DE LA CONTAMINACIÓN AÉREA

### DESCRIPCIÓN



Se refiere a la monitorización de la carga contaminante en las zonas de trabajo mediante detectores colorimétricos. El cerrado deficiente de los contenedores que almacenen reactivos y/o residuos genera fugas, en especial de vapores, que provocan molestias y potenciales peligros a la salud de los usuarios. Estos tubos se utilizan, p.ej., para la determinación de picos de concentración, la medición de exposición personal en la zona de trabajo, la determinación de fugas, así como para el análisis de aire en alcantarillas, pozos, tanques u otros espacios reducidos. También son indicados para la medición de gases peligrosos en infinidad de aplicaciones industriales, así como para la medición de la calidad del aire.

Permiten la medición *in situ* de vapores y gases en un rango de más de 500 compuestos<sup>10</sup>. Los tubos colorimétricos son tubos de vidrio con ambos extremos cerrados. Los tubos colorimétricos incorporan escalas limitadas y la precisión es alrededor de un 10% a 25% de la escala completa de lectura del tubo<sup>11</sup>.



La curva de calibración para la mayoría de los tubos detectores es una línea recta, por lo que los

<sup>10</sup> [http://www.draeger.cl/media/10/02/82/10028274/Detector\\_Tubes\\_081209.pdf](http://www.draeger.cl/media/10/02/82/10028274/Detector_Tubes_081209.pdf)

<sup>11</sup> [http://www.olores.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12%3Ametodos-colorimetricos&catid=2%3Aanalisis-fisico-quimico&Itemid=42&lang=en](http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=12%3Ametodos-colorimetricos&catid=2%3Aanalisis-fisico-quimico&Itemid=42&lang=en)

puntos en la escala están a intervalos iguales. Es posible por tanto, medir con precisión concentraciones de gas menores a las del límite inferior de la escala, mediante la toma de una muestra mayor, aumentando el número de ciclos de bombeo. Igualmente, es factible medir concentraciones mayores a las del límite superior de la escala, tomando muestras de medio ciclo de bombeo. Existen los tubos para mediciones de corta duración y para los de larga duración:

**Tubos para mediciones de corta duración:** Están diseñados para hacer mediciones en un sitio determinado y durante un espacio de tiempo relativamente corto. Estas mediciones pueden durar entre 10 segundos y 15 minutos. Algunas de las aplicaciones de este tipo de tubo son: evaluación de las fluctuaciones de la concentración en el lugar de trabajo, medición de contaminantes en el área de respiración del trabajador, investigación de recintos cerrados antes de ingresar en ellos, así como la comprobación de la existencia de fugas en tuberías. Para realizar una lectura con un tubo colorimétrico, se rompen las puntas de ambos extremos y el tubo se acopla en una bomba de mano. La bomba hace pasar a través del tubo un volumen de gas oloroso conocido. El medio reacciona en el tubo y cambia de color según el tipo de gas que haya en la muestra. Para medir la cantidad de medio que reacciona con el gas se usa una escala impresa en el lateral de cada tubo, la cual indica la concentración del gas detectado.

**Tubos para mediciones de larga duración:** Ofrecen mediciones integradas que representan la concentración promedio durante el período de muestreo. Este tipo de tubos se usa para hacer mediciones que duran entre una y ocho horas. Su uso resulta muy económico al utilizarlos como monitores personales o monitores en áreas dadas para determinar la concentración promedio ponderada en función del tiempo. Estos tubos funcionan por un mecanismo de difusión, sin la intervención de una bomba de mano. Para efectuar una lectura en estos tubos, se abre uno de los extremos del tubo y se sostiene cerca del sitio que se quiere monitorear. Después de un periodo de tiempo conocido (normalmente de 6 a 8 horas), se toma una lectura observando el cambio de color efectuado en el tubo. Este parámetro y el tiempo de exposición se usan para calcular la concentración media en el tiempo de muestreo.

#### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- No se detectaron buenas prácticas complementarias a esta técnica.

### CONDICIONES DE USO

Hacer pruebas preliminares para verificar que el tubo no esté roto y asegurarlo firmemente a la bomba de succión, verificando que el tiempo de lectura sea el indicado por el fabricante para cada compuesto.

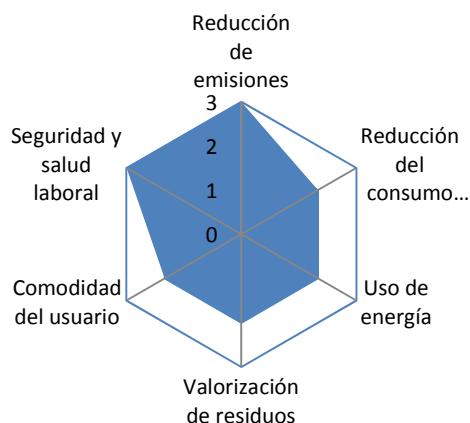
Si la humedad del ambiente es elevada, preferir los tubos que tienen un prefiltro que eliminan la humedad del ambiente antes de la reacción y medición.

El encargado de realizar el monitoreo a través del uso de este sistema debe ser capacitado de acuerdo a los tipos de medidores para cada compuesto.

### BENEFICIOS AMBIENTALES

Previene la emisión de contaminantes a la atmósfera y disminuye el riesgo de peligro de intoxicación y de accidentes por mezcla de compuestos incompatibles.

### BRECHAS



### VENTAJAS

Su uso es sencillo con una lectura directa y precisa.

Los resultados se pueden obtener de manera rápida

La escala de calibración se imprime para cada lote de reactivo por lo que no se requiere de gráficas que disminuyen la precisión.

### DESVENTAJAS

Los detectores colorimétricos están diseñados para compuestos específicos. Sin embargo, pueden tener interferencias con compuestos de estructura similar a la molécula de interés.

#### **APLICABILIDAD**

Aplicable a todo laboratorio y taller afin

#### **COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS**

Los detectores colorimétricos son de bajo costo y portátiles, (aprox. \$2.500 - \$5.600 por tubo)<sup>12</sup> pero su uso puede estar asociado a bombas (< \$250.000) u otros equipos electrónicos de detección más sofisticados (\$2.500.000 – \$5.000.000). El costo global del sistema de monitorización va a depender del número de sustancias que se necesite controlar y su frecuencia.

---

<sup>12</sup> [http://www.olores.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12%3Ametodos-colorimetricos&catid=2%3Aanalisis-fisico-quimico&Itemid=42&lang=en](http://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=12%3Ametodos-colorimetricos&catid=2%3Aanalisis-fisico-quimico&Itemid=42&lang=en) (con un valor de cambio de 670 CLP/€ a Junio 2013)

## CASO PRÁCTICO

En los almacenes, y en particular en los talleres mecánicos y metalúrgicos es usual el trabajo, la manipulación y/o mantenimiento de material o equipos confinados en espacios reducidos. Estos espacios reducidos pueden ser tanques o recipientes de almacenamiento, alcantarillas y galerías de visita, depósitos de herramientas subterráneos, túneles, elevadores, etc. Esto presenta un riesgo potencial de provocar una atmósfera peligrosa en el sitio tanto para la salud como para la seguridad de los usuarios.

Estos espacios deben estar monitoreados de acuerdo a una frecuencia apropiada, a fin de determinar su carga en gases de combustión (dióxido y monóxido de carbono), amoníaco, ácido sulfhídrico, etc. los que, aún en bajas concentraciones, provocan malestares a los usuarios y en mayores concentraciones hasta la muerte. Un accidente usual en estos espacios reducidos, es la intoxicación de los usuarios por gases que a bajas concentraciones no son detectados por el olfato humano, y donde la exposición prolongada tiene efectos adversos a la salud.

Se sugiere llevar un plan de monitoreo semestral (o trimestral dependiendo de la peligrosidad potencial del ambiente en el sitio) utilizando para ellos detectores colorimétricos de acuerdo a los gases detectados como peligrosos para el recinto, datos que son almacenados en fichas de seguimiento. Esto permite la monitorización y el control de que las actividades realizadas en el sitio se realicen de acorde a la reglamentación y políticas de seguridad. Estas fichas se mantienen en un lugar visible a la entrada del recinto y se lleva el registro electrónico. A continuación se presenta un ejemplo de fichero para la monitorización del ambiente de trabajo.

Fecha	Gas a detectar	Lectura (ppm)	Observaciones	Firma encargado



### **2.3 Contaminación por Ruido**

El ruido se puede definir como un sonido no deseado, por lo que se puede considerar como el sonido inadecuado en el lugar inadecuado en el momento inadecuado. Ese grado de "indeseabilidad" se convierte, con frecuencia, en una cuestión psicológica puesto que dependiendo de las características de la persona, la valoración de indeseabilidad puede ser muy diferente.

El ruido puede ser molesto y perjudicar la capacidad de trabajar al ocasionar tensión, perturbar la concentración, y provocar problemas a la salud crónicos empezando por la pérdida, temporal, parcial y hasta total de la audición, además de fatiga, trastornos cardíacos, estomacales y nerviosos. Los efectos en la salud de la exposición al ruido dependen del nivel del ruido y de la duración de la exposición. La pérdida del sentido del oído a causa de la exposición a ruidos en el lugar de trabajo es una de las enfermedades profesionales más corrientes. Provoca ausentismo, aumenta el número de accidentes por la pérdida de concentración y coordinación, y por la falta de comunicación en las señales de alarma (11).

Los ruidos son sonidos, los cuales tienen distintas intensidades (fuerza) la cual se mide en unidades denominadas decibelios (dB). La escala de los decibelios no es una escala normal, sino una escala logarítmica, lo cual quiere decir que un pequeño aumento del nivel de decibelios es, en realidad, un gran aumento del nivel de ruido. Por otra parte, se define como dosis de ruido a la cantidad de energía sonora que un oído normal puede recibir durante la jornada laboral para que el riesgo de pérdida auditiva al cabo de un día laboral esté por debajo de su valor establecido. Se da en tanto por ciento de la dosis máxima permitida (12).

La existencia de un nivel de ruido seguro depende esencialmente de dos cosas: 1) el nivel (volumen) del ruido; y 2) durante cuánto tiempo se está expuesto al ruido. En Chile, se han establecido criterios de Dosis de Acción y Nivel de Acción. La Dosis de Acción (0.5 ó 50%) Este valor corresponde a la mitad de la dosis de ruido máxima permitida por la normativa legal vigente y el Nivel de Acción (82 dB(A)), es el valor equivalente a una Dosis de Ruido de 0.5 ó 50%, para un tiempo efectivo de exposición diario de 8 horas. Para aquellos casos donde se determine la existencia de ruido impulsivo, el Nivel de Acción será de 135 dB(C) Peak (12).

## La contaminación acústica en los laboratorios y talleres

Generalmente, la contaminación acústica en el trabajo se asocia con aquellas personas que trabajan en situaciones extremas de ruido, en plantas industriales con grandes maquinas, junto aviones en tierra con prolongados periodos de exposición, etc. Sin embargo, no es necesario estos niveles extremos para que una persona se vea afectada, la intrusión de ruido ambiental como el ruido del tráfico o equipos pequeños, pueden interferir en una comunicación oral, alterar el sueño, en la capacidad de realizar tareas complejas o producir estrés.

