

**UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO PARA EL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS HOSPITALARIOS Y/O SIMILARES
MEDIANTE INACTIVACIÓN DE ALTA EFICIENCIA**

ALEXANDRA MARÍA BUSTAMANTE VANEGAS
YANET OSORIO OSPINA

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTA DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACION EN MERCADEO GERENCIAL
MEDELLIN
2014

**UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIO PARA EL TRATAMIENTO DE
RESIDUOS HOSPITALARIOS Y/O SIMILARES
MEDIANTE INACTIVACIÓN DE ALTA EFICIENCIA**

ALEXANDRA MARÍA BUSTAMANTE VANEGAS
YANET OSORIO OSPINA

Monografía como requisito para optar al título de
Especialista en Mercadeo Gerencial

Asesora Metodológica
LINA MARCELA ACEVEDO CORREA
Magíster en Derecho

Asesor Temático
JORGE ENRIQUE VANEGAS OSORIO
Magíster en M.B.A

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTA DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACIÓN EN MERCADEO GERENCIAL
MEDELLÍN
2014

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, agosto de 2014

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	8
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO CONCEPTUAL	18
1.1 LOS MÉTODOS DE DESACTIVACIÓN PUEDEN SER	20
1.1.1 Desactivación de alta eficiencia.	20
1.1.1.1 Desactivación mediante autoclave de calor húmedo.	20
1.1.2 Desactivación por calor seco.	22
1.1.3 Desactivación por radiación.	23
1.1.4 Desactivación por microondas.	23
1.1.5 Desactivación mediante el uso de gases.	24
1.1.6 Desactivación	24
1.1.7 Mediante equipos de arco voltaico.	24
1.1.8 Desactivación por incandescencia.	24
1.2 TIPOS DE AUTOCLAVE	27
1.2.1 Autoclaves de gravedad	27
1.2.2 Autoclaves de vacío	27
1.3 FUNCIONAMIENTO AUTOCLAVE.	28
2. COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE NEUTRALIZACIÓN DE RESIDUOS CON POTENCIAL PELIGROSO	32
2.1 RESIDUO PELIGROSO	34
2.2 ASPECTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA RESIDUOS PELIGROSOS	35
2.2.1 Tecnologías de tratamiento de residuos peligrosos.	35
2.2.2 Clasificación de sistemas de tratamientos	36
2.3 TRATAMIENTO RESIDUOS PELIGROSOS	37
2.3.1 Incineración.	37

2.3.2 Desactivación de Alta Eficiencia.	38
2.3.3 Autoclavado.	38
2.3.4 Otras Tecnologías de tratamiento de residuos infecciosos.	39
2.4 TIPOS DE AUTOCLAVE	39
2.5 CONDICIONES Y USO SEGURO DE UN AUTOCLAVE	41
2.6 CONTROL Y MANTENIMIENTO DE UN AUTOCLAVE	42
2.6.1 Indicadores biológicos	42
2.6.2 Mantenimiento de Registros	43
2.6.3 Practicas Generales de Seguridad con un Autoclave	43
2.7 AUTOCLAVE A INSTALAR	45
2.7.1 Funcionamiento – manejo.	48
3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS QUE PUEDE GENERAR UN SISTEMA DE AUTOCLAVE EN SUS DIFERENTES ETAPAS, JUZGANDO LAS CARACTERÍSTICAS QUE POSEE ESTE PROCESO PARA PONER UNA PROYECCIÓN CONFORME A LA MINIMIZACIÓN DE LOS MISMOS	51
3.1 IMPACTOS ESPERADOS	51
3.2 DEFINICIÓN DEL NEGOCIO	53
3.3 INSTRUMENTOS Y FUENTES A UTILIZAR	53
CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
CIBERGRAFÍA	56
ANEXO. RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	58

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación Tiempo/Temperatura/Presión para la esterilización en autoclave.	31
Tabla 2. Estudio de Evaluación de impacto ambiental de una planta de autoclave para residuos hospitalarios. Comunicación y Solicitud de la Autorización ambiental previa ante DINAMA.	52
Tabla 3. Estándares Microorganismos	64

TABLA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Proceso de Inactivación	14
Ilustración 2. Autoclave u olla a presión	20
Ilustración 3. Desactivación.	26
Ilustración 4. Proceso de funcionamiento de autoclave.	28

GLOSARIO

AUTOCLAVE: tratamiento de alta eficiencia, que tiene por objeto eliminar la carga biológica contaminante de Residuos hospitalarios y/o similares.

DESACTIVACIÓN: es el método, técnica o proceso utilizado para transformar los residuos hospitalarios y similares peligrosos, inertizarlos, si es el caso, de manera que se puedan transportar y almacenar, de forma previa a la incineración o envío al relleno sanitario, todo ello con objeto de minimizar el impacto ambiental y en relación con la salud.

EMPRESA ESPECIAL DE ASEO: son las personas naturales o jurídicas encargadas de la prestación del Servicio Público Especial de Aseo para residuos hospitalarios peligrosos. El servicio incluye entre otras, las actividades de recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los mismos, mediante la utilización de la tecnología apropiada, a la frecuencia requerida y con observancia de los procedimientos establecidos por los Ministerios del Medio Ambiente y de la Protección Social, de acuerdo con sus competencias, con el fin de efectuar la mejor utilización social y económica de los recursos administrativos, técnicos y financieros disponibles en beneficio de los usuarios de tal forma que se garantice la salud pública y la preservación del medio ambiente.

ENVIASEO E.S.P: empresa pública de aseo del Municipio de Envigado.

INCINERACIÓN: es el proceso de oxidación térmica mediante el cual los residuos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y restos sólidos incombustibles bajo condiciones de oxígeno estequiometrias y la conjugación de tres variables: temperatura, tiempo y turbulencia. La incineración contempla los procesos de pirólisis y termólisis a las condiciones de oxígeno apropiadas.

RESIDUO: cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda su generador, no utilizado por la actividad principal, pero susceptible de ser utilizado posteriormente de forma externa o interna.

RESIDUO PELIGROSO: es aquel desecho que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad, puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al ambiente.

RESIDUOS BIOSANITARIOS: son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente tales como: gasas, apósitos, aplicadores, algodones, drenes, vendajes, mechas, guantes, bolsas para transfusiones sanguíneas, catéteres, sondas, material de laboratorio como tubos capilares, de ensayo, láminas portaobjetos y laminillas cubreobjetos, sistemas cerrados y sellados de drenajes y ropas desechables o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica introduzca para los fines previstos en el presente numeral.

RESIDUOS HOSPITALARIOS: son aquellas sustancias, materiales, subproductos sólidos, líquidos, gaseosos, que son el resultado de una actividad ejercida por el generador; que se define como la persona natural o jurídica que produce residuos hospitalarios relacionados con la prestación de servicios de salud por lo cual se implementa la gestión integral que abarca el manejo, la cobertura y planeación de todas las actividades relacionadas con los residuos hospitalarios desde su generación hasta su disposición final.

TRATAMIENTO: es el proceso de transformación física, química o biológica utilizado para modificar sus características, con el propósito de disponerlos. la

selección del sistema de tratamiento o procesos de eliminación especializada radica en las condiciones de los residuos.

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad identificar los beneficios ambientales y económicos de la implementación de un Autoclave en la Empresa Enviaseo E.S.P; como tratamiento de residuos hospitalarios y/o similares que cumplan las características para aplicar la inactivación por este método.

El autoclave es una tecnología cuya aplicación en el ámbito hospitalario es ampliamente usado. Solo persigue la desinfección de los residuos. Se basa en la eliminación de los agentes infecciosos, presentes en los residuos hospitalarios mediante la utilización controlada de vapor saturado, a presión y temperaturas suficientes, durante un lapso de tiempo determinado¹.

Esta nueva estrategia de negocio ayudara a mejorar la rentabilidad del servicio especial Ruta Hospitalaria y a minimizar los impactos ambientales generados en la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

PALABRAS CLAVE: Autoclave; Impacto ambiental; Inactivación; Residuos Peligrosos; Tratamiento

¹ Wikipedia. *Autoclave* [En línea] [citado, 11 Agosto de 2013]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Autoclave>.

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones de todo tipo están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental mediante el control de los impactos de sus actividades, productos y servicios sobre el medio ambiente, acorde con su política y objetivos ambientales. Lo hacen en el contexto de una legislación cada vez más exigente, del desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar la protección ambiental y de un aumento de la preocupación expresada por las partes interesadas por los temas ambientales incluido el desarrollo sostenible.

Los residuos hospitalarios requieren de tratamientos y cuidados especiales, que cuentan con una amplia reglamentación; la cual evita malos manejos y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

En Medellín-Valle de Aburrá se generan cerca de 6.000 toneladas/año de residuos hospitalarios, los cuales presentan un riesgo para la población debido a su transporte, tratamiento y disposición final. El transporte es costoso debido a las condiciones que deben reunir los vehículos y al acondicionamiento de los sitios de recolección; el tratamiento más utilizado es la incineración que consiste en quemar los residuos en hornos especiales mediante un proceso de combustión controlada y a altas temperaturas, presentando el peligro de emisión de dioxinas y furanos, los cuales son cancerígenos por lo que las cenizas resultantes deben disponerse en un relleno de seguridad; lo que implica más costos para la empresa prestadora del servicio de aseo².

² Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Guía para el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Valle de Aburra*. (2004).

El otro método de tratamiento de estos residuos es la inactivación de alta eficiencia, aunque algunos hospitales privados disponen de sistemas para inertización por autoclave, los equipos son costosos y el residuo queda hidratado lo cual permite su descomposición y emisiones de vapores contaminantes.

La alternativa de inactivación de alta eficiencia para residuos Biosanitarios, es mucho más económica y fácil de controlar, además de no emitir contaminantes a la atmosfera o al exterior, y los residuos pueden enviarse posteriormente a relleno sanitario ya que adoptan las características de ordinarios.

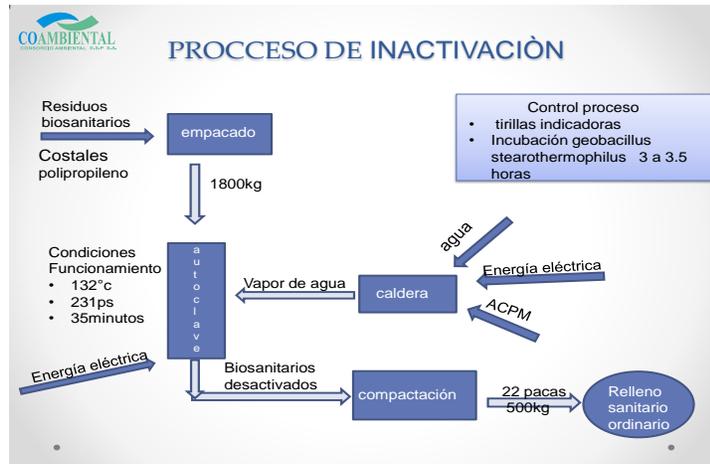
Por esto es pertinente analizar el costo- beneficio de tener una alternativa o negocio propio de inactivación de residuos hospitalarios y/o similares mediante un autoclave de alta eficiencia en Enviaseo E.S.P.

