



**Facultad de Facultad Ingeniería y Computación**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS  
SÓLIDOS EN ESTABLECIMIENTOS MÉDICOS Y DE SALUD”**

Trabajo de Investigación presentado por los  
alumnos de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Industrial:

*Tohalino Salinas, Claudia Cecilia  
Zambrano Navarrete, Cristhian Paolo*

Para optar el grado académico de Bachiller en  
Ingeniería Industrial

**ASESOR:** Mg. JOSE ALBERTO AGUILAR FRANCO

AREQUIPA, 2019

## TÍTULO

“Análisis de un sistema para el tratamiento de residuos sólidos hospitalarios”  
“Analysis of a system for the treatment of hospital solid waste”

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedicamos en primer lugar a Dios, ya que él nos da la fuerza de seguir día a día, guiándonos para poder culminar nuestra carrera.

A nuestros padres, que gracias a ellos tenemos la posibilidad de poder estudiar una carrera profesional y ser personas de bien.

A nuestros amigos que nos apoyaron a lo largo de nuestra vida para poder lograr nuestros objetivos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por iluminarnos en los momentos en los que pensábamos que no había salida, por ser nuestro apoyo y darnos fortaleza de seguir con nuestros sueños y objetivos.

A nuestros padres por siempre darnos la mano cuando más lo necesitamos, por ser los que nos impulsan a seguir adelante cada día, por confiar en nosotros, por creer en nosotros en que podemos lograr terminar una carrera profesional y ser alguien en la vida.

Agradecemos a los docentes que nos compartieron sus conocimientos para nuestra formación en cada uno de los cursos que llevamos a lo largo de la carrera en la Universidad Católica San Pablo.

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La presente investigación realiza la propuesta de un sistema para el tratamiento de los residuos sólidos que son generados en los centros hospitalarios. La norma técnica y leyes que rigen en el sector salud y residuos sólidos dicen que los centros médicos solo deben disponer sus residuos sólidos, mas no tratarlos. El sistema que estamos proponiendo se da desde el acopio, hasta el proceso de tratamiento en la planta. Uno de los métodos de tratamiento según la norma es el de Autoclave (MINS/DIGESA, 2018), la investigación está basada en este método ya que a comparación de la incineración, este no contamina el medio ambiente. Se hará el recojo de los residuos sólidos en los centros hospitalarios y luego se procederá a llevar a la planta para poder hacer el respectivo tratamiento.

**Palabras Clave:** Tratamiento, Residuos Sólidos, Centros hospitalarios, Autoclave.

## ABSTRACT & KEYWORDS

The investigation realize the proposal of a system for the treatment of the solid residues that are generated in the hospitable centers. The technical norm and the laws that govern the health sector and solid waste say that medical centers should only eliminate their solid waste, but not treat it. The system we propose is delivered from the collection to the treatment process in the plant. One of the treatment methods according to the laws is the autoclave (MINS/DIGESA, 2018), the research is based on this method, since compared to incineration, it does not pollute the environment. The solid waste collection will be carried out in the hospital centers and then the plant will be taken to carry out the respective treatment.

**Keywords:** Treatment, Solid Waste, Hospital centers, Autoclave.

# ÍNDICE GENERAL

TÍTULO.....	2
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	3
ABSTRACT & KEYWORDS.....	3
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Diagnostico situacional.....	6
2.2. Problema.....	9
2.3. Descripción del problema.....	9
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
3.1. Objetivo general.....	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
<b>4. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
4.1. Análisis bibliométrico.....	10
4.2. Conveniencia.....	11
4.3. Justificación teórica.....	12
4.4. Justificación metodológica.....	12
4.5. Justificación Práctica.....	12
<b>5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
5.1. Temporal.....	12
5.2. Temática.....	13
5.3. Espacial.....	13
<b>CAPITULO II: REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
1. MARCO TEÓRICO.....	13
<b>CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Ilustración 1: Análisis bibliométrico ScienceDirect .....	11
Ilustración 2: Grafico simbólico de sistema de tratamiento para residuos solidos .....	21
Tabla 1: Diferentes clasificaciones de tipos de residuos sólidos médicos (Neveu C & Matus C, 2007)(Cantanhede Álvaro, 1999)(Rolewicz-Kalińska, 2016) .....	15
Tabla 2: TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO MÁS USADAS (Ministerio de Salud, 2012)	18
Tabla 3: Métodos de tratamiento expresado en porcentaje en hospitales oregon washington e idaho .....	17
Tabla 4; Sistema de tratamiento para residuos sólidos hospitalarios.....	20
Tabla 5: Análisis bibliometrico .....	26

# CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector salud es uno de los sectores menos atendidos de nuestro país, si bien las instituciones de salud están cada vez más comprometidas con los pacientes para lograr brindar un mejor servicio de atención no toman en cuenta el impacto de sus residuos sólidos.

Lamentablemente los tratamientos y disposiciones actuales de residuos sólidos hospitalarios representan alto nivel de incomodidad y riesgo hacia la ciudadanía además del daño medioambiental causado. Se consideró que este tema debería ser de interés ya que esta se ha desarrollado significativamente en los últimos años, el alcance de tecnología es de mayor facilidad y la conciencia medioambiental está creciendo en la población mundial.

En el presente trabajo, se investigó un sistema de tratamiento en el cual los residuos sólidos de instituciones médicas y de salud se someterán a un proceso para su transformación obteniendo un resultado sin agentes patógenos evitando el riesgo de contaminación e infección a cualquier ser vivo y reduciendo significativamente el impacto ambiental.

Para poder desarrollar este sistema de tratamiento, fue necesario hacer una revisión de documentos como artículos de revista, tesis, papers, normas, leyes y decretos supremos que rigen la disposición y tratamiento de residuos sólidos de instituciones médicas y de salud, y así poder determinar las bases, oportunidades y limitaciones que podría tener el sistema de tratamiento.

## 2. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. Diagnostico situacional

En América Latina y El Caribe se identificaron problemas referidos al manejo de residuos hospitalarios como son: Lesiones infecciosas, riesgos de infección fuera de los hospitales, infecciones nosocomiales de los pacientes (Cantanhede Álvaro, 1999)

Diferentes estudios sobre Desechos Sólidos Hospitalarios (DSH) y Desechos Sólidos Hospitalarios Peligrosos (DSH/P) en las capitales de América Central bajo el Programa Regional de Desechos Sólidos Hospitalarios, arroja que “del total del conjunto de residuos, el 40% de estos, son peligrosos, siendo generados por los centros de salud, residuos que pueden tener contacto con el otro 60% de residuos comunes si se combinan como consecuencia de un erróneo procedimiento de manejo”(Dra Cortés Giutta, 2004)

La Ley General de Residuos sólidos establece las sanciones a las infracciones sobre el manejo de los residuos especificando como infracción leve la negligencia en el mantenimiento, funcionamiento y control de las actividades de residuos cuya sanción es una amonestación por escrito en donde se le obliga a corregir la infracción y multas de 0.5 a 20 UIT, con excepción cuando se trate de residuos peligrosos que será 21 a 50 UIT. Además establece que las infracciones graves también tienen sanciones, siendo varias de ellas referentes a la gestión hospitalaria de residuos: Abandono, disposición o eliminación de los residuos en lugares no permitidos, mezcla de residuos incompatibles y otras infracciones que generen riesgos a la salud pública y al ambiente; siendo la última de mayor preocupación para este rubro ya que la sanción determinada para esta infracción es: Suspensión parcial o total, por un período de hasta 60 días de las actividades o procedimientos operativos y multa desde 21 a 50 UIT, en caso se trate de residuos peligrosos, la multa será de 51 hasta 100 UIT. (MINSA, 2004)

Cada uno de los establecimientos de salud activos debe implementar procedimientos y tratamientos de sus residuos sólidos en relación con lo complejo, la ubicación de estos y la capacidad técnica de procesamiento. Sin importar el método de manejo de residuos utilizado, deben revisarse periódicamente los parámetros críticos del proceso, como la temperatura, la cantidad procesada, el tiempo empleado, etc.(Cifuentes & Iglesias, 2008)