En los laboratorios y talleres, la contaminación auditiva se refiere principalmente al uso de diversos equipos de manera puntual o permanente, por lo que se debe tomar las medidas necesarias para disminuir su peligrosidad. En general, cuando se adquieren nuevos equipos, la distribución de éstos muchas veces se encuentra determinada por la capacidad espacial del lugar, sin considerar el aumento del ruido en zonas puntuales de trabajo. En la Tabla 5 se presenta una lista con los principales equipos de uso en laboratorios y talleres, y su aporte a la contaminación acústica.

**Tabla 5: Nivel de ruido de los principales equipos de trabajo presentes en laboratorios y talleres afines (Información obtenida desde catálogos de productos).**





Equipo	Nivel de ruido (dB)
Campana de flujo	<70
Extractor de aire, ventiladores	< 50
Compresor de aire, pistolas neumáticas	40 - 90
Centrífuga	< 70
Vórtex, agitadores	< 70
Sonicador	90 – 140
Bombas	< 50
Molino/homogenizador	<80
Martillos neumáticos/hidráulicos	100 – 130
Sierra eléctrica	100
Taladro eléctrico	90 - 120
Herramientas tradicionales de taller	90 – 95
Sirenas de alarma	80 – 120
Equipos de limpieza (aspiradoras, sopladoras)	70

## **Medición del ruido en laboratorios y talleres**

Como se mencionó anteriormente, dentro de un laboratorio, el ruido procede de distintas fuentes de ruido constante o puntual, por ejemplo, caída de material, herramientas, compresores, campanas de extracción, centrífugas, etc. Para detectar todos los problemas de ruidos que hay en el lugar de trabajo, lo primero que hay que hacer es medir el ruido de cada fuente por separado. Cuando se quiere evaluar el riesgo de ruido dentro de la instalación, además, hay que tener en cuenta su nivel de riesgo en función de la frecuencia y el tiempo de exposición (12, 13). En la

**Tabla 6** se presenta una breve descripción de estos equipos y sus costos.

**Tabla 6: Equipos utilizados en la medición de ruidos en ambientes laborales**

Equipo	Descripción <sup>13</sup>
 <p>Sonómetro</p>	<p>Permite cuantificar objetivamente el nivel de presión sonora. Se compone de un sensor primario (micrófono), circuitos de conversión, manipulación y transmisión de variables (módulo de procesamiento electrónico) y un elemento de presentación o unidad de lectura.</p> <p>\$100.000-200.000 (sBoss.cl), \$530.000 – \$2.500.000 (www.sonoflex.cl)</p>
 <p>Dosímetro</p>	<p>El dosímetro mide la dosis de ruido acumulada, independientemente de donde haya estado el trabajador y del tiempo que allí haya permanecido. Los dosímetros contienen etapas idénticas al sonómetro, sólo los últimos incorporan un circuito inhibidor y un circuito contador.</p> <p>\$720.000 – 1.020.000 (www.sonoflex.cl)</p>
 <p>Vibrómetro</p>	<p>Se usa para detectar ruidos en máquinas (rodamientos, válvulas en ventiladores, bombas).</p> <p>Es una herramienta para la supervisión de ruidos y vibraciones, dando la posibilidad de reconocer las fuentes de error antes que surja una avería en máquinas o instalaciones.</p> <p>\$60.000 - \$250.000 (<a href="http://www.pce-instruments.com">http://www.pce-instruments.com</a>)</p>
 <p>Analizador de espectro</p>	<p>Consiste básicamente en un equipo muy similar al medidor, con el aditamento de un juego de filtros (de octavas a de tercios). Estos filtros se pueden adosar a medidores convencionales, por ej. al sonómetro.</p> <p>\$2.350.000 - \$18.000.000 (<a href="http://www.finaltest.com.mx">http://www.finaltest.com.mx</a>)</p>

Las técnicas de medición ya se encuentran fuertemente establecidas y seguras, y los avances se refieren a la mejora de estos sistemas. Para cualquier ambiente abierto o cerrado, se basan principalmente en sistemas de captura del sonido mediante un micrófono. Estos equipos son de manejo relativamente sencillo, fácil disponibilidad en el mercado, transportables y adaptables a distintos ambientes. Una técnica que se ha ido popularizando es el uso de analizadores de espectro, debido al desarrollo de equipos cada vez más sencillos y de menor costo. Los estudios de

<sup>13</sup> Precios a Abril 2013

ruido deben ser realizados por personal capacitado en la manipulación e interpretación de los resultados.

La medición del ruido en un lugar de trabajo debe realizarse de manera periódica, recomendándose medidas de control cuando se sobrepase al menos uno de los criterios de acción. Estas medidas se deben reevaluar de forma de verificar la efectividad de éstas. Si los resultados de la evaluación de la exposición ocupacional a ruido se encuentran por debajo de los Criterios de Acción, el ente evaluador verificará que las condiciones ambientales evaluadas se mantengan a través de chequeos periódicos que no excedan los 3 años bajo la dosis de acción 0,5, un plazo máximo de 1 año para implementar medidas de control, si la dosis de ruido se encuentra entre 0,5 y 10, y un plazo máximo de 6 meses para implementar medidas de control, si la dosis de ruido está sobre 10 (12, 13)

### **¿Cómo controlar y combatir el ruido?**

Se puede combatir la exposición a menudo con un costo mínimo y sin dificultades técnicas. La finalidad del control del ruido laboral es eliminar o reducir el ruido en la fuente que lo produce. Existen técnicas preventivas (Reducción en la fuente, Barreras) y reactivas (Protección del trabajador), donde ésta última se ha considerado como la menos eficiente en la reducción del ruido, pero la más común en los ambientes laborales. En general, todos los sistemas de control de ruidos pueden ser implementados en laboratorios y talleres, debido a que son adaptables a las condiciones de trabajo de cualquier sector productivo.

## MTD 7: MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS PARA EL CONTROL DEL RUIDO

### DESCRIPCIÓN



Esta técnica se refiere a la distribución apropiada de los equipos en el laboratorio, con el fin que no se generen zonas de exceso de ruido y vibraciones, que pudiera alterar el trabajo y salud de los usuarios.

En la mayoría de las instalaciones, en particular las más antiguas, la distribución de los equipos se encuentra determinada por la disponibilidad de espacio y conexiones a la red eléctrica. Sin embargo, la sobrecarga de ruido y el uso indiscriminado de conexiones a la red eléctrica por zona, genera potenciales problemas a la salud debido a enfermedades y riesgos laborales, respectivamente. Los equipos de trabajo que usualmente se encuentran en un laboratorio o taller son los siguientes:

En esta técnica, se determinan zonas de trabajo donde se concentren los equipos de bajo (<30 – 55 dB), medio (55 -75 dB) y alto (>75 dB) nivel de ruido, colocando los equipos más compatibles en operación y características y que permitan mantener la menor cantidad de ruido por zona. Esta zonificación va junto con protocolos de trabajo centrados en el uso de protecciones auditivas y rutinas/de trabajo.

En la implementación de sistemas de control de ruido, una etapa importante en el diseño de una instalación, es la ubicación de equipos y procesos que puedan afectar mediante el ruido, la seguridad y comodidad del usuario. En este punto, considerar el diseño inicial es más fácil al reubicar equipos sobre el papel durante la fase de diseño de un proyecto es evidentemente mucho más fácil que moverlos después físicamente, sobre todo una vez que están en funcionamiento.

### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Rotar a los usuarios por las zonas de generación de ruido, según se cumplan las regulaciones de seguridad.
- Capacitar a cada usuario a utilizar los implementos de seguridad pertinentes.
- Coordinar y planificar el uso de los equipos para mantener al mínimo el ruido por sector.
- Minimizar la generación de ruidos con amortiguadores o sistemas de aislación de los equipos.

### CONDICIONES DE USO

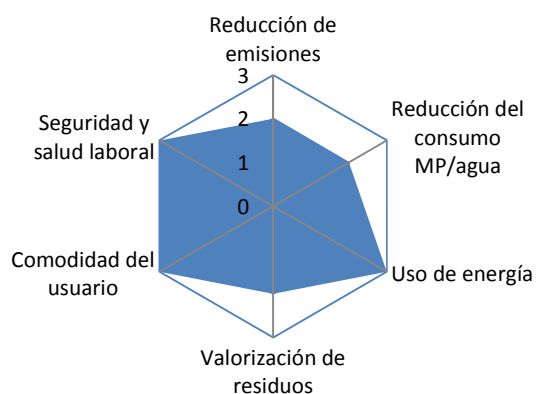
La correcta disposición depende del número de equipos y del tamaño de la instalación.

Se debe considerar el uso conjunto de equipos que produzcan vibraciones y equipos que sean afectados por ellas, por ej. para un laboratorio químico, evitar el uso de centrifugas y sonicadores en zonas aledañas a balanzas.

### BENEFICIOS AMBIENTALES

Minimiza la contaminación acústica y las enfermedades laborales debido a ésta.

### BRECHAS



### VENTAJAS

Es de rápida y fácil implementación si se tiene el espacio suficiente disponible

### DESVENTAJAS

Es de difícil implementación en laboratorios con escasez de espacio



### APLICABILIDAD

Aplicable a cualquier laboratorio y taller afín.

### COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

Esta técnica no tiene costos económicos directos asociados.

Los costos incurridos pueden deberse a la habilitación de nueva infraestructura para la ubicación de los equipos. Por m<sup>2</sup> se considera un costo de 15 a 20 UF para la construcción y habilitación.

### CASO PRÁCTICO

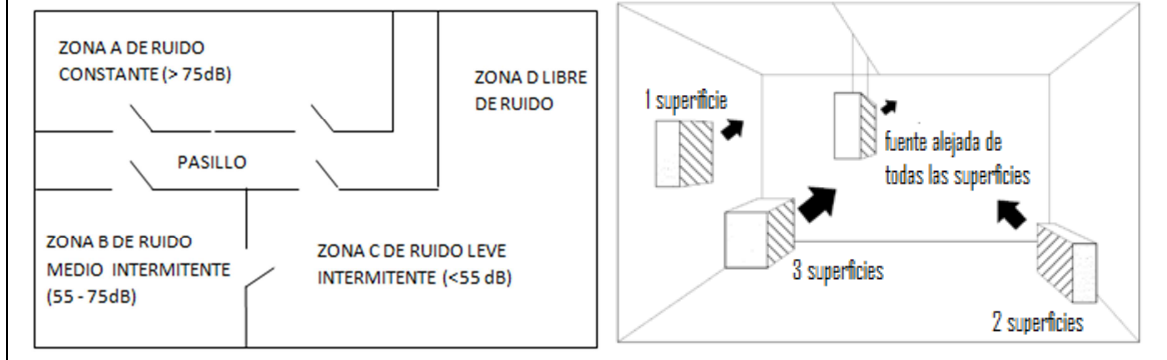
Se debe realizar la medición del ruido que aporta cada equipo y establecer un ranking, a fin de poder distribuir de manera apropiada los equipos y procesos dentro de la instalación. Se recomienda que los equipos que tengan niveles de ruido y frecuencias de uso similares, deben ser puestos en sitios aledaños. En el ejemplo a continuación se entrega una sugerencia de distribución de las secciones de trabajo.