Enviaseo E.S.P presta el servicio de recolección y transporte de Residuos Peligrosos, Hospitalarios y/o Similares hace aproximadamente 12 años, el mismo tiempo que lleva contratando el servicio de Tratamiento (Incineración e Inactivación de Alta eficiencia) y disposición Final de dichos residuos; pagando por un servicio que puede ser propio; invirtiendo en maquinaria de alta calidad, eficiencia; y ahorrando gastos innecesarios de operación y tratamiento.

Con todo lo anterior cabe preguntarse: **¿por qué es más efectivo para Enviaseo E.S.P desde el punto de vista costo-beneficio tener un sistema propio de tratamiento de residuos hospitalarios y/o similares?**

De forma general se quiso Identificar porque es más efectivo tener un propio sistema de autoclave para el manejo y disposición final de los residuos resultantes en la recolección de la ruta hospitalaria de la empresa Enviaseo E.S.P.

Ilustración 1. Proceso de Inactivación.



Fuente: <http://www.coambiental.com>.

Para esto se compararon los diferentes sistemas de neutralización de residuos con potencial peligroso y se identificó el que más se ajuste según los requerimientos observados en la Enviaseo E.S.P; además se proyectara a partir de un diagnóstico situacional de la empresa Enviaseo E.S.P. un plan de implementación y desarrollo de un Autoclave como sistema de desactivación de residuos hospitalarios y/o similares en el cual se evaluarán los impactos que puede generar este sistema en sus diferentes etapas, juzgando las características que posee este proceso para poner una proyección conforme a la minimización de los mismos.

Este trabajo se realiza para concientizarnos ante la evidente realidad del inadecuado manejo, tratamiento y disposición final de residuos hospitalarios y/o similares, cuya problemática ha cobrado dimensiones cada vez más complejas por los impactos en la salud pública y el medio ambiente; la tarea es gestionar proyectos que permitan contrarrestar este tipo de dificultades.

Los residuos con potencial de peligro o de origen hospitalario generan una problemática tanto ambiental como de salud para las personas, ya que el contacto directo con algún residuo contaminado puede ocasionar problemas de salud, además en su tratamiento y disposición final si no es completamente desactivado y deshidratado ocasiona problemas medioambientales en los rellenos sanitarios en los que son depositados.

El método de autoclave proporciona economía a la hora de tratar este tipo de residuos; el consumo de energía es poco ya que los factores que influyen en el proceso como el vapor de agua ofrecen una velocidad de calefacción superior a la que se puede alcanzar con otro factor como el agua, además de evitar procedimientos de control, caso contrario al del fuego utilizado en los hornos incineradores. No originan gastos superiores al proceso principal ya que los resultados obtenidos pueden tratarse de forma regular como residuos ordinarios. Es por esto que se comprobaba la viabilidad de implementar un sistema de tratamiento de Autoclave con el propósito de minimizar el riesgo contenido en los desechos de origen hospitalario y disminuir el coste asociado al tratamiento por medio de la incineración³.

El resultado de los estudios e informes emitidos por las autoridades ambientales, dan cuenta de la dimensión de la crisis, y a pesar de que en Colombia se cuenta con una buena estructura en materia de servicios públicos y una normatividad que le sirve de soporte, la realidad que se vive hace necesario cuestionarse sobre la necesidad de establecer programas y proyectos que le garanticen a la población la sostenibilidad del medio ambiente a partir de la implementación de tecnologías limpias y económicamente sostenibles.

³ Díaz, M.E, & Rincón, M.C. 2009.

Partiendo de lo señalado anteriormente, se presentara en este trabajo la viabilidad técnica, administrativa, operativa y financiera de dicho proyecto en la Empresa de servicios públicos del Municipio de Envigado; Enviaseo E.S.P.

Se busca realizar en este tipo de estudio, una metodología exploratoria y explicativa; porque no intenta dar explicación respecto del problema, sino solo recoger e identificar antecedentes generales, números y cuantificaciones, temas y tópicos respecto del problema investigado, sugerencias de aspectos relacionados que deberían examinar a profundidad en futuras investigaciones, además, porque va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, o del establecimiento de relaciones entre conceptos, pues está dirigida a indagar las causas de los problemas o situaciones objeto de estudio. Su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o porqué dos o más variables están relacionadas.

Se elaborara el diseño de un sistema cerrado para operar a presión atmosférica. El sistema deberá estar provisto de un molino que reduzca y controle el tamaño de las partículas, de un sistema de canastas que permitan la recuperación de los sólidos obtenidos y de un sistema de cierre que permita llevar a cabo la operación anterior. Se definirán las limitaciones del sistema. Para controlar la emisión de gases se diseñara un sistema de captura de los orgánicos volátiles mediante tratamientos fisicoquímicos.

El diseño de la cadena de suministro utilizara como modelo los clientes actuales de Enviaseo E.S.P para cuantificar los requerimientos y procedencia de los insumos del proceso, y un sistema adecuado de transporte de los desechos contaminados.

Finalmente se compararan las ventajas y desventajas económicas y operativas del sistema propuesto en relación con el contratado actualmente en la empresa y se realizara una evaluación económica del proceso.

Aunque este tema en Colombia tiene un amplio régimen normativo, de gran aplicabilidad, algunos de los gestores tienen precios altos para el tratamiento y disposición final, además que incumplen con algunos de los aspectos exigidos por las autoridades ambientales competentes.

1. MARCO CONCEPTUAL

Los métodos de asepsia, tratamiento y desactivación de los desechos generados en actividades de atención a la salud humana y animal han estado en constante evolución a lo largo de la historia. Anteriormente a causa de la propagación continua de virus y la mortandad de centenares de personas la preocupación continua por buscar procedimientos y sistemas que le dieran solución a este problema llevo a la invención del digestor de vapor en el año de 1879, lo que hoy se conoce como autoclave; se trataba de un aparato portátil con 6 litros de capacidad calentado por alcohol, con una capacidad calórica mayor a 100 °C, lo que permitía la esterilización de microorganismos patógenos con una eficiencia de un 99.9%.

El autoclave de uso industrial en la actualidad se emplea en diferentes funciones: En la industria alimenticia para esterilizar alimentos enlatados y conservas, en la industria de neumáticos el autoclave es utilizado en procesos de vulcanizado de las llantas, en la textil se usa para el teñido de las telas, en la industria maderera para proteger la madera de parásitos y en el tratamiento de residuos hospitalarios se emplean para la inactivación de microorganismos patógenos contenidos en dichos residuos⁴.

Los autoclaves más frecuentemente utilizados por las empresas encargadas del tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos hospitalarios son los de vacío. Esta máquina saca el aire contenido en la cámara al inicio del primer ciclo, opera con una temperatura entre 132°C a 134°C, este método permite un tiempo de esterilización no superior a cuatro minutos, asimismo en su estructura una bomba de vacío que opera para eliminar el vapor y secar la carga de

⁴ VÁSQUEZ, Bladimir Ernesto. Tesis de Grado "Investigación, Estudio y Recomendaciones de las Medidas Alternativas en el Proceso de Esterilización de Material Hospitalario" [En línea] [09 Agosto de 2013]. Disponible en http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/55/1/030524_tesis.pdf.

material, favoreciendo la solución a un problema frecuente con las anteriores tecnologías que después del proceso de autoclavado; los residuos permanecían en hidratación, lo que permitía una posterior descomposición, ocasionando circunstancias de impacto por manejo de estos lixiviados⁵.

El sistema de recolección, transporte y tratamiento de los residuos biológicos hospitalarios y similares en Colombia no ofrece todas las condiciones de seguridad. La mayoría de estos residuos son incinerados, lo cual presenta riesgos en el transporte, en el almacenamiento y en el mismo tratamiento por la producción de dioxinas y furanos durante la incineración. Una parte de los residuos se trata por autoclave, pero estos sistemas no tienen instalado un eliminador de material orgánico volátil, presentado por lo tanto contaminación del aire y un riesgo elevado de descomposición de los residuos procesados. Este proyecto propone una alternativa de inertización y secado a elevadas temperaturas dotado de un sistema de purificación de los gases producidos durante el proceso. Además propone un sistema de oferta del servicio integral de tratamiento, transporte y disposición final de los residuos procesados.

ENVIASEO E.S.P. contará con una infraestructura que permita contrarrestar la problemática de contaminación ambiental causada por el mal manejo y la mala disposición final de dichos residuos hospitalarios, garantizando una mejor calidad de vida para todos los habitantes del Municipio y demás zonas donde se preste el servicio, contará con equipos para el tratamiento y esterilización de dichos residuos; más aún, cuando en el momento por disposiciones gubernamentales todos los centros de salud y de estética, peluquerías y similares están en la obligación de entregar todos sus residuos generados en sus actividades a una empresa legalmente constituida.

⁵ Villalobos, Alejandro & Paredes Bel Karina. *Gestión de Residuos Sólidos. Técnica, salud, ambiente y competencia*. [En línea] [09 agosto de 2013]. Disponible en: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5022.pdf>.

Por tratarse de un sistema de un costo muy inferior a las tecnologías de tratamiento incineración el mercado potencial es excelente⁶.

Si solamente se cubriera un 20% del total de residuos hospitalarios que se generan en el Valle de Aburra, se tratarían 1.200 ton/año que a un costo de \$1.100/kg, este sistema generarían un ingreso de 1.320 millones de pesos al año.

1.1 LOS MÉTODOS DE DESACTIVACIÓN PUEDEN SER

1.1.1 Desactivación de alta eficiencia.

Ilustración 2. Autoclave u olla a presión



Fuente: <http://www.d4surgical.com/spanish/Autoclave/index.htm>.

1.1.1.1 Desactivación mediante autoclave de calor húmedo.

Un tipo de esterilización por calor húmedo es el hervor, que matará la forma vegetativa de las bacterias patógenas, casi todos los virus, los hongos y sus esporas en diez minutos aproximadamente.

⁶ Dr. Fernando Romegialli. *Manejo Seguro de Residuos Peligrosos*. [En línea] [Consulta: 09 agosto de 2013].<http://www2.udec.cl/matpel/cursos/residuos_peligrosos.pdf>

El flujo libre de vapor es equivalente en temperatura al creado por hervir agua, las endoesporas y algunos virus no son destruidos tan rápido; por eso el hervor del agua no es considerado un agente esterilizante ya que la destrucción de las esporas bacterianas y la inactivación de virus no puede ser siempre asegurada. Por ejemplo, algunas endoesporas pueden resistir este procedimiento por más de veinte horas. Hay que tener en cuenta que normalmente se debe saber a qué tipo de materiales tienes que exponer dicho método⁷.

