

# Panorama de las tecnologías para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes en los centros de salud



Organización  
Mundial de la Salud



# **Panorama de las tecnologías para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes en los centros de salud**

Panorama de las tecnologías para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes en los centros de salud [Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities]

ISBN 978-92-4-000480-1 (versión electrónica)

ISBN 978-92-4-000481-8 (versión impresa)

© Organización Mundial de la Salud 2020

Algunos derechos reservados. Esta obra está disponible en virtud de la licencia 3.0 OIG Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual de Creative Commons (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

Con arreglo a las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la OMS refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la OMS. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse la siguiente nota de descarga junto con la forma de cita propuesta: «La presente traducción no es obra de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La OMS no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en inglés será el texto auténtico y vinculante».

Toda mediación relativa a las controversias que se deriven con respecto a la licencia se llevará a cabo de conformidad con las Reglas de Mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.

**Forma de cita propuesta.** Panorama de las tecnologías para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes en los centros de salud [Overview of technologies for the treatment of infectious and sharp waste from health care facilities]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2020. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

**Catalogación (CIP):** Puede consultarse en <http://apps.who.int/iris>.

**Ventas, derechos y licencias.** Para comprar publicaciones de la OMS, véase <http://apps.who.int/bookorders>. Para presentar solicitudes de uso comercial y consultas sobre derechos y licencias, véase <http://www.who.int/about/licensing>.

**Materiales de terceros.** Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo cuadros, figuras o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. Recae exclusivamente sobre el usuario el riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros.

**Notas de descarga generales.** Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la OMS, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan de manera aproximada fronteras respecto de las cuales puede que no haya pleno acuerdo.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan letra inicial mayúscula.

La OMS ha adoptado todas las precauciones razonables para verificar la información que figura en la presente publicación, no obstante lo cual, el material publicado se distribuye sin garantía de ningún tipo, ni explícita ni implícita. El lector es responsable de la interpretación y el uso que haga de ese material, y en ningún caso la OMS podrá ser considerada responsable de daño alguno causado por su utilización.

Fotos de la portada (en orden descendente): Ute Pieper (1, 3, 5, 6); Arabella Hayter, OMS (2, 4)

Diseño y distribución: L'IV Com Sàrl

# Tabla de contenido

<b>Abreviaciones</b> .....	iv
<b>Reconocimientos</b> .....	v
<b>1. Introducción</b> .....	1
Convenio de Estocolmo .....	3
Resolución de la AMS sobre el Agua, saneamiento e higiene (WASH) en los establecimientos sanitarios .....	4
<b>2. Consideraciones prioritarias</b> .....	6
<b>3. Selección de la tecnología para el tratamiento</b> .....	8
<b>4. Especificaciones y requisitos de la tecnología</b> .....	14
4.1 Procesos térmicos de baja temperatura .....	16
4.2 Procesos a base de productos químicos (Automatizados) .....	26
4.3 Incineración .....	28
<b>5. Tecnologías para uso en entornos de pocos recursos</b> .....	30
5.1 Autoclaves de vapor automatizadas de desplazamiento por gravedad .....	30
5.2 Opciones para la combustión .....	32
<b>Anexo 1</b> .....	38
Opciones tecnológicas .....	38
<b>Referencias e información adicional</b> .....	41
<b>Figuras</b>	
Figura 1. Jerarquía de las tecnologías de tratamiento .....	15
Figura 2. Autoclave de vapor .....	17
Figura 3. Proceso de pre-vacío .....	17
Figura 4. Proceso de vacío fraccionado .....	17
Figura 5. Autoclaves con trituradora interna .....	20
Figura 6. Microondas dependiente de lotes .....	22
Figura 7. Proceso continuo del microondas .....	24
Figura 8. Proceso de tratamiento de calor friccional .....	25
Figura 9. Sistema de tratamiento por hipoclorito de sodio .....	27
Figura 10. Proceso de incineración incluye tratamiento de gas de combustión .....	29
Figura 11. Autoclave gravitacional de impulso de presión .....	31
Figura 12. Incinerador de dos cámaras .....	33
Figura 13. Incinerador de una cámara .....	35

# Abreviaciones

<b>POC</b>	Porcentaje de ocupación de camas
<b>HEPA</b>	Del inglés High Efficiency Particle Arresting, o recogedor de partículas de alta eficiencia
<b>ISWA</b>	Del inglés International Solid Waste Association, o Asociación Internacional de Desechos Sólidos
<b>ODS</b>	Objetivo de Desarrollo Sostenible
<b>TEQ</b>	Equivalente tóxico
<b>UN</b>	Naciones Unidas
<b>PNUMA</b>	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>UNICEF</b>	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
<b>WASH</b>	Programa Agua, Saneamiento e Higiene de la OMS
<b>AMS</b>	Asamblea Mundial de la Salud
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ONU</b>	Organización de las Naciones Unidas

# Reconocimientos

El autor principal de este documento fue el Dr. Ute Pieper. La Sra. Arabella Hayter, la Dra. Maggie Montgomery y el Sr. Bruce Gordon (Unidad de Agua, Saneamiento, Higiene y Salud, oficina central de la OMS) proporcionaron de ayuda técnica y revisión del documento.

Varios profesionales, incluyendo aquellos de la OMS, la UNICEF y del grupo de trabajo con los desechos médicos de la Asociación Internacional de Desechos Sólidos (ISWA) revisaron y contribuyeron a este documento. La contribución del grupo de trabajo de ISWA fue coordinado por la Sra. Jennifer MacDonald.

Entre los expertos que contribuyeron están:

Sr. Marino Alonso, Grupo Matachana, Barcelona, España

Dr Arshad Altaf, OMS, Ginebra, Suecia

Dr. Elisa Benedettini, NEWSTER Group, Ciudad de San Marino, San Marino

Sr. Fabrice Fotso, UNICEF, Dakar, Senegal

Sra. Beatrice Giordani, NEWSTER Group, Ciudad de San Marino, San Marino

Dr. Terry Grimmond, Grimmond and Associates, Hamilton, Nueva Zelanda

Sr. Viktor Hristov, Consultor Independiente, Skopje, Macedonia

Sr. Roland Katschnig, METEKA GmbH, Judenburg, Austria

Sr. Lutz Kempe, Technologie Transfer Marburg e. V. - TTM, Cölbe, Alemania

Sr. Edward Krisiunas, WNWN International, Burlington, Estados Unidos de America

Sr. Jan-Gerd Kühling, ETLog Health Consulting GmbH, Kremmen, Alemania

Sr. Lars-Erik Lindholm, BBD -OZONATOR AB, Linnegatan, Estocolmo

Sr. Miquel Lozano, TESALYS, Saint-Jean, Francia

Sra. Claire Papadi, Antipollution SA, Piraeus, Grecia

Sr. Raj Rathamano, Manitoba Sustainable Development, Winnipeg, Canada

Sr. Omar Fernandez Sanfrancisco, ATHISA GROUP, Peligros, España

Sr. Jeff Squalli, Ecodas, Lille, Francia

Sra. Ruth Stringer, Health Care Without Harm, Exeter, Reino Unido

Sra. Marie Van Sull, AMB Ecosteryl, Mons, Belgica

Dr. Anne Woolridge, Independent Safety Services Ltd, Sheffield, Reino Unido

La traducción al español y su revisión fueron efectuadas por el Sr. Luis Rodriguez y el Sr. Miquel Lozano.

# 1. Introducción

El manejo seguro de los desechos médicos, incluyendo la segregación, la recolección, el transporte, el tratamiento y la eliminación de desechos, es fundamental para ampliar el esfuerzo para brindar atención médica segura y de calidad. Las prácticas para el manejo seguro de residuos de atención médica también ayudan a una serie de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (ONU), incluyendo el Objetivo 3 sobre salud, el Objetivo 6 sobre la gestión del agua y el saneamiento de forma segura, el Objetivo 7 sobre cambio climático y el Objetivo 12 sobre consumo y producción sostenibles. Según la nueva información lanzada por la OMS/UNICEF en el 2019, ya no hay o hay una manera muy limitada para la gestión segura de los desechos médicos en grandes proporciones en las instalaciones. La información, la cual representa por encima de 560,000 instalaciones en 125 países, indica que el 40% de las instalaciones de salud no segregan los desechos. En los países menos desarrollados, la situación es mucho peor, con solo un 27% de los países teniendo servicios de segregación básicos (segregación y destrucción segura de los desechos).<sup>1</sup>

Paralelamente, OMS / UNICEF ha publicado una guía global sobre los pasos prácticos que deben tomarse para resolver esta crisis. Estos pasos incluyen el desarrollo de un plan de trabajo nacional, el establecimiento de objetivos y su monitoreo regular, la mejora de la infraestructura y el mantenimiento, el desarrollo de la fuerza laboral de salud y la participación de las comunidades.<sup>2</sup> Los casos de estudio se usan para ilustrar estos pasos, y estos incluyen ejemplos de esquemas para el reciclaje y el uso de tecnología alternativas a la incineración.

Este documento tiene dos propósitos. El primero es proporcionar de los criterios para la selección de tecnologías para facilitar la toma de decisiones para la mejora del sistema de gestión de desechos médicos en los centros de cuidado de la salud. El segundo es proporcionar una visión general de tecnologías específicas para desechos médicos para el tratamiento de residuos sólidos infecciosos y punzocortantes para administradores y planificadores de instalaciones de atención

---

1 OMS/UNICEF, 2019. WASH en los establecimientos de salud: Informe de referencia internacional 2019. [https://www.OMS.int/water\\_sanitation\\_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/es/](https://www.OMS.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/es/) . Para ver los datos global, regional y nacional, visita: [www.washdata.org](http://www.washdata.org).

2 OMS/UNICEF, 2019. El agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud: Medidas prácticas para lograr el acceso universal a una atención de calidad. [https://www.OMS.int/water\\_sanitation\\_health/publications/wash-in-health-care-facilities/es/](https://www.OMS.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities/es/)

médica, personal de WASH y control de prevención de infecciones, planificadores nacionales, donantes y socios. Se describe para cada tecnología los detalles sobre su operación, sus efectos en el ambiente y la salud, sus requisitos para la instalación, su capacidad para tratar desechos, ejemplos de consumibles y ventajas y desventajas.

**Desechos infecciosos:** Desechos que contienen patógenos y poseen el riesgo de transmitir enfermedades e.j., desechos contaminados con sangre y otros fluidos corporales;

Cultivos de laboratorio y reservas microbiológicas; desechos que incluyen excremento y otros materiales que han estado en contacto con pacientes infectados con enfermedades altamente infecciosas, particularmente aquellas que se encuentran en las salas de aislamiento.

**Desechos punzocortantes:** Objetos que pueden causar cortes o heridas por perforación e.j., agujas hipodérmicas, intravenosas o de otros tipos; jeringas de desactivación automática; jeringas con agujas colocadas; juegos de infusión; bisturí; pipetas; cuchillos; cuchillas; vidrio quebrado.

Fuente: OMS 2014

El presente documento está enfocado principalmente para configuraciones de recursos limitados para países de bajos y medianos ingresos. El presente documento describe las tecnologías ambientalmente amigables que ayudan a avanzar a las estrategias de mitigación del clima y ayudan a cumplir con los compromisos realizados en las convenciones ambientales globales.

### La jerarquía para el manejo de desechos

- El método más recomendable es evitar la generación de desechos y así minimizar la cantidad que ingresa al flujo de desechos.
- Donde sea factible y seguro, aquellos objetos de desecho que puedan recuperarse para volver a ser usados es segundo método más recomendable.
- Los desechos que no pueden recuperarse deben ser tratados, entonces, por las opciones menos dañinas como lo es el tratamiento de ellos o su desecho en tierra para la reducción de sus impactos salubres y ambientales.

Fuente: OMS 2014

El presente documento está basado en las directrices de la OMS “El manejo seguro de los desechos de las actividades del cuidado de la salud” (OMS 2014) y del PNUMA “Compendio de Tecnologías para el Tratamiento/Destrucción de Desechos de Cuidado de la Salud” (PNUMA 2012a). El Compendio del PNUMA proporciona descripciones detalladas del proceso e información sobre los tipos de desechos tratados, rangos de capacidades, destrucción de patógenos, emisiones, detalles operativos, requisitos de instalación y necesidades de mantenimiento para tecnologías de tratamiento genérico. Este documento toma en cuenta otros documentos de la ONU, incluyendo la política de la OMS Y los principales principios sobre la gestión de los desechos médicos (OMS 2004, 2007), las recomendaciones del Convenio de Estocolmo sobre la incineración de desechos (PNUMA 2007), la Asamblea Mundial de la Salud (AMS), la resolución sobre WASH de las Instalaciones del Cuidado de la Salud (AMS, 2019) y el apoyo brindado por los fabricantes de las tecnologías de tratamiento.

## Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo recomienda que se debe considerar con prioridad a los procesos alternativos, las técnicas y las prácticas que tienen similar utilidad, pero que evitan la formación y la liberación de dioxinas y furanos (PNUMA 2007). Las tecnologías para el tratamiento de desechos sin incineración deben implementarse siempre que sea posible. La OMS llama a todas las partes interesadas a mantener el Convenio de Estocolmo y a trabajar para mejorar poco a poco las prácticas para la gestión de los desechos médicos para proteger la salud y reducir el daño en el ambiente (OMS 2007). Con este objetivo, la OMS recomienda:

### Los Gobiernos deben:

- Asignar un presupuesto para cubrir los costos de establecimiento y mantenimiento de buenos sistemas de gestión de residuos hospitalarios.
- Solicitar a los donantes, socios y otras fuentes de financiamiento externo que incluyan una contribución adecuada a la gestión de los desechos asociados con sus intervenciones.
- Implementar y monitorear los sistemas de gestión de residuos hospitalarios, apoyar el desarrollo de capacidades y garantizar la salud de los trabajadores y la comunidad.

### Los donantes y socios:

- Incluir una provisión en sus programas de atención médica para cubrir los costos de los buenos sistemas de gestión de desechos médicos.

### Todas las instituciones y organizaciones interesadas deberán:

- Promover la buena gestión de los desechos médicos.
- Desarrollar soluciones innovativas para reducir el volumen y la toxicidad de los desechos que producen, los cuales están asociados con sus productos.
- Asegurarse de que las estrategias y programas de salud globales tomen en cuenta la gestión de los desechos médicos.

## Resolución de la AMS sobre el Agua, saneamiento e higiene (WASH) en los establecimientos sanitarios

En la Asamblea Mundial de la Salud (AMS) del 2019, los Estados Miembros aprobaron de manera unánime la resolución para trabajar con el fin de lograr un acceso universal a WASH, que incluye el manejo seguro de desechos médicos en las instituciones de salud.<sup>3</sup> La resolución hace un llamado a los Estados Miembros y en específico a sus Ministros de Salud para que conduzcan evaluaciones y análisis nacionales, desarrollen planes de trabajo, se establezcan objetivos e implementen estándares.

Los 194 Estados Miembros se comprometieron a reportar su progreso cada dos años y proporcionar una validación externa a través de reportes regulares sobre los niveles de cobertura que a su vez serán a través del Programa de Monitoreo en Conjunto de la OMS/UNICEF y en las políticas y financiamiento a través de una Evaluación Global de las Naciones Unidas Liderada por la OMS y el Análisis de Saneamiento y Agua Potable (GLAAS).

En apoyo de la resolución, y como parte de los esfuerzos mundiales para coordinar y catalizar los esfuerzos para mejorar WASH en los centros de salud y el manejo seguro de los desechos de atención médica, OMS, UNICEF y sus socios se comprometen a actuar. Específicamente, los esfuerzos están enfocados en cumplir con los siguientes objetivos:

- *Servicios Básicos:* Para el 2022, el 60% de todos los centros de salud a nivel mundial y en cada región de los ODS tendrán al menos servicios básicos de WASH, el 80% tendrá servicios básicos de WASH para el 2025 y el 100% para el 2030.

---

<sup>3</sup> AMS, 2019. Resolución sobre el agua, saneamiento e higiene en los centros de salud. [http://apps.OMS.int/gb/ebAMS/pdf\\_files/AMS72/A72\\_R7-en.pdf](http://apps.OMS.int/gb/ebAMS/pdf_files/AMS72/A72_R7-en.pdf)

- *Niveles de alto servicio:* Para el 2022, se definen y monitorean niveles más altos de servicio en países donde ya se han alcanzado los servicios básicos de WASH. Para el 2030, los niveles más altos de servicios WASH se logrará universalmente en el 80% de esos países.<sup>4</sup>

El progreso del país se verificará de acuerdo con estos objetivos y con las actualizaciones disponibles en el portal de conocimiento de WASH en los centros de salud. Adicionalmente, los esfuerzos para mejorar la gestión de los desechos médicos y reducir el impacto ambiental de estas prácticas se están abordando a través de iniciativas climáticas inteligentes y ecológicas para el cuidado de la salud, esfuerzos de reducción de residuos de vacunas y campañas de seguridad del paciente.

---

<sup>4</sup> WASH incluye agua, saneamiento, higiene de manos, gestión de residuos de atención médica y limpieza ambiental. Para una definición completa, vea OMS / UNICEF 2018, Preguntas e indicadores básicos para monitorear WASH en centros de salud en los Objetivos de Desarrollo Sostenibles.



## 2. Consideraciones prioritarias

Para garantizar la sostenibilidad, las tecnologías deben seleccionarse de acuerdo con el contexto económico, ambiental y social. Para elegir la tecnología más apropiada, se debe considerar la evaluación comparativa, las opiniones de expertos y la evaluación participativa de las partes interesadas relevantes (PNUMA 2012b). Los siguientes pasos pueden ser usados para escoger la mejor tecnología:

1. Recolección de datos base
  - Requisitos legales (nacionales e internacionales)
  - Volumen de desechos generados
  - Disponibilidad de los recursos (agua, electricidad, combustible)
  - Espacio y seguridad disponible para la tecnología de tratamiento
  - Disponibilidad para la recolección y disposición segura de los desechos tratados.
  - Presupuesto para los costos de capital, de operación y de mantenimiento
  - Tratamiento de desechos descentralizado o centralizado
2. Cálculo de la capacidad de tratamiento requerida
3. Planeamiento y presentación de las opciones tecnológicas elegibles
4. Presentación de documentación de licitación y criterios de evaluación (en el caso de licitaciones públicas), incluyendo:
  - Experiencias en el país / región, certificados técnicos, disponibilidad de servicios locales o regionales, proceso para la adquisición de repuestos, capacitación técnica, contratos de mantenimiento, planos técnicos, requisitos de obra civil, disponibilidad de documentos en el idioma local, costos (incluidos de los equipos, transporte al sitio, instalación y puesta en marcha, operación), tiempo de entrega y experiencia comprobada en la instalación y mantenimiento de la tecnología en un contexto similar
5. Toma de decisiones (evaluación de propuestas)

La tabla 1 proporciona una comparación de los tipos de tecnología disponibles en el mercado que cumplen con los Convenios de Estocolmo y Basilea. La tabla 2 compara las tecnologías para el tratamiento interino que no cumple con ambos convenios. Las tablas 1 y 2 evalúan las tecnologías disponibles según su impacto ambiental, y sus costos de capital y operacionales.

(● = bajo, ●● = medio, ●●● = alto, ●●●● = muy alta).

La tabla 1 cubre aquellas tecnologías que cumplen con los Convenios de Estocolmo y Basilea mientras que aquellas listadas en la Tabla 2 no cumplen con estos requisitos y son consideradas soluciones interinas.

**Tabla 1. Comparación de las tecnologías para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes que cumplen con los Convenios de Estocolmo y Basilea.**

Tipo de tecnología	Capacidad (kg/h)	Impacto Ambiental	Costos Capitales	Costos de Operación
Autoclave de vapor con vacío	5–3000	●	●	●
Autoclave de vapor con trituradora integrada	5–3000	●	●●	●●
Microondas (carga por lotes)	1–210	●	●	●●
Microondas (proceso continuo)	100–600	●	●●	●●
Tratamiento por calor friccional	10–500	●	●●	●●
Tratamiento por hipoclorito de sodio	600–3000	●●	●●●	●●
Tratamiento por ozono	45–1000	●	●●●	●
Incineración incluyendo tratamiento del gas de combustión	50–3000+	●●	●●●●	●●●●

**Tabla 2. Comparación de las tecnologías para el tratamiento de desechos interinos usados en un escenario de bajos recursos**

Tipo de tecnología	Capacidad (kg/h)	Impacto Ambiental	Costos Capitales	Costos de Operación
Autoclave de vapor de desplazamiento por gravedad	5–50	●	●	●
Incinerador de dos cámaras	5–500	●●	●●	●●
Incinerador de una cámara	5–500	●●●	●	●
Incineración a ciclo abierto	N/A	●●●●	S. O.	S. O.

N/A: no aplica.

# 3. Selección de la tecnología para el tratamiento

Esta sección destaca los criterios para la selección de tecnologías de residuos, incluida la consideración de los intercambios con el fin de ayudar a guiar a los administradores de establecimientos de salud, gerentes de salud de distrito y formuladores de políticas nacionales. El manual de guía sobre la “Aplicación de la Metodología para la Evaluación de la Sostenibilidad de las Tecnologías” proporciona una herramienta detallada y comprensiva sobre cómo seleccionar las soluciones más adecuadas (PNUMA 2012b).

La elección de un sistema de tratamiento depende del contexto e implica la consideración de:

- Las regulaciones nacionales e internacionales pertinentes y sus requisitos.
- Factores de seguridad ambientales y ocupacionales
- Características y cantidad de los desechos
- Requisitos y capacidades de la tecnología
- Consideración de los costos
- Requisitos para su operación y mantenimiento

Las tecnologías de tratamiento deben cumplir con los **estándares nacionales y los convenios internacionales** incluido el Convenio de Estocolmo y la Convención de Basilea (para aquellos países que han sido ratificados o accedieron al convenio).<sup>1</sup> En relación a la **salud ambiental y ocupacional**, se deben considerar las recomendaciones en la hoja de políticas de la OMS sobre la gestión de desechos médicos (OMS 2004), la guía técnica del Convenio de Basilea para la Gestión Adecuada de Desechos Biomédicos y de centros de salud (PNUMA 2003), y la guía del Convenio de Estocolmo sobre las Mejores Prácticas Ambientales (PNUMA 2007). En algunos entornos de bajos recursos puede ser difícil cumplir con los convenios internacionales y/o con los estándares nacionales, especialmente en relación a la destrucción de los desechos. En estos casos, se debe hacer todo el esfuerzo posible para mejorar poco a poco como se gestionan los desechos y como se destruyen para reducir, tanto como sea posible, los riesgos a la salud

---

<sup>1</sup> Convenio de Estocolmo – número de partidos: 181; Estado de la ratificación Convenio de Estocolmo: <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatoires/tabid/4500/Default.aspx> Convenio de Basilea– número de partidos 186: <http://www.basel.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesSignatories/tabid/4499/Default.aspx>

humana y ambiental. Se debe usar un plan para asegurar con el tiempo que las capacidades y los recursos estén disponibles para cumplir con los estándares nacionales y las protecciones internacionales.

Las **características y la cantidad de los desechos** generados variarán de acuerdo con el tipo o nivel de la instalación, entre áreas rurales y urbanas, según las diferencias en los servicios prestados, su escala, la complejidad de la organización, la disponibilidad de recursos y la cantidad de personal médico y no médico. Las regulaciones o las políticas sobre la clasificación de los desechos, así como las prácticas de segregación afectan la frecuencia de la generación de desechos. Adicionalmente, la cantidad de desechos que deben ser tratados depende de si los desechos se destruyen en la principal instalación de salud (tratamiento descentralizado) o si se combinan los desechos de varias instalaciones de salud para su tratamiento (tratamiento centralizado). Una política de compra ecológica (p.ej. pedir productos con menos empaque y/o con un uso reducido de materiales) también puede ayudar a reducir la cantidad global de los desechos.

**Si es necesario un nuevo equipo de tratamiento, es esencial que se haga un pronóstico de la cantidad de desechos que se generarán para seleccionar el equipo más apropiado.** Para calcular la cantidad de desechos, las tasas promedio de generación de desechos se calculan semanalmente para tener en cuenta las variaciones diarias en una semana determinada y las actividades más bajas los fines de semana. Sin embargo, los datos se brindan normalmente en kilogramos (kg) por día o kg por año. Los kilogramos por cama ocupada por día y los kg por cada paciente ambulatorio por día se usan para comparar los centros de salud con diferentes niveles de actividad. Si las tasas de ocupación de pacientes hospitalizados y la cantidad diaria de pacientes ambulatorios no están disponibles, a menudo se usa la cantidad total de camas para estimar los kg de desechos por cama por día.