Asociado al tema en cuestión, corresponde considerar las actividades de recuperación de material que se ejecuta en los centro de acopio final, el cual se realiza sin los estándares requeridos, haciendo que los trabajadores

queden en contacto inmediato con el material contaminado, exponiéndolos a los peligros biológicos.(Monge Quesada, 2009)

Este inapropiado control sobre los residuos sólidos hospitalarios tiene efectos ambientales negativos, que se aprecian en todos los eslabones de la cadena de manejo de estos residuos, desde el acondicionamiento y transporte, hasta el tratamiento y disposición final, es por esto que los establecimientos de salud y servicios asociados son los responsables de aportar a la seguridad del personal, de los pacientes y visitantes, controlando, previniendo y minimizando los riesgos asociados al manejo y gestión de estos residuos sólidos.(Yance Tomás, 2015)

Los residuos hospitalarios que contienen trazas de virus, bacterias o agentes químicos en su composición, encabezan posición en la “Lista nacional de desechos peligrosos”. La cantidad de residuos hospitalarios producidas en China fue de 670.000 toneladas durante el 2006, lo que deja una tasa de producción diaria de 1.780 toneladas, estos residuos llevan consigo agentes patógenos, los responsables de provocar contaminación en el ambiente (agua, aire, suelo), además provocar enfermedades en las personas. Si estos residuos no se manejan de forma correcta, pueden generar un daño en el ambiente causado por la exposición de metales pesados y dioxinas. Los desechos médicos se incineran sin los dispositivos necesarios de control de la contaminación del aire, se mezclaron con desechos sólidos municipales en vertederos, o se reutilizaron y reciclaron ilegalmente después de la explosión del Síndrome respiratorio agudo grave en ese año, China impulso el Plan Nacional para la Construcción de Instalaciones para la Eliminación de Residuos Peligrosos y Residuos Médicos, en donde el país instalo casi 300 plantas de tratamiento de residuos hospitalarios, suficientes para eliminar correctamente todos los residuos generados por el país. (Jiang, Ren, Tian, & Wang, 2012)

Una incorrecta gestión de los residuos hospitalarios genera consecuencias en el ambiente y en la salud de la población, estos errores en la gestión de estos residuos son causados por una eliminación insegura de los residuos contaminados y punzantes (como las agujas), en donde los trabajadores de



la basura, los pacientes y el personal médico que manejan estos residuos son los más susceptibles a estos contaminantes. (Dasimah, Nurshahida Nazli, & Karuppanan, 2012)

Se produjo un total de 642.06 toneladas de residuos sólidos en el establecimiento de salud, distribuidos en, residuos comunes, biocontaminados y peligrosos, siendo 374.88 toneladas de residuos comunes, 259.8 de biocontaminados y 7.38 toneladas de residuos ya sean explosivos, radioactivos, toxicidad o patogenicidad.(Alatriza Gutiérrez de Bambarén & Bambarén Alatriza, 2014)

En la ciudad de Amravati no existe ninguna gestión eficiente de los residuos hospitalarios, las normas y regulaciones relativas a los residuos biomédicos no se siguen adecuadamente. No hay buena gestión ni eliminación de sus residuos de acuerdo con las normas medioambientales Tanto el gobierno como los hospitales privados no están interesados.(Tippat & Pachkhade, 2015)

## 2.2. Problema

¿Se desarrolla una adecuada gestión operativa para el tratamiento de residuos sólidos en los establecimientos de salud, sistemas médicos de apoyo y centros de investigación para su disposición final?

Limitada gestión operativa para el tratamiento de residuos sólidos en los establecimientos de salud, sistemas médicos de apoyo y centros de investigación para su disposición final.

## 2.3. Descripción del problema

No se está desarrollando un sistema de tratamiento adecuado para residuos sólidos en establecimientos médicos y de salud. Se consideró que en el Perú la principal causa de este problema es que la norma técnica no obliga a los EESS (establecimientos de salud), SMA (sistemas médicos de apoyo) y CI (centros de investigación) a elegir mejores tratamientos de los residuos producidos y que a su vez estos establecimientos no cuentan con iniciativa, recursos, o métodos para lograr este fin.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Analizar un sistema de tratamiento para residuos sólidos de establecimientos médicos y de salud para su disposición final.