El vapor saturado actúa como transportador de energía y su poder calórico penetra en los residuos causando la destrucción de los microorganismos patógenos contenidos en los residuos biosanitarios. Sin embargo, los residuos con grasa y materia orgánica voluminosa actúan como barreras obstaculizando el proceso de desinfección, razón por la cual este método no es eficiente para la inactivación de residuos anatomopatológicos y de animales, siendo adecuado para la desactivación de residuos biosanitarios, cortopunzantes y algunos residuos líquidos excepto sangre.

La desactivación debe hacerse a presión de vapor, temperatura y tiempo de residencia que aseguren la eliminación de todos los microorganismos patógenos, garantizando el cumplimiento de los estándares de desinfección establecidos en el Decreto 2676 del 2000, la Resolución 1164 del 2002 y demás normativa establecida por las diferentes autoridades ambientales. El nivel pleno de funcionamiento se alcanza cuando la temperatura es homogénea en todos los sitios de la carga.

La temperatura alcanzada en la autoclave es de 121.5°C y una presión de 15(Lb/in²), por lo tanto el tiempo requerido para la destrucción de la mayoría de

⁷ EMMANUEL, Jorge. *Especificaciones técnicas para Autoclave de vacío para el tratamiento de residuos.*, PhD (2012). UNDP GEF global healthcare waste project. En línea] [Consulta: 09 agosto de 2013] <http://www.gefmedwaste.org/downloads>.

las bacterias resistentes es aproximadamente 15 min. Para objetos más densos, serán requeridos más de 30 minutos, sin olvidar que las condiciones deben ser controladas cuidadosamente para asegurar la correcta esterilización.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, estos deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

1.1.2 Desactivación por calor seco.

Este proceso utiliza aire a altas temperaturas y tiempos de residencia que aseguran la eliminación de microorganismos patógenos. En el llamado Autoclave de calor seco se utiliza aire seco a temperaturas de alrededor de 170°C en un periodo de hasta 2 horas para asegurar la esterilización. No son recomendables temperaturas más altas pues a los 180°C el papel envolvente tiende a carbonizarse, con este tipo de tecnología no se pueden desinfectar los residuos de papeles, textiles o que posean sustancias alcalinas, o grasas entre otras, es decir aquellos que se quemem, volatilicen o licúen a dichas temperaturas. El método por aire caliente requiere un periodo de exposición mayor y temperaturas más altas que los métodos de calor húmedo.

Mientras tanto, el aire caliente es un método efectivo para esterilizar tanto polvos secos y sustancias aceitosas libres de agua como para cualquier tipo de cristalería, como pipetas, frascos y jeringas. Así mismo, el calor seco no erosiona la superficie de vidrio de las jeringas no desechables y no corroe el filo del material cortopunzante como lo hace el vapor. Las capas de materia orgánica, como aceites o grasas, deben ser removidas pues son sustancias que generalmente aíslan del calor seco al material a esterilizar. Por otra parte, el tiempo de exposición requerido al calor seco varía según sea el tipo del material⁸.

⁸ Vásquez, Op. Cit.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

Este proceso no es recomendable para residuos anatomopatológicos y de animales.

1.1.3 Desactivación por radiación.

Contempla la exposición de residuos a la acción de una fracción del espectro electromagnético, como el ultravioleta para superficies o materiales poco densos y delgados, o mediante el uso de otro tipo de radiación como los rayos gamma, más penetrantes.

1.1.4 Desactivación por microondas.

Es un sistema de tratamiento de alta eficiencia que consiste en la utilización de microondas para conseguir un efecto biocida. Combina el triturado de los residuos hospitalarios con el calentamiento interno de los mismos, que se logra con la aplicación de microondas y la inyección de vapor de agua.

Destruye microorganismos por el aumento de temperatura dentro de la masa de residuos, es un proceso relativamente nuevo. Es importante aclarar que no todas las unidades que existen en el mercado sirven para todos los residuos infecciosos; razón por la cual a la hora de adquirir esta tecnología es necesario diferenciar la convencional utilizada en alimentos, de la tecnología de microondas que sirve para los residuos infecciosos.

El tratamiento presenta bajo riesgo de emisiones y contribuye con la reducción del volumen del residuo en un 80 %. El periodo de calentamiento dura alrededor de 30

minutos a una temperatura de hasta 95°C, y el equipo o dispositivo que permite el tratamiento puede ser portátil o fijo.

1.1.5 Desactivación mediante el uso de gases.

Es posible la utilización de gases desinfectantes para la desactivación de residuos, pero los riesgos asociados a su uso no han permitido popularizar esta técnica, la cual requiere de equipos y procedimientos especiales.

1.1.6 Desactivación

1.1.7 Mediante equipos de arco voltaico.

Ciertos residuos cortopunzantes como las agujas pueden ser destruidas mediante la utilización de equipos de arco voltaico; deben poseer un sistema de captura y control de gases y si quedan residuos aún punzantes, éstos serán triturados.

1.1.8 Desactivación por incandescencia.

El residuo es introducido en cámara sellada que contiene gas inerte para que no haya ignición de los residuos, una corriente eléctrica pasa a través de ellos rompiendo las membranas moleculares creando un ambiente plasmático, puede operar sin selección de materiales.

Algunas de las tecnologías aplicadas para los métodos de desactivación son:

- Autoclaves: de gran eficacia y reducido coste, no aptos para objetos sensibles al calor.
- Hornos de aire caliente: poco eficientes en comparación con los autoclaves.

- Óxido de etileno: apto para objetos sensibles al calor, pero deja residuos tóxicos sobre los objetos esterilizados.
- Vapor y formaldehído a baja temperatura: efectivo con instrumentos con cavidades o aberturas tubulares.
- Productos químicos esporicidas: se utilizan a menudo como desinfectantes, pero también permiten esterilizar instrumentos si se utilizan durante periodos prolongados.
- Irradiación: los rayos Gamma y los electrones acelerados son excelentes medios de esterilización.
- Gas plasma.

El principio de esterilización preferido para la esterilización es el calor; así, el autoclave es el método más utilizado para realizarla. Ya que se basa en la eliminación de los agentes transmisibles como esporas, bacterias y virus, presentes en los residuos, mediante la utilización controlada de vapor saturado, a presión y temperaturas suficientes, en un determinado lapso de tiempo.

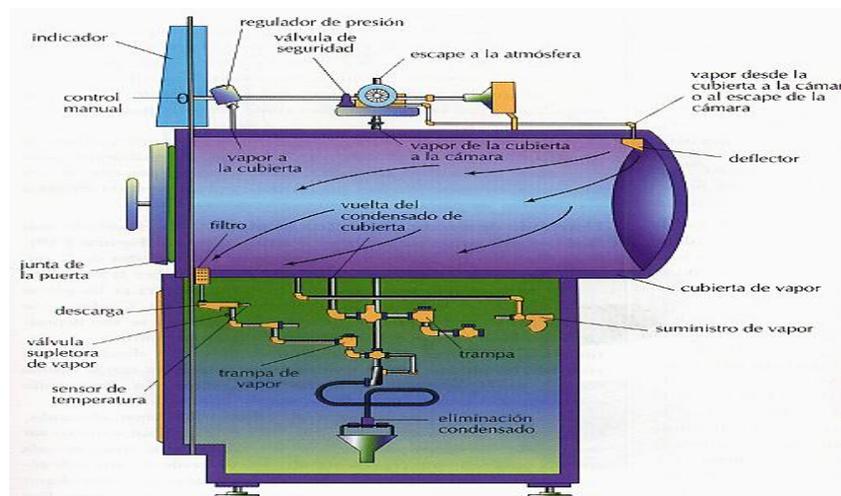
Un autoclave consiste en grandes cámaras de acero inoxidable, con cierre hermético, diseñado para soportar presiones de trabajo (que suelen oscilar entre 1 y 4 atm), es de funcionamiento automático. Es apto para la introducción de vapor de agua a cierta presión y temperatura, así como para el drenaje del vapor condensado; algunos están diseñados para tratar varios kilogramos por hora, y los autoclaves de gran capacidad son capaces de tratar varias toneladas por hora. Los recipientes de autoclaves grandes tienen diámetros interiores de 1 a 2 metros o mayores, y sus longitudes van de los 2 a más de 7 metros.

Normalmente, se recurre a una fuente de vapor externa, pero a veces dispone de una fuente de generación de vapor propia que se puede utilizar en caso de falta de aportación externa.

Los objetos deben ser colocados de manera que el vapor de agua entre en contacto con todas las partes de cada uno de ellos, y el aire no quede atrapado en su interior. El aire que no es reemplazado por vapor crea una bolsa seca, donde la esterilización no será efectiva.

Los autoclaves pueden tratar el rango de residuos infecciosos que incluye cultivos y cepas, objetos cortopunzantes, materiales contaminados con sangre y cantidades limitadas de fluidos, residuos de aislación y cirugía, residuos de laboratorio (excluyendo residuos químicos), y residuos blandos (gasas, vendas, paños, batas, ropa de cama, etc.) del cuidado del paciente⁹.

Ilustración 3. Desactivación.



Fuente: [http:// www.aulavirtual.usal.es](http://www.aulavirtual.usal.es)

⁹ Ministerio del Medio Ambiente y salud. Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. 2002.

1.2 TIPOS DE AUTOCLAVE

1.2.1 Autoclaves de gravedad

En los que el aire contenido en el interior de la cámara es desplazado al exterior, a través de la válvula de drenaje, por el propio vapor. En estos equipos el aire es removido por gravedad, ya que el aire frío es más denso y tiende a salir por un conducto colocado en la parte inferior de la cámara cuando el vapor es admitido. Este proceso es muy lento y favorece la permanencia residual del aire. Estos equipos varían en tamaño. Los hay desde modelos pequeños que se colocan sobre la mesa y son utilizados en clínicas y consultorios.

1.2.2 Autoclaves de vacío

Previamente a la introducción del vapor, se realizan uno o varios ciclos de vacío para extraer el aire contenido en la cámara.