La tabla 3 proporciona los estimados que se pueden usar para calcular la generación de los desechos infecciosos en los países de bajos y medianos recursos cuando los datos locales no están disponibles. El volumen de desechos generados en una instalación varía bastante, por lo que la evaluación de los desechos es altamente recomendada antes de seleccionar una tecnología de tratamiento. Datos más específicos sobre diferentes entornos de salud y diferentes países pueden encontrarse en la guía de la OMS (OMS 2014, Capítulo 2.9) y en el compendio del PNUMA (PNUMA 2012a, Capítulo 7)<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Nota: alrededor del 85% de los desechos producidos por quienes prestan servicios médicos es considerado como desechos no peligrosos. La implementación de una segregación rigurosa de desechos peligrosos y no peligrosos puede prevenir la compra de equipos demasiado grandes y ayudar a ahorrar gastos (OMS 2014).

**Tabla 3. Porcentajes de desechos infecciosos en la Salud**

Instalación	Frecuencia de generación de desechos médicos infecciosos
Hospital	0.5 kg/cama por día
Clínica	0.07 kg/paciente por día
Unidad de salud básica	0.01 kg/paciente por día

Fuente: PNUMA 2012a.

Basándose en la cantidad de desechos infecciosos y punzocortantes generados, se puede calcular la **capacidad de la tecnología de tratamiento de desechos**. La frecuencia de generación de desechos por día (revise la tabla 3) se debe multiplicar por el número promedio de pacientes por día o el número de camas x el porcentaje de ocupación de camas.

### Ejemplos: Cálculo de la cantidad de desechos infecciosos generados y la capacidad requerida para su tratamiento

#### 1. Hospital

##### Suposiciones:

- 100 camas de hospital; porcentaje de ocupación de camas del 100% (POC); ciclo con duración de 1 hora, 6 horas de tratamiento de desechos por día; 7 días de tratamiento por semana; 0.5 kg de desechos infecciosos por cama por día.

##### Cálculo:

- $100 \text{ camas} \times 100\% \text{ (POC)} \times 0.5 \text{ kg /cama/día} \times 1.2 \text{ (margen de seguridad)} = 60 \text{ kg}$  de desechos infecciosos por día
- $60 \text{ Kg} / 6 \text{ horas de trabajo} = 10 \text{ kg por hora}$

##### Resultado:

Este hospital necesita tecnología con la capacidad de tratamiento mínima de 10 kg por hora.

#### 2. Clínica (Centro de salud primario – solo para pacientes ambulatorios)

##### Suposiciones:

- 10 pacientes por día, 0.07 kg de desechos infecciosos por paciente, almacenamiento máximo de desechos infecciosos: 2 días (48 horas).

##### Cálculo:

- $10 \text{ pacientes} \times 0.07 \text{ kg/paciente} \times 1.2 \text{ (margen de seguridad)} = 0.84 \text{ kg}$  de desechos infecciosos por día
- $2 \text{ días de almacenamiento} \times 0.84 \text{ kg por día} = 1.68 \text{ kg}$  cada dos días

##### Resultado:

Esta clínica necesita tecnología con una capacidad de tratamiento mínima de 2 kg (cada dos días).

Se debe añadir un margen de seguridad de un 20% al total para cubrir las fluctuaciones en la tasa de generación de desechos.

Se debe dividir la cantidad de desechos generados por día (kg/día) por la cantidad de horas de trabajo por día del equipo de tratamiento de desechos para lograr el mínimo de la capacidad de tratamiento necesitada (kg/h). Si la tecnología de tratamiento solo se usa en días específicos (p.ej. Lunes a viernes) la capacidad requerida puede adaptarse. La duración del ciclo de la tecnología de tratamiento se define como el tiempo que se necesita para agregar, tratar y descargar los desechos. Se debe considerar una hora adicional para el arranque del sistema de tratamiento.



## Ejemplos de costos de operación anuales en agua y electricidad:

### Hospital con 100 camas que usa una tecnología no-incineradora para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes.

Suposiciones:

- Tecnología alternativa a la incineración: 10 kg por ciclo y 21.900 kg de desechos por año
- Datos del fabricante: Un promedio de 5 kWh de consumo de electricidad por ciclo y 50 litros de agua de consumo por ciclo.

#### Ejemplo 1:

- Costos de consumibles para el hospital: 0.1 USD por kWh y 1.0 USD por metro cúbico de agua (1 m<sup>3</sup> = 1000 litro; 1 litro cuesta 0.001 USD).

Cálculo de costos de electricidad y agua:

- Costos de electricidad y agua por ciclo:
  - »  $(5 \text{ kW} \times 0.75 \text{ h/ciclo} \times 0.1 \text{ USD/kWh}) + (50 \text{ l/ciclo} \times 0.001 \text{ USD/l}) = 0.375 \text{ USD/ciclo} + 0.05 \text{ USD/ciclo} = 0.425 \text{ USD/ciclo}$
- Costos para el tratamiento de 1 kg de desechos:
  - »  $0.425 \text{ USD}/10 \text{ kg} = 0.0425 \text{ USD/kg}$
- Costo anual:
  - »  $0.0425 \text{ USD/kg} \times 21,900 \text{ kg} = 930.75 \text{ USD}$

#### Ejemplo 2:

- El agua se transporta en camiones al hospital y la electricidad es generada por un generador de gasóleo (Diesel)
- Costo de consumibles para el hospital: 2 USD por kWh y 0.5 USD por metro cúbico de agua 1 m<sup>3</sup> = 1000 litro; 1 litro cuesta 0.0005 USD).

Cálculo del costo de electricidad y agua:

- Costo de agua y electricidad por ciclo:
  - »  $(5 \text{ kW} \times 0.75 \text{ h/ciclo} \times 2.00 \text{ USD/kWh}) + (50 \text{ l/ciclo} \times 0.0005 \text{ USD/l}) = 7.50 \text{ USD/ciclo} + 0.025 \text{ USD/ciclo} = 7.525 \text{ USD/ciclo}$
- Costo del tratamiento de 1 kg de desechos:
  - »  $7.525 \text{ USD}/10 \text{ kg} = 0.7525 \text{ USD/kg}$
- Costo anual:
  - »  $0.7525 \text{ USD/kg} \times 21,900 \text{ kg} = 16,479.75 \text{ USD}$

Resultado: El costo de operación anual para la tecnología de tratamiento seleccionada con agua y electricidad en el ejemplo 1 es de 930.75 USD anuales y para el ejemplo 2 es 16,479.75 USD anual.

También se debe considerar el costo de capital (inversión), y el costo de operación y mantenimiento anual de la tecnología. Los costos de capital cubren la compra de equipos, incluidos los impuestos, los costos asociados con el envío (incluidos los aranceles aduaneros), el seguro, la preparación del local (incluido el suministro de agua, la electricidad y el drenaje de aguas residuales) y los costos indirectos como la gestión de proyectos, arquitectura e ingeniería, permisos y honorarios legales. (PNUMA 2012a).

Los costos de operación incluyen mano de obra, repuestos, bolsas / contenedores de desechos, electricidad, agua, combustible y eliminación de desechos. Los costos anuales de operación de consumibles como agua, electricidad y combustible se basan en:

- El consumo de la opción de tratamiento seleccionada
- La cantidad de ciclos que son necesarios para tratar la cantidad de desechos generados
- El costo total de los consumibles

**El mantenimiento y la reparación** de las tecnologías de tratamiento son esencial para garantizar su operación óptima. Los requisitos de mantenimiento varían considerablemente según el tipo de tecnología utilizada y el fabricante. Los costos de mantenimiento anuales se estiman en un 3-5% de los costos invertidos en la tecnología de tratamiento. El fabricante debe proporcionar un programa de mantenimiento detallado a la puesta en operación y como parte de la capacitación del operador. Al comprar un equipo nuevo, se debe incluir una provisión para el tiempo de garantía suficiente (al menos 1 año), así como los repuestos esenciales y más comúnmente necesarios. Los kits de consumibles deben ser fáciles de comprar en el país. El fabricante, una empresa de servicio autorizada o el técnico / operador del equipo de tratamiento en el caso de incineradores construidos localmente, deben proporcionar capacitación adecuada para el usuario, lo cual incluye kits básicos de mantenimiento, validación de procesos y pruebas de eficiencia (si aplica).

*Nota:* Después de seleccionar un equipo de tratamiento de desechos, los usuarios finales deben aceptar la responsabilidad de encargarse de las futuras necesidades de mantenimiento, reparación e infraestructura del equipo de tratamiento de desechos seleccionado según lo especificado por el vendedor / fabricante.

# 4. Especificaciones y requisitos de la tecnología

Los requisitos para el tratamiento de desechos se encuentran definidos en las "Directrices técnicas sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos biomédicos y para el cuidado de la salud" (PNUMA 2003) basadas en el Convenio de Basilea y en las "Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre las mejores prácticas ambientales relevantes para el Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes" (PNUMA 2007). Los Convenios de Basilea y de Estocolmo recomiendan que se les debe dar prioridad a las técnicas para el tratamiento de desechos que minimizan la formación y la liberación de químicos y otras emisiones peligrosas por encima de otras tecnologías. En el Anexo 1 se puede encontrar una descripción general de los diferentes procesos de tratamiento (térmica a bajo calor, a base de químicos y de combustión abierta).

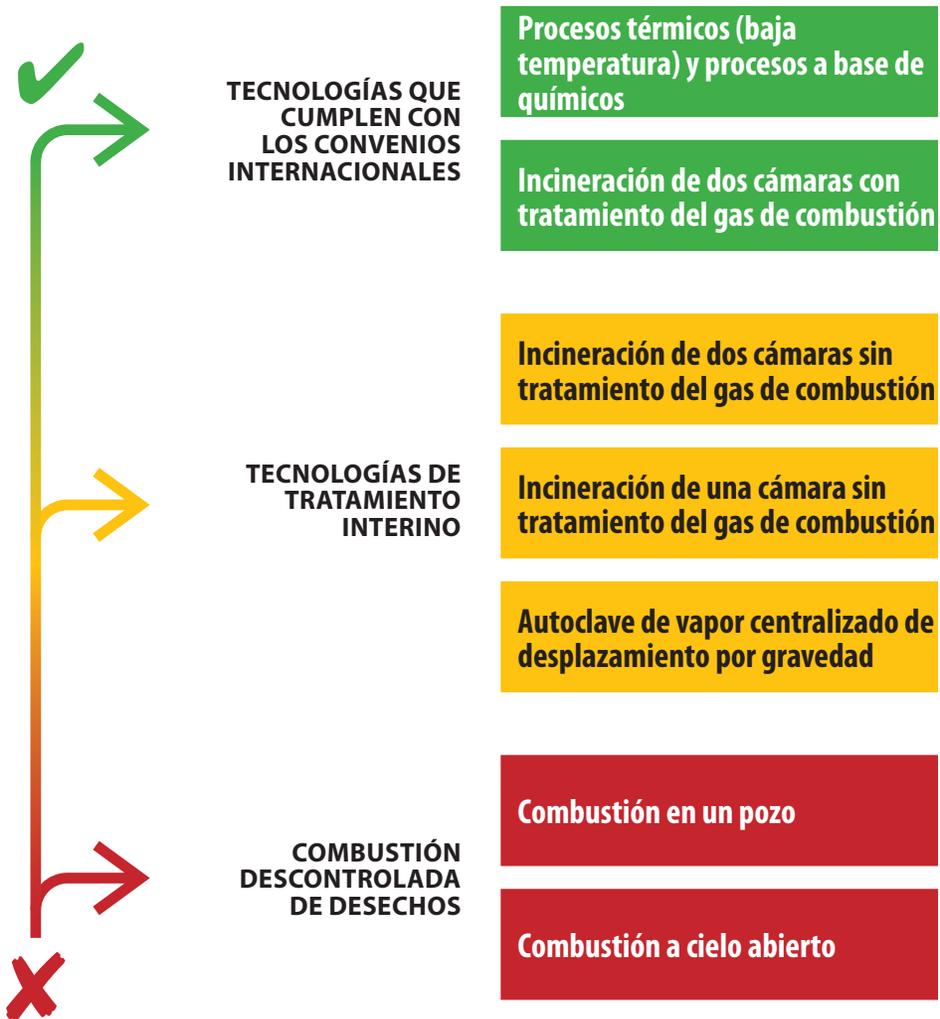
En la sección a continuación, se cubren la mayoría de las opciones para el tratamiento de desechos médicos y están agrupados de la siguiente manera:

- 1. Opciones preferidas:** Tecnologías acorde a los Convenios Internacionales
  - Procesos térmicos de baja temperatura
    - Autoclaves
      - Autoclaves de vapor con sistema de vacío sin trituradora
      - Autoclaves de vapor con trituradora integrada
    - Tecnologías basadas en microondas.
    - Tratamiento de calor friccional
  - Procesos a base de químicos
    - Tecnologías a base de hipoclorito de sodio
  - Tratamiento de incineración incluyendo tratamiento del gas de combustión
- 2. Soluciones interinas:** Tecnologías usadas para mejorar poco a poco las prácticas y trabajar para llegar a cumplir con los estándares internacionales
  - Autoclaves de vapor automatizadas de desplazamiento por gravedad
  - Incinerador de una o dos cámaras

3. **Última opción:** Cuando no haya otras alternativas
- Combustión en un pozo y combustión a cielo abierto

Las opciones de tratamiento a continuación representan las tecnologías más relevantes y no deben considerarse como una base de datos completa. Los datos sobre el consumo promedio de consumo eléctrico, agua, etc. Fueron proporcionados por el fabricante mencionado.