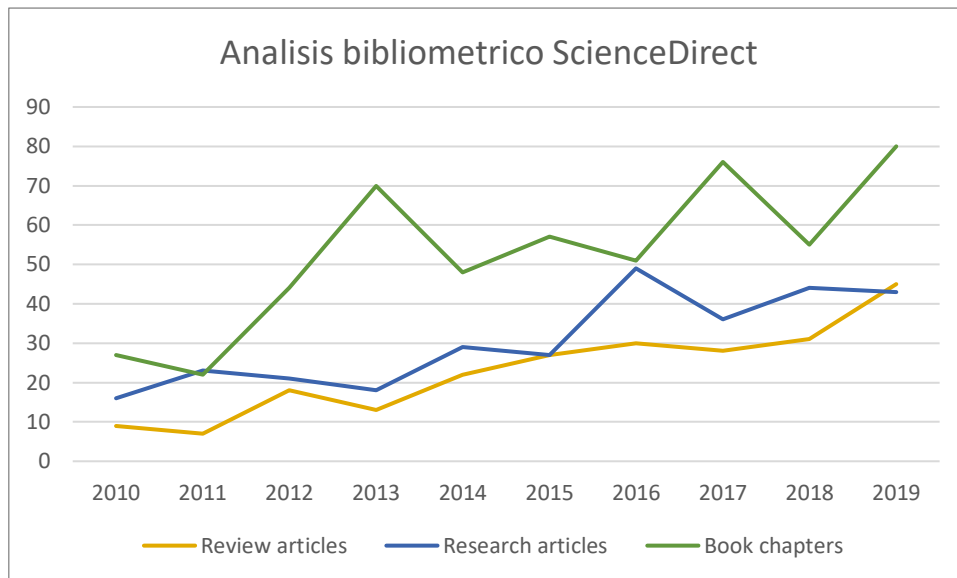
#### 3.2. Objetivos específicos

- Conceptualizar los residuos sólidos producidos en establecimientos médicos y de salud.
- Identificar y describir los tipos y clasificación de residuos sólidos producidos en establecimientos médicos y de salud.
- Identificar y comparar los tipos de tratamiento para residuos sólidos producidos en establecimientos médicos y de salud.
- Sintetizar la información jurídica y legal, identificando lo que dicen las normas, leyes y decretos supremos sobre el adecuado tratamiento que se debería dar a residuos sólidos producidos en establecimientos médicos y de salud.
- Extraer la información necesaria de artículos, papers, tesis y libros relacionada a sistemas de tratamiento de residuos sólidos producidos en establecimientos médicos y de salud.

### 4. JUSTIFICACIÓN

#### 4.1. Análisis bibliométrico

Para demostrar el crecimiento, avances y relevancia del tratamiento de residuos sólidos hospitalarios a través de los años se elaboró un análisis bibliométrico del sitio web ScienceDirect que proporciona una gran base de datos indispensable para esta investigación.



*Ilustración 1: Análisis bibliométrico ScienceDirect*

Como se puede observar en la gráfica, a pesar de que en algunos años las investigaciones cayeron respecto al año anterior los documentos de referidos al tema de tesina y encontrados mediante palabras clave (hospital solid waste, industrial engineer) han ido en aumento en los últimos nueve años. Este crecimiento podría ser debido a la concientización de las personas por el medio ambiente, la motivación por reducir la contaminación que llega a manos de investigadores e ingenieros para la solución del problema.

#### 4.2. Conveniencia

Según la investigación realizada, se detectó que muchos de los establecimientos médicos y de salud no tienen una adecuada gestión de sus residuos más allá de su disposición final como relleno sanitario. En la actualidad, la sociedad está siendo más consciente sobre el impacto ambiental que tienen algunos residuos que emiten los establecimientos médicos y de salud, ya que se podrían contraer enfermedades patológicas durante la manipulación por el personal de salud o en su disposición final, por lo que se optó por analizar y concluir en un sistema de tratamiento compuesto por: acopio, triturado, esterilización y compactado, con el fin de reducir el riesgo de contaminación y volumen del residuo para su disposición final adecuada.