Los más utilizados son los autoclaves de vacío aunque son un 20% más costosos. La fase de purgado del aire se realiza en menos tiempo y con mayores garantías de haber desplazado el aire en todos los puntos de la cámara, evitando la formación de aire en los puntos de difícil acceso. La efectividad de la fase radica en:

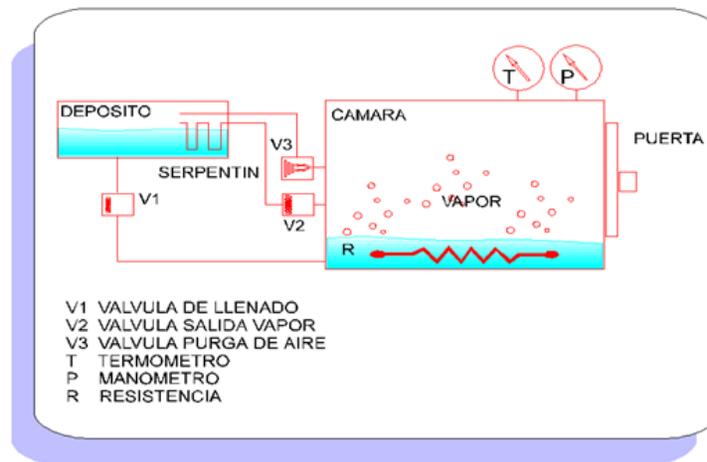
Disminución del tiempo necesario para conseguir las temperaturas y presiones requeridas, lo que permite alcanzar condiciones de trabajo más extremas en un tiempo asumible desde el punto de vista operativo.

La disminución del tiempo en que hay que mantener estas condiciones de trabajo para lograr eliminar los agentes infecciosos presentes. Un ciclo de desinfección en un autoclave de vacío que trabaje a temperatura de 121°C y 1 atm de presión, se

pueden prolongar durante 35 minutos, mientras que en un autoclave de gravedad se aproxima a una hora¹⁰.

1.3 FUNCIONAMIENTO AUTOCLAVE.

Ilustración 1. Proceso de funcionamiento de autoclave.



Fuente: <http://reocities.com/madisonavenue/4364/autocl02.htm>

El agua desmineralizada se encuentra inicialmente en un depósito ligeramente elevado con el fin de que el agua baje por su propio peso hasta la cámara.

Cuando inicio el ciclo el sistema electrónico da paso a través de la válvula de llenado a una cierta cantidad de agua al tiempo que se bloquea la puerta. Secuencialmente se inicia el calentamiento del agua. En este instante la válvula de purga, de funcionamiento térmico, permanece abierta permitiendo al aire caliente fluir a su través hacia el exterior. De este modo se llega a desalojar hasta un 25% del aire interior. Cuando a los 100 °C el agua comienza a hervir, empieza a formarse vapor saturado que va abandonando paulatinamente la cámara a través

¹⁰ Emmanuel, Op. Cit.

de la válvula, condensándose en el depósito recuperador, a medida que aumenta el vapor formado, parte del aire también es expulsado. Una vez que toda el agua se ha evaporado entonces comienza a incrementarse la temperatura. Cuando esta alcanza un valor por encima de 100 °C la válvula de purga se cierra y la presión paulatinamente comienza a subir hasta alcanzar 1 bar en el manómetro a la temperatura de 120 °C. Aquí el calefactor comienza a disminuir su emisión con el fin de mantener esta presión. En este preciso instante arranca el temporizador de ciclo que según el fabricante va de 8 a 20 minutos.

Una vez completado el ciclo se abre la segunda válvula permitiendo salir el vapor al depósito de recuperación a través de un serpentín de condensación. Cuando la presión se iguala a la atmosférica para algunas autoclaves comienza el proceso de secado pero en todos es posible abrir la puerta y retirar utensilios. No es recomendable precipitarse en la apertura de la cabina ya que los materiales están todavía muy calientes y además favorecemos las condensaciones indeseables. Siempre que un equipo disponga de fase de secado se debe intentar cumplirla.

La operación típica de un autoclave de vacío implica lo siguiente:

- **Recolección de residuos:** las bolsas de residuos infecciosos se colocan en una bandeja o carro de metal perforado. Opcionalmente, la bandeja o carro se recubre con revestimientos de plástico aptos para autoclave que permiten que el vapor penetre pero evitan que los residuos se adhieran al recipiente.
- **Pre calentamiento (para autoclaves con camisa de vapor):** Se introduce vapor en la camisa exterior del autoclave.
- **Carga de residuos:** La bandeja o carro metálico se carga en la cámara del autoclave. Con cada carga, se coloca un indicador UNDP GEF Global Healthcare Waste Project: Vacuum Autoclave Technical Specification cromático

en la superficie externa de la bolsa de residuos en el centro de la carga de residuos para monitorear el tratamiento.

- Se cierra la puerta de carga, y la cámara queda herméticamente cerrada.
- Evacuación de aire: El aire se extrae mediante vacío previo o vacío por impulso, tal como se explicó anteriormente y se filtra o se trata antes de ser liberado a la atmósfera.
- Tratamiento de vapor: Se introduce vapor en la cámara hasta alcanzar la presión o temperatura requerida. Automáticamente, se agrega vapor adicional para mantener la temperatura y presión durante un período de tiempo establecido. Los autoclaves por impulsos de presión varían la presión según un ciclo de proceso establecido.
- Descarga de vapor: Se purga el vapor de la cámara, normalmente a través de un condensador, para reducir la presión y la temperatura. En muchos sistemas, se utiliza un ciclo de post-vacío para extraer el vapor residual y secar los residuos.
- Descarga: En general, se espera un tiempo para que los residuos se enfríen aún más. A continuación, se extraen los residuos tratados y se evalúa la tira indicadora. El proceso debe repetirse si el indicador cromático muestra que el ciclo de tratamiento fue insuficiente.
- Documentación: se mantiene un registro en el que se ingresa la fecha, hora y nombre del operador; cantidad de residuos tratados; los datos de tiempo-temperatura-presión tomados por el equipo; y los resultados de indicadores de monitoreo tales como la tira integradora de vapor.

- Tratamiento mecánico: Si se lo desea, los residuos tratados pueden ser colocados en un triturador o compactador antes de ser desechados en un relleno sanitario.

En su fabricación algunos sistemas incluyen algunos elementos opcionales como: controles de computadora programable, vías y elevadores para los carros, registro de los parámetros de tratamiento, balanzas, carros aptos para autoclave y lavadores de carros, sistemas para reducción de olores, sensores para detectar residuos radiactivos o químicos, y trituradores¹¹.

Relación Tiempo/Temperatura/Presión que se recomienda para la esterilización en autoclave.

Tabla 1. Relación Tiempo/Temperatura/Presión para la esterilización en autoclave.

Tiempo Desde que alcanza temperatura Y presión	Temperatura	Presión
15 minutos	121 °C ó 249 °F	1.5 Atm
10 minutos	126 °C ó 258.8 °F	2.0 Atm
3 minutos	273.2 °C ó 273.2 °F	2.9 Atm

¹¹ Corpas Iguaran, Eduardo Javid y Sánchez Calderón, Adolfo León. (2009)

2. COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE NEUTRALIZACIÓN DE RESIDUOS CON POTENCIAL PELIGROSO

Enviaseo nace el 5 de junio de 1996, como Empresa Industrial y Comercial del Estado del Orden Municipal, su labor contribuye a elevar la calidad de vida de la comunidad a través de la prestación de los siguientes servicios.

Servicio público de aseo: bajo sus dos modalidades ordinarias y especiales; Ordinario; comprende la recolección, transporte, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos que por sus características pueden ser recogidos en vehículos compactadores y Especial; es el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos que por sus características no puede ser manejados, tratados o dispuestos normalmente es el caso de: escombros, tierra, muebles viejos etc; además se presta el servicio de ruta hospitalaria dirigida a hospitales, clínicas, laboratorios, consultorios, farmacias, centros de estética entre otros.

Además se prestan otros servicios tales como: Asesoría y consultoría: dirigido a municipios e instituciones que en la búsqueda de la excelencia, desean conformar una empresa de servicios públicos de aseo; Formación a la comunidad: programa integral de educación y sensibilización, promovemos capacitaciones y asesorías a empresas, unidades residenciales e instituciones educativas, interesadas en fomentar la Cultura de la no Basura, la separación y recuperación de residuos sólidos.

Dentro de los servicios especiales que presta se recogen y transportan Residuos Hospitalarios y/o similares los cuales necesitan un tratamiento y disposición final especializados según sus características y manejo de la siguiente manera:

Residuos infecciosos o de riesgo biológico: Son aquellos que contienen microorganismos tales como bacterias, parásitos, virus, hongos, virus oncogénicos y recombinantes como sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueden producir una enfermedad infecciosa en huéspedes susceptibles. Cualquier residuo hospitalario y similar que haya estado en contacto con residuos infecciosos o genere dudas en su clasificación, por posible exposición con residuos infecciosos, debe ser tratado como tal.

Estos residuos se clasifican en:

Biosanitarios: Son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente tales como: gasas, apósitos, aplicadores, algodones, drenes, vendajes, mechas, guantes, bolsas para transfusiones sanguíneas, catéteres, sondas, material de laboratorio como tubos capilares, de ensayo, láminas portaobjetos y laminillas cubreobjetos, sistemas cerrados y sellados de drenajes y ropas desechables o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica introduzca para los fines. Tratamiento: Inactivación de alta eficiencia, Disposición Final: Relleno sanitario.

Anatomopatológicos: Son aquellos provenientes de restos humanos, muestras para análisis, incluyendo biopsias, tejidos orgánicos amputados, partes y fluidos corporales, que se remueven durante cirugías, necropsias, u otros. Tratamiento: Incineración, Disposición Final: Relleno de Seguridad.

Cortopunzantes: Son aquellos que por sus características punzantes o cortantes pueden originar un accidente percutáneo infeccioso. Dentro de éstos se encuentran: limas, lancetas, cuchillas, agujas, restos de ampollitas, pipetas, láminas de bisturí o vidrio y cualquier otro elemento que por sus características

cortopunzantes pueda lesionar y ocasionar un accidente infeccioso. Tratamiento: Incineración, Disposición Final: Relleno de seguridad.

Esta investigación se centrara en el tratamiento de residuos biosanitarios que son los manejados por medio de autoclave y se analizaran los diferentes sistemas de neutralización que existen.

2.1 RESIDUO PELIGROSO

Es aquel que por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos. Son ejemplos de residuos peligrosos los que provienen de: Residuos hospitalarios, Residuos de industria química e industria farmacéutica, Residuos de la actividad agropecuaria o forestal como fungicidas, plaguicidas, biocidas; Residuos de la industria energética tales como los aceites de transformadores eléctricos; Residuos de la industria del petróleo tales como bituminosos, alquitran, emulsiones acuosas; Residuos de la industria textil tales como cromo oxidado, colorantes, ácidos; Residuos os de la industria militar o industria afín; Residuos de centros de investigación científica, tales como solventes y reactivos usados, etc. Según el Decreto 4741 de 2005 los generadores de residuos peligrosos deben contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento o disposición final con empresas que cuenten con licencias, autorizaciones o permisos ambientales¹².

¹² Ministerio De Medio Ambiente y Salud. Decreto 2676 de 2000

2.2 ASPECTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA RESIDUOS PELIGROSOS

Cada país necesita un Sistema de Control Nacional para los residuos peligrosos. Ese sistema debe contener cuatro componentes vitales para ser exitoso.