Zona	Descripción
A	Zona donde se ubican equipos altamente ruidosos y con una frecuencia de uso elevada. Por ej. Compresores para líneas de aire
B	Zona de equipos medianamente ruidosos y/o de uso intermitente, por ej. centrífugas, bombas, taladros
C	Zona de ruidos leves, por ej. sector de lavado, uso de maquinarias silenciosas
D	Zona libre de ruidos, por ej. sector administrativo

Una característica de esta distribución, es situar las zonas más ruidosas (A y B) separadas de las zonas de ruidos intermedios o bajos mediante aplicaciones de insonorización o zonas de interposición. Esta distribución es posible de aplicar aún en espacios donde no se puedan aislar físicamente, por ejemplo, en talleres mecánicos. En este caso, la línea de trabajo preferencia la facilidad en la manipulación del vehículo en estaciones de trabajo por lo que el reacomodo de los equipos en una instalación establecida no se hace factible. Sin embargo, con un diseño inicial adecuado, es posible identificar zonas específicas de trabajo donde se pueda minimizar el impacto del ruido sobre el usuario y los alrededores.

Finalmente, para completar el caso ejemplo, la ubicación de los equipos dentro del sitio a fin de minimizar el impacto del ruido, se refiere a la posición del equipo dentro del sitio y su cercanía a superficies reflectoras que conduzcan el ruido o la vibración. Se estima que por cada superficie

altamente reflectiva, el nivel de ruido aumenta en 3 dB (el grosor de las flechas indica la magnitud proporcional del ruido emitido entre posiciones de la fuente).



## MTD 8: USO DE AMORTIGUADORES PARA LA PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DEL RUIDO

### DESCRIPCIÓN



Corresponde a la adaptación de equipos (bombas, ventiladores, torres de enfriamiento) que generan ruidos para minimizarlos. En esta categoría se encuentran los sistemas antivibratorios como soportes elásticos y amortiguadores de muelle o de caucho, que varían en función del punto de apoyo, la carga a soportar, etc. Se considera además la utilización de bancadas (base elástica de caucho), diseñadas para el apoyo y atenuación de las vibraciones (compresores, grupos de aire, etc.) y amortiguadores de caucho o metálicos. Se pueden adaptar a las paredes, techos y/o al suelo

La absorción de las vibraciones que se obtiene a través de estos sistemas mejora no solo la transmisión de vibraciones a la estructura sino también el rendimiento de la maquina logrando reducir, a su vez, las necesidades de mantención. Estos equipos logran atenuaciones superiores al 80%<sup>14</sup>. La siguiente tabla presenta las características y campo de aplicación de algunos sistemas anti-vibratorios más utilizados.

<sup>14</sup> [http://www.produccionlimpia.cl/medios/guia10\\_controlruido.pdf](http://www.produccionlimpia.cl/medios/guia10_controlruido.pdf)

Sistema antivibratorio	Característica	Campo de aplicación
Anclaje	Anclaje rápido de caucho. Capacidad de carga dinámica por punto de apoyo entre los 10 y 65 Kg.	Diseñado para la suspensión de maquinaria cuya frecuencia de régimen sea superior a 1000 r.p.m (compresores, grupos
	Anclaje rápido de caucho-muelle. Elemento elástico constituido por muelle de acero, que proporciona aislamientos importantes a bajas frecuencias, y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario en la zona de resonancia. Capacidad de carga dinámica por punto de apoyo entre los 10 y 60 Kg.	Diseñado para la suspensión de maquinaria cuya Frecuencia de régimen sea superior a 300 r.p.m.
Bancadas	Amortiguadores muelle caucho con estabilizador de movimiento. Capacidad de carga dinámica por punto de apoyo entre los 50 y 200 Kg.	Diseñados para máquinas cuya frecuencia de régimen sea superior a 300 r.p.m.
Minibancadas	Amortiguadores de caucho. Capacidad de carga por punto de apoyo entre los 50 y 400 Kg.	Diseñados para el apoyo y atenuación de las vibraciones de maquinaria (compresores, grupos de aire, ventiladores, condensadoras, bancadas, etc.) cuya frecuencia sea superior a 1000 r.p.m. en el régimen estacionario
Tacos de caucho	Taco de caucho antivibratorio (100 x 100 x 30 x 39) mm. Carga max: 800 Kg.	

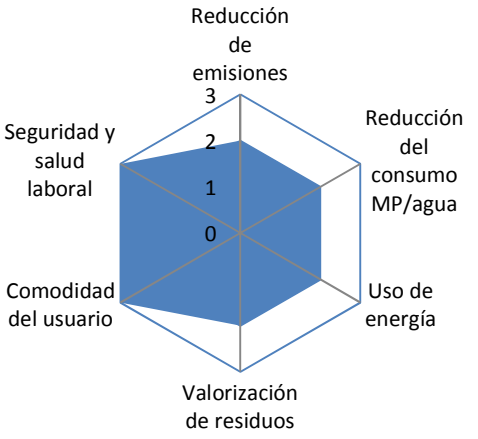
### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Realizar la mantención periódica (ajuste en el equipo, sustitución de piezas defectuosas y lubricación) de los equipos involucrados a fin de que el ruido y las vibraciones se originen por su sistema de funcionamiento normal y no por fallas en éstos.
- Distribuir los equipos que provoquen vibraciones separados del resto, a fin de impedir que su funcionamiento afecte la operación de los otros, minimizando las mantenciones en éstos últimos.
- Sustituir piezas de metal como elementos de transmisión (engranajes, cadenas, etc.) o elementos de pivotaje y rodadura (cojinetes, rodamientos, etc.) por piezas de plástico más silenciosas (cuando sea posible y sin afectar la seguridad del usuario).
- Colocar ventiladores más silenciosos o poner silenciadores en los ductos de los sistemas de ventilación a fin de que no aumente el ruido del ambiente.
- Disminuir la altura donde se mantienen los equipos vibradores con el objetivo de prevenir la caída estrepitosa de los productos hacia un contenedor acolchado (para el caso de máquinas de producción).
- El montaje de los equipos debe realizarse aislados del suelo por sistemas de acolchado elástico, firmemente soportados por los sistemas de fijación (al suelo, techo y/o pared) y disminuyendo el contacto entre piezas metálicas y los soportes de los equipos.
- Utilizar grasa de amortiguación ya que es un material protector contra el desgaste y la corrosión de los engranajes con una mayor resistencia al esfuerzo, minimizando el desgaste y los ruidos.

### CONDICIONES DE USO

No hay una operación directa de esta tecnología.

Requiere de la inspección y mantención regular de las adaptaciones cuando éstas son de anclaje o intervienen en algún sistema que tenga que ver la seguridad del equipo.

BENEFICIOS AMBIENTALES	BRECHAS
<p>Minimiza la contaminación acústica, las enfermedades y accidentes laborales debido a ésta.</p> <p>Mejora la comodidad del usuario.</p>	 <p>A radar chart with six axes representing different environmental and user-related categories. The axes are: 'Reducción de emisiones' (top), 'Reducción del consumo MP/agua' (top-right), 'Uso de energía' (right), 'Valorización de residuos' (bottom), 'Comodidad del usuario' (bottom-left), and 'Seguridad y salud laboral' (left). The chart has a scale from 0 to 3. The 'Reducción de emisiones' axis is at level 3. The other five axes are at level 2.</p>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Es una acción fácil de realizar ya que corresponde a acciones en el mismo lugar y sin intervenir el espacio de uso.</p> <p>En general, no requiere de un tiempo prolongado para su implementación, por lo que no interrumpe el normal funcionamiento del laboratorio.</p> <p>Es una técnica adaptable a distintas situaciones de trabajo.</p> <p>Mejora el funcionamiento de los equipo, previene daños y ayuda en la mantención de éstos.</p>	<p>Si la adaptación se hace con materiales reciclados o alternativos, genera un riesgo potencial de seguridad al usuario.</p> <p>Requiere de la adaptación de cada equipo de manera particular.</p>

APLICABILIDAD
<p>Aplicable a la mayoría de los equipos que se encuentran en un laboratorio experimental.</p>

### COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS

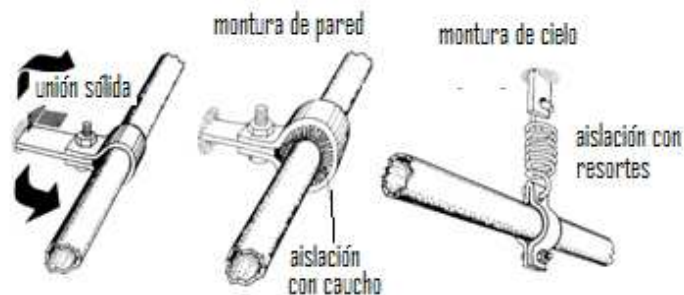
El costo de los sistemas de aislamiento y amortiguación varía significativamente en función del dispositivo, carga a soportar, etc. El costo de los soportes elásticos puede oscilar entre los \$4.500 - \$40.000. Para equipos de pequeño tamaño, estas modificaciones pueden realizarse con un relativo bajo costo, y con material de uso común en laboratorios y talleres (gomas, aislantes) o en su defecto son de muy fácil acceso, por ej. tacos de goma para equilibrar un equipo y reducir vibración (\$200 c/u), anclaje a la pared de un equipo pequeño (abrazaderas metálicas: \$5000).

El costo de los amortiguadores de muelle se sitúa entre los \$14.000 (de caucho) - \$200.000 (metálico).

Las alfombrillas de caucho o gomas (50 x 50 x 22 mm) para una carga de 75 kg cuestan alrededor de \$850, mientras que para cargas de 800 kg, el valor aproximado es de \$4.500.

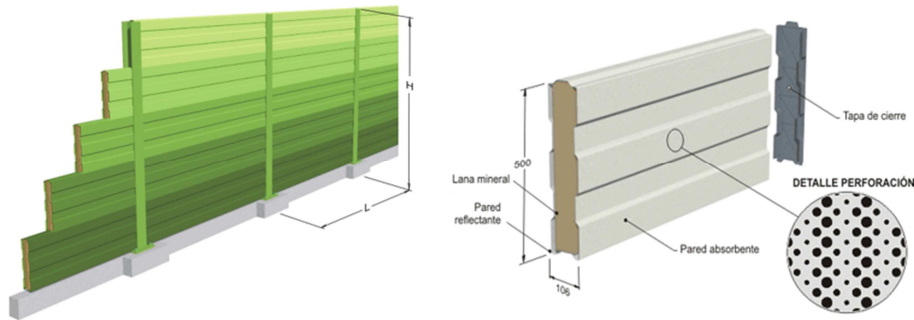
### CASO PRÁCTICO

En un taller metalúrgico, químico o mecánico es posible tener tuberías que conducen fluidos a alta velocidad y/o con intermitencia, lo que puede provocar vibraciones y ruidos molestos cuando no se encuentran apropiadamente aisladas o cuando su diseño implica que se encuentran sujetas a la cara exterior de las paredes. Si se tiene una tubería con estas características pueden ser fijadas a la pared por sistemas que minimicen la vibración. El cálculo del número de uniones debe ser considerado de acuerdo al peso por metro lineal de la tubería, lo cual influye sobre el costo total de la adaptación o de la compra de nuevas uniones. En este caso se pueden considerar los siguientes arreglos:



## MTD 9: AISLACIÓN DE LOS EQUIPOS/AISLACIÓN DEL AMBIENTE

### DESCRIPCIÓN

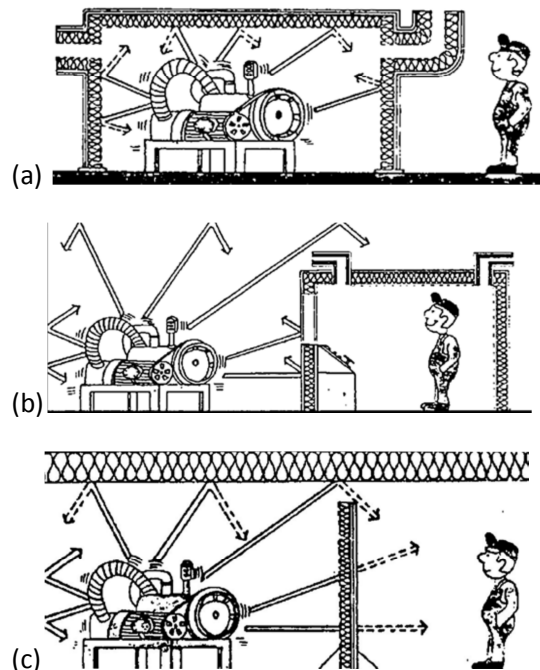


Se refiere al encapsulamiento total o parcial de la fuente de ruido, mediante paneles acústicos fabricados con estructuras de acero y rellenos aislantes. El encapsulamiento es fácilmente aplicable a máquinas ya instaladas (a). La energía sonora se mantiene dentro del encierro o cápsula, por reflexión en sus paredes, evitando la exposición de los trabajadores y reduciendo el ruido externo, pudiendo ser minimizado al interior de la cabina mediante su revestimiento con material absorbente.