Figura 1. Jerarquía de las tecnologías de tratamiento



## 4.1 Procesos térmicos de baja temperatura

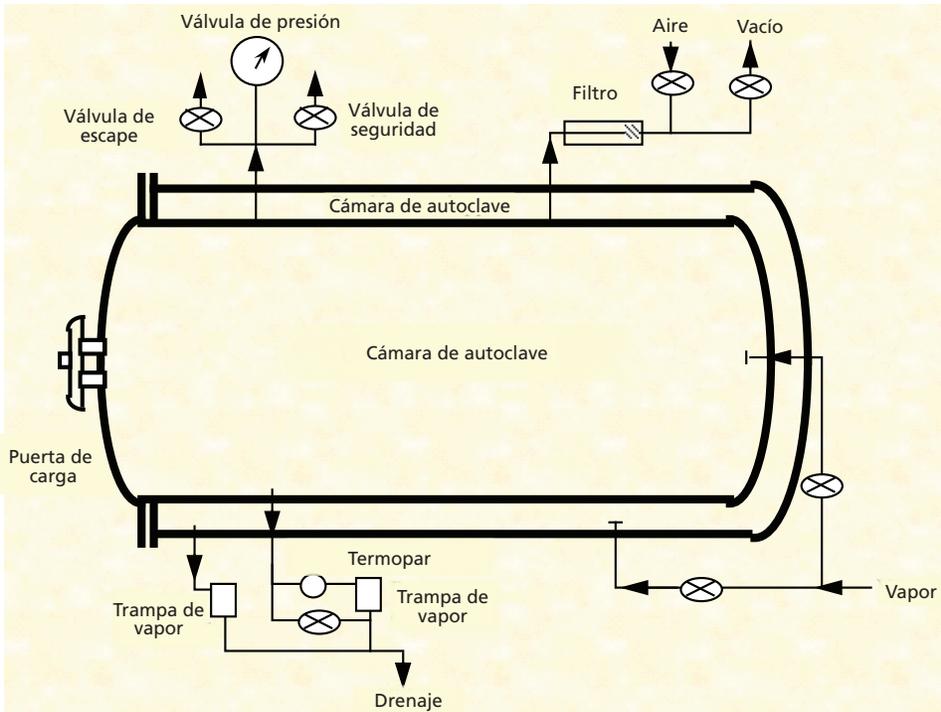
### 4.1.1 Autoclaves de vapor

Una autoclave consiste en un recipiente de metal diseñado para soportar altas presiones, con una puerta sellable y un grupo de tuberías y válvulas a través de las cuales se introduce y se extrae vapor del recipiente. Debido a que el aire es un aislante efectivo y un factor clave para determinar la eficiencia del tratamiento con vapor, la extracción de aire de la autoclave es esencial para garantizar la penetración del calor en los desechos. Las autoclaves para el tratamiento de desechos deben también tratar el aire extraído al inicio del proceso para prevenir la liberación de aerosoles patogénicos. Esto normalmente se realiza al tratar el aire con vapor o al pasarlo por un filtro específico (p.ej. Filtro de aire particulado de alta eficiencia (HEPA) o filtro microbiológico) antes de liberarlo. La condensación resultante también debe descontaminarse antes de ser liberada al desagüe.

#### 4.1.1.1 Autoclave de vapor con sistema de vacío

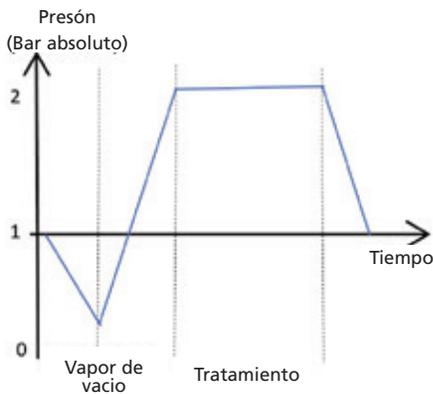
Las autoclaves de desechos modernas usan una bomba de vacío y/o un extractor de vapor para evacuar el aire antes de introducir vapor, para de esta manera garantizar la descontaminación segura de los desechos. Una opción son las autoclaves de pre-vacío, las cuales evacúan el aire antes de inyectar vapor (Figura 3). Las autoclaves que usan el sistema de vacío fraccionado para extraer el aire son la opción más segura. Este proceso evacúa el aire y deja entrar el vapor varias veces para garantizar que se extraiga tanto aire como sea posible de la cámara para mejorar la penetración del vapor en los desechos y mejorar la homogeneidad de la temperatura durante la fase de descontaminación (Figura 4). Se añade una fase de secado después del tratamiento para proteger al operador del vapor cuando abra la puerta. Los desechos se descontaminan con temperatura desde 121°C hasta 134°C, por lo que las bolsas de desecho usadas en las autoclaves deben ser resistentes al calor y deben permitir la entrada del vapor en ellas. Las bolsas de polietileno -el tipo de bolsa más disponible- puede resistir hasta 121°C, pero las bolsas de polipropileno son necesarias para las máquinas que operen a 134°C. Después del tratamiento, los desechos son considerados “no peligrosos” y pueden ser desechados como tales.

**Figura 2. Cámara de autoclave**

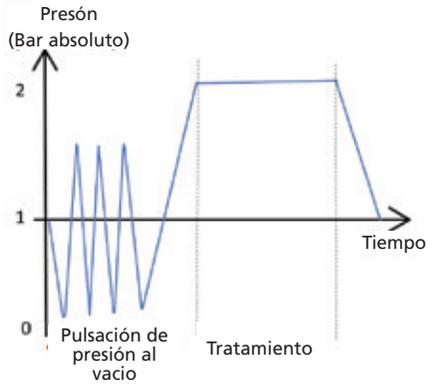


Fuente: PNUMA 2012<sup>a</sup>.

**Figura 3. Proceso de esterilización por vapor con pre-vacío**



**Figura 4. Proceso de esterilización por vapor con vacío fraccionado**



El uso de las autoclaves de vapor con vacío tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poco impacto ambiental</li> <li>✓ No dejan residuos peligrosos Cumple con el Convenio de Estocolmo</li> <li>✓ Algunos de los desechos tratados pueden ser reciclados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Requiere de una colecta de desechos sólidos garantizada</li> <li>✗ Requiere de una conexión de agua y electricidad garantizada.</li> <li>✗ El agua necesita tener cierta calidad para proteger el equipo.</li> <li>✗ Se necesitan contenedores de basura y bolsas de basura resistentes al calor</li> <li>✗ Los residuos reconocibles pueden causar heridas (p.ej. objetos punzocortantes)</li> </ul>

### Aspectos de Salud Ambiental

La esterilización por autoclave de vapor es una tecnología amigable con el ambiente. Los procesos térmicos a baja temperatura como la esterilización por autoclave contaminan considerablemente menos el aire que los procesos de incineración, por lo tanto, no hay límites de emisión de algún contaminante específico para las autoclaves. Sin embargo, el aire evacuado desde la cámara de tratamiento necesita ser filtrado y la condensación descontaminada para prevenir peligros de salud ocupacional.

### Requisitos para su instalación

- Electricidad: 380/400 Voltios (los más pequeños pueden requerir 220/230/240 Voltios)
- Conexión de agua
- Calidad del agua para la generación de vapor: Agua descalcificada / agua desmineralizada
- Conexión al desagüe
- Aire comprimido

### Capacidades y consumos

Las autoclaves para el tratamiento de desechos pueden variar en tamaño desde 5 hasta 3000 kg/ hora. La duración del ciclo incluye el tiempo necesario para cargar los residuos, la evacuación del aire, la exposición al vapor y la descarga de los desechos. La tabla 4 presenta algunos ejemplos de las capacidades y consumos de un proceso de esterilización por autoclave fraccionado. Los datos son aproximados y están basados en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar en sus parámetros.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> La configuración estándar de los parámetros incluye factores como la temperatura/presión y el tiempo de espera para el proceso de tratamiento. Estos aproximados pueden cambiar si, por ejemplo, los desechos están húmedos o el agua está muy caliente. Cada fabricante/proceso tiene sus propios parámetros específicos.

**Tabla 4.**

	40	70	150	500	800
Capacidad (kg/ciclo)	40	70	150	500	800
Duración del ciclo (minutos)	50	50	50	55	60
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	7	17	21	40	56
Consumo de agua (l/ciclo)	200	240	360	950	1800

Datos brindados por: Matachana Group, España.

#### 4.1.1.2 Autoclaves de vapor con trituradora integrada

Las autoclaves con molidoras o trituradoras integradas son sistemas a base de vapor desarrollados para mejorar la transferencia del calor a los desechos, y logran un calentamiento más uniforme de los desechos, los dejan irreconocibles y/o hacen que el sistema de tratamiento sea un proceso continuo. A veces se les conoce a estos sistemas como autoclaves avanzadas, autoclaves híbridas o tecnologías de tratamiento de vapor avanzado (OMS 2014). La pre-trituración permite que mejore la penetración y eficacia del vapor. Este proceso también puede incluir una fase de pre-vacío o de vacío fraccionado para mayor seguridad. Al finalizar el ciclo, los desechos son considerados no peligrosos y pueden ser desechados como tal. Algunos de los desechos pueden incluso ser aptos para ser reciclados.

El uso de las autoclaves con molidoras o trituradoras integradas tienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bajo impacto ambiental</li> <li>✓ Sin residuos peligrosos</li> <li>✓ Reducción de volumen</li> <li>✓ El residuo es irreconocible</li> <li>✓ Cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Requiere de una colecta de desechos sólidos garantizada</li> <li>✗ Requiere de una conexión de agua y electricidad garantizada.</li> <li>✗ Costos y mantenimiento más alto (partes móviles internas)</li> <li>✗ Requiere de un operador certificado.</li> </ul>

#### Aspectos de Salud Ambiental

Los procesos térmicos de baja temperatura como la esterilización por autoclave con trituradora integrada contaminan considerablemente menos el aire que los procesos de incineración, por lo tanto, no hay límites de emisión de algún contaminante específico para las autoclaves. El sistema necesita estar completamente cerrado para prevenir la emisión de aerosoles durante el proceso de trituración de desechos.

## Requisitos para su instalación

- Electricidad: 400 Voltios
- Conexión de agua
- Calidad del agua para la generación de vapor: agua descalcificada / agua desmineralizada
- Conexión al desagüe
- Aire comprimido

Figura 5. Autoclaves de vapor con trituradora integrada



Credit : Tesalys/Sterishred, France

## Capacidades y consumos

Las autoclaves con trituradora integrada para el tratamiento de desechos pueden variar en tamaño desde 5 hasta 3000 kg/ hora. La duración del ciclo incluye el tiempo necesario para cargar los residuos, la evacuación del aire, la exposición al vapor y la descarga de los desechos. Las tablas a continuación dan algunos ejemplos de las capacidades y consumos de las autoclaves que usan un generador de vapor integrado y una fuente externa de vapor. Los datos están aproximados y basados en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar de los parámetros.