Legislación y regulaciones, Implementación y procedimientos de control apropiados; Adoptar servicios adecuados para el reciclaje, tratamiento y disposición de residuos peligrosos y la introducción de la capacitación adecuada para los empleados del gobierno que fiscalizan, así como también para los operadores de plantas y para el público en general a través de programas educativos.

2.2.1 Tecnologías de tratamiento de residuos peligrosos.

Existen muchas tecnologías diferentes de tratamiento de residuos peligrosos que pueden ser utilizadas antes de la disposición de estos residuos. Su propósito es el de modificar las propiedades físicas o químicas de los residuos, además de reducir el volumen, inmovilizar componentes tóxicos o detoxificar estos compuestos.

El escoger el mejor medio de tratamiento de un residuo dado depende de muchos factores, que incluyen la disponibilidad de instalaciones, normas de seguridad, costos, etc.

No existe un sistema absolutamente seguro y cualquier sistema de tratamiento tiene asociado un grado de riesgo.

Los posibles sistemas de tratamiento son numerosos, pero en general se pueden clasificar en cuatro categorías:

- 1) Procesos de Separación de Fases: Son potencialmente útiles en la reducción de volumen o recuperación de productos.
- 2) Procesos de Separación de Componentes: Son capaces de segregar físicamente especies iónicas o moleculares de sistemas de residuos unifásicos y multicomponentes.
- 3) Procesos de Transformación Química: Promueven las reacciones químicas para detoxificar, recuperar o reducir el volumen de componentes específicos en los residuos.
- 4) Métodos de Tratamiento Biológico: Envuelven transformaciones químicas por medio de la acción de organismos vivos.

La selección de un proceso de tratamiento para un residuo en particular no es fácil, y se deben considerar: la naturaleza de los residuos, la característica deseada del efluente, aspectos técnicos, consideraciones financieras y económicas, ambientales, energéticas, de operaciones y de mantenimiento, y otro tipo de consideraciones globales.

2.2.2 Clasificación de sistemas de tratamientos

El tratamiento de los residuos peligrosos puede producirse a tres niveles: primario, secundario y terciario o tratamiento final de forma análoga al tratamiento de aguas servidas o residuales. El tratamiento primario es similar a una preparación del residuo para otros tratamientos, aunque se pueden separar subproductos y reducir la toxicidad y la cantidad del residuo; el tratamiento secundario detoxifica, destruye y elimina los constituyentes peligrosos. El tratamiento final o terciario está encaminado al tratamiento de las agua previamente al vertido final.

Los tratamientos de los residuos peligrosos más importantes se pueden clasificar como: Tratamientos Físicos, Tratamientos Químicos, Tratamientos Térmicos, Tratamientos Biológicos, Estabilización / Solidificación.

2.3 TRATAMIENTO RESIDUOS PELIGROSOS

Manejo adecuado que se le da a los residuos peligrosos antes de su disposición final.

2.3.1 Incineración.

La incineración es un proceso para la eliminación de residuos peligrosos que no pueden ser reciclados, reutilizados o dispuestos por otra tecnología. Es un proceso de oxidación térmica, a alta temperatura, en el cual los residuos son convertidos en presencia de oxígeno del aire en gases y residuos sólidos incombustibles

Ventaja: disminuye el volumen considerablemente obteniendo hasta un 10 o 20% de cenizas más un 3% de polvo en las emisiones¹³.

Parámetros de Control que deben tenerse en cuenta para 99,99% de eficiencia de incineración:

- Cámara primaria o de combustión: estática (variante de rejillas estáticas o móviles) o rotatoria. Se produce una gasificación del residuo impidiendo arrastre de cenizas. Deficiencia estequiométrica de oxígeno del 20%. Temperatura 700/850 °C
- Cámara secundaria o de postcombustión: exceso de oxígeno del 3%. Tiempo de residencia entre 1 y 2 segundos en función de la temperatura de 1200 y 850 °C

¹³ Arencibia, Gustavo. *Ciencia y Biología*. [En línea] [08 agosto de 2013]. <http://www.cienciaybiologia.com/medio-ambiente/atmosfera/dioxinas-furanos.php>.

- Sistema de enfriamiento o “quenching”: a 200 °C que prevenga la reformación de sustancias orgánicas persistentes: dioxinas y furanos.
- Sistema de tratamiento de gases: remoción de material particulado (2 etapas: ciclón + filtro de mangas o precipitador electrostático) y depuración de gases (scrubber húmedo + columna de absorción con C activado).
- Carbono orgánico total: menor al 3% en cenizas o escorias. Limitar: el ingreso de Cl al 1% y controlar el ingreso de metales pesados ¹⁴.

2.3.2 Desactivación de Alta Eficiencia.

Es el método, técnica o proceso utilizado para transformar los residuos hospitalarios y similares peligrosos, inertizarlos, si es el caso, de manera que se puedan transportar y almacenar, de forma previa a la incineración o envío al relleno sanitario, todo ello con objeto de minimizar el impacto ambiental y en relación con la salud. En todo caso, la desactivación debe asegurar los estándares de desinfección exigidos por los Ministerios del Medio Ambiente y Salud.

2.3.3 Autoclavado.

Proceso de desinfección/esterilización termal húmedo, en el cual la exposición a vapor saturado de alta temperatura y alta presión de los residuos infecciosos destruye la flora y fauna microbiana tornándola no viable por coagulación de sus proteínas

¹⁴ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Guía: Selección de tecnologías de manejo integral de Residuos Sólidos. 2002.

Parámetros de Control para correcto funcionamiento

- Tiempo de residencia
- Temperatura - del orden de 120 °C
- Presión - entre 30 y 150 libras/pulgada

2.3.4 Otras Tecnologías de tratamiento de residuos infecciosos.

• **Radioondas:** Desactivación electrotérmica. Se utiliza un campo eléctrico que a través de polarización produce movimiento que genera energía focalizada en los componentes de alta constante dieléctrica - agua del citoplasma bacteriano - coagulando proteínas microbianas con ruptura explosiva de la pared celular por aumento de la tensión de vapor del líquido protoplasmático. Elimina los microorganismos a través del calor. Generalmente la tecnología se combina con un reductor de volumen – triturador.

• **Desinfección Química:** Los microorganismos se eliminan mediante la utilización de agentes químicos como el cloro y sus derivados. Se necesita trituración previa. La tecnología no es tan efectiva como otras tecnologías más avanzadas e implica un riesgo mayor para el personal que lo maneja. Sin embargo, puede ser un método efectivo para clínicas con poca generación de residuos.

2.4 TIPOS DE AUTOCLAVE

Un autoclave es un aparato que se utiliza para esterilizar el equipo médico, de belleza y de otro tipo, como los objetos para los tatuajes y las perforaciones. La función básica de esta máquina es eliminar las bacterias. Esto se hace a través de la aplicación de calor, vapor y presión extremos sobre los artículos que se colocan en una cámara de esterilización. Esto se logra eliminando el aire de la cámara de

esterilización para crear un vacío, y después se aplica vapor sobrecalentado. Existen varios tipos de autoclave para utilizarse.

Desplazamiento hacia abajo: la autoclave de desplazamiento hacia abajo también se conoce como unidad de desplazamiento de la gravedad. Esto es debido al método de eliminación del aire en la cámara de esterilización. Un elemento calefactor se sumerge en un recipiente con agua, la cual cuando está caliente se convierte en vapor. Ya que el vapor es más ligero que el aire, este fuerza a que el aire pase por la cámara de esterilización hacia abajo, y hacia afuera a través de un agujero de drenaje. En cuanto la temperatura en la cámara de esterilización es suficiente, el agujero de drenaje se cierra automáticamente y el proceso de esterilización comienza.

Desplazamiento de la presión positiva: un autoclave de desplazamiento de presión positiva es una mejora con respecto al diseño de la unidad de desplazamiento hacia abajo. El vapor se crea en un segundo en una cámara separada y se sostiene hasta que tiene la cantidad apropiada para desplazar todo el aire que está acumulado en la cámara de esterilización. El vapor se libera en la cámara en una explosión de presión, forzando a que salga el aire a través del agujero de drenaje y comenzando el proceso de esterilización. Esta tiene el efecto de un desplazamiento del aire más apropiado que el que puede alcanzar la unidad de desplazamiento hacia abajo.

Desplazamiento de la presión negativa: un autoclave de desplazamiento de la presión negativa es uno de los tipos de unidades más precisas disponibles. En cuanto la puerta de la cámara de esterilización se cierra, una bomba de vapor elimina el aire. El vapor se crea en una cámara separada. Cuando el aire ha sido eliminado completamente de la cámara el vapor se libera en la misma en una explosión de presión muy parecida a la de la unidad de desplazamiento de presión

positiva. La unidad de desplazamiento de presión negativa es capaz de alcanzar un "Nivel de Garantía de Esterilidad", pero el sistema puede ser grande y costoso.

Autoclave de triple vacío: Una autoclave de triple vacío se instala en cierto modo de la misma manera que una unidad de desplazamiento de presión negativa; en esta existe una bomba que elimina el aire de la cámara de esterilización y el vapor se crea en un segundo en una cámara o unidad separada. El proceso empieza con el vacío eliminando el aire y después tiene un impulso de vapor. Esto se repite tres veces, de ahí el nombre de autoclave de "triple vacío". Este tipo de autoclave es adecuado para todos los tipos de instrumento y es muy versátil¹⁵.

Ventajas del Calor Húmedo: Rápido calentamiento y penetración, Destrucción de bacterias y esporas en corto tiempo, No deja residuos tóxicos, Económico.

Desventajas del Calor Húmedo: No se permite para emulsiones con agua, es corrosivo sobre algunos metales.

2.5 CONDICIONES Y USO SEGURO DE UN AUTOCLAVE

Los autoclaves son un componente tan común y familiar que es fácil olvidar los peligros que ellos pueden presentar, incluyendo peligros físicos (por ejemplo, calor, vapor y presión) y peligros biológicos (por ejemplo, materiales infecciosos desinfectados incorrectamente).

Los controles de las diferentes marcas de autoclaves pueden tener sus propias características para llenarlos, para los tamaños de sus cargas, los tipos de ciclos y los ajustes de los ciclos. El tipo de materiales a ser esterilizado determinará el ciclo de esterilización que se usará. Por esta razón, es importante leer y entender

¹⁵ http://www.ehowenespanol.com/tipos-autoclaves-sobre_48201/.

el manual del usuario antes de usar por primera vez el modelo específico del autoclave. Asegúrese siempre que el manual del usuario esté siempre a mano en caso de que se presenten preguntas o dudas durante la operación del autoclave.

