

Guía Mejores Técnica Disponibles para la prevención y minimización de residuos químicos y minimización de residuos químicos en laboratorio y talleres en la Instituciones de educación superior.

1. Introducción

Generalmente, el volumen de residuos que se generan en los laboratorios es pequeño al compararlo con el proveniente del sector industrial. Sin embargo, su composición y peligrosidad variable es uno de los principales problemas de este tipo de residuos. Una adecuada gestión de estos incluyen su control, tratamiento y disposición, siendo estos pasos imprescindibles en la organización de todo laboratorio

1.1 Residuos Químicos.

Un residuo (o mezcla de residuos) es peligroso cuando presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características señaladas a continuación (D.S.148/03 del MINSAL):

- Inflamables
- Corrosivos: líquidos acuosos con $\text{pH} \leq 2$ o $\text{pH} \geq 12,5$
- Reactivos reaccionan violentamente con agua, crean gases tóxicos o inflamables con agua o aire, y/o que detonan a presión y temperatura estándar
- Tóxico (agudo, crónico, extrínseco): un conjunto de metales pesados, pesticidas y químicos orgánicos declarados tóxicos por sus características, los cuales se encuentran listados en el D.S. 148/03 del MINSAL con sus Concentraciones Máximas Permisibles.

Diversa información concerniente a los residuos en general (tipos, clasificación, seguridad al disponer, etc.) se encuentra disponible en los siguientes recursos:

- <http://www.epa.gov/osw/hazard>
- <http://www.purdue.edu/rem/home/booklets/HMMguide.pdf>

1.2 Buenas prácticas en las actividades de los Establecimientos de Educación Superior

El principal objetivo de las buenas prácticas es utilizar materiales de la manera más eficiente, y reducir la cantidad de desechos a disponer al final. Antes de establecer una estrategia de minimización de residuos, es esencial identificar y entender los procesos en los cuales los residuos son producidos dentro de un contexto global de buenas prácticas. De esta forma se establecen las siguientes indicaciones, ordenadas jerárquicamente:

- Eliminar la producción de los residuos
- Cuando la eliminación no sea posible, reducir la cantidad de éstos mediante reusó, reciclaje y/o recuperación.
- Disminuir la peligrosidad del residuo a disponer mediante técnicas de estabilización, inmovilización o destrucción.
- Disponer el residuo remanente con el mínimo de impacto ambiental
- Contener, almacenar y/o aislar cualquier residuo peligroso cuya opción de tratamiento no sea aceptable bajo las técnicas actuales.

1.3 Principales residuos químicos en instituciones de educación.

La literatura señala que en los laboratorios y actividades en talleres, los residuos de productos químicos se pueden clasificar en residuos huérfanos y residuos mixtos. Los residuos huérfanos son un problema recurrente, ya que corresponden a material sin identificación que ha sido dejado por estudiantes o académicos que han culminado su trabajo o investigación sin hacer disposición de ellos. Una forma de prevenirlo es concientizar al generador de la importancia de su retiro y disposición antes de que su permanencia termine o bien, remover periódicamente todo el material sin identificar. No sólo es suficiente que los residuos se identifiquen con siglas, deben tener la información necesaria y reglamentaria para que sean correctamente manejados y dispuestos. Los residuos mixtos se generan cuando dos a más residuos se mezclan, este nuevo residuo “combinado” puede presentar una serie de problemas, no sólo relacionado con la incompatibilidad de la mezcla, sino que también se puede volver confusa su forma de manipulación y disposición cuando se desconocen las propiedades de la mezcla final. Cada tipo de residuo tiene un conjunto específico de regulaciones asociadas a su manejo y disposición. Por ejemplo, si se mezcla tolueno con un isótopo radioactivo, este residuo debe cumplir con ambas regulaciones. En general, las prácticas de laboratorio deben evitar el generar este tipo de residuos y se deben considerar las modificaciones necesarias para que cada residuo sea recolectado de manera independiente.

Las instituciones de educación deben tomar ventaja de las oportunidades disponibles para crear sistemas de formación y evaluación de los futuros profesionales, cuyo perfil debiera incluir la preocupación, ética y responsabilidad por el ambiente. En la mayoría de los casos, las medidas implementadas en los distintos ámbitos económicos para la prevención de la contaminación son en función de claros beneficios financieros por ahorro de energía y materias primas. Sin embargo, las instituciones de educación tienen la misión de formar o recursos humanos que consideren la reducción de la contaminación dentro de un concepto de sustentabilidad global y no sólo cómo un beneficio monetario.