Es adecuado para el ingeniero industrial poder aplicar conocimiento e investigación en este tema debido a que es parte del campo de estudio universitario y ejecución al que se dedica, lo cual impulsa la motivación por el tema expuesto, conciencia por el conocimiento del impacto negativo de la contaminación ambiental, además habilidad para realizar análisis y construir procesos, conocimiento de leyes existentes, etc.; que dieron como resultado el poder desarrollar este documento.

#### 4.3. Justificación teórica

Con la presente tesina se identifica y recopila información actual y disponible sobre métodos y tecnologías para el tratamiento de residuos sólidos hospitalarios; con lo que se busca la información más adecuada para poder aplicarla.

#### 4.4. Justificación metodológica

El análisis de un sistema de tratamiento de residuos sólidos mejorara la información a disposición en caso de que en el Perú o el mundo se necesite ejecutar este sistema de tratamiento.

#### 4.5. Justificación Práctica

Según la revisión realizada, una mejor análisis de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios ayudara a disminuir los agentes contaminantes ya sea en personas, animales o medio ambiente. Este evitara que los agentes patológicos que se encuentran en los residuos sólidos hospitalarios sean eliminados, evitando la contaminación.

## 5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Temporal

El tiempo de análisis del sistema del sistema se dará de acuerdo a las fechas y horarios programados

## 5.2. Temática

La presente tesina busca analizar un sistema para el tratamiento de residuos sólidos hospitalarios para lo cual se necesita abarcar todos los centros médicos que emitan este tipo de residuos para poder tratarlos

## 5.3. Espacial

La investigación acerca de sistema de tratamiento es de diferentes partes del mundo. Por lo cual podría ser aplicada en cualquier área geográfica, ya que en cualquier parte donde haya centros hospitalarios se producen este tipo de residuos con las mismas o menos características de contaminación microbiológica.

# CAPITULO II: REFERENCIAL TEÓRICO

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Marco conceptual

El residuo que tuvo contacto con pacientes en el hospital o portador de líquido biológico es considerado infeccioso, es decir su eliminación es distinta a la de los residuos comunes. Significa que los residuos del hospital sean 40% sanitarios. Se aproxima que en una cama de hospital por día se producen de 3 a 4 kg, es decir de 1 a 2 kg de residuos sanitarios. (Condori, 2010)

Según (Ministerio de Salud, 2012), señala en la norma técnica: Los Residuos Sólidos Hospitalarios son aquellos desechos generados en los procesos y en las actividades de atención e investigación médica en los establecimientos como hospitales, clínicas, postas, laboratorios y otros.

Los residuos sólidos biocontaminados son generados en los centros de salud y provienen de los procedimientos médicos realizados. La cantidad de desechos varía según el tamaño del centro de salud, la cantidad de camillas, los distintos servicios de salud prestados, los métodos disponibles en separación de desechos, el nivel socioeconómico y cultural de la población en la que se encuentra, y el área en donde el centro de salud está ubicado. (Dasimah et al., 2012)

Los residuos hospitalarios son basura generada en las instituciones de salud, que cumplen las siguientes fases: tipo de desechos, generación y separación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final.(Quispe Arohuanca, 2014)

Los residuos sólidos hospitalarios debido a su cantidad, características infecciosas y concentración constituyen una categoría que pueden causar aumento de la morbimortalidad en la población. (Contreras Gomez & Escobar Mamani, 2017)