2.6 CONTROL Y MANTENIMIENTO DE UN AUTOCLAVE

El seguimiento y mantenimiento del autoclave es un aspecto importante del funcionamiento seguro y apropiado de cualquier autoclave. Siga las recomendaciones del fabricante para el mantenimiento preventivo y asegúrese que todos los técnicos contratados para hacer mantenimiento regular y las reparaciones sean aprobados por el fabricante. Las personas que operan un autoclave deben asegurarse que el control (o seguimiento) de cada autoclave sea como se describe a continuación:

Control de la cinta sensible de calor – Para cada carga, los operadores deben usar como indicador de esterilización la cinta sensible de calor para indicar que la carga ha pasado por un proceso efectivo de esterilización a vapor.

Observe que esta cinta solamente indica que un determinado ciclo alcanzó la temperatura apropiada, pero no indica que se calentó con la presión apropiada o por la cantidad adecuada de tiempo.

Asegúrese que la cinta sensible de calor no contenga un indicador con base de plomo ya que este tipo de cinta debe juntarse y manejarse como desecho peligroso.

2.6.1 Indicadores biológicos

Los operadores que trabajan con bolsas rojas de desechos médicos/biológicos peligrosos necesitan hacer lo siguiente:

- Por lo menos una vez al mes deben usar un indicador biológico como *Bacillus Stearothermophilus*.

2.6.2 Mantenimiento de Registros

Los operadores deben mantener los registros o documentación de mantenimiento preventivo o reparación de cualquier autoclave.

Estos registros deben mantenerse en el cuarto con el autoclave o se debe fijar una señalización que indique la ubicación de los registros que documenten el mantenimiento o reparaciones del autoclave.

2.6.3 Practicas Generales de Seguridad con un Autoclave

No esterilice o use el autoclave con artículos que contengan materiales corrosivos, solventes, volátiles o radioactivos.

Antes de cargarlo

- Antes de usar el autoclave, chequee adentro de la cámara del autoclave por cualquier artículo dejado por la última persona que lo usó que pueda ser un peligro.
- Asegúrese que el colador de escurrimiento esté limpio antes de cargar el autoclave.
- Asegúrese que las gomas de sellar de la puerta no estén deterioradas sino que estén aún intactas y flexibles.
- Chequee periódicamente la cinta y, si hay desechos, sáquelos.

Para cargarlo

- Cargue el autoclave según las recomendaciones del fabricante. No sobrecargue el autoclave. Los líquidos deben estar en una bandeja de plástico resistente al calor y en una pulgada de agua.
- Las piezas individuales de vidrio deben estar en una bandeja de plástico resistente al calor en una rejilla o estante y nunca deben colocarse directamente en la superficie inferior de la cámara del autoclave.
- Asegúrese que la puerta del autoclave esté completamente cerrada y con el pasador.

También asegúrese, antes de comenzar el ciclo, que el ciclo correcto haya sido seleccionado para los artículos que van a ser esterilizados.

Al abrirlo

- Use el equipo de protección personal adecuado (siglas en inglés PPE), incluyendo guantes resistentes al calor, bata de laboratorio, protección para los ojos y zapatos cerrados cuando abra la puerta del autoclave después de un ciclo. Si hay peligro de artículos punzantes use guantes resistentes al calor y a las rasgaduras.

Cuando el ciclo esté terminado, abra la puerta lentamente. Mantenga la cabeza, la cara y las manos alejadas de la puerta¹⁶.

¹⁶ Ministerio De Salud Pública Y Asistencia Social. Zusammenarbeit. *Manual de Operación de Autoclave. Proyecto de mantenimiento hospitalario*. 1997. [En línea] [Consulta: 11 agosto de 2013]). Recuperado de: http://www.actiweb.es/bioingevalle_ltda/archivo3.pdf

2.7 AUTOCLAVE A INSTALAR

El equipo de desinfección a instalar es un Autoclave SA-180. Se trata de un autoclave de funcionamiento automático que trabaja en un ciclo por gravedad (admite el agregado de un sistema de pre y post-vacío). Posee un generador de vapor propio con calefacción eléctrica. La potencia nominal del conjunto autoclave – generador de vapor es de 10,3 kW.

El generador de vapor y la camisa del autoclave constituyen una unidad, por lo que la presión en uno y otro son iguales. Sólo cuando se logran las condiciones adecuadas para iniciar el ciclo de desinfección es que el vapor comienza a ingresar a la cámara de tratamiento, por la parte posterior y deflectando a través de difusores que evitan el golpe directo de la corriente de vapor vivo con los residuos –y en consecuencia las posibilidades de ocurrencia de condensación sobre la carga-. A su vez, al forzar la entrada de vapor por la parte superior de la cámara se logra un mejor contacto con la carga y el desplazamiento del aire presente en la cámara (aproximadamente 25 L a presión y temperatura ambiente) se realiza por barrido tipo pistón hacia el punto inferior de purga del sistema. Este primer arrastre de aire contenido en la cámara de reacción antes del inicio de la carrera de desinfección se hace pasar por un intercambiador de calor, que garantiza su esterilización antes de abandonar el sistema de tratamiento. El intercambiador está constituido por un haz de 6 tubos de cobre de 5/16" en una camisa externa de vapor a 138°C, con una longitud de 60 cm. Dicha geometría asegura que el aire purgado debe salir a una temperatura mínima de 132°C, lo que garantiza su asepsia.

La capacidad del generador de vapor es de 23 L de agua. Se abastece desde una línea de agua que llega al recinto, que es el agua que se distribuye a todos los grifos y equipos del sanatorio.

Debido a los requerimientos de calidad que debe cumplir el agua para trabajar en un circuito de calefacción – vapor para evitar que se produzca el deterioro acelerado de los equipos, se ha previsto el tratamiento previo del agua antes de ingresar al generador de vapor. El tratamiento previsto consiste en una desmineralización a través de intercambio iónico en resinas regenerables, que se implementará a través de sendos cartuchos o kits de resina ácida y básica en la línea de alimentación de agua justo a la entrada el equipo.

El sistema previsto no agrega ninguna complejidad a la operación del equipo, ni complica la gestión de residuos o de efluentes: el kit que se instala tiene un indicador luminoso de su capacidad de intercambio remanente. Cuando dicho indicador advierte del agotamiento de las resinas, el operador retira el cartucho agotado para su regeneración por parte del proveedor. Al retirarlo, el proveedor entrega un nuevo cartucho de respaldo, de modo de no detener la operación del equipo ni emplear agua sin tratamiento en ningún momento. El operador tiene siempre en su poder, entonces, un kit de sustitución.

En cada ciclo completo de tratamiento se gastan entre 4 y 6 L de agua, que es lo que debe ser repuesto cada vez. Mayoritariamente esa agua se va como vapor. Cuando el nivel en el generador cae por debajo de un valor prefijado, entonces no se lo puede poner en operación. De todos modos, el equipo tiene una autonomía de trabajo que le permite realizar hasta dos ciclos de desinfección completos sin recarga de agua, sin poner en riesgo ni la calidad de la desinfección ni la integridad de la instalación.

El equipo está programado para operar a una presión relativa de 1,5 kg/cm² (presión absoluta 2,5 kg/cm²) y cuenta con válvula de seguridad que se activa automáticamente si la presión en el cilindro alcanza los 2,0 kg/cm².

El ciclo programado –a modo de seguridad este programa no admite ser modificado por el usuario- prevé un tiempo efectivo de desinfección de 60 minutos (es el tiempo durante el que se mantiene la presión de trabajo relativa escogida de 1,5 kg/cm²). El ciclo total de trabajo implica los siguientes pasos:

- Encendido del equipo. Se pone en marcha el generador de vapor.
- Pre calentamiento de la cámara de esterilización a la temperatura (presión) de esterilización. Esta etapa ocurre mientras el generador de vapor entra en régimen, ya que va enviando el vapor producido hacia la camisa del autoclave, logrando de este modo el pre calentamiento de la unidad de tratamiento. Durante este período la válvula superior que presuriza la camisa se mantiene cerrada.
- Presurización gradual de la cámara de esterilización con purga automática de aire. Alcanzada la presión de funcionamiento en la camisa, la válvula superior habilita el ingreso de vapor a la cámara de tratamiento. El vapor ingresa por la parte posterior de la cámara y es desviado a través de difusores que fuerzan su acceso a la zona de carga desde la parte superior, barriendo el aire presente en la cámara de reacción hasta que una válvula termostática registra que lo que se está evacuando es vapor vivo y se produce el cierre del dispositivo por dilatación del bimetálico. El aire barrido desde la cámara pasa por un intercambiador de calor materializado por un serpentín por el que circula vapor a 138°C, para esterilizar también este primer aire barrido, que no se desinfecta en el ciclo de tratamiento. La duración estimada de esta etapa es de 15 minutos.
- Alcance de la temperatura de 128°C y mantenimiento de la misma durante 60 minutos; este es el tiempo de desinfección propiamente dicho, de 60 minutos. Cabe hacer notar que la temperatura en la camisa es del orden de por lo menos 8°C más –aproximadamente 136 a 138°C- para mantener en forma homogénea las condiciones deseadas en la cámara de desinfección. Durante este período la

válvula superior se mantiene cerrada, y sólo admite ingreso de vapor cuando registra un descenso en las condiciones interiores de presión –esto ocurre en general asociado con la presencia de condensado en la zona de evacuación, que enfría (y abre) la válvula termostática inferior que regula el envío de material a la purga.

Despresurización gradual y mantenimiento de la temperatura durante 45 minutos. Hasta que no finaliza el período de despresurización no se puede abrir la puerta del autoclave, debido a que una válvula de control (válvula de diafragma) mantiene engranado el cierre hasta que las presiones interior y exterior difieren en menos de un 5%.

Fin del ciclo.

2.7.1 Funcionamiento – manejo.

Para realizar sus tareas, el operador de planta deberá tener su equipamiento de protección personal colocado: delantal de trabajo largo y guantes de seguridad hasta el codo. La operación en la zona de tratamiento implica las siguientes acciones:

- Los residuos a tratar son ingresados al local de tratamiento por la puerta de acceso de residuos contaminados, envasados en bolsas amarillas reglamentarias cerradas, y depositadas sobre las parrillas de la zona de acopio junto a la puerta.
- El operador debe colocar el canasto (vacío) sobre el carro de zona sucia.
- Acercará el carro a la zona de acopio de bolsas, y las colocará de a una, manual y ordenadamente, en el canasto, sin realizar ningún otro tipo de maniobra.
- Trasladará el carro hasta la proximidad del equipo.