Capacidad (kg/ciclo)	2.5	5	10	15
Duración del ciclo (minutos)	30	30	30	45
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	1	2.5	4	15
Consumo de agua (l/ciclo)	5	10	15	85

Datos brindados por: Tesalys/Sterishred, Francia. El consumo eléctrico está calculado con un generador de vapor integrado.

Capacidad (kg/ciclo)	15	23	53	165	375
Duración del ciclo (minutos)	30	30	30	35	45
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	0.55	1.4	1.7	4	9
Consumo de agua (l/ciclo)	5	15	25	35	50

Datos brindados por: Ecodas, Francia. El consumo eléctrico está calculado sin un generador integrado.

## 4.1.2 Tecnologías a base de microondas

El tratamiento por microondas es esencialmente un proceso a base de vapor, ya que el tratamiento ocurre a través de la acción del calor húmedo y el vapor generado por la energía de microondas. El agua dentro de los desechos se calienta rápidamente por la energía de microondas a una frecuencia de aproximadamente 2450 MHz y con una longitud de onda de 12.24 cm. Por lo general, los sistemas de tratamiento por microondas consisten en un área de tratamiento o una cámara en la que la energía de microondas es dirigida desde un generador de microondas donde los desechos se calientan hasta una temperatura de 100 °C. Los sistemas de microondas pueden ser impactados por la altitud de la ubicación donde las microondas son usadas. En mayores altitudes, debido a la baja presión, puede tomar más tiempo en llegar a 100°C, lo que resulta en una duración mayor del tratamiento. Después del tratamiento, se les considera a los desechos como no peligrosos y pueden ser desechados como tal.

### 4.1.2.1 Microondas (carga por de lotes)

Un sistema típico de microondas dependiente de lotes trata los desechos en lotes en una unidad de descontaminación de desechos cerrada. Algunas unidades requieren de contenedores reutilizables completamente cerrados aptos para microondas, en donde se puedan recolectar los desechos antes de proceder. Los sistemas de microondas pueden tener múltiples ciclos programables que corresponden a las diferentes temperaturas de tratamiento o los diferentes niveles de desinfección.

El uso de microondas dependiente de lotes para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes incluyen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bajo impacto ambiental</li> <li>✓ Sin residuos peligrosos</li> <li>✓ Cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Requiere de una recolección de desechos sólidos confiable</li> <li>✗ Requiere de una conexión eléctrica confiable</li> <li>✗ Los desechos necesitan un poco de humedad o necesitan que se les agregue agua.</li> <li>✗ Se necesitan basureros especiales</li> </ul>

### Salud y ambiente

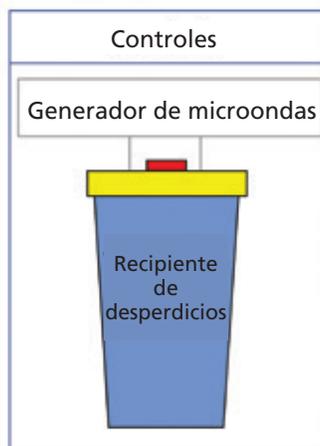
Las microondas son una tecnología amigable con el ambiente. El agua residual se descontamina durante el proceso. Las emisiones de aire de las unidades de microondas son mínimas. No hay límites de contaminantes específicos para las microondas.

### Requisitos para su instalación

- Electricidad: 400 Voltios (los más pequeños pueden requerir 220/230/240 Voltios)
- Conexión de agua
- Calidad del agua: agua de red
- Conexión al desagüe

### Capacidades y consumo

Figura 6. Microondas (carga por lotes)



Los sistemas de microondas (carga por lotes) tienen rangos de capacidad desde 1 hasta 210 kg por hora. La duración del ciclo incluye el tiempo para cargar, procesar y descargar los desechos. La tabla a continuación proporciona ejemplos de las capacidades y consumo. Los datos son aproximados y están basados en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar de los parámetros.

	3	6	10	20
Capacidad (kg/ciclo)	3	6	10	20
Duración del ciclo (minutos)	45	45	45	45
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	0.9	1.8	2.3	3.5
Consumo de agua (l/ciclo)	0.5	1.0	1.5	2.5

Datos brindados por: Meteka GmbH, Austria.

#### 4.1.2.2 Microondas (proceso continuo)

Un sistema de microondas continuo común consiste en un sistema de carga automática, una tolva, una trituradora, un transportador helicoidal, un generador de vapor, generadores de microondas, un transportador de descarga y controles. El equipo incluye sistemas hidráulicos, filtro HEPA y control por microprocesador. Las bolsas de desechos son introducidas en la tolva, en donde también se puede inyectar vapor. Para prevenir la liberación de patógenos, el aire debe ser extraído a través de un filtro HEPA mientras que las bolsas de desechos son cargadas en la máquina. Una vez la tapa de la tolva está cerrada, los desechos pasan a través de una trituradora. Las partículas del desecho pasan a través de una barrena (el transportador helicoidal) donde son expuestos a vapor y calentados a 100°C con la ayuda de varios generadores de microondas. Los desechos son entonces mantenidos en la sección de espera en donde los desechos médicos se mantienen a 100°C durante 50 minutos.

El uso de tecnología de microondas (proceso continuo) tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bajo impacto ambiental Los residuos son no peligrosos</li> <li>✓ Los residuos son irreconocibles</li> <li>✓ Reducción del volumen de los desechos</li> <li>✓ Cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Se necesita de una conexión eléctrica garantizada.</li> <li>✗ Costos y mantenimiento más alto (partes internas móviles)</li> <li>✗ Los desechos necesitan de un mínimo de humedad o es necesario agregar agua.</li> </ul>

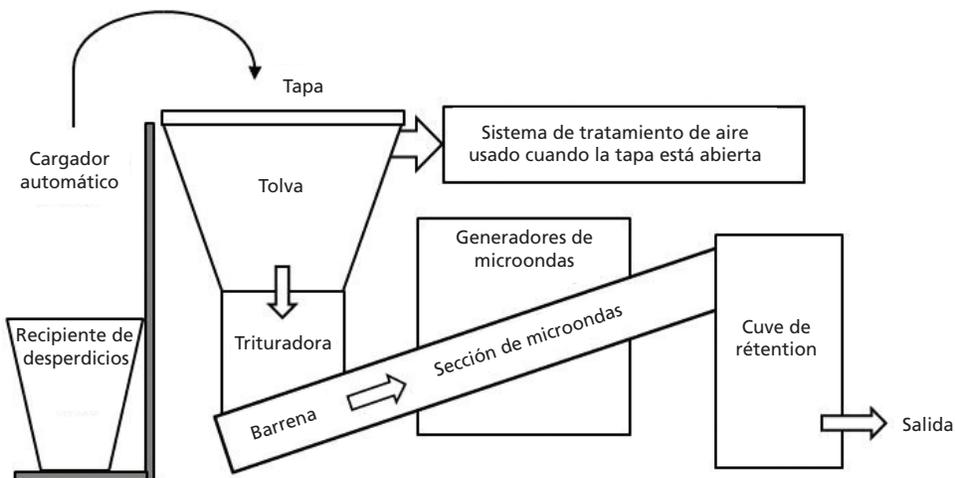
## Aspectos de Salud Ambiental

Las microondas son una tecnología amigable con el ambiente. El agua residual se descontamina durante el proceso. Las emisiones de aire de las unidades de microondas son mínimas. No hay límites de contaminantes específicos para las microondas. El sistema necesita estar completamente cerrado para prevenir la emisión de aerosoles durante el proceso de trituración de los desechos.

### Requisitos para su instalación

- Electricidad: 380/400 V
- No tiene otros requisitos

**Figura 7. Microondas (proceso continuo)**



### Capacidades y consumos

La tecnología de microondas (proceso continuo) está disponible en un rango desde 100 hasta 800 kg por hora. La duración del ciclo incluye el tiempo necesario para cargar, exponer al vapor y descargar los desechos. La tabla a continuación proporciona algunos ejemplos sobre sus capacidades y consumo. El consumo está basado en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar de los parámetros.

Capacidad (kg/ciclo):	100	175	300	500
Sistema continuo: Descontaminación de desechos en (minutos):	60	60	60	60
Consumo eléctrico (kWh/ciclo):	20	45	60	100

Datos brindados por: AMB Ecosteryl, Bélgica.

### 4.1.3 Tratamiento de calor friccional

El calor friccional puede ser usado también para destruir desechos médicos. La tecnología está basada en el uso del calor generado por fricción y el impacto de los desechos con las cuchillas del rotor, suplementadas con los calefactores por resistencias eléctricas para garantizar que la temperatura pueda ajustarse si llega a requerirse.

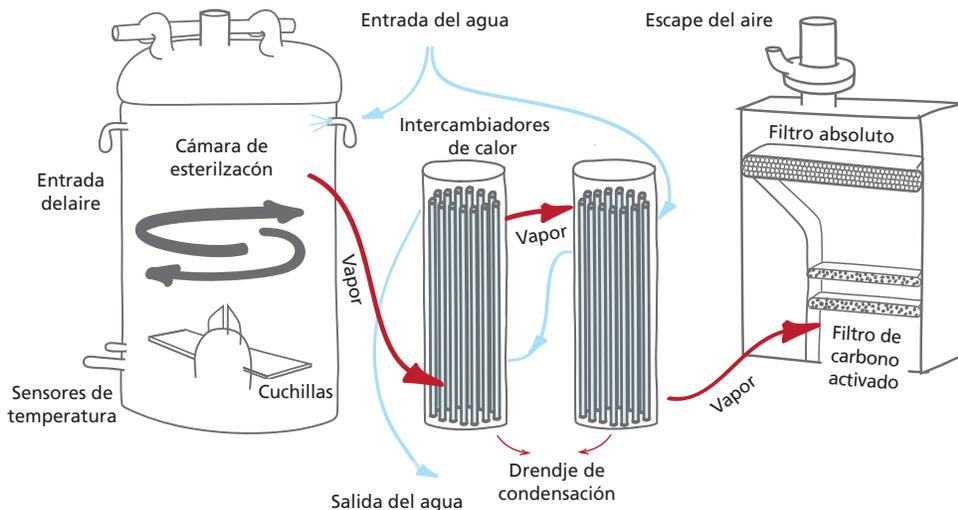
Los desechos se calientan hasta a 150°C, a la vez que son triturados hasta quedar como pequeñas e irreconocibles piezas. El calor es proporcionado por los calefactores o generado por un rotor que opera a altas velocidades (normalmente desde 1000 hasta 2000 rpm). Se mantiene un ambiente húmedo dentro de la cámara con una presión negativa.

Para descontaminar los desechos, se mantienen entre 135°C y 150°C durante varios minutos. Los vapores generados pasan por los intercambiadores de calor en donde el agua es condensada. Luego pasar un grupo de filtros (carbón activo y filtros HEPA) antes de ser liberados en el ambiente.

El uso de tratamientos de calor friccional tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Bajo impacto ambiental</li><li>✓ Los residuos son no peligrosos</li><li>✓ Reducción del volumen de los desechos</li><li>✓ Los residuos son irreconocibles</li></ul> Cumple con el Convenio de Estocolmo	<ul style="list-style-type: none"><li>✗ Se necesita de una conexión eléctrica garantizada.</li><li>✗ Costos y mantenimiento más alto (partes internas móviles)</li></ul>

Figura 8. Proceso de tratamiento de calor friccional



Créditos: Newster System Srl, Italia

## Aspectos de Salud Ambiental

El tratamiento por calor friccional es una tecnología amigable con el ambiente. No genera emisiones peligrosas o efluentes. No hay un límite específico para la emisión de contaminantes para los sistemas de tratamiento por calor friccional. El sistema necesita estar completamente cerrado para prevenir la emisión de aerosoles durante el proceso de trituración de los desechos.