1.4 Costos asociados a la gestión en la prevención y minimización de residuos químicos.

Los costos de manejo y disposición varían de acuerdo al tipo de residuos; si son sólidos o líquidos, la peligrosidad de éstos, el tipo de contenedor en los que están almacenados (tambores o a granel) y la cantidad de residuo a disponer, entre otros. Sin embargo, los costos no sólo consideran los gastos por manejo y disposición, sino que también, se deben considerar gastos “invisibles” que son relativamente fáciles de evitar cuando se implementa correctamente el sistema de gestión y monitoreo de las causas que generan los residuos. En la **Figura 1** se presenta un esquema de la estructura de costos cuando al manejo y disposición de residuos se refiere.

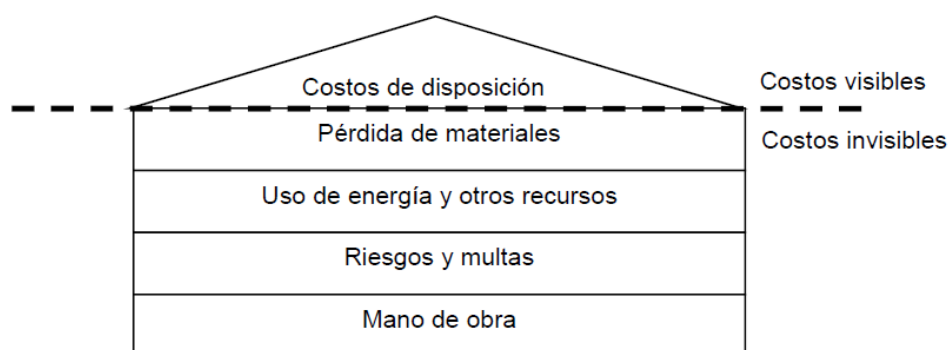


Figura 1: Estructura de costos visibles e invisibles asociados al manejo y disposición de residuos.

2. Normativa Aplicable

Los Establecimientos de Educación Superior señalan que el manejo de sus residuos es parte de sus preocupaciones concernientes a la degradación del medio ambiente. Sin embargo, sólo algunas instituciones tienen protocolos efectivos de minimización, manejo y disposición de los residuos. Muchas veces la falta de infraestructura y recursos, así como de políticas públicas en la materia, limita la adecuada disposición de los residuos, especialmente los químicos.

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

Normas aplicables	
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> - 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. - Decreto Fuerza de Ley N° 725/1967) del Ministerio de Salud, que establece el Código Sanitario. - Decreto Fuerza de Ley N° 1/1990), del Ministerio de Salud, determina materias que requieren Autorización Sanitaria expresa. - Decreto Supremo N° 78/2009 del Ministerio de Salud que aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas. - Decreto Supremo N° 609/1998 del MOP que establece Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. - Decreto Supremo N° 157/2005 del MINSAL que aprueba el “Reglamento de Pesticidas de Uso Sanitario y Doméstico”. - Decreto Supremo N° 148/2003 del MINSAL, Reglamento Sanitario sobre manejo de Residuos Peligrosos. - Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo.
Higiene y seguridad laboral	<ul style="list-style-type: none"> - Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud, aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los lugares de trabajo. - Decreto Supremo DS N° 40/1969 que aprueba “Reglamento Sobre prevención de Riesgos Profesionales” del Ministerio del Trabajo.
Otros documentos	<ul style="list-style-type: none"> - 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.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada el 17 de Enero de 2005 por el Consejo Directivo de CONAMA. |
|---|

El no cumplimiento de lo indicado en la reglamentación puede generar sanciones por parte de la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud, las que pueden ir desde una amonestación hasta el cierre temporal del establecimiento.

3. MTD seleccionadas: prácticas para la prevención y minimización de la generación de residuos químicos

Considerando los antecedentes anteriores, las técnicas que se han identificado para la prevención y minimización de residuos químicos consideran tres grupos:

1. Minimización en origen (Reducción)
 - MTD 1: Sistema de Gestión Integral de Residuos
 - MTD 2: Mejora en el diseño de las actividades de trabajo
 - MTD 3: Uso de equipos más eficientes para extracción (Accelerated Extraction Solvent)
2. Reinserción al proceso (Reúso, Reciclaje, Recuperación)
 - MTD 4: Recuperación de solventes
3. Tratamientos para reducir la peligrosidad de los residuos
 - MTD 5: Reducción de la peligrosidad por esterilización

Se debe señalar que estas prácticas se deben aplicar de forma integral para obtener los máximos beneficios medioambientales y económicos. En este caso, estas técnicas no son excluyentes y se hace énfasis en que el éxito de la gestión para la prevención y minimización de la generación de residuos se basa en la implementación conjunta de estas técnicas.