Cuando la instalación donde se encuentren las fuentes generadores de ruidos no permita la aislación individual de éstos, se puede construir una cabina aislada para el personal, provista de revestimientos absorbentes, vidrios de monitoreo reforzados y entradas y salidas con trampas de sonido (b).

Cuando no es posible aislar total o parcialmente la fuente sonora, se pueden aplicar pantallas acústicas que intercepten el camino de propagación de la onda sonora directa, produciendo atenuación por difracción. Las pantallas pueden ser fijas o móviles, y se construyen con materiales con chapas metálicas, vidrio o metacrilatos. Se pueden colocar materiales absorbentes en alguna de sus caras. Los sistemas de cortinas aislantes pueden reducir el ruido hasta en unos 12-15 dBA. (c).





En el diseño de ambos casos se debe tener en cuenta sus propiedades acústicas (absorción y aislamiento adecuados), sus dimensiones y su ubicación respecto a la fuente y al receptor. El sistema de aislamiento va a depender del tipo de ruido generado por el equipo, distinguiéndose tres su origen y forma de propagación:

**Aéreo:** Es todo ruido que tiene origen en el aire y se propaga a través del mismo (tráfico, conversaciones, radio, etc.)

**Impacto:** Este ruido es causado por un golpe en un medio sólido, que se propaga a través de la estructura (caída de objetos, pisadas, arrastre de muebles y equipos)

**Vibración:** Es un ruido producido por el movimiento de algún objeto unido directamente a un medio sólido y que se propaga a través de la estructura (motores y máquinas como grupos de presión, ascensores)

A continuación se presenta un cuadro resumen sobre las características que debe tener el sistema de aislamiento dependiendo del tipo de ruido a minimizar<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> <http://chova.com/documentacion/catalogos/manual-acustica.pdf>

Características	Ruido		
	Aéreo	Impacto	Vibraciones
Densidad	X		
Porosidad	X		
Rigidez dinámica		X	X
Espesor		X	
Resistencia a la compresión		X	
Factor de pérdidas	X		X

### BUENAS PRÁCTICAS ASOCIADAS

- Para la construcción de nuevas instalaciones se recomienda el uso de sistemas de yeso laminado con lana mineral

### CONDICIONES DE USO

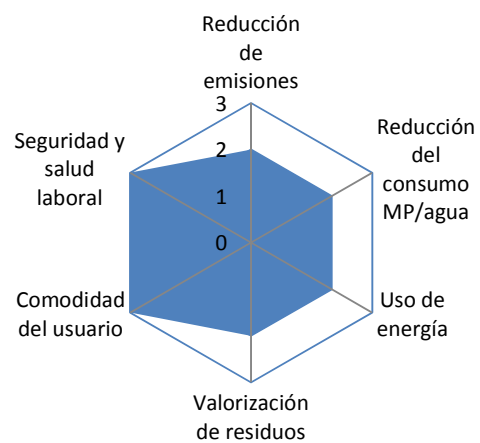
No se considera operación.

Se debe realizar una inspección periódica para detectar fallas en la estructura, por ej. trizaduras.

### BENEFICIOS AMBIENTALES

Minimiza la contaminación acústica y las enfermedades laborales debido a ésta.  
Minimiza el riesgo de accidentes laborales.

### BRECHAS



VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son sistemas fácilmente adaptables a los diferentes equipos y áreas de trabajo.	<p>Pueden dificultar el acceso a la máquina para las operaciones de mantenimiento.</p> <p>Los encapsulamientos rígidos requieren sistemas de ventilación.</p>

APLICABILIDAD
Aplicable a la mayoría de los equipos que se encuentran en un laboratorio experimental.

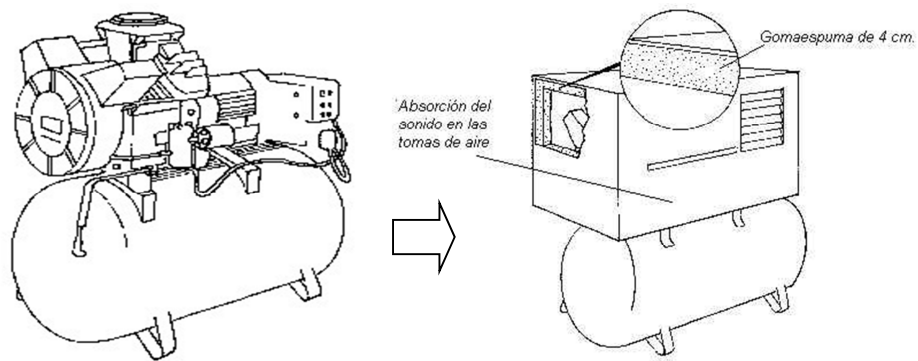
COSTOS Y AHORROS ASOCIADOS
El costo de una pantalla de 80mm de espesor con aislante de lana de roca ( $70 \text{ kg/m}^3$ ) se encuentra entre \$30.000 - \$50.000 por metro cuadrado <sup>16</sup>

<sup>16</sup> <http://aislamientoalruido.com/industrial/aislamiento-ruido-aereo/pantallas-acusticas.html>

### CASO PRÁCTICO

Los compresores de aire son una de las fuentes más comunes y más ampliamente utilizadas en los distintos sectores industriales y educacionales. Éstos se utilizan tanto para proveer de aire en líneas interconectadas, como en equipos de uso puntual como son las pistolas neumáticas.

Por lo general, las instalaciones establecidas no cuentan con espacio o infraestructura suficiente para las adquisiciones nuevas que se suman a las ya en uso. Es por esto que separar físicamente este equipo del usuario no siempre es factible. En este caso, debido a que el ruido proviene del motor que se encuentra al exterior del equipo, éste puede ser aislado con campanas de una placa rigidizada recubierta internamente de material blando y absorbente.

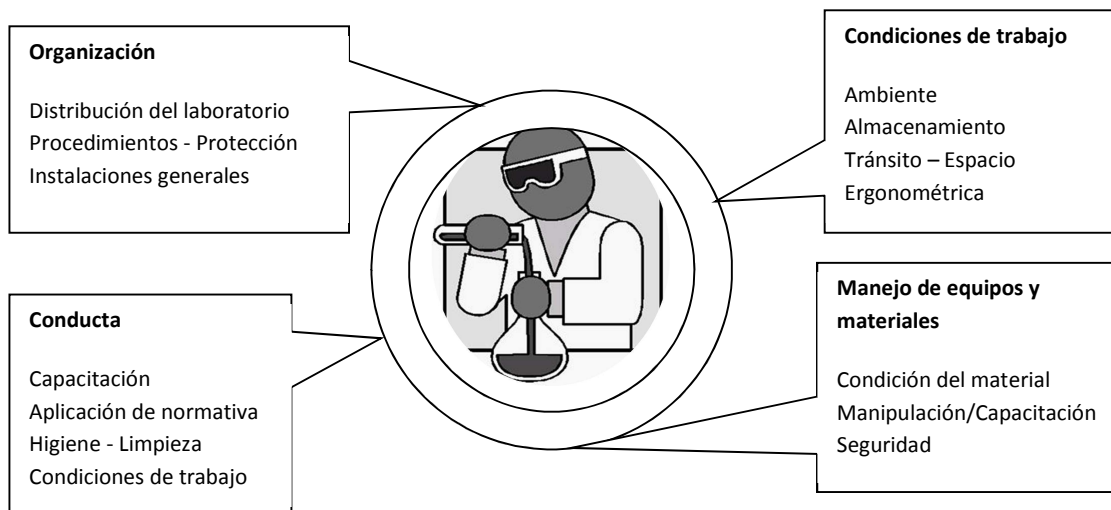


## 2.4 Higiene y Seguridad Laboral

El trabajo en laboratorio y en talleres afines implica un riesgo potencial debido a la naturaleza del trabajo, a los equipos involucrados y a los elementos o sustancias que se utilizan. El riesgo no puede eliminarse completamente, pero si puede reducirse mediante sistemas de protección del personal y del medio ambiente. La protección involucran normas generales de trabajo en el laboratorio y normas específicas que dependen de la naturaleza de las actividades (14, 15).

### Normas generales

Las normas generales se pueden agrupar en normas de organización, de conducta, y de manejo de equipos y materiales. A estas normas se le suma la utilización de equipo de protección colectiva, y de ser necesario, el uso de equipo de protección individual. En la Figura 4 se presenta un esquema de las prácticas asociadas a cada uno de estos grupos como complemento a las MTD identificadas para el sector.



**Figura 4:** Prácticas asociadas a las normas generales de higiene y seguridad en un laboratorio o taller afín.

### Organización

- La distribución debe ser estudiada a fondo y procurar que sea adecuada para el mantenimiento de un buen nivel preventivo.
- Los procedimientos de análisis y de respuesta a eventualidades deben estar establecidos de antemano y ser conocidos por el personal.

- El laboratorio debe disponer de los equipos de protección individual (EPIs) y de las instalaciones de emergencia o elementos de actuación (duchas, lavajos, mantas ignífugas, extintores, etc.) adecuados a los riesgos existentes.
- El laboratorio y dependencias debe mantenerse ordenado y en adecuada limpieza.
- No deben realizarse experiencias nuevas ni poner en marcha nuevos aparatos e instalaciones sin conocer previamente su funcionamiento, características y requerimientos, tanto generales como de seguridad.

### **Conducta**

- El personal debe ser capacitado e inducido de manera obligatoria (e inmediatamente después de su ingreso al laboratorio) en los protocolos de trabajo, de emergencia y de seguridad del mismo. De la misma manera, el personal debe cumplir esta normativa.
- Las reglas de higiene (lavado de manos, uso de protección, ropa abrochada y cabello recogido, evitar la alimentación dentro del recinto) deben ser cumplidas estrictamente.
- El personal debe mantener el laboratorio limpio y ordenado, guardando el material utilizado de acuerdo a los protocolos correspondientes, evitando obstaculizar el tránsito con residuos o con material sin uso. Los derrames serán contenidos adecuadamente.
- El personal debe estar familiarizado con la ubicación y uso de los elementos de seguridad con que cuenta el laboratorio (duchas, lava ojos, matafuegos, etc.).
- La permanencia del personal dentro del laboratorio debe ser conocida por el responsable de la seguridad, sin que se generen situaciones que involucren que las personas se queden fuera de horario sin vigilancia del responsable.