## 1.1. Clasificación de residuos

DIFERENTES CLASIFICACIONES DE RESIDUOS SOLIDOS				
Clasificación de la organización mundial de la salud	Clasificación alemana	Clasificación de la agencia de protección ambiental (EPA) de los estados unidos de américa	Clasificación considerada real en un Hospital de Chile	La organización mundial de la salud (OMS) los divide en siete categorías básicas
(Cantanhede Álvaro, 1999)			(Neveu C & Matus C, 2007)	(Rolewicz-Kalińska, 2016)
<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos generales</li> <li>Residuos patológicos</li> <li>Residuos radiactivos</li> <li>Residuos químicos</li> <li>Residuos infecciosos</li> <li>Objetos punzocortantes</li> <li>Residuos farmacéuticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos generales</li> <li>Residuos patológicos</li> <li>Residuos radiactivos</li> <li>Residuos químicos</li> <li>Residuos infecciosos</li> <li>Objetos punzocortantes</li> <li>Residuos farmacéuticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cultivos y muestras almacenadas</li> <li>Residuos patológicos</li> <li>Residuos de sangre humana y productos derivados</li> <li>Residuos punzocortantes</li> <li>Residuos de animales</li> <li>Residuos de aislamiento</li> <li>Residuos punzocortantes no usados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos patológicos</li> <li>Residuos infecciosos</li> <li>Residuos corto punzantes</li> <li>Residuos farmacéuticos</li> <li>Contenedores presurizados</li> <li>Residuos genotóxicos</li> <li>Residuos químicos</li> <li>Residuos radioactivos</li> <li>Residuos eco tóxicos</li> <li>Residuos generales (TIPO II)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Infeccioso residuos</li> <li>Patológico residuos</li> <li>Afilados</li> <li>Productos químicos</li> <li>Productos farmacéuticos</li> <li>Genotóxico residuos</li> <li>Radioactivo residuos</li> </ul>

Tabla 1: Diferentes clasificaciones de tipos de residuos sólidos médicos. (Neveu C & Matus C, 2007)(Cantanhede Álvaro, 1999)(Rolewicz-Kalińska, 2016)

## 1.2. Procesos involucrados

Por otro lado, existe el reciclaje de estos desechos y consta de dos partes: recolección y eliminación. El proceso de recolección incluye segregación empaque y transporte. Mientras tanto, la eliminación centralizada por parte de terceros se ha desarrollado durante casi diez años en China, los académicos chinos han estudiado los problemas de los patrones sobre el estado actual de desechos médicos: clasificación incierta, embalaje inadecuado en el proceso de recolección, malas regulaciones para fortalecer el reciclaje de desechos médicos. (He, Li, & Fang, 2016)

Por último, las etapas establecidas en el manejo de los residuos sólidos, son las siguientes: acondicionamiento, segregación y almacenamiento primario, almacenamiento intermedio, transporte interno, almacenamiento final, tratamiento, recolección externa, disposición final.

Se deben utilizar cinco contenedores diferentes para separar desechos hospitalarios. Los contenedores especiales para la separación de residuos se proporcionaron de la siguiente manera: (Dehghani, Ahrami, Nabizadeh, Heidarinejad, & Zarei, 2019)

1. Una bolsa de plástico amarilla, para desechos infecciosos
2. Caja de seguridad, para desechos afilados
3. Bolsa de plástico azul, para desechos farmacéuticos
4. Bolsa de plástico negra, para desechos pseudo-domésticos
5. Bolsa de plástico blanca, para papel



### 1.3. Tipos de tratamiento

En un estudio para evaluar los métodos de tratamiento de hospitales de Oregon Idaho y Washington se encontró que la tecnología autoclave tuvo participación del 32% siendo exitosa y de mayor participación que el tratamiento de microondas que solo obtuvo participación de 13.7%. (Klangsin & Harding, 1998)

Treatment Methods	Number of Hospitals in Each State (%) <sup>a</sup>			Total (%) <sup>b</sup>
	Oregon <sup>c</sup>	Washington <sup>c</sup>	Idaho <sup>c</sup>	
Use of Private Medical Waste-Haulers	38(71.7%)	46(62.2%)	15(44.1%)	99(61.5%)
Pour into Municipal Sewage System	28(52.8%)	34(46.0%)	13(38.2%)	75(46.4%)
Depositing in Landfills	25(47.7%)	26(35.1%)	16(47.7%)	67(41.6%)
Autoclaving	15(28.3%)	24(32.4%)	13(38.2%)	52(32.3%)
ETD <sup>TM</sup> (Microwaving)	9(17.0%)	13(17.6%)	0	22(13.7%)
Chemical Disinfecting or Hydro pulping]	6(11.3%)	7(9.5%)	3(8.8%)	16(9.9%)
Microwaving	4(7.6%)	5(6.8%)	0	9(5.6%)
Grind before Pour into Municipal-Sewage System	3(5.7%)	2(2.7%)	1(2.9%)	6(3.7%)
Irradiation	0	0	0	0