MTD 1: Sistema de Gestión Integral de Residuos

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.

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.

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:

- a. Inventario de los residuos
- b. Establecimiento de responsabilidad sobre la aplicación de los protocolos.
- c. 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.

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 o semestral, se debe realizar una revisión de los protocolos establecidos y contrastarlos con las técnicas y tecnologías nuevas del mercado.

Ejemplos de Aplicación

Adquisición de material:

- a. 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.
- b. 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 quipos que ya no son requeridos para cierta actividad.

Considera que los equipos dados de baja y que puedan ser utilizados de manera segura en otras actividades, se pueden redistribuidos tanto a otros 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 preferencias los envases pequeños, comprar químicos a granel puede ahorrar dinero en la compra, pero la disposición del material sin utilizar puede constar aún más que el ahorro inicial.
- Si se necesita utilizar una solución diluida, preferencias la compra e 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 constar aún más que al ahorro inicial.
- Nunca acepte donaciones de material. 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 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:

- Segregación. Durante el almacenamiento de los compuestos previo a su utilización, esta técnica se refiere a la separación de estos 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.
- Buenas prácticas:
 - Manipular las sustancias con los debidos implementos de protección.
 - Distribuir las zonas de almacenamiento según compatibilidad de residuos.
 - Revisar continuamente las instalaciones de almacenamiento.
 - Identificar correctamente los contenedores para cada tipo de sustancia.
 - Proveer un ambiente seguro para el almacenamiento (temperatura, humedad, ventilación, contenedores apropiados, etc.)

MTD 2: Mejora en el diseño de las actividades de trabajo.

Esta técnica se refiere a la administración y planificación de las actividades de trabajo al interior del recinto, mediante estrategias tales como la coordinación entre grupos de trabajo, el diseño de actividades enlazadas y distribución de materiales y equipos de manera eficiente. Esta técnica involucra que se formen lazos, tanto dentro del taller o laboratorio, cómo entre los distintos talleres dentro del recinto institucional.

Estas estrategias se evalúan de acuerdo a los perfiles de las actividades realizadas en el taller o en el laboratorio, y deben ajustarse a los requisitos que se contemplan dentro de la programación educacional, por lo cual se antes de su instauración, se debe evaluar su impacto sobre éste. Por lo general, no involucran modificaciones sustanciales en el desarrollo específico de la actividad, sino que involucran cambios sobre la planificación de éstas.

Buenas prácticas asociadas:

- Capacitación inmediata de los usuarios que ingresen al sector de trabajo por primera vez.
- Revisión periódica de las actividades que permita su mejora continua.

Caso práctico:

- Los grupos de trabajo que realicen experiencias similares pueden planificar sus actividades a fin de utilizar al máximo la capacidad de los equipos requeridos. De esta forma se minimiza el número de ciclos de operación de un equipo (centrífuga, bombas, extractores, compresores) y se disminuye el tiempo de operación de equipos sin uso efectivo (hornos, incubadoras).
- Planificar la actividad de trabajo con otros grupos y determinar las materias primas que pueden ser compartidas, compradas en mayor cantidad o a granel reduciendo la cantidad de embalaje necesario (aceites, pinturas, reactivos, etc.).
- Al probar nuevos métodos de trabajo o al utilizar equipos y herramientas por primera vez, se sugiere pedir prestado un poco del material o el equipo/herramienta en cuestión, evaluando su idoneidad antes de su encargo final. Se recomienda la implementación de un inventario centralizado de los distintos talleres y laboratorios de la institución.
- Evaluar la alternativa de contar con un paso final que disminuya la peligrosidad del residuo o permita su valorización como parte de la actividad educacional, en particular para trabajos con reactivos químicos (neutralización, precipitación, decantación de aceites). Este nuevo residuo inocuo (o producto recuperado) es integrado dentro la planificación para nuevas actividades (ej., recuperación de plata en talleres fotográficos, de solventes para limpieza y de aceite de lubricación para demostraciones en talleres mecánicos).
- Coordinar experiencias (a corto y largo plazo) para permitir que el producto final de la primera sea la materia prima de la siguiente. Al final de la primera experiencia, los usuarios deberán entregar este producto final a un encargado designado para este fin, para que lo almacene correctamente y lo distribuya como materia prima para la experiencia siguiente. En ningún caso, estos productos quedarán sin resguardo entre experimentos. Esto mismo aplica para el abandono de instalaciones, donde los productos deben ser redistribuidos a nuevos usuarios.