### **Utilización de equipos y materiales**

- Sólo puede utilizarse material en buen estado, correctamente etiquetado y con garantías. Los reactivos vencidos y el material roto debe ser descartado de acuerdo al plan de gestión de residuos. Los equipos y sus conexiones deben ser revisadas y mantenidas de manera periódica. Los equipos dañados deben ser informados al responsable y evitar su uso hasta su correcta reparación.
- La manipulación del material debe ser cuidadosa, sin que representen un peligro para la salud (pipetear con la boca, guardar reactivos en los bolsillos, evitar guardar alimentos o bebidas en las zonas de trabajo, etc.).
- Minimizar el uso de llamas, emplear preferentemente encendedores piezoeléctricos.
- Toda actividad que involucre el uso de sustancias inflamables y/o de elevada toxicidad deben ser realizada bajo campanas de extracción.

### **Condiciones ambientales del laboratorio**

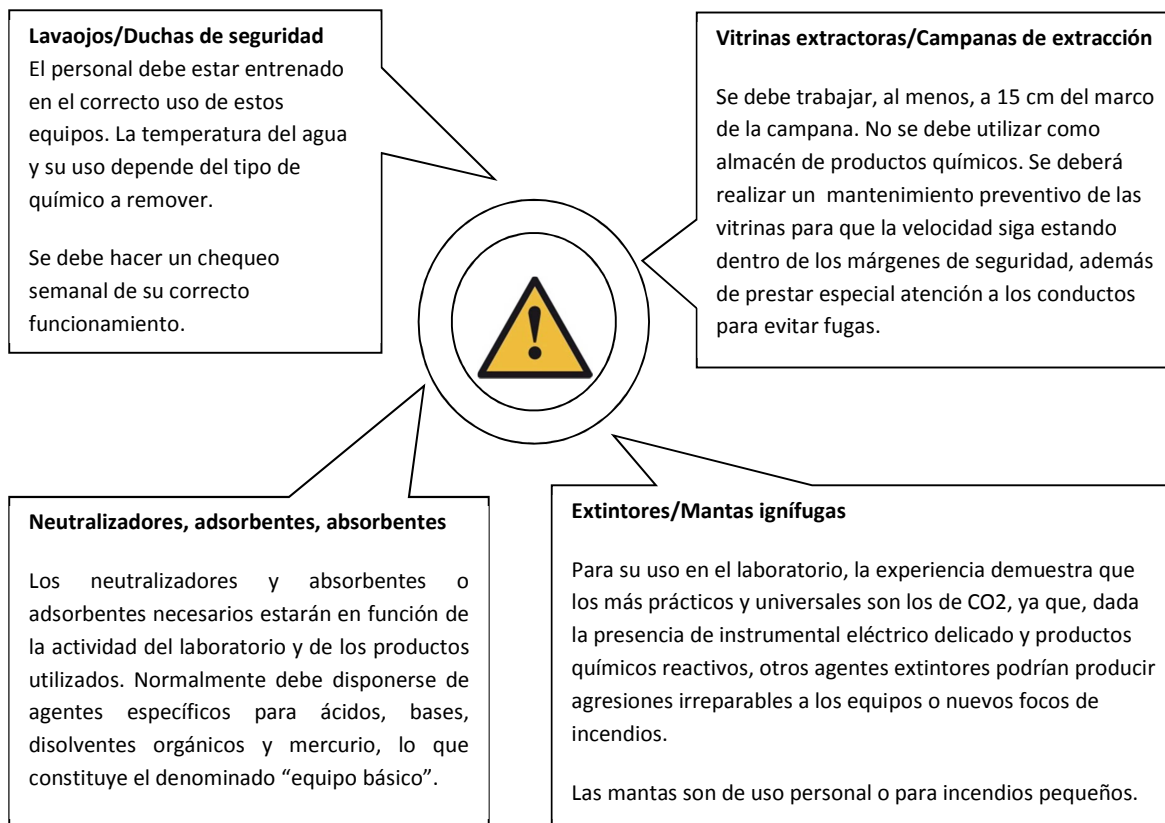
- La distracción por ruidos, olores o agentes externos debe mantenerse al mínimo, el personal debe contar con un ambiente de trabajo adecuado (ventilación, iluminación, condiciones termohigrométricas, etc.). Además, la planificación de trabajo y la vestimenta de trabajo debe estar acorde a las normas de seguridad.
- Tanto el área de trabajo como el laboratorio en general, además de permanecer limpio en todo momento, debe estar diseñado para el correcto almacenamiento del material y equipamiento mientras se está utilizando (evitar sobrecargas, sin obstáculos para el tránsito y manejo del material, con señalética adecuada y clara para el manejo y almacenamiento de productos y equipos).
- El personal debe contar con las dimensiones mínimas para el trabajo en el laboratorio o taller, permitiéndole realizar sus actividades sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.
- Si el espacio libre en el laboratorio impide el desarrollo de la actividad del personal, se debe contar con un espacio adicional en las inmediaciones del puesto de trabajo.

## **Equipos de protección colectiva**

Además de las normas de seguridad, los laboratorios y talleres afines deben contar con equipos de protección colectiva. Estos son elementos de ayuda en caso de emergencias (vertidos, salpicaduras, derrames, etc.). Deben mantenerse en buen estado y al alcance para que su uso pueda realizarse con la rapidez requerida, así como debidamente señalizados, procurando que su ubicación no genere un nuevo riesgo para el laboratorio. Los equipos de protección colectiva más habituales son las vitrinas de gases, los extractores, los neutralizadores, las duchas y lavaojos de emergencias.

Entre las obligaciones del personal se encuentra el utilizar y cuidar correctamente los equipos de protección individual e informar de inmediato a su superior jerárquico directo de cualquier defecto, anomalía o daño apreciado que, a su juicio, pueda entrañar una pérdida de su eficacia protectora. En la Figura 5 se presenta un resumen con los equipos de protección y sus principales condiciones de uso (16).





**Figura 5: Equipos de protección colectiva necesarios para prácticas de laboratorio y talleres afines.**

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

Cuando los equipos de seguridad colectiva no son suficientes para la total protección del trabajador, se debe considerar además el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI). Estos se definen como cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos, que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Los EPI deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. En la Figura 6 se presenta un esquema con una breve descripción de los EPI (4, 12, 16) utilizados comúnmente en laboratorios y talleres de enseñanza.

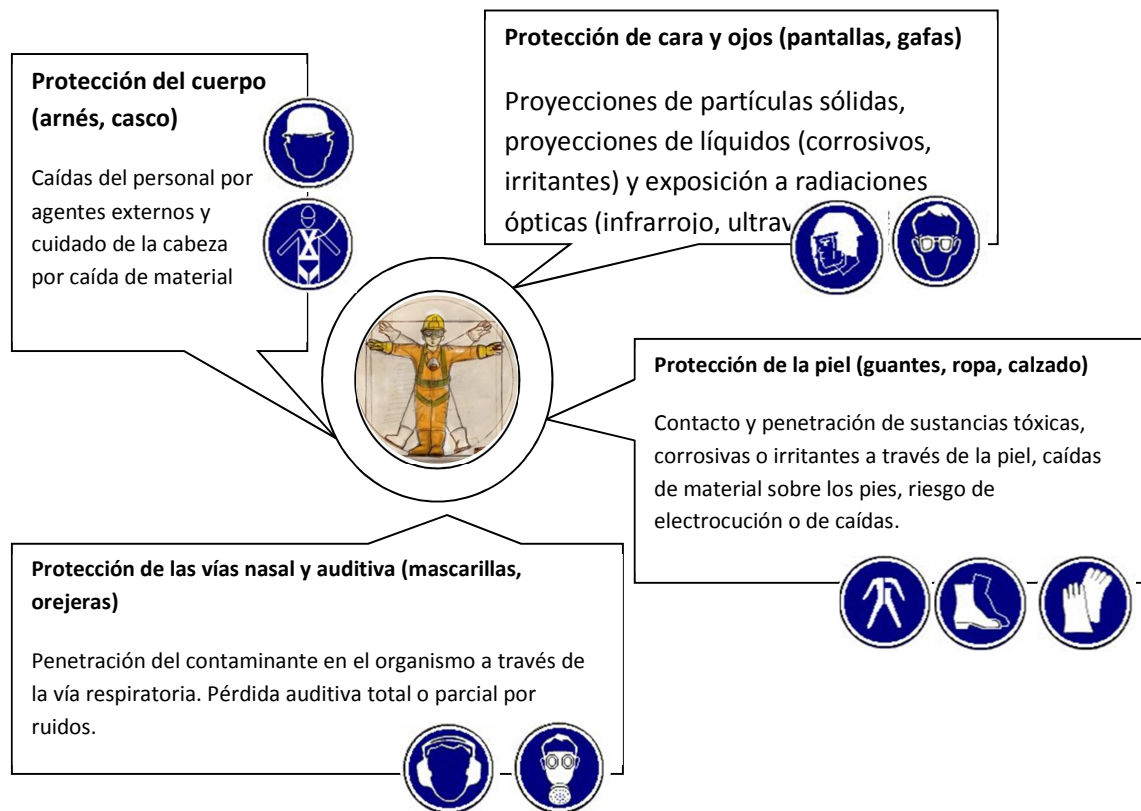


Figura 6: Equipos de protección individual necesarios para prácticas de laboratorio y talleres afines.

### Operaciones habituales en el laboratorio

En un laboratorio o taller de enseñanza se llevan a cabo operaciones que se pueden considerar transversales a todos los establecimientos educacionales. La prevención se refiere a eliminar el riesgo en la fuente de origen, impedir que el contaminante o tóxico provoque daños en la salud y/o el ambiente. A modo complementario, en la Tabla 7 se presenta un cuadro resumen con las principales actividades identificadas en un laboratorio, sus riesgos y medidas preventivas (4). Salvo excepciones, estas actividades básicas se comparten a través de los laboratorios académicos de los distintos establecimientos de Educación Superior.