## Requisitos para su instalación

- Electricidad: 400 Voltios – 50 Hz
- Conexión de agua: Sí
- Calidad del agua: Agua corriente (debe cumplir con la calidad especificada por el fabricante)
- Conexión al desagüe: Sí

## Capacidades y consumos

Los sistemas de tratamiento por calor friccional tienen rangos de capacidad desde 10 hasta 600 kg por hora. La duración del ciclo incluye el tiempo que se necesita para cargar, exponer al calor friccional y descargar los desechos. La tabla a continuación brinda algunos ejemplos de las capacidades y el consumo. El consumo está basado en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar de los parámetros:

Capacidad (kg/ciclo)	11–13	18–20	45–50	55–60
Duración del ciclo (minutos)	40–50	30–45	45–50	35–45
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	10–12	12–14	30–35	35–40
Consumo de agua (l/ciclo)	5–15	15–40	30–50	75–90

Datos brindados por: Newster System Srl, Italia

## 4.2 Procesos a base de productos químicos (Automatizados)

### 4.2.1 Tecnología a base de hipoclorito de sodio

Esta tecnología de tratamiento físico-químico garantiza la desinfección de desechos infecciosos al usar la capacidad de oxidación del hipoclorito de sodio (NaClO). A diferencia de un tratamiento manual de los desechos infecciosos por productos químicos, este proceso es automático y controlado de forma continua para garantizar la efectividad y la descontaminación segura de los desechos. Esta tecnología no dispone aún de demasiadas evidencias y ejemplos de su aplicación de forma efectiva. El sistema controla automáticamente los

parámetros físico-químicos durante el proceso de oxidación (pH, temperatura y conductividad). Los desechos son cargados al sistema con una cinta transportadora o directamente a la trituradora, en donde son triturados en condiciones de presión negativa y en una atmósfera oxidante. El aire se filtra con un filtro HEPA. Durante el proceso de oxidación en el reactor, el sistema de aspiración del aire hace pasar todos los gases a través de una trampa química líquida (neutralización), y luego los pasa a través de filtros de carbono, de tal manera que no haya emisiones peligrosas en la atmósfera. Después de la descontaminación, los desechos son neutralizados con tiosulfato de sodio para garantizar que no quede nada de clorina libre.

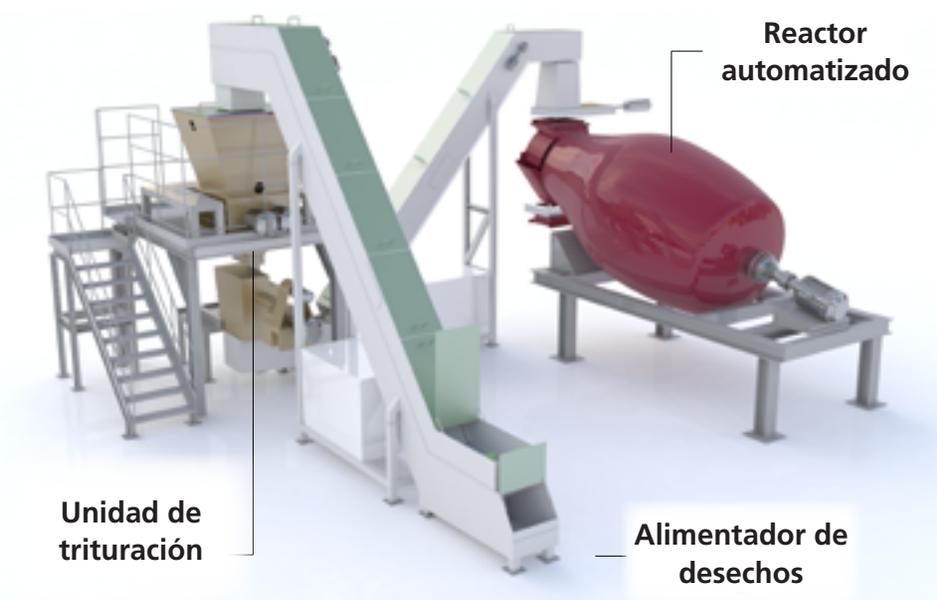
El uso del tratamiento automatizado de hipoclorito de sodio tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Bajo impacto ambiental</li> <li>✗ Los residuos son no peligrosos</li> <li>✗ Reducción del volumen de los desechos</li> <li>✗ Los residuos son irreconocibles</li> <li>✗ Cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ El monitoreo en tiempo real de la concentración de químicos es difícil.</li> <li>✗ Es necesario tomar medidas de seguridad ocupacional estrictas</li> <li>✗ Costos regulares y de mantenimiento altos (partes internas móviles)</li> </ul>

### Aspectos de Salud Ambiental

El hipoclorito de sodio es un fuerte oxidante y las reacciones de oxidación son corrosivas. Las soluciones queman la piel y causan daños

**Figura 9. Sistema de tratamiento por hipoclorito de sodio**



en la vista, especialmente cuando se usan concentrados. El sistema debe por ende estar cerrado y automatizado. Se necesita tomar estrictas medidas de salud ocupacional y de seguridad para proteger a los trabajadores y al ambiente.

### Requisitos para su instalación

- Entrada: hipoclorito de sodio y tiosulfato de sodio
- Conexión eléctrica: 380/400 V
- Conexión de agua
- Conexión al desagüe

### Capacidades y consumos

Los sistemas de tratamiento por hipoclorito de sodios tienen rangos de capacidad desde 600 hasta 3000 kg por hora. La duración del ciclo incluye el tiempo necesario para cargar, tratar y descargar los desechos. La tabla a continuación brinda algunos ejemplos de las capacidades y el consumo. El consumo está basado en la máxima capacidad de carga por ciclo, y con una configuración estándar de los parámetros:

Capacidad (kg/lote)	600	3000
Duración del ciclo (minutos)	180	180
Consumo eléctrico (kWh/ciclo)	180	360
Consumo de agua (l/ciclo)	600	3000
Hipoclorito de sodio 12–15% (l/ciclo)	150–300	750–1350
Tiosulfato de sodio 95% (l/ciclo)	1.5–3	4.5–6

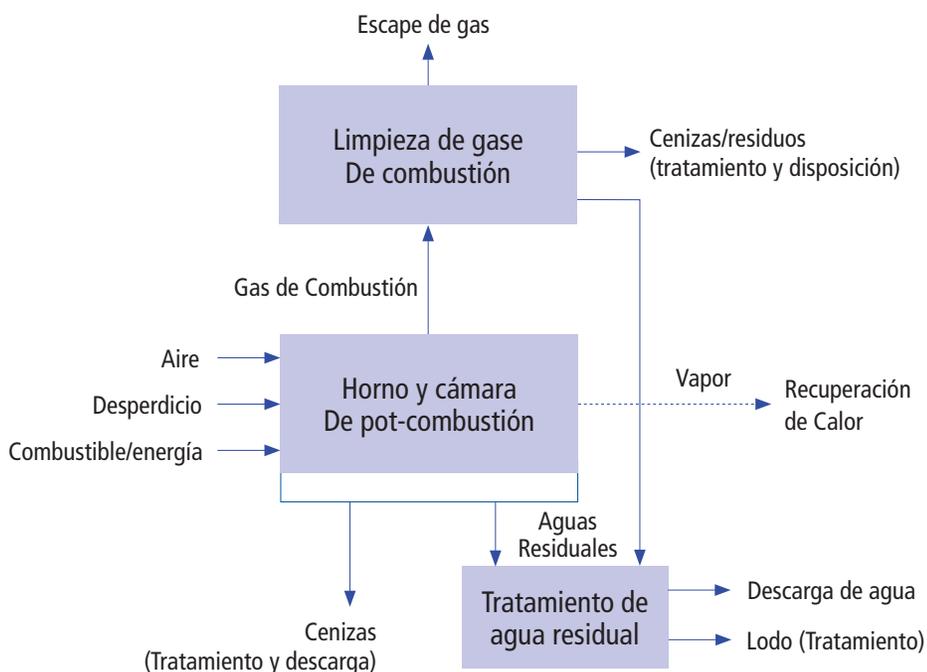
Données fournies par : ATHISA – Espagne

## 4.3 Incineración

Según el Convenio de Estocolmo, debe usarse la Mejor Tecnología Disponible (MTD). MTD, con una combinación adecuada de medidas primarias y secundarias resulta en emisiones de aire de dioxina y furano de no más de 0.1 ng I-TEQ<sup>3</sup>/Nm<sup>2</sup> (a 11% de O<sub>2</sub>) y menos que 0.1ng I-TEQ/l para el agua residual desechada de la instalación (PNUMA 2007). Las medidas primarias para los incineradores térmicos de alta temperatura incluyen dos cámaras de combustión (850 °C/1100 °C), una quemadora auxiliar, suficiente tiempo de permanencia el aire en la segunda cámara, suficiente contenido de oxígeno y una alta turbulencia de gases de escape. Además, los sistemas de tratamiento de gases de combustión

2 TEQ: Equivalente Tóxico reporta las masas ponderadas por la toxicidad de mezclas de policlorodibenceno-p-dioxinas (PCDDs) y policlorodibenzofuranos (PCDFs) y bifenilos policlorados (PCBs)

**Figura 10. Proceso de incineración incluyendo tratamiento de gas de combustión**



Credit : UNEP 2007

son necesarios como una medida secundaria. Hay pocos incineradores pequeños y medianos disponibles en el mercado que operan en cumplimiento con el Convenio de Estocolmo. En la mayoría de los países de bajos recursos no hay laboratorios disponibles que analicen la dioxina y los furanos, por lo que su eficacia no puede ser monitoreada con facilidad. Los incineradores de alta tecnología requieren de controles confiables para los parámetros de combustión, un sistema de limpieza del gas de combustión (removedor de polvo, filtros de cerámica, cepillos ciclónicos y precipitadores electrostáticos) y un tratamiento para el agua residual. Por esta razón, también son muy costosos. Existen instalaciones más pequeñas, pero al menos 100,000 toneladas de desechos por año son necesarias para hacer de los incineradores un sistema eficiente y costo-efectivo (OMS 2007).

Ya que este documento está dirigido a países con bajos y medianos recursos, en donde no se considera realista la incineración con alta tecnología que cumpla con el Convenio de Estocolmo, los incineradores no están incluidos en esta guía. Otras opciones de combustión están descritas en el próximo capítulo.

# 5. Tecnologías para uso en entornos de pocos recursos

En entornos de pocos recursos o de emergencia, se pueden usar métodos de transición mientras se trabaja en establecer los sistemas y los recursos para la instalación, operación y mantenimiento de tecnologías más avanzadas. Algunos de estos métodos pueden no cumplir con el Convenio de Estocolmo (PNUMA 2007) y por lo tanto solo deben considerarse como una solución interna en el país. En algunos países, en donde los servicios WASH en los centros de salud son deficientes, puede que no tengan otra opción más allá de la combustión abierta. En estos casos, el objetivo sería el de mejorar esto poco a poco con la construcción de incineradores locales hechos de ladrillos o con el uso de barriles. Además, en situaciones de emergencia como las epidemias de enfermedades infecciosas, el volumen de los desechos aumenta rápidamente y por ende debe considerarse este factor a la hora de elegir las tecnologías de tratamiento de desechos.

## 5.1 Autoclaves de vapor automatizadas de desplazamiento por gravedad

Las autoclaves de vapor gravitacionales aprovechan el hecho de que el vapor es más ligero que el aire. El vapor es introducido bajo presión en la cámara, lo que empuja el aire hacia un punto de salida de la cámara en la parte inferior. Este tipo de autoclaves usa los impulsos de presión para reducir el riesgo de que quede aire en la cámara y que este estorbe en la descontaminación. Los impulsos de presión consisten en aumentar la presión de la autoclave repetidamente con vapor, y luego liberarla para así hacer salir las bolsas de aire. No se genera un vacío. Como requisito mínimo, el aire de escape y la condensación resultante deben ser liberadas en un sistema de alcantarillado cerrado, en un pozo de remojo, o idealmente la autoclave debe estar equipada con un filtro HEPA. No se deben utilizar las autoclaves simples de desplazamiento por gravedad que no tengan impulso de presión para la descontaminación

segura de residuos infecciosos, ya que existe el riesgo de que el vapor no pueda alcanzar estos residuos, lo cual puede resultar en que estos desechos no sean descontaminados. (Stolze, Kühling 2009). Es posible impulsar la presión de forma manual, pero su efectividad en el proceso de descontaminación depende grandemente de las acciones del operador.