MTD 3: Uso de equipos más eficientes para extracción (Accelerated Extraction Solvent, ASE)

En el uso de equipos más eficientes, se puede mencionar la sustitución de un equipo Soxhlet por un equipo ASE (Accelerated Solvent Extraction) en la recuperación de compuestos por extracción. ASE es una técnica de extracción desde matrices sólidas y semisólidas usando solventes comunes a elevadas presiones (1.500 – 2.000 psi) y temperatura (50 – 200°C), entregando resultados en minutos, en vez de las horas que toma una extracción tradicional con equipos Soxhlet o sonicadores. Además, este equipo disminuye en un 90% el uso de solventes y a 1/3 el costo de procesamiento por muestra.

El aumento de temperatura y presión mejora los coeficientes de difusión y la transferencia de masa, así como la capacidad del solvente de solubilizar los compuestos de interés. Disminuye la viscosidad y mejora la penetración del solvente en la matriz. Por otra parte, la engorrosa preparación de las muestras puede ser automatizada, donde la limpieza de las muestras se pueden llevar a cabo en mejor tiempo y en un paso único. A continuación se presenta una comparación entre distintas técnicas de extracción.

Técnica	Tamaño de muestra [g]	Volumen solvente [mL]	Temperatura [°C]	Presión	Tiempo extracción [h]	N° de muestras	Costo
Soxhlet	10 – 20	200 – 500	40 – 100	Atm	12 – 24	1 serie	Muy bajo
Soxhlet automatizado	10 – 20	50 – 100	40 – 100	Atm	1 – 4	6 lotes	Medio
Extracción por fluido supercrítico	5 – 10	10 – 20	50 – 150	2,0 – 2,0 mPsi	0,5 – 1,0	44 series	Alto
ASE	1 – 30	10 – 45	50 – 200	1,5 – 2,0 mPsi	0,2 – 0,3	24 series 6 lotes	Alto

Costos y Ahorros asociados

Este equipo disminuye en un 90% el uso de solventes y a 1/3 el costo de procesamiento por muestra.

MTD 4: Recuperación de solventes

Los solventes tienden a ser recuperados en mayor proporción que otros residuos. La primera etapa en seleccionar una tecnología para la recuperación de solventes es identificando cual es la técnica más simple, efectiva y menos costosa. Entre las técnicas se pueden considerar la decantación, la filtración y la centrifugación, en especial para los contaminantes particulados. Si el contaminante no se puede remover mediante estas técnicas, se puede considerar la destilación, la destilación a vacío, la filtración por membrana, la evaporación y la pervaporación.

Cuando el análisis económico indica que la recuperación del solvente no es rentable, estos solventes son derivados para su utilización como combustible alternativo. Sin embargo, requiere de una evaluación cuidadosa, ya que las características del residuo deben corresponder con la capacidad del proceso en el que se pretende realizar la combustión.

Todas las máquinas de lavado de solventes se diseñan generalmente con un sistema de destilación instalado apropiadamente. El reciclado en el sitio se ha vuelto conveniente debido al alto costo de algunos de los solventes, especialmente para solventes como el CFC-113. Por otra parte, la recuperación de solventes clorados es técnicamente factible debido a la estabilidad de la mayoría de los solventes clorados y sus puntos de ebullición relativamente bajos.

La destilación puede ser el método más común para el reciclaje de solventes, ya que los solventes suelen estar contaminados con otros solventes similares. La destilación puede realizarse in situ o por terceros. En caso de ser in situ debe ser evaluada en cuanto al costo del solvente, al de su recuperación y al costo de la disposición de su residuo. Esta tecnología es relativamente fácil de operar y puede entregar altas puridades (95% o mayor) y es posible recuperar entre el 80 a 99% del solvente dependiendo de su nivel de contaminación.

En toda recuperación de solventes, hay una etapa inicial donde se remueven los sólidos suspendidos y agua mediante separación mecánica. Estos métodos de separación mecánica incluyen filtración y decantación. Esta última también es usada para separar el agua del solvente inmiscible. Después del tratamiento inicial, los solventes sucios destinados para reuso como tal son destilados para separar las mezclas de solventes y para remover impurezas disueltas. En la destilación simple por lotes, una cantidad de solvente usado es alimentada

al evaporador.

Después de ser cargado, los vapores son removidos y condensados continuamente. Los residuos remanentes en el fondo del destilador son removidos del equipo después de la evaporación del solvente. La destilación continua simple es similar a la destilación por lotes exceptuando que el solvente es alimentado continuamente al evaporador durante la destilación, y los residuos del fondo del evaporador son descargados continuamente.