**Tabla 7: Operaciones habituales en el laboratorio, sus principales riesgos y formas de prevención.**

Operación	Riesgos	Prevención
Reacciones fumantes, uso de compuestos volátiles o inflamables	Intoxicación por vapores.	Utilizar campanas de extracción Llevar las prendas y accesorios de protección adecuados Correcta manipulación del material de trabajo
Trasvase de líquidos	Vertido de líquidos e intoxicación por vapores. Explosión Corrosión	Emplear una bomba o un sifón para trasvases de gran volumen (verificar la compatibilidad de los reactivos con la bomba y sus accesorios). Llevar las prendas y accesorios de protección adecuados Suprimir las fuentes de calor, llamas y chispas (para líquidos inflamables) Mantener una correcta ventilación del lugar Volver a tapar los frascos una vez utilizados.
Operaciones con vacío (evaporación, destilación, filtración y secado)	Implosión del aparato y proyección de material aspiración líquido Reacción violenta de productos.	Utilizar recipientes de vidrio especiales capaces de soportar el vacío e instalar el aparato en un lugar donde no haya riesgo de que sufra un choque mecánico. Recubrir con una cinta adhesiva o una red metálica o plástica el recipiente en depresión. Correcta manipulación del equipo y sus accesorios
Mezcla de productos o adición de un producto	Reacción violenta de productos (explosión, proyección). Derrames	Correcta identificación y manipulación de las sustancias. Seguimiento del protocolo adecuado para la manipulación de la mezcla a producir.
Extracción con disolventes volátiles (extracción líquido-sólido o líquido-líquido)	Incendio y explosión. Proyecciones de líquidos e inhalación	Utilizar campanas de protección Disponer un sistema de refrigeración y de un sistema de emergencia frente a posibles cortes de electricidad.
Destilación Evaporación-Secado Deseccación de un líquido	Emisión de vapores Inflamación. Salpicaduras. Explosión	Utilizar equipos de seguridad y protección personal necesaria para el experimento. Preferenciar el uso de sistemas móviles de calentamiento (cuando sea necesario), a fin de permitir un cese rápido del aporte de calor en caso de necesidad. Examinar el equipo antes de cada operación para evitar un fallo eventual o una fuga.
Limpieza del material de vidrio	Intoxicación dermatitis quemaduras cutáneas/oculares Corte	Formación e información del personal encargado de la limpieza. Ventilación del local destinado a la limpieza de material. Utilizar equipos de seguridad y protección personal adecuada

## 2.5 Gestión económica - financiera en laboratorios y talleres afines

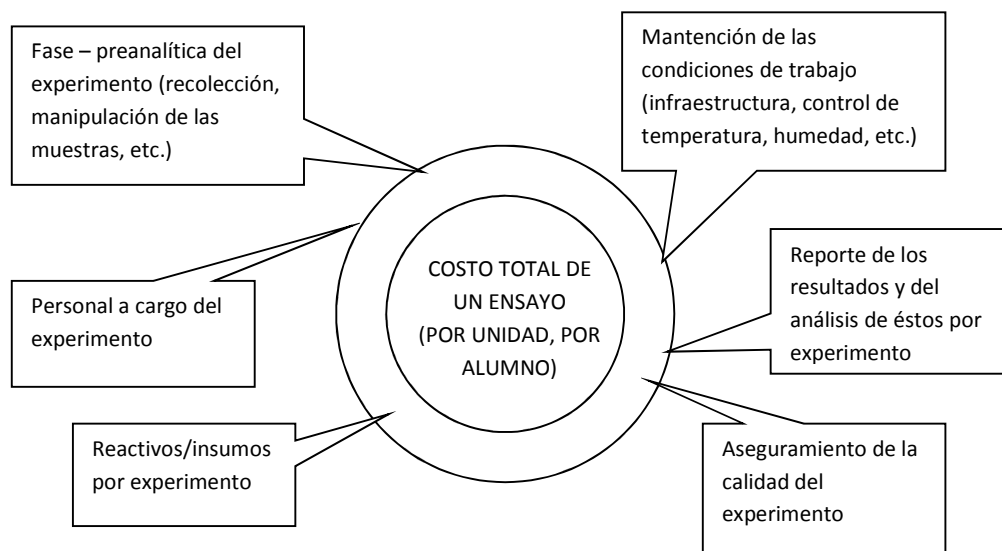
La gestión económica financiera es un conjunto de procesos, coordinados e interdependientes, encaminados a planificar, organizar, controlar y evaluar los recursos económico-financieros disponibles en una organización (en este caso, en un laboratorio o taller), para garantizar de la mejor manera posible la consecución de los objetivos fijados para su desempeño. En esta gestión se trabaja bajo tres criterios (17, 18):

- **Economía:** Se refiere a las condiciones en que se adquieren los recursos: en un tiempo adecuado, con un costo mínimo y en la cantidad y calidad adecuadas.
- **Eficiencia:** Se refiere a si con los recursos disponibles se han obtenido la mayor cantidad de resultados posibles, o si con los recursos mínimos se han mantenido la calidad y cantidad de las actividades.
- **Eficacia:** Se refiere con el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos

En los laboratorios o talleres afines pertenecientes a establecimientos educacionales el flujo de dinero está determinado por una administración general, siendo de especial importancia, la información de necesidades y fortalezas del laboratorio para que la administración pueda desarrollar un presupuesto adecuado y su correspondiente asignación de recursos. Sin embargo, para hacer más clara la información y ajustada a la realidad del laboratorio, se hace necesario éstos lleven un registro del estado financiero y económico de acuerdo a las actividades realizadas.

La principal preocupación es el cumplimiento de las demandas debido a las actividades propias del establecimiento, en particular, de cubrir los costos asociados a la compra de material, insumos, equipos, pago del personal, etc. Estos costos son cubiertos por los dineros que recibe el establecimiento ya sea de fondos públicos o privados, y por lo general, es independiente del carácter académico del laboratorio. Para realizar el presupuesto general y determinar la economía, eficiencia y eficacia del laboratorio, se deben llevar registro de indicadores del desempeño del recinto de acuerdo a sus objetivos.

En el caso de un laboratorio de enseñanza, los indicadores debieran considerar las razones entre el número de alumnos, número de ensayos y el costo de éstos. Para determinar éste último, se consideran todos los gastos asociados a un ensayo en particular, como se muestra en la Figura 7. Este análisis de costos permite al laboratorio decidir la idoneidad de un ensayo frente a otros alternativos, la forma de enseñanza más económica sin perder la calidad (personal, grupal) y cómo se debe distribuir el presupuesto asignado, entre otros.



**Figura 7: Estructura de los costos asociados a ensayos experimentales.**

Generalmente, el análisis de costos está basado en los gastos históricos del laboratorio, por lo que es un análisis en retrospectiva que debe tomarse con precaución para el análisis a futuro del presupuesto (19).

El costo del material de trabajo varía con el tamaño del laboratorio, espectro de experimentos, volumen de trabajo, tipos de equipos y factores adicionales, por lo que es muy difícil comparar un laboratorio frente a otro (19). Si bien lo anterior se cumple para los distintos laboratorios de análisis, los laboratorios académicos tienen que cumplir una malla establecida, por lo cual su variabilidad se podría considerar menor. Por esto, cada laboratorio debe determinar cuáles son los costos variables que dependen del volumen de trabajo a fin de monitorear si el presupuesto está acorde con las actividades académicas (las cuales son estacionales) del establecimiento.

La opción más eficaz para disminuir los costos se basa en la adquisición y diseño de las actividades experimentales, debido a que éstas prácticas tienen un alto consumo de material y recursos. El análisis inicial cuando se quiere abaratar costos es establecer cuáles son las prácticas que pueden ser realizadas, dependiendo del tipo de actividad y objetivo del laboratorio. A continuación se presenta un resumen general de las prácticas para una correcta gestión en las actividades de laboratorios y talleres, siendo explicadas o complementadas posteriormente como MTD, según sea el caso.

## ADMINISTRACIÓN

- Cotización previa a la compra. Revisión del material al momento de la recepción. Inventario.
- Capacitación del personal o alumnos en las técnicas de laboratorio, procedimientos de mantenimiento y seguridad de los equipos, manejo de equipos de protección y prevención de accidentes. Indicar claramente cuando haya cambios en los protocolos. Reparación de equipos. Registro de accidentes/daños.
- Reuso y Reciclaje cuando sea posible.

## ALMACENAMIENTO

- Mantención de las condiciones adecuadas de almacenamiento. Minimización de la contaminación del material.

## ACTIVIDADES DE LABORATORIO

- Sustitución del material/equipo por alternativas menos costosas o más eficientes, contrastando el ahorro en el procedimiento frente a la inversión inicial en material y capacitación.
- Microquímica, escalamiento de los experimentos. Limitar el número de procedimientos que no son productivos. Para esto se debe realizar un análisis de los procedimientos y/o protocolos del laboratorio, asignarle un valor de costo/beneficio y determinar su importancia dentro de la planificación (se puede eliminar o sustituir por otro que tenga un mayor valor).
- Utilización de la máxima capacidad de análisis de un equipo o de un experimento, coordinar con otros laboratorios cuando se lleven a cabo procedimientos similares. Para análisis puntuales, considerar el mandar la muestra a un laboratorio de referencia frente al costo de implementación de un procedimiento en particular, dependiendo de la frecuencia del análisis, insumos y capacitación.
- Consideración de alternativas a la experimentación (material audiovisual, experimentación por grupos).

- Reuso y Reciclaje cuando sea posible.

Cabe destacar que las prácticas que se utilizan para abaratar costos, en este caso, son similares (sino las mismas) a las que se sugieren para la minimización de los residuos. Es por esto que la aplicación de éstas medidas conlleva un claro beneficio ambiental y económico para la institución.

Si bien, la implementación de estas medidas por si sola trae un beneficio económico, es necesario un control mediante herramientas financieras, que permita una potente gestión. Estas herramientas son transversales a cualquier organización (academia, industria, fundaciones, etc.) y se basan en tres estrategias: la planificación y control financiero, la contabilidad y el análisis/evaluación de resultados. En la Tabla 8 se presenta un cuadro resumen con las principales herramientas para llevar una correcta gestión económica – financiera (17, 18).

Para un laboratorio o taller, el seguimiento de todos estos aspectos se puede tornar engorroso e impracticable, debido a que mucha de la información solicitada es de conocimiento de la administración general y no del laboratorio. Sin embargo, estas herramientas son flexibles y adaptables, independiente del carácter y objetivos del laboratorio. Cada recinto debe delimitar sus objetivos, establecer su plan de trabajo frente a las demandas y contrastarlo con el presupuesto disponible. Este análisis inicial involucra al menos los flujos de caja, los costos de la(s) actividad(es) a desarrollar y del funcionamiento general del laboratorio, los ingresos públicos y privados con los que cuenta, debiendo ser todo contrastado respecto de la planificación académica establecida.

**Tabla 8: Herramientas para la correcta gestión económica-financiera de una organización.**

Herramientas	Principales necesidades que cubren
<u>Planificación y control financiero</u> Plan económico-financiero a medio y largo plazo Presupuesto anual Estudio de viabilidad económica Estudio de necesidades de tesorería Estudio de estrategia de búsqueda y captación de fondos	Reducir el nivel de incertidumbre y prever ingresos y gastos Anticipación a tensiones en tesorería Analizar la viabilidad económica
<u>Organización y control interno económico y contable</u> Registro contable Orden y archivo de los movimientos económicos. Elaboración de las cuentas anuales: balance, estado de cambios en el patrimonio neto, estado de flujos de efectivo y la memoria. Elaboración de los informes presupuestarios (gastos,	Conocer y comparar la situación pasada, presente y futura del estado económico-financiero de la organización. Presentar los estados contables finales e informes presupuestarios. Estimar el coste por servicio o actividad.

<p>ingresos y distribución del presupuesto). Estimación y distribución de costes por actividad.</p>	
<p><u>Análisis, seguimiento y evaluación de resultados</u></p> <p>Liquidación del presupuesto. Seguimiento de desviaciones presupuestarias. Análisis económico - financiero. Evaluación de la actividad y de los logros alcanzados.</p>	<p>Obtener explicaciones e interpretaciones de los resultados obtenidos. Evaluar los resultados económicos y sociales. Realizar la justificación económica de la aplicación de los fondos obtenidos. Conocer el nivel de endeudamiento Valorar y analizar la solvencia y capacidad de pago de sus deudas. Realizar un control presupuestario y analizar los desajustes producidos.</p>

El manejo interno de esta información le confiere al laboratorio o taller más independencia frente a la administración general, ya que permite que, a partir de un presupuesto fijo (semestral o anual), pueda adaptarse a las demandas puntuales, generar ahorros que pueden derivar al mejoramiento de otros aspectos del laboratorio, responder a situaciones críticas o emergencias económicas en menor tiempo manteniendo la solvencia del laboratorio, etc. Esta información se encuentra dentro de la gestión económica-financiera integrando procesos interrelacionados entre sí. Estos procesos también son transversales a todo tipo de actividad, sea o no con fines de lucro, identificándose cuatro aspectos claves (17, 18):

- El proceso de administración y control interno económico.
- El proceso contable.
- El proceso de planificación y control financiero.
- El análisis, seguimiento y evaluación, como proceso continuo.