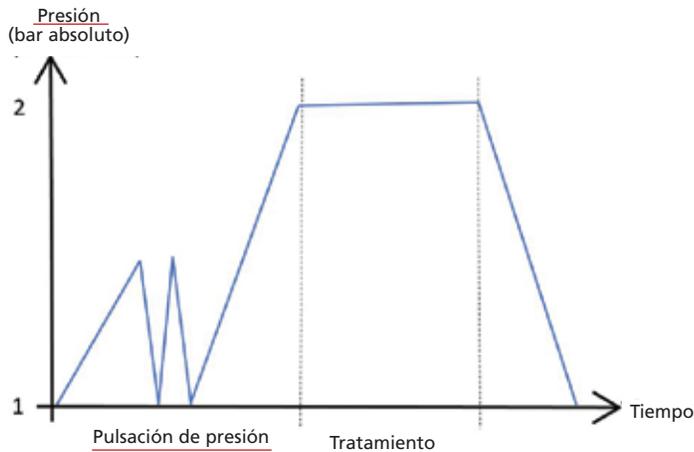
### Aspectos de Salud Ambiental

Como otros sistemas a base de vapor, este es un proceso térmico de baja temperatura, lo que reduce considerablemente su contaminación en el aire en comparación a otros procesos de incineración. No hay límites específicos de emisión de contaminantes para los sistemas de autoclave. Sin embargo, hay un riesgo alto de que los desechos no queden completamente descontaminados si queda aire dentro de los desechos.

### Requisitos para su instalación

1. Electricidad: 220/230/240 Voltios
2. Conexión de agua: opcional
3. Calidad del agua para el generador de vapor: desmineralizada
4. Conexión al desagüe

**Figura 11. Autoclave de desplazamiento por gravedad**



Créditos: Ute Pieper

## Capacidades y consumos

Las capacidades varían desde 5 hasta más de 50 kg por hora. Los datos de consumo no están disponibles.

El uso de autoclaves gravitacionales con impulsos de presión automatizados para el tratamiento de desechos infecciosos y punzocortantes tiene las siguientes ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Bajo impacto ambiental</li><li>✓ Los residuos son no peligrosos</li><li>✓ Cumple con el Convenio de Estocolmo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✗ Conexión eléctrica garantizada</li><li>✗ La eficiencia de la descontaminación de los desechos está muy relacionada al tipo de desechos tratados (lúmenes pequeños y materiales porosos pueden no quedar descontaminados)</li></ul>

## 5.2 Opciones para la combustión

Si bien es preferible el uso de las tecnologías que no involucran incineración, esto no es posible en muchas instalaciones en países de pocos y medianos recursos debido a la escasez de fuentes garantizadas de agua, electricidad y servicios de colecta de desechos sólidos. En todos los países, sin embargo, se debe hacer un esfuerzo para mejorar poco a poco la gestión de desechos médicos y hacer esfuerzos en varios sectores para reforzar los cambios del sistema.

### 5.2.1 Incineración de dos cámaras sin tratamiento de gas de combustión

Un incinerador de dos cámaras sin el tratamiento de gas de combustión consiste en una cámara de combustión primaria y una cámara secundaria. Los desechos se descomponen térmicamente con el uso de procesos de combustión a temperatura media que como resultado producen cenizas sólidas y gases. Los desechos son quemados en la cámara de combustión primaria a una temperatura de 850 °C o mayor. Múltiples quemadores de aceite o gas mantienen la temperatura en la cámara primaria. Los vapores producidos en la cámara primaria se dirigen a una cámara secundaria que tiene uno o más quemadores para llevar la temperatura hasta los 1100 – 1200 °C requeridos para los desechos con alto contenido de cloro como los desechos médicos. El gas de combustión resultante no es tratado.

Un incinerador con controles mínimos necesita de un operador bien entrenado que debe monitorear y ajustar las temperaturas de las

cámaras primaria y secundaria, el porcentaje de carga y los niveles de aire en las cámaras de combustión primaria y secundaria.

El uso de un incinerador de dos cámaras sin tratamiento del gas de combustión tiene las siguientes ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción del volumen de los desechos</li> <li>✓ Los residuos quedan irreconocibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Gran impacto a la salud y al ambiente (emisiones en el aire y riesgo a quemaduras)</li> <li>✗ Las cenizas de fondo y volantes son potencialmente peligrosas</li> <li>✗ No cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>

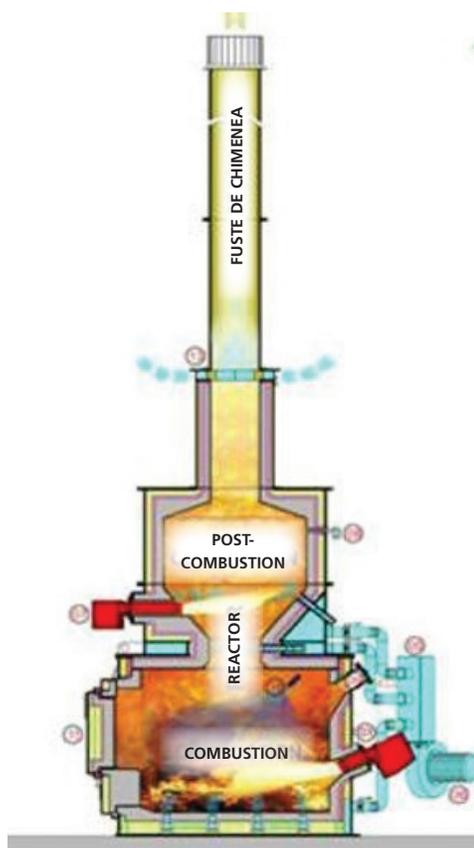
### Aspectos de Salud Ambiental

Los incineradores liberan a la atmósfera una gran variedad de contaminantes, incluyendo las dioxinas y furanos. Los contaminantes varían según la composición de los residuos. Los residuos de cenizas en el fondo generalmente también están contaminados con dioxinas, compuestos orgánicos lixiviables y metales pesados, y deben ser tratados como residuos peligrosos. Las cenizas deben eliminarse en sitios diseñados para desechos peligrosos, e.j. celdas designadas en rellenos sanitarios diseñados, encapsulados y colocados en sitios especializados de "monofills", o desechados en fosas de cenizas en el suelo.

### Requisitos para su instalación

- Electricidad: 220/230/240 Voltios
- Tipo de combustible: diésel y gas

Figura 12. Incinerador de dos cámaras



## Capacidades y consumos

Los incineradores de dos cámaras están disponibles en capacidades desde 5 hasta 500 kg por hora con un consumo de combustible desde 3 hasta 65 litros por hora. Puede ver algunos ejemplos en la Tabla 4. La duración del ciclo incluye el tiempo que es necesario para añadir, tratar y remover los desechos. La tabla a continuación proporciona algunos ejemplos de las capacidades y el consumo. El consumo está basado en una carga completa:

Capacidad (kg/lote)	15	20
Duración del ciclo (minutos)	60	60
Consumo de diésel (l/ciclo)	3	3

Datos brindados por: TTM e.V., Alemania.

## 5.2.2 Incineración en una cámara sin tratamiento del gas de combustión

Los incineradores a pequeña escala, como los incineradores de una cámara, de tambor y de ladrillo, están diseñados para satisfacer una necesidad inmediata de protección de la salud pública donde no hay recursos para implementar y mantener tecnologías más sofisticadas. Sin embargo, ellos pueden emitir al 400 veces más dioxinas y furanos que el 0.1 ng/m<sup>3</sup> recomendado por el Convenio de Estocolmo (Batterman 2004). El uso de tales tecnologías involucra la creación de impactos ambientales y a la salud humana debido a la combustión, con una necesidad imperiosa de proteger la salud pública donde la única alternativa es el vertido indiscriminado.

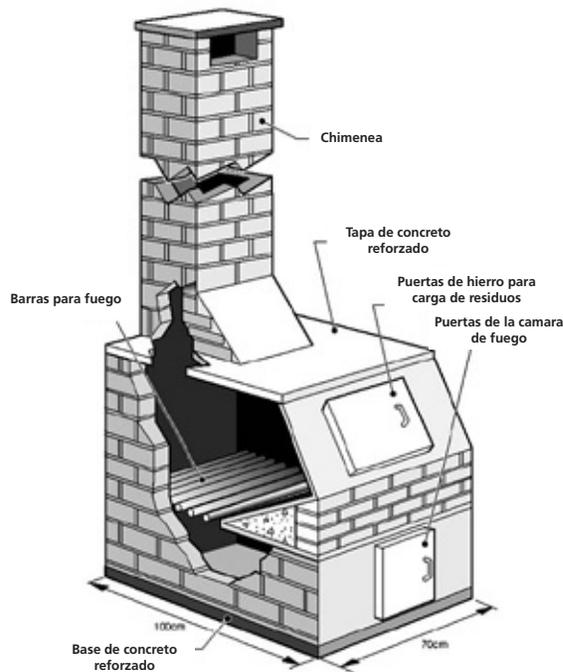
El uso de los incineradores de una cámara sin tratamiento del gas de combustión tiene las siguientes ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Los residuos quedan irreconocibles</li><li>✓ Reducción del volumen de los desechos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✗ Impacto ambiental y sanitario negativo muy alto (altas emisiones al aire)</li><li>✗ Los patógenos pueden sobrevivir al proceso</li><li>✗ Las cenizas del fondo y en el aire son potencialmente dañinos</li><li>✗ No cumple con el Convenio de Estocolmo</li></ul>

## Aspectos de Salud Ambiental

Los incineradores de residuos sanitarios liberan una gran variedad de contaminantes a la atmósfera, según la composición de los residuos, incluidas las dioxinas y los furanos. Los patógenos también se pueden encontrar en residuos sólidos y en los escapes de incineradores mal diseñados y operados. Además, los residuos de cenizas en el fondo están generalmente contaminados con dioxinas, compuestos orgánicos lixiviables y metales pesados y deben tratarse como residuos peligrosos.

Figura 13. Incinerador de una cámara



WEDC, Saneamiento de emergencia: evaluación y diseño de programas, Figura 8.4 Incinerador Permanente, Universidad de Loughborough, 2002

## Requisitos para su instalación y construcción

- Material de Construcción:
  - Ladrillos y morteros refractarios resistentes al calor
  - Piezas metálicas de acero inoxidable de alto grado
- Tipo de combustible: Bio masas (madera, cascaras de coco, etc.)

## Capacidades y consumos

La mayoría de los incineradores de una cámara son de bajo costo, pero también duran menos de 5 años. Sus capacidades varían entre 5 hasta 50 kg por hora y los costos de las biomásas dependen de los mercados locales.

### Problemas frecuentes:

- Operación:
  - El incinerador no está precalentado con biomasa (bajas temperaturas - altas emisiones).
  - El incinerador está demasiado lleno.
- Las puertas de acceso a la caja de fuego y los marcos que se deforman, bisagras que se agarran y rompen, y ensamblajes que se liberan del mortero.
- Las rejillas que distorsionan rompen o se obstruyen.
- Chimeneas (pilas) que están muy corroídas y soportes de chimenea (alambres de sujeción) que no están adecuadamente unidos, rotos, sueltos o faltantes.
- Albañilería, ladrillos y particularmente las juntas de mortero que se agrietan.
- Parrillas que están dañadas o perdidas

### 5.2.3 Combustión a cielo abierto

La combustión a cielo abierto cubre una amplia gama de diferentes prácticas de combustión de desechos no controlados, incluyendo la quema de vertederos, la quema en pozos y los incendios en suelo llano / cielo abierto. En situaciones de emergencia, la quema al aire libre es el medio más fácil y sanitario para reducir el volumen de residuos y eliminar los materiales combustibles. Esto es especialmente cierto para situaciones sin acceso a la gestión organizada de residuos.

Este documento no proporciona orientación para las prácticas de combustión a cielo abierto debido al daño humano y medioambiental resultante por esta. El proceso debe minimizarse y dejar de usarse lo antes posible y siempre que sea posible. Este proceso debe considerarse como un último recurso en caso de que no haya otras alternativas para la eliminación o recuperación debido a una infraestructura inadecuada en donde se requiere de la eliminación sanitaria para el control de las enfermedades o las plagas, o en caso de desastres u otra emergencia (PNUMA 2007, Sección VI).

La combustión a cielo abierto de los desechos infecciosos y punzocortantes tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No se necesita de un recurso de infraestructura o de agua/electricidad específica.</li> <li>✓ El residuo queda irreconocible</li> <li>✓ Reducción del volumen de desechos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Impacto ambiental y sanitario negativo muy alto (emisiones atmosféricas muy altas)</li> <li>✗ Las cenizas y las emisiones pueden contener patógenos viables.</li> <li>✗ Las cenizas restantes son potencialmente peligrosas</li> <li>✗ No cumple con el Convenio de Estocolmo</li> </ul>

### Aspectos de Salud Ambiental

La combustión y la combustión lenta a baja temperatura típicas de la combustión abierta promueven la formación de una gama de productos químicos tóxicos y potencialmente dañinos, incluidas las dioxinas y los furanos. Estos compuestos se forman durante la combustión abierta independientemente de la composición del material que se quema. Los compuestos producidos a partir de fuentes de combustión abierta pueden viajar largas distancias y depositarse en el suelo, las plantas y el agua. La ceniza restante en la pila de quemaduras también contiene contaminantes, que pueden extenderse al suelo y al agua. Además, el humo y las partículas resultantes de las quemaduras al aire libre pueden causar problemas respiratorios (PNUMA 2007, Sección VI). Los agentes patógenos no se pueden eliminar con las temperaturas relativamente bajas de la quema al aire libre y pueden dispersarse en el aire a través de cenizas y otras partículas.