- Enfrentando el carro a la puerta del equipo –abierta-, lo empujará hacia el interior del equipo.
- Cerrará la puerta del autoclave.
- Encenderá el equipo.
- A medida que el generador produce vapor, lo envía a la camisa del autoclave, con lo que se logra un precalentamiento del cilindro y de los residuos.
- Alcanzadas las condiciones de trabajo dentro del cilindro (128°C y 1,5 kg/cm² de presión), se inicia la fase de tratamiento propiamente dicha. Ésta ha sido programada para mantener estas condiciones de presión y temperatura durante 60 minutos. Si por alguna razón el ciclo se interrumpe, el controlador lógico programable que comanda el equipo reinicia el cómputo de los tiempos desde cero. Es importante hacer notar que el usuario no puede modificar el programa de desinfección; es necesario solicitarlo al proveedor del equipo.
- Una vez finalizado el tiempo de trabajo, el equipo entra en el ciclo de despresurización gradual, que dura entre 30 y 45 minutos.
- Finalizada la fase despresurización, la puerta del autoclave puede ya abrirse (la instalación cuenta con una válvula de seguridad de diafragma que impide la apertura hasta que la presión interior difiere en menos de un 5% de la presión atmosférica), pero los residuos no deben ser retirados aún: deben permanecer allí durante un tiempo de reposo de entre 60 y 120 minutos antes de ser retirados con destino a la trituración. Este período de reposo y enfriamiento realizado dentro del cilindro de reacción, que insume de una a dos horas, evita la condensación de vapor ante el cambio brusco de condiciones ambientales. Si los residuos reposan en el cilindro del autoclave antes de ser retirados, salen prácticamente exentos de líquido que lixivie, con las consiguientes ventajas en la manipulación y en la fase de trituración. Con la puerta del autoclave abierta, y transcurrido el tiempo de reposo de los residuos tratados (tiempo entre 60 y 120 minutos), el operario -que tiene colocada su indumentaria de seguridad, con guantes de cuero largos, delantal y calzado antideslizante- enfrentará el carro

de zona limpia (o de residuos tratados) a la puerta y tirará del canasto hacia el exterior, dejándolo colocado sobre el carro.

- Trasladará el carro hasta la proximidad del molino.
- El operario colocará una bolsa negra de residuos en la tolva de descarga del molino, asegurándose de que sus bordes cubren ampliamente la zona de caída de los residuos antes de encender el molino e iniciar su operación.
- Con el equipo encendido, el operario comenzará a alimentar la tolva principal del molino colocando allí material esterilizado y empujándolo con el pisón de madera especialmente provisto para ello. A medida que la carga baje, el operario continuará colocando residuos en la tolva, y empujándolos siempre con el pisón hasta la compuerta batiente para que accedan desde allí al conducto que los lleva directamente a la zona de cuchillas¹⁷.

¹⁷ *Ibíd.*

3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS QUE PUEDE GENERAR UN SISTEMA DE AUTOCLAVE EN SUS DIFERENTES ETAPAS, JUZGANDO LAS CARACTERÍSTICAS QUE POSEE ESTE PROCESO PARA PONER UNA PROYECCIÓN CONFORME A LA MINIMIZACIÓN DE LOS MISMOS

El impacto ambiental es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base ambiental.

3.1 IMPACTOS ESPERADOS

Del análisis y descripción del proyecto surge las principales actividades que se realizarán, son:

- 1) La ejecución de las obras de construcción y adecuación para hacer operativa la planta.
- 2) Funcionamiento de la planta de tratamiento: Efluentes líquidos, Vapores al abrir la cámara del Autoclave.
- 3) Emisiones sonoras.
- 4) Residuos sólidos tratados.

Tabla 1. Estudio de Evaluación de impacto ambiental de una planta de autoclave para residuos hospitalarios. Comunicación y Solicitud de la Autorización ambiental previa ante DINAMA.

	Fase Implantación	Operación						Fase de Abandono	
		Transporte	Emisiones			Otros			
	Obras	Residuos Externos	Liquidadas	A la Atmosfera y Sonoras	Residuos Tratados	Mano de Obra	Ubicación de la Planta	Maquinaria	Estructura Edilicia
Calidad de aguas									
Calidad del Aire entorno urbano									
Entorno Urbano									
Población									

	Interacción de Tipo Negativo a Valorar
	Interacción de tipo negativo no relevante
	Interacción de tipo positivo

Fuente: www.mvotma.gub.uy/.../300_25fb943642947edf2a46a97f64ab8a98.html

3.2 DEFINICIÓN DEL NEGOCIO

Las instituciones prestadoras de salud y todas las personas naturales o jurídicas que en ejercicio de sus actividades produzcan residuos hospitalarios y demás residuos con características similares, generados en establecimientos tales como: Hospitales, Clínicas, Centros de Salud, Centros de Cirugía Ambulatoria, Clínicas, IPS, Laboratorios Clínicos, Centros de Estética y peluquerías, son responsables de los altos riesgos de contaminación por la generación de sus residuos hospitalarios y similares, no solo dentro de su infraestructura física, sino también fuera de ella, ya que a través del manejo, presentación, recolección, transporte y disposición final de estos residuos, se transportan y dispersan al medio ambiente contaminantes que pueden poner en peligro la salud humana; es por esto que una empresa prestadora del servicio público de aseo, que tiene como una de sus líneas el servicio de Ruta hospitalaria, debe pensar en soluciones eficientes y económicas para los usuarios y generadores de este tipo de residuos.

3.3 INSTRUMENTOS Y FUENTES A UTILIZAR

Se utilizarán Fuentes Primarias Cualitativas y Cuantitativas como: reuniones, entrevistas, encuestas y observación. Es la fuente documental que se considera material de primera mano relativo a un fenómeno que se desea investigar o relatar; es decir materia prima que se tiene para realizar el proyecto y/o monografía.

CONCLUSIONES

El tema tratado tiene pocas fuentes de investigación y no es muy reconocido y aplicado a nivel nacional y mundial, sin embargo es más efectivo tener un propio sistema de autoclave en la empresa, porque de esta manera se garantiza a los usuarios una mejor prestación del servicio y menores impactos en el medio ambiente.

Por esta razón la investigación e implementación de una alternativa de tratamiento de residuos hospitalarios y/o similares por medio de inactivación de alta eficiencia en la empresa Enviaseo E.S.P, fortalecerá el servicio prestado a los clientes de la Ruta Hospitalaria, generando mayor utilidad e ingresos por el mismo; ya que no se tercerizara el servicio de tratamiento sino que se prestara directamente.

Es necesario pensar a futuro prestar el tratamiento de residuos peligrosos, hospitalarios y/o similares por medio de incineración y de esta manera tener un servicio completo que cumpla con todas las especificaciones legales y ambientales; en este proyecto falta el análisis costo-beneficio, el cual debe plantearse ante las directivas de la empresa para darle viabilidad a la implementación del mismo.

Para seleccionar el modelo de autoclave y analizar los impactos positivos y negativos que el proyecto generaría, deben plantearse las diferentes posibilidades ante la Junta Directiva de la empresa; apoyados principalmente en la economía y ingresos del servicio, y en los beneficios que este traería para nosotros y para los usuarios de Ruta Hospitalaria.

BIBLIOGRAFÍA

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Guía para el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Valle de Aburra. (2004).

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y SALUD. Decreto 2676 de 2000 (22 diciembre de 2000 y Modificaciones del 2002).

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, MAVDT. (2005) Política Ambiental para la Gestión de Residuos o Desechos peligrosos.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Guía: Selección de tecnologías de manejo integral de Residuos Sólidos. 2002.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y SALUD. Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia. 2002

Corpas Iguaran, Eduardo Javid y Sánchez Calderón, Adolfo León. (2009) Validación del proceso de autoclavado de residuos hospitalarios contaminados. Revista médica de Risaralda, Vol 15 N°2, pp 5-12.

Díaz, M.E, & Rincón, M.C (2009) Alcances de la Gestión de Residuos Hospitalarios en el País. En régimen jurídico y ambiental de los residuos peligrosos. Universidad Externado de Colombia (Pp.97-110).

EMMANUEL, JORGE, PhD (2012). Especificaciones técnicas para Autoclave de vacío para el tratamiento de residuos. UNDP GEF global healthcare waste project).

CIBERGRAFÍA

Arencibia Carballo, Gustavo. Ciencia y Biología. [En línea] [08 agosto de 2013]. <<http://www.cienciaybiologia.com/medio-ambiente/atmosfera/dioxinas-furanos.php>>

Autoclave [En línea] [11 Agosto de 2013]).
<http://es.wikipedia.org/wiki/Autoclave>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. Zusammenarbeit (1997). Manual de Operación de Autoclave. Proyecto de mantenimiento hospitalario. [En línea] [11 agosto de 2013]).
http://www.actiweb.es/bioingevale_ltda/archivo3.pdf

Díaz, M.E, & Rincón, M.C 2009). (Tratamiento de Residuos Hospitalarios (2012). Capítulo 2 Tratamiento. [En línea] [09 agosto de 2013]. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_reas/e/fulltext/Ponencias-ID53.pdf>

Gutiérrez de Gamboa, S (2001). Esterilización por calor húmedo. Trabajo practico. [En línea] [09 Agosto de 2013]
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/10_Esterilizaci%C3%B3n_por_calor_seco.pdf
http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/55/1/030524_tesis.pdf

Manejando sus Residuos Peligrosos [En línea] [09 Agosto de 2013]
<http://www.epa.gov/osw/hazard/generation/sgg/handbook/hazrules.pdf>.

Martinez P, Silvana. Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental de una planta de autoclave para residuos hospitalarios. [En línea] [09 agosto de 2013]. Disponible en:
www.mvotma.gub.uy/.../300_25fb943642947edf2a46a97f64ab8a98.html

Romegialli, Fernando. *Manejo Seguro de Residuos Peligrosos*. [En línea] [Consulta: 09 agosto de 2013]. http://www2.udec.cl/matpel/cursos/residuos_peligrosos.pdf.

Vásquez Benítez, Bladimir Ernesto. Tesis de Grado “Investigación, Estudio y Recomendaciones de las Medidas Alternativas en el Proceso de Esterilización de Material Hospitalario” [En línea] [09 Agosto de 2013]. Disponible en http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/55/1/030524_tesis.pdf.

Villalobos, Alejandro & Paredes Bel Karina. *Gestión de Residuos Sólidos. Técnica, salud, ambiente y competencia*. [En línea] [09 agosto de 2013]. Disponible en: <http://www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5022.pdf> .

Wark, Gwen. *Tipos de Autoclaves*. [En línea] [09 agosto de 2013]. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/tipos-autoclaves-sobre_48201/.

ANEXO. RESOLUCIÓN 1164 DE 2002

Desactivación de residuos hospitalarios y similares

Los residuos infecciosos biosanitarios, cortopunzantes y de animales, pueden ser llevados a rellenos sanitarios previa desactivación de alta eficiencia (esterilización) o incinerados en plantas para este fin, los residuos anatomopatológicos y de animales contaminados deben ser desactivados mediante desactivación química de conformidad con el decreto 2676/00.