MTD 5: Reducción de la peligrosidad por esterilización

El material especial puede ser reutilizado mediante métodos de sanitización, desinfección o esterilización a fin de disminuir la cantidad de estos materiales que se disponen sin reusar, o bien, para disminuir su carga contaminante al momento de su disposición final. La esterilización es la destrucción o eliminación completa de toda forma de vida microbiana (incluidos hongos y bacterias esporuladas). Por otra parte, la desinfección es el proceso que elimina todos o prácticamente todas las bacterias presentes en el material. Entre los métodos se encuentran los físicos y los químicos:

- Métodos físicos: calor húmedo o autoclave, calor seco u horno Pasteur, irradiación ionizante gamma.
- Métodos químicos: óxido de etileno, formaldehído, ácido paracético, gas-plasma a partir del peróxido de hidrógeno

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos métodos.

- Autoclave: Es el método de elección en todo lo que pueda esterilizarse por ser termo resistente. Se basa en la aplicación de calor húmedo en forma de vapor sobre el material, por un periodo determinado de tiempo, dependiendo de la resistencia de los contaminantes. Producen naturalización y coagulación de proteínas debido, en primer lugar a la reactividad del agua ya que en muchas estructuras biológicas se produce por las reacciones que eliminan agua y en segundo lugar porque el vapor de agua es más caliente que el aire en la transferencia.
- Calor seco o Poupinel: Su acción es igual que la del calor húmedo o autoclave, salvo que el agua no participa en la desnaturalización de las proteínas de los microorganismos, por eso el calor seco necesita de más temperatura para destruir el microorganismo. Este método se utiliza para esterilizar jeringas de cristal y material de vidrio, instrumentos cortantes, polvos y grasas.
- Radiaciones ionizantes: Se aplican mediante radiaciones gamma (cobalto-60) o mediante un acelerador de electrones. Se utilizan en la industria farmacéutica o en la esterilización de dispositivos sanitarios (catéteres, jeringas y material de plástico).
- Óxido de etileno: Es un gas a temperatura y presión normales que actúa eficazmente frente a todos los microorganismos
- Formaldehído: Compuesto químico que inactiva microorganismos a través de la alcalinización de las proteínas.
- Ácido paracético: Se utiliza para material termosensible. Se trata de un compuesto químico con propiedades germicidas, sin productos tóxicos de descomposición y con gran capacidad de solubilización en agua. Es esporicida a bajas temperaturas, y permanece efectivo ante la presencia de algún material orgánico. El mayor problema que presenta este compuesto para ser considerado un excelente agente esterilizante es su poder de corrosión sobre los diferentes metales, dado su carácter

oxidante.

- Gas-plasma a partir del peróxido de hidrógeno: Proceso a baja temperatura, para la transmisión de peróxido de hidrógeno en fase plasma, que destruye, neutraliza e impide la acción sobre cualquier microorganismo dañino por medios químicos o biológicos (biocida).

El ácido paracético y el gas-plasma son una alternativa eficaz al óxido de etileno, pero previamente debe efectuarse una limpieza y secado del material.

El autoclavado se preferencia cuando se cuenta con material contaminado con residuos de índole orgánico (sólido o líquido) tales como medios de cultivo, tejido animal/humano/vegetal, u otros, mientras que los otros tipos de esterilización se consideran para el material de laboratorio u otro insumo. A continuación se presenta un cuadro resumen con las técnicas más comunes de esterilización y sanitización:

	Térmicos Autoclave	Químicos Peróxido de hidrógeno	Ácido paraacético	Óxido de etileno	Radioactivos Rayos gamma
Impacto Ambiental	Mínimo	Mínimo	Importante	Mínimo	Mínimo
Ventajas	Seguro Efectivo Económico Confiable Rápido	Seguro Efectivo No tóxico Compatible con termolábiles	Seguro No tóxico Rápido	Efectivo Baja temperatura de uso Para materiales delicados Confiable	Simple Confiable Costos competitivos Rápido
Desventajas	Corrosivo Incompatible con material termolábil Posible deterioro del material plástico, filos metálicos. Incompatible con soluciones que formen emulsiones con el agua, grasas y polvo.	Incompatible con nylon, madera, celulosa, algodón. Para materiales sólidos y de mínima humedad Muy costoso	Para materiales pequeños Aplicaciones puntuales	Lento Genera productos tóxicos Carcinogénico Costoso Necesita aireación Tóxico	Incompatibles con PVC, PTFE y acetal.