Una adecuada información sobre la actividad económica (proceso de administración y control interno económico) permitirá analizar su situación económica - financiera (proceso contable) y establecer objetivos respecto a la misma, realizando con posterioridad su seguimiento (proceso de planificación y control financiero). Finalmente, en cada uno de los procesos, al igual que en la gestión económico-financiera en su totalidad, ha de adoptarse una actitud de mejora continua. Esto implica realizar una asignación eficaz y eficiente de los recursos, tomar decisiones racionales, pertinentes y coherentes para mejorar e innovar los procesos de gestión. Así, el análisis,



seguimiento y evaluación constituye un proceso continuo y transversal a los restantes. En la Tabla 9 se presenta un resumen de los procesos que se llevan a cabo dentro de un sistema de gestión económico-financiero y qué elementos son necesarios para su desarrollo.

**Tabla 9: Procesos de un sistema de gestión económico-financiero y sus características.**

Proceso	Función	Cómo se registra	Documentos necesarios
Proceso de administración y control interno económico.	Recursos humanos (contratación) Tesorería (pagos y cobros) Registro (patrimonio/situación financiera) Protección (fraude/robo, pérdida)	Libro-registro de personal. Libro de actas. Libro de cuentas.	Facturas, boletas , comprobantes de compra/venta de productos o servicios Registros de seguros, impuestos, declaraciones, donaciones, convenios, concesiones y memorias.
Proceso contable.	Hechos económicos Base para la toma de decisiones	Inventarios Cuentas anuales	Estados de flujos, patrimonio Presupuestos
Proceso de planificación y control financiero.	Elaboración de la estrategia financiera a medio o largo plazo, como la elaboración del presupuesto a corto plazo.	Programas presupuestarios	Estudio de gastos/necesidades y oportunidades
Análisis, seguimiento y evaluación, como proceso continuo	Revisar los mecanismos de control interno Comparar lo real con lo planificado y reconocer las desviaciones presupuestarias Evaluar la economía y eficiencia en el uso de los recursos y la eficacia en el cumplimiento de los objetivos y establecer líneas de mejora en la gestión de los recursos	Indicadores: solvencia, liquidez, endeudamiento, rentabilidad	Recopilación de los estudios e informes de las etapas anteriores.

Una estrategia efectiva de gestión en el laboratorio, por ejemplo, debe disminuir los indicadores de costo por experimento, o aumentar el indicador de resultados por experimento, entre otros. Este monitoreo se debe hacer de manera continua ya que los efectos de estas estrategias son lentos y puede tardar meses años en manifestarse.

## **Observaciones finales**

Las prácticas para asegurar la sustentabilidad en el desempeño de un laboratorio o de un taller afín, en general son prácticas que no involucran un costo de implementación mayor. En los casos donde se considere una modificación en la infraestructura, o cambio en el equipamiento por otro más eficiente, se hace necesario una evaluación más detallada sobre la inversión y los periodos de retorno.

El resto de las prácticas pueden ser llevadas a cabo con una inversión menor (compra de contenedores especiales, señalética, etc.), ya que el fuerte se centra en la capacitación del personal y de los usuarios para el cuidado, la mantención y el uso del material. Se hace hincapié en el rol que tiene el personal en la manipulación del material y equipamiento en cuanto a la generación y destino de los residuos, ya que ningún plan de gestión (ambiental o económica) puede llevarse a cabo sin que cada participante sea responsable de sus actividades al interior del recinto.

#### 4. Normativa

A continuación se presenta una lista de la normativa aplicable y de los documentos de ayuda que permiten cumplir con la regulación establecida.

<b>TEMA</b>	<b>NORMATIVA APLICABLE</b>
<b>Residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental Decreto Supremo DS N° 95/2001. Artículo 93: “Permiso Disposición de Residuos, Basuras y desperdicios de cualquier clase” establecido en el Título VII.</li><li>• Decreto Fuerza de ley (DFL N° 725/1967) del Código Sanitario de Residuos del Ministerio de Justicia.</li><li>• Decreto Fuerza de ley (DFL N° 1/1990), Determina materias que requieren Autorización Sanitaria expresa del Ministerio de Salud</li><li>• Decreto Supremo DS N° 78/2010 que aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas del Ministerio de Salud</li><li>• Decreto Supremo DS N° 609/1998 que establece límites máximos para los establecimientos emisores de riles</li><li>• Decreto Supremo DS N° 157/2005 que aprueba el “Reglamento de Pesticidas de Uso Sanitario”</li><li>• Decreto Supremo DS N° 144/1961 que “establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza” del Ministerio de Salud</li><li>• Decreto Supremo DS N° 148/2003 que regula el manejo de residuos peligrosos.</li><li>• Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, el cual aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo.</li><li>• Decreto Supremo N° 382 Decreto sobre el almacenamiento, transporte y destino final de los residuos peligrosos</li></ul>
<b>Ruidos</b>	
<b>Olores</b>	
<b>Higiene y seguridad laboral</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ley 16.744/68 Establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales</li><li>• Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, el cual aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo.</li><li>• Decreto Supremo DS N° 40/1969 que aprueba “Reglamento Sobre prevención de Riesgos Profesionales” del Ministerio del Trabajo</li></ul>

## Otros documentos

- CONICYT, 2008. Manual de Normas de Bioseguridad, 2ª ed.
- NCh 382. Of 98, Sustancias Peligrosas – Terminología y clasificación general.
- NCh 2190. Of 93, Sustancias Peligrosas- Marcas para Información de Riesgos.
- NCh 2120. Of 98, Sustancias Peligrosas – Parte 1 a 9.
- NCh 387/55, Medidas de Seguridad en el empleo y manejo de materiales inflamables.
- NCh 388. Of 55, Prevención y extinción de incendios en almacenamientos de materias inflamables y explosivas
- NCh 389. Of 74 sobre Sustancias Peligrosas - Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables - Medidas de seguridad.
- NCh 758.E Of71, Sustancias Peligrosas - Almacenamiento de Líquidos Inflamables – Medidas particulares de seguridad.
- NCh 1411/4.Of 78, Prevención de Riesgos - Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales.
- NCh 2245 Sustancias químicas - Hojas de Seguridad – Requisitos
- NCh 2190 Sustancias Peligrosas – Etiquetado y Rotulado para el transporte
- Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada el 17 de Enero de 2005 por el Consejo Directivo de CONAMA
- Universidad Austral de Chile. 2009, Manual de Procedimientos para el manejo de residuos de la Universidad Austral de Chile. Versión 2.
- ISO 14000 Sistemas de gestión ambiental
- OSHAS 18000 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en Trabajo

## 5. REFERENCIAS

1. Manual de procedimientos para el manejo de residuos de la Universidad Austral de Chile. Disponible en [http://www.uach.cl/externos/comite\\_paritario/contenidos\\_varios/Reglamentos/Manual%20de%20Procedimientos%20Residuos%20UACH%20enero%2009%20v.2.pdf](http://www.uach.cl/externos/comite_paritario/contenidos_varios/Reglamentos/Manual%20de%20Procedimientos%20Residuos%20UACH%20enero%2009%20v.2.pdf)
2. Manual de Gestión y recogida selectiva de residuos. Universidad Carlos III de Madrid. 2012. Disponible en <http://www.uc3m.es/portal/page/portal/laboratorios/sostenibilidaduc3m/Copia%20de%20Repositorio/Manual%20residuos%20recogida%20selectiva.pdf>
3. Manual para el manejo de los residuos químicos y peligrosos en la Universidad Pedagógica Nacional. 2009. Disponible en [http://www.pedagogica.edu.co/observatoriobienestar/docs/MANUAL\\_DE\\_RESIDUOS\\_QUIMICOS\\_UPN.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/observatoriobienestar/docs/MANUAL_DE_RESIDUOS_QUIMICOS_UPN.pdf)
4. Manual de seguridad química. 2009. Universidad Santiago de Cali. Departamento de laboratorios. Dirección general de laboratorios
5. Manual de manejo de residuos peligrosos químicos para la universidad de sonora. Universidad de sonora. División de ciencias biológicas y de la salud departamento de ciencias químico-biológicas. Programa institucional de salud y seguridad ambiental de la UNISON (PISSA-UNISON) 2003
6. Manual de gestión de los residuos especiales de la Universidad de Barcelona. 2000. Disponible en [http://www.ub.edu/ossma/mediambient/documents/manual\\_residus\\_especials\\_cs.pdf](http://www.ub.edu/ossma/mediambient/documents/manual_residus_especials_cs.pdf)
7. NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Gobierno de España. Disponible en [http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/3-%20AIRE/Ref-INSHT/NTP%20358%20Olores\\_Un%20factor%20de%20calidad%20en%20ambientes%20int.pdf](http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/3-%20AIRE/Ref-INSHT/NTP%20358%20Olores_Un%20factor%20de%20calidad%20en%20ambientes%20int.pdf)
8. La contaminación por olores y su regulación en la legislación nacional y extranjera (España y Alemania). 2008. Biblioteca del Congreso Nacional. Disponible en [http://www.bcn.cl/bibliodigital/pbcn/estudios/estudios\\_pdf\\_estudios/nro02-07.pdf](http://www.bcn.cl/bibliodigital/pbcn/estudios/estudios_pdf_estudios/nro02-07.pdf)
9. Guidelines on Odour Pollution & its Control. 2008. Central Pollution Control Board Ministry of Environment & Forests, Govt. of India. Disponible en [http://www.cpcb.nic.in/divisionsofheadoffice/pci2/package\\_odourreport\\_2.12.08.pdf](http://www.cpcb.nic.in/divisionsofheadoffice/pci2/package_odourreport_2.12.08.pdf)
10. NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Gobierno de España. Disponible en [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_243.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_243.pdf)
11. NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Gobierno de España. Disponible en

- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_503.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_503.pdf)
12. Instructivo para la Aplicación del DS 594/99. Ruido. Disponible en [http://www.ispch.cl/sites/default/files/INSTRUCTIVO\\_DE\\_MEDICI%C3%93N\\_DE\\_RUIDO.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/INSTRUCTIVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_RUIDO.pdf)
  13. Guía preventiva para los trabajadores expuestos al ruido. Instituto de Salud Pública. Ministerio de Salud. 2012. Disponible en [http://www.ispch.cl/sites/default/files/GU%C3%8DA\\_PREVENTIVA\\_TRABAJADORES\\_EXPUESTOS\\_RUIDO.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/GU%C3%8DA_PREVENTIVA_TRABAJADORES_EXPUESTOS_RUIDO.pdf). Disponible en [http://www.ispch.cl/sites/default/files/INSTRUCTIVO\\_DE\\_MEDICI%C3%93N\\_DE\\_RUIDO.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/INSTRUCTIVO_DE_MEDICI%C3%93N_DE_RUIDO.pdf)
  14. Manual de utilización de productos químicos peligrosos en el B.O. García del Cid. 2005. Disponible en [http://www.utm.csic.es/doc/bo\\_sarmiento\\_de\\_gamboa/formularios\\_de\\_solicitud/ANEXO%20II%20B\\_Libro%20Blanco.pdf](http://www.utm.csic.es/doc/bo_sarmiento_de_gamboa/formularios_de_solicitud/ANEXO%20II%20B_Libro%20Blanco.pdf)
  15. MANUAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y SALUD LABORAL EN LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DE HUELVA. Disponible en [http://www.uhu.es/laboratorios\\_departamentos/archivos/prevencion.pdf](http://www.uhu.es/laboratorios_departamentos/archivos/prevencion.pdf)
  16. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES Manual de Curso para Comité Paritario de Higiene y Seguridad. ACHS. Disponible en <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/Centro%20de%20Fichas/Documents/prevencion-de-riesgos-profesionales.pdf>
  17. Guía básica para la gestión económico-financiera en organizaciones no lucrativas. Equipo del Observatorio del Tercer Sector de Bizkaia. España. 2008. Disponible en [http://biblioteca.hegoa.ehu.es/system/ebooks/17281/original/Guia\\_basica.pdf](http://biblioteca.hegoa.ehu.es/system/ebooks/17281/original/Guia_basica.pdf)
  18. Manual de conceptos básicos de gestión económico-financiera para personas emprendedoras. Disponible en <http://www.euskadiemprende.net/documentos/8.aspx>.
  19. Mayer, M. 1998. Laboratory cost control and financial management. Clinica Chimica Acta, vol 270, pp. 55–64.