### Requisitos para su instalación

- Espace disponible dans l'enceinte de l'établissement de santé
- Espacio disponible en el recinto del centro de salud
- Capa freática profunda para reducir el riesgo de que los efluentes peligrosos contaminen el agua subterránea.

### Capacidades y consumos

No aplica

# Anexo 1

## Opciones tecnológicas

### Procesos térmicos de baja temperatura

Las tecnologías de tratamiento basadas en el vapor se utilizan ampliamente para destruir los patógenos contenidos en los desechos infecciosos y punzocortantes mediante el uso de calor (energía térmica) durante un período de tiempo definido, dependiendo del tamaño de la carga y el contenido. En general, las tecnologías térmicas de baja temperatura para el tratamiento de residuos operan entre 100 °C y 180 °C y los procesos tienen lugar en ambientes de calor húmedo o seco. El tratamiento térmico húmedo implica el uso de vapor para desinfectar los desechos y se realiza comúnmente en una autoclave o en un sistema de tratamiento a base de vapor (OMS 2014). El tratamiento por microondas y el tratamiento térmico por fricción es esencialmente un proceso térmico húmedo, ya que la desinfección se produce a través de la acción del calor húmedo generado por la energía de microondas o por fricción.

Para garantizar la descontaminación total del material infeccioso, el proceso debe ser validado. El proceso de validación consiste en verificar de manera certificada y claramente documentada que un proceso cumple con los requisitos para los cuales fue diseñado (OMS 2016). Parte de esto es la prueba periódica utilizando parámetros de prueba biológicos, químicos y físicos. Debe garantizarse la inactivación de bacterias vegetativas, hongos, virus lipófilos / hidrófilos, parásitos y microbacterias con una reducción de 6 Log<sub>10</sub> (es decir, reducción de una población inicial de un millón de organismos a cerca de cero) o mayor, y la inactivación de las esporas del *Geobacillus stearothermophilus* o del *Bacillus atrophaeus* en una reducción de 4 Log<sub>10</sub> o mayor (OMS 2014). La confirmación de la inactivación de las bacterias se puede llevar a cabo utilizando indicadores biológicos autónomos (UNDP 2010). Además de la validación del proceso, para cada ciclo de tratamiento se deben utilizar indicadores químicos. Los indicadores químicos muestran la exposición por medio de cambios físicos y / o químicos y están diseñados para reaccionar a uno o más parámetros del proceso de descontaminación, como el tiempo de exposición, la temperatura y la presencia de humedad. Esto demuestra la eficiencia de descontaminación de residuos de cada ciclo y esto debe ser documentado.

El tratamiento a baja temperatura se puede combinar con métodos mecánicos como trituración, molienda, mezcla y compactación para reducir el volumen de residuos, pero dichos tratamientos no destruyen los patógenos. Las trituradoras y mezcladoras antes del tratamiento pueden mejorar la velocidad de transferencia de calor y aumentar el área superficial de los desechos para el tratamiento. Los métodos mecánicos no deben usarse para desechos infecciosos y agudos antes de que los desechos se descontaminen, excepto si el proceso mecánico es parte de un sistema cerrado que descontamina la cámara del proceso mecánico y el aire antes de que se libere al ambiente circundante. Los métodos mecánicos tienen la ventaja de que el volumen de desechos se reduce, se hace irreconocible y no se puede reutilizar. Sin embargo, el uso de tratamiento mecánico aumenta los costos de inversión, operación y mantenimiento.

### **Procesos a base de productos químicos**

El tratamiento con productos químicos de los desechos sólidos infecciosos es potencialmente problemático debido a la variabilidad de la eficacia química basada en las características de la carga y la generación de desechos líquidos tóxicos. La velocidad y la eficiencia de la descontaminación química dependen de las condiciones operativas, incluido el tipo de desinfectante químico utilizado, su concentración, el tiempo de contacto entre el desinfectante y los desechos, la extensión del contacto, la carga orgánica de los desechos, la temperatura de operación y de los factores que pueden afectar la eficacia del desinfectante como lo son la humedad y el PH. Los sistemas manuales que utilizan desinfección química no son considerados confiables para el tratamiento de residuos (OMS 2014). Se deben neutralizar los productos químicos antes de liberarlos en el sistema. Se ha vuelto menos utilizado el método de remojar los desechos infecciosos y punzocortantes en soluciones de cloro debido a preocupaciones de seguridad ambiental y laboral (PNUMA 2012a). Este documento solo incluye métodos de desinfección química totalmente automatizados que consideran la seguridad para los trabajadores y el medio ambiente, y que monitorean la concentración química continuamente.

### **Incineración**

La incineración es un proceso de oxidación seca que reduce los desechos orgánicos y combustibles a materia inorgánica e incombustible y da como resultado una reducción significativa del volumen y peso de los desechos. La incineración de desechos sanitarios sin tratamiento de gases de combustión libera una amplia variedad de contaminantes a la atmósfera, según la composición de

los desechos. Estos contaminantes pueden incluir partículas como cenizas flotantes, metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, manganeso, níquel y plomo), gases ácidos (cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, dióxidos de azufre, óxidos de nitrógeno), monóxido de carbono y compuestos orgánicos (incluidas dioxinas y furanos, benceno, tetracloruro de carbono, clorofenoles, tricloroetileno, tolueno, xilenos, tricloro -trifluoroetano, hidrocarburos aromáticos policíclicos, cloruro de vinilo). Si los desechos médicos se incineran en condiciones que no constituyen las mejores técnicas disponibles o las mejores prácticas ambientales, existe la posibilidad de liberar dioxinas y furanos en concentraciones relativamente altas. Las dioxinas y los furanos son bioacumulativos y tóxicos.

Los patógenos también se pueden encontrar en residuos sólidos y en los gases de escape y partículas de incineradores mal diseñados y mal operados. Además, los residuos de cenizas de fondo pueden contaminarse con dioxinas, compuestos orgánicos lixiviables y metales pesados y deben tratarse como residuos peligrosos (PNUMA 2012a). Para evitar emisiones peligrosas y la generación de cenizas peligrosas en el fondo y las moscas, los desechos infecciosos y punzocortantes deben tratarse y descontaminarse mediante tecnologías alternativas a la incineración (PNUMA 2003).

# Referencias e información adicional

Batterman (2004). Assessment of small-scale incinerators for health care waste. Available from: ([http://www.who.int/immunization\\_safety/publications/waste\\_management/en/assessment\\_SSIs.pdf](http://www.who.int/immunization_safety/publications/waste_management/en/assessment_SSIs.pdf) accedido enero 2017)

Stolze, Kühling (2009). Treatment of infectious waste: development and testing of an add-on set for used gravity displaced autoclaves. Waste Management and Research.

UNDP (2010). Guidance on Microbiological Challenge Testing for Medical Waste Autoclaves. ([http://www.lvif.gov.lv/uploaded\\_files/UNDP/Dokumenti/EN\\_Guidance\\_on\\_Microbiological\\_Challenge\\_Testing\\_for\\_Medical\\_Waste\\_Autoclaves.pdf](http://www.lvif.gov.lv/uploaded_files/UNDP/Dokumenti/EN_Guidance_on_Microbiological_Challenge_Testing_for_Medical_Waste_Autoclaves.pdf) accedido 24 junio 2019)

PNUMA (2012a). Compendium of Technologies for Treatment/ Destruction of Health care Waste. (<https://www.unenvironment.org/resources/report/compendium-technologies-treatmentdestruction-healthcare-waste> accedido 24 junio 2019).

PNUMA (2012b). Application of the Sustainability Assessment of Technologies Methodology: Guidance Manual. (<https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/17340/retrieve> accedido 24 junio 2019).

PNUMA (2007). Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales conforme al artículo 5 y anexo c del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. (<http://chm.pops.int/Implementation/BATandBEP/BATBEPGuidelinesArticle5/tabid/187/Default.aspx> accedido 29 abril 2020).

PNUMA (2004). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. (<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx> accedido junio 2016).

PNUMA (2003). Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health care Waste. (<http://archive.basel.int/pub/techguid/tech-biomedical.pdf> accedido enero 2017).

USEPA (1999). Wastewater Technology Fact Sheet: Ozone Disinfection. Document no: EPA 832-F-99-063 (<https://www3.epa.gov/npdes/pubs/ozon.pdf> accedido agosto 2017).

WEDC (2002). Emergency Sanitation. Water, Engineering and Development Centre Loughborough University Leicestershire. Loughborough University. ([http://wedc.lboro.ac.uk/reFuentes/books/Emergency\\_Sanitation\\_-\\_Complete.pdf](http://wedc.lboro.ac.uk/reFuentes/books/Emergency_Sanitation_-_Complete.pdf) accedido 24 junio 2019)

OMS (2016). Decontamination and reprocessing of medical devices for health care facilities. (<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250232/1/9789241549851-eng.pdf> accedido 24 junio 2019).

OMS (2014). Safe management of wastes from health care activities. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/wastemanag/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wastemanag/en/) accedido 24 junio 2019).

OMS (2007). WHO core principles for achieving safe and sustainable management of health care waste. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/medicalwaste/hcwprinciples.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/hcwprinciples.pdf) accedido 24 junio 2019)

OMS (2004). Safe health care waste management: Policy paper. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. ([http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/hcwmpolicy/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/hcwmpolicy/en/) accedido 24 junio 2019).

OMS (2019). Asamblea Mundial de la Salud. Resolución de Agua, saneamiento e higiene en los centros sanitarios. AMS 72.7. ([https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA72/A72\\_R7-sp.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA72/A72_R7-sp.pdf) accedido 29 abril 2020).

OMS UNICEF (2019). WASH en los establecimientos de salud. Informe de referencia internacional 2019. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. ([https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities-global-report/es/) accedido 24 junio 2019).

OMS UNICEF (2019) El agua, el saneamiento y la higiene en los establecimientos de salud. Medidas prácticas para lograr el acceso universal a una atención de calidad. ([https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/wash-in-health-care-facilities/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-in-health-care-facilities/es/) accedido 24 junio 2019).

## Información adicional y recursos

La **Asociación Internacional de Desechos Sólidos (ISWA)** es una asociación no gubernamental, independiente y sin fines de lucro por estatutos y sigue la declaración de la misión de promover y desarrollar la gestión profesional de desechos en todo el mundo como una contribución al desarrollo sostenible. El Grupo de Trabajo sobre Residuos sanitarios trabaja para promover la provisión integrada de la infraestructura para la gestión segura de los desechos sanitarios en

todo el mundo, en el marco de los objetivos, actividades y medios de implementación establecidos por la Agenda 21 de la Conferencia del Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas: [https://www.iswa.org/iswa/iswa-groups/working-groups/working-groups/wg/show\\_details/working-group-on-healthcare-waste/](https://www.iswa.org/iswa/iswa-groups/working-groups/working-groups/wg/show_details/working-group-on-healthcare-waste/)

Puede encontrar una base de datos alternativa sobre las tecnologías alternativas de la incineración para desechos médicos y sus fabricantes en: <http://www.medwastetech.info>.

Los detalles sobre las tecnologías de tratamiento de residuos, incluidas las capacidades y los costos de capital, se pueden encontrar aquí: <https://www.health-care-waste.org/resources/technologies/>.

Adicionalmente, el Portal de conocimientos de la OMS UNICEF sobre WASH en los centros de salud ([www.washinhcf.org](http://www.washinhcf.org)) proporciona información adicional sobre los métodos y las herramientas para mejorar la gestión segura de los desechos médicos.

El Contacto:

Dependencia de Agua, Saneamiento, Higiene y Salud  
Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y  
Determinantes Sociales de la Salud  
Organización Mundial de la Salud  
20 Avenue Appia  
1211 Ginebra 27  
Suiza  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/es/)