7.2.4.1. Desactivación de alta eficiencia:

Desactivación mediante autoclave de calor húmedo

El vapor saturado actúa como transportador de energía y su poder calórico penetra en los residuos causando la destrucción de los microorganismos patógenos contenidos en los residuos biosanitarios. Sin embargo, los residuos con grasa y materia orgánica voluminosa actúan como barreras obstaculizando el proceso de desinfección, razón por la cual este método no es eficiente para la desinfección de residuos anatomopatológicos y de animales, siendo adecuado para la desactivación de residuos biosanitarios, cortopunzantes y algunos residuos líquidos excepto sangre.

La desactivación debe hacerse a presión de vapor, temperatura y tiempo de residencia que aseguren la eliminación de todos los microorganismos patógenos, garantizando el cumplimiento de los estándares de desinfección establecidos en este Manual. El nivel pleno de funcionamiento se alcanza cuando la temperatura es homogénea en todos los sitios de la carga.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, estos deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario. Este tipo de residuos podrá ser reciclado en plantas de fundición de metales.

Desactivación por calor seco

Este proceso utiliza altas temperaturas y tiempos de residencia que aseguran la eliminación de microorganismos patógenos. En el llamado Autoclave de calor seco se utiliza aire seco a 180°C, sometiendo los residuos a tiempos de hasta dos horas. Con este tipo de tecnología no se pueden desinfectar los residuos de papeles, textiles o que posean sustancias alcalinas, o grasas entre otras, es decir aquellos que se quemen, volatilicen o licúen a dichas temperaturas.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

Este proceso no es recomendable para residuos anatomopatológicos y de animales¹⁸.

Desactivación por radiación

Contempla la exposición de residuos a la acción de una fracción del espectro electromagnético, como el ultravioleta para superficies o materiales poco densos y delgados, o mediante el uso de otro tipo de radiación como los rayos gamma, más penetrantes.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

Este proceso no es recomendable para residuos anatomopatológicos y de animales

Desactivación por microondas

Destruye microorganismos por el aumento de temperatura dentro de la masa de residuos, es un proceso relativamente nuevo. Es importante aclarar que no

¹⁸ Gutiérrez de Gamboa, S (2001). *Esterilización por calor húmedo*. Trabajo practico. [En línea] [09 agosto de 2013]. http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/10_Esterilizaci%C3%B3n_por_calor_seco.pdf.

todas las unidades que existen en el mercado sirven para todos los residuos infecciosos; razón por la cual a la hora de adquirir esta tecnología es necesario diferenciar la convencional utilizada en alimentos, de la tecnología de microondas que sirve para los residuos infecciosos.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

Este proceso no es recomendable para residuos anatomopatológicos y de animales.

Desactivación mediante el uso de gases

Es posible la utilización de gases desinfectantes para la desactivación de residuos, pero los riesgos asociados a su uso no han permitido popularizar esta técnica, la cual requiere de equipos y procedimientos especiales.

Siempre que este método sea utilizado con residuos cortopunzantes, deben ser triturados antes de ser enviados al relleno sanitario.

Este proceso no es recomendable para residuos anatomopatológicos y de animales.

Desactivación mediante equipos de arco voltaico

Ciertos residuos cortopunzantes como las agujas pueden ser destruidas mediante la utilización de equipos de arco voltaico. Los equipos de arco voltaico deben poseer un sistema de captura y control de gases y si quedan residuos aún punzantes, éstos serán triturados.

Desactivación por incandescencia

El residuo es introducido en cámara sellada que contiene gas inerte para que no haya ignición de los residuos, una corriente eléctrica pasa a través de ellos rompiendo las membranas moleculares creando un ambiente plasmático, puede operar sin selección de materiales.

7.2.4.2. Métodos de desactivación de baja eficiencia

Para realizar la manipulación segura de los residuos que vayan a ser enviados a una planta de tratamiento de residuos peligrosos, deben desinfectarse previamente con técnicas de baja eficiencia de tal forma que neutralicen o desactiven sus características infecciosas, utilizando técnicas y procedimientos tales como:

Desactivación química

Es la desinfección que se hace mediante el uso de germicidas tales como amonios cuaternarios, formaldehído, glutaraldehído, yodóforos, yodopovidona, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio y calcio, entre otros, en condiciones que no causen afectación negativa al medio ambiente y la salud humana. Es importante tener en cuenta que todos los germicidas en presencia de materia orgánica reaccionan químicamente perdiendo eficacia, debido primordialmente a su consumo en la oxidación de todo tipo de materia orgánica y mineral presente.

Estos métodos son aplicables a materiales sólidos y compactos que requieran desinfección de superficie como los cortopunzantes, espéculos y material plástico o metálico desechable utilizado en procedimientos de tipo invasivo.

Los protocolos de desinfección forman parte del PGIRH y serán conocidos ampliamente por el personal que cumple esta función.

Usualmente se recomienda utilizar hipocloritos en solución acuosa en concentraciones no menores de 5000 ppm para desinfección de residuos. En desinfección de residuos que posteriormente serán enviados a incineración no debe ser utilizado el hipoclorito de sodio ni de calcio. El formaldehído puede ser utilizado a una concentración de gas en el agua de 370 gr./litro.

Para los residuos cortopunzantes se estipula que las agujas deben introducirse en el recipiente sin reenfundar, las fundas o caperuzas de protección se arrojan

en el recipiente con bolsa verde o gris siempre y cuando no se encuentren contaminadas de sangre u otro fluido corporal.

El recipiente debe sólo llenarse hasta sus $\frac{3}{4}$ partes, en ese momento se agrega una solución desinfectante, como peróxido de hidrógeno al 20 a 30 %, se deja actuar no menos de 20 minutos para desactivar los residuos, luego se vacía el líquido en lavamanos o lavaderos, se sella el recipiente, introduciéndolo en bolsa roja rotulada como material cortopunzante, se cierra, marca y luego se lleva al almacenamiento para recolección externa.

Este procedimiento previo de desinfección podrá no llevarse a cabo en los siguientes casos:

*Cuando el residuo sea trasladado a una planta de tratamiento ubicada dentro del mismo municipio y los recipientes contenedores sean completamente herméticos y resistentes a rupturas por golpe.

*Cuando la desactivación de alta eficiencia se realice dentro de las instalaciones del generador.

Los lugares donde se manejen residuos infecciosos deben ser descontaminados ambiental y sanitariamente, utilizando desinfectantes tales como flor de azufre, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio o calcio u otros.

Cuando se trate de residuos anatomopatológicos como placentas o cualquier otro que presente escurrimiento de líquidos corporales, deberán inmovilizarse mediante técnicas de congelamiento o utilización de sustancias que gelifiquen o solidifiquen el residuo de forma previa a su incineración o desactivación de alta eficiencia. El congelamiento no garantiza la desinfección del residuo pero sí previene la proliferación de microorganismos.

Dado que el cloro es uno de los precursores en la formación de agentes altamente tóxicos como las Dioxinas y Furanos, no se deben desinfectar con Hipocloritos los residuos que vayan a ser incinerados.

Uso del óxido de etileno:

Conforme al artículo 15 del Decreto 2676 de 2000 en un plazo no mayor a tres años todos los generadores de residuos hospitalarios y similares deberán suprimir el uso del óxido de etileno en mezclas con compuestos fluorocarbonados CFC's³, por ser este último un agente agotador de la capa de ozono, al igual que suprimir el uso de óxido de etileno en sistemas que no sean automatizados por considerarse de alto riesgo para la salud humana y el medio ambiente. De igual manera deberán establecer procesos de verificación para la instalación de los equipos que manejen este agente esterilizante y procesos de monitorización periódica de su concentración en ambiente⁴.

Para equipos de presión positiva se deberá proceder a realizar mínimo 4 recambios de aire (barrido) antes de su apertura.

Estándares máximos de microorganismos

Los procedimientos de desactivación y tratamiento de residuos hospitalarios y similares deberán generar un tipo de residuo que cumpla con los siguientes estándares o límites máximos de agentes microbiológicos, como requisito para poder disponerlos en rellenos sanitarios.

Tabla 2. Estándares Microorganismos

Microorganismos	Límite máximo
Hongo moniliform proliferating	ND
Bacillus subtilis	ND
Bacillus stearothermophilus	ND
Enterococcus faecalis	ND
Mycobacterium tuberculosis	ND
hominia	
Herpesvirus	ND
Poliovirus	ND
Staphilococcus aureus	ND
Pseudomona aeruginosa	ND

ND: No detectable.

La caracterización de estos parámetros se hará como mínimo sobre muestras de residuos correspondientes a 10% de los ciclos de uso del equipo al mes.

Residuos químicos mercuriales

En cuanto a los residuos químicos mercuriales, estos deben ser separados en dos:

- Residuos mercuriales de amalgamas.
- Residuos mercuriales de termómetros.

Los primeros pueden ser aprovechados previo tratamiento o pueden ser introducidos en glicerina, aceite mineral o soluciones de permanganato de potasio al 2 %. Se utilizan estas sustancias en una cantidad igual al peso de los residuos y se envasan en recipientes plásticos con capacidad de 2 litros para luego ser enviados en bolsas rojas selladas y marcadas a rellenos de seguridad, o en su defecto a rellenos sanitarios, para lo cual los residuos deberán ser encapsulados por técnicas como la cementación asegurando que el aglomerado no lixivie, para lo cual deberá realizarse el análisis químico TCLP.

El mercurio de los termómetros rotos debe ser devuelto al proveedor para su aprovechamiento, o recibir el tratamiento previo mencionado cuando no sea posible su reutilización.

Residuos químicos de medicamentos

Los medicamentos usados, vencidos, deteriorados, mal conservados o provenientes de lotes que no cumplen especificaciones de calidad, son considerados como residuos peligrosos y representan un problema sanitario y ambiental que debe ser resuelto.

Los generadores y prestadores de servicios deben tomar las medidas para el almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos de fármacos y sus empaques o envases, de forma segura, atendiendo a su composición química, toxicidad y estado físico.

El tratamiento que presenta este manual en el anexo 2 será el aplicado a los residuos químicos de medicamentos.

Residuos Químicos reactivos (líquidos reveladores)

Estos residuos se encuentran en la clasificación como residuos peligrosos químicos reactivos (provenientes del revelado de placas de rayos x); deben devolverse al proveedor, quien realizará el tratamiento fisicoquímico para reciclaje cuando haya lugar o de lo contrario efectuara su disposición final previa obtención de permisos, licencias y/o autorizaciones

Residuos anatomopatológicos

Los residuos infecciosos anatomopatológicos una vez se generen, serán desinfectados (desactivación química de baja eficiencia) antes de ser llevados al almacenamiento central refrigerado, se colocan en bolsa a prueba de goteo y se congelan para su posterior tratamiento y disposición final¹⁹.

¹⁹ *Manejando sus Residuos Peligrosos* [En línea] [09 Agosto de 2013] <http://www.epa.gov/osw/hazard/generation/sqg/handbook/hazrules.pdf>