## Anexo 1

### Segregación de residuos no peligrosos

Estos residuos son catalogados como inocuos, y generalmente se pueden clasificar como reciclables y no reciclables. Los no reciclables son asimilados como basura domiciliaria y dispuestos en contenedores especialmente diseñados para ello. Cuando se trate de residuos inocuos (orgánicos e inorgánicos) provenientes de actividades experimentales, éstos deben ser dispuestos en bolsas adecuadas y selladas. Los residuos reciclables se deben separar en origen según:

- Vidrio
- Plástico
- Papel – Cartón
- Metal
- Baterías
- Orgánicos alimenticios

Esta separación permite su uso directo para reuso y reciclaje según sea el caso. Los contenedores deben estar debidamente rotulados e identificados para no mezclar los residuos y dificultar las operaciones de recuperación. No se requieren condiciones especiales para su almacenamiento, con la única condición de que este material no se encuentra contaminado con residuos químicos u otro tipo de residuo peligroso. El material cortopunzante debe estar debidamente protegido para que no sean un peligro potencial para el manipulador final de los residuos. En la Figura 8 se muestra un ejemplo de cómo se pueden separar estos residuos.



Figura 8: Separación de residuos no peligrosos

## Segregación de residuos químicos y/o peligrosos

El artículo 18 del DS 148/03 entrega un alista de residuos a fin de facilitar su identificación como peligrosos, los cuales se pueden agrupar en características de Corrosión, Inflamabilidad y Toxicidad, entre otros. En la Tabla 10 se presenta el cuadro resumen con la identificación de los residuos y sus características.

**Tabla 10: Identificación de los residuos por tipo y sus características principales.**

Tipo de residuo	Característica
Solvente halogenado	Inflamable
Solvente orgánico no halogenado	Inflamable
Compuestos químicos tóxicos	Tóxico crónico
Material biológico	Tóxico crónico
Otros	Tóxico crónico - Inflamable - Corrosivo
Solución acida	Corrosivo
Mezclas complejas	Tóxico crónico - Inflamable - Corrosivo
Solución alcalina	Corrosivo
Tubos fluorescentes	Tóxico crónico
Tóner (en especial los	Tóxico crónico
Cartón contaminado con químicos, material biológico o similares	Tóxico crónico
Chatarra electrónica	Tóxico crónico

Dentro del manejo de residuos para su minimización se encuentra la segregación en origen, la cual permite que el disponedor final de los residuos pueda recolectar y tratar cada tipo de residuo de acuerdo a su peligrosidad y potencial de recuperación o reciclaje.

La segregación involucra la mantención de los residuos por un tiempo determinado de tiempo dependiendo de la frecuencia con que una empresa externa los retira. Es por esto que las sustancias peligrosas deben ser almacenadas en contenedores separados por tipo, de material adecuado y en áreas seguras. Los contenedores deben ser de material altamente resistente que eviten fugas de líquidos contaminantes, realizándose inspecciones frecuentes a fin de evitar los derrames y filtraciones. La adecuada separación de los residuos depende de la correcta identificación y rotulación de los éstos. En la Tabla 11 se presenta como ejemplo el modelo PUCV para la segregación de residuos.



Tabla 11: Segregación de residuos en origen (modelo PUCV).

Tipo de solvente	Tipo de contenedor	Color	Responsable de la segregación y eliminación primaria
Solvente halogenado	Bidón de 5 L	Blanco	Jefe de laboratorio
Solvente orgánico no halogenado			
Tóxicos			
Material biológico			
Otros			
Solución acida			
Mezclas complejas			
Solución alcalina			
Tubos fluorescentes	Tambor de 200 L	Negro	Servicios generales
Cartón y toner	Caja de cartón	Café	
Chatarra electrónica	Cajas	Café	

En cuanto al manejo de los residuos, en particular de los residuos químicos, la unidad generadora o laboratorio es la encargada de acopiar correctamente los residuos en el contenedor apropiado. Cada unidad debe llevar el control de cuánto y cuáles residuos se producen y es la responsable de la entrega al personal autorizado para el retiro de éste.

Las zonas de almacenamiento primario estarán ubicadas en cada laboratorio, siendo exclusivo para este fin, con la señalética adecuada y con acceso restringido al personal autorizado, cumpliendo con los requisitos del DS 148/03.

Además de estar cada contenedor con un tipo de residuo en específico y rotulado por separado, no se debe almacenar más de 30 kg por residuo ni llenar el contenedor con más del 85% de su capacidad, manteniéndolo cerrado en toda ocasión. El transporte del residuo hacia el contenedor se hará en recipientes adecuados (plástico) y en pequeñas cantidades. Los contenedores se ubicarán en el suelo o en muebles que cuenten con barreras de contención. Los residuos incompatibles estarán físicamente distantes o con barreras de protección (las tablas de incompatibilidad se entregan en el DS 148/03).

Se debe mantener siempre el contenedor en posición vertical sobre una superficie lisa. No cargar un envase sobre otro. La manipulación de los contenedores para el traslado y envasado de los residuos debe hacerse ocupando equipos de protección personal (calzado protector, guantes, gafas, etc.) y evitando todo derrame y contacto con la piel y los ojos del operador. Todo transporte de los contenedores se hará mediante un carro de transporte. Cada contenedor de residuos debe tener en forma visible las características de peligrosidad del residuo químico que contiene (pictograma de riesgos), el servicio o laboratorio generador, la fecha de su ubicación en el acopio transitorio, como lo indicado en la Figura 9.

(LOGO INSTITUCIONAL)		Nombre del residuo			
Nombre del establecimiento			Símbolo		
Nombre del servicio, laboratorio o unidad					
Código Lista A	Número de Naciones Unidas (NU)				
Fecha inicio	Fecha término				

Sustancia peligrosa	Inflamable	Corrosivo	Tóxico	Biopeligro	Otros tóxicos
Todos los contenedores	Solvente orgánico halogenado/ no halogenado	Mezcla complejas		Material biológico	Tubos fluorescentes Toner Chatarra electrónica
		Otros			
		Soluciones alcalinas/ácidas			

Figura 9: Etiqueta tipo para contenedores de residuos (modelo PUCV)

Los residuos químicos permanecerán en el acopio transitorio de cada laboratorio del EIB, hasta reunir un volumen económicamente viable para su eliminación, no debiendo superar un periodo mayor a un mes o 12 Kg. de tóxicos agudos, momento en el cual se gestionará su retiro por parte

de una empresa externa, la cual cuenta con las debidas autorizaciones sanitarias para el transporte, disposición final o reciclaje de los mismos.

## Referencias

Plan de manejo de residuos peligrosos. Escuela de Ingeniería Bioquímica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2012. Versión 1

Manual de procedimientos para el manejo de residuos de la Universidad Austral de Chile. Universidad Austral de Chile. 2009. Versión 2. Disponible en [http://www.uach.cl/direccion/investigacion/archivos/manual\\_manejo\\_residuos\\_peligrosos.pdf](http://www.uach.cl/direccion/investigacion/archivos/manual_manejo_residuos_peligrosos.pdf)

Plan de Manejo Sustancias y Residuos peligrosos. Universidad de Concepción. Disponible en <http://www2.udec.cl/matpel/gestionresiduos.php>

## Anexo 2

Tabla de compatibilidades

PRODUCTO QUIMICO	PEBD	PEAD	PP	PS	ACRI-LICO	PTFE	TPX	PVC	PC	PFA
Ácidos Diluidos	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Ácidos Concentrados	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓	✗	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✗	✓✓✓
Alcoholes	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✗	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
Aldehídos	✓✓	✓✓	✓✓	✗	✓✓	✓✓✓	✓✓	✗	✓	✓✓✓
Bases	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✗	✓✓✓
Éteres	✓✓✓	✓✓	✓✓	✗	✗	✓✓✓	✓✓	✗	✗	✓✓✓
Hidrocarburos Alifáticos	✓	✓✓	✓✓	✗	✓✓	✓✓✓	✓	✓✓✓	✗	✓✓✓
Hidrocarburos Aramáticos	✓	✓✓	✓	✗	✗	✓✓✓	✓	✗	✗	✓✓✓
Hidrocarburos Halogenados	✗	✓	✓	✗	✗	✓✓✓	✗	✗	✗	✓✓✓
Cetonas	✓✓	✓✓	✓✓	✗	✗	✓✓✓	✓	✗	✗	✓✓✓
Aceites, minerales	✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Aceites, vegetales	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✗	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓✓
Agentes oxidantes	✓	✓	✓	✗	✗	✓✓✓	✓	✓✓	✗	✓✓✓
Temp. Max °C	80	120	135	70	90	300	180	70	130	270
Temp. Min °C	-50	-100	0	-40	-60	-200	-180	-25	-135	-260
Autoclavable	NO	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI
Esterilización con gas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Esterilización con calor seco	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI
Esterilización con Irradiación Gamma	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI	SI
Esterilización con desinfectante químico	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Transparencia	TL	TL	TL	C	C	O	C	C	C	TL
Flexibilidad	EX	R	R	R	R	R	R	R	R	F
Permeabilidad de gas N2	20	3	4.4	3	-	-	65	0.4	3	-
Permeabilidad de gas CO2	280	45	92	75	-	-	-	10.2	85	-
Permeabilidad de gas O2	60	10	28	15	-	-	270	1.2	20	-
Absorción de agua %	<0.01	<0.01	<0.02	0.05	0.3	0.3	<0.01	0.06	0.35	<0.03
Resistividad Ohm CM2	>10 <sup>15</sup>	>10 <sup>15</sup>	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>16</sup>	>10 <sup>14</sup>	>10 <sup>18</sup>	>10 <sup>16</sup>	<10 <sup>16</sup>	2x10 <sup>16</sup>	10 <sup>18</sup>
Gravedad específica	0.92	0.95	0.90	1.05	1.18	2.2	0.83	1.34	1.20	2.16

Tabla de compatibilidad de los plásticos frente al almacenamiento de químicos, condiciones de operación y características principales<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> <http://www.maquimsa.com/html/tecnica/plasticos.html>