Tabla 2: Métodos de tratamiento expresado en porcentaje en hospitales oregon washington e idaho

Como disposición final se tienen: (Ribeiro Da Luz & Guimarães, 1992)

Residuos sépticos	Residuos no sépticos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración en instalaciones públicas ciudad;</li> <li>• Incineración en el propio establecimiento en Incineradores de dos cámaras, sopletes de gas, sistema de filtros, chimenea encima de los edificios vecinos.</li> <li>• Vertedero sanitario bajo control del órgano público.</li> <li>• Quema en tambores o en el terreno</li> <li>• Vertedero bajo control del hospital, y si es el caso con el tratamiento previo de creol o fenol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración pública</li> <li>• Vertedero común controlado.</li> </ul>

Tabla 4 Disposiciones finales para residuos sólidos hospitalarios

La incineración era el método más usado para eliminación de RSH, sin embargo no se controlaban las emisiones de combustión (que deberían hacerse con filtros), por lo tanto durante la quema de los residuos se emanaban dioxinas. Gracias a esta emisión este método ha sido prohibido a menos que se cuente con un proceso para los gases expulsados. (Berrocal Rodriguez, 2009)

Las ventajas y desventajas de las tecnologías de tratamiento más usadas son:

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO MAS USADAS				
	Incineración	Autoclave	Microondas	Relleno sanitario – Enterramiento Controlado
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logra una reducción de volumen de residuo en 90%.</li> <li>Si se hace de manera adecuada logra la total eliminación de patógenos.</li> <li>El grado de efectividad es muy alto.</li> <li>Cualquier material que contuviera carbón orgánico es</li> <li>Se aplica a cualquier tipo de residuo.</li> <li>Los restos no se logran reciclar y quedan de manera irreconocible.</li> <li>Se pueden tratar residuos anatómicos y patológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El grado de efectividad es muy alto</li> <li>No produce emisiones gaseosas peligrosas.</li> <li>Fácil operación, no hay riesgo</li> <li>Efluentes estériles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logra una reducción de volumen de residuo en 60%</li> <li>No produce emisiones gaseosas peligrosas.</li> <li>Casi no existe riesgo de operatividad.</li> <li>No tiene efluentes</li> <li>El grado de efectividad es muy alto -</li> <li>La contaminación en este tratamiento es mínima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es muy amigable con el medio ambiente</li> <li>No representa inversiones o costos.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El combustible usado es caro.</li> <li>La operación podría tener riesgos.</li> <li>El mantenimiento tiene costo elevado.</li> <li>El uso de este tratamiento podría exponer a la atmosfera a emisiones toxicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para que los restos no se logran reciclar y quedan de manera irreconocible se incurriría en tratamiento posterior.</li> <li>Requiere de línea a vapor.</li> <li>No logra reducción en el volumen de los residuos</li> <li>Podría producir aerosoles</li> <li>Produce olores desagradables.</li> <li>Para emplear este tratamiento se necesitan de recipientes y bolsas especiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Representa elevados costos de inversión.</li> <li>El mantenimiento tiene costo elevado</li> <li>Se necesita capacitación para que el personal pueda realizar la operación.</li> <li>Existe el riesgo de no total destrucción de parásitos y bacterias esporuladas.</li> <li>Es para poco volumen de residuos no debe exceder los 800 a 1000 kg de desechos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los enterramientos controlados son pocos por país.</li> </ul>

Tabla 3: Tecnologías de tratamiento más usadas. (Ministerio de Salud, 2012)

Existen varios tipos de tratamiento, se considera como clasificación de sistemas de tratamiento para la eliminación de desechos médicos: las tecnologías de incineración (las cuales requieren de alta temperatura) y las tecnologías de no incineración (tratamientos a baja temperatura como procesamientos químicos, de radiación, biológicos). La mayoría de las instalaciones que operaban con tecnologías de incineración no fue muy exitosa debido a que no se tomaba en cuenta la liberación de toxinas de desechos médicos, por otro lado las tecnologías de no incineración incluyeron: incineración por pirolisis, incineración en horno rotatorio, autoclave, desinfección química y microondas. (Jiang et al., 2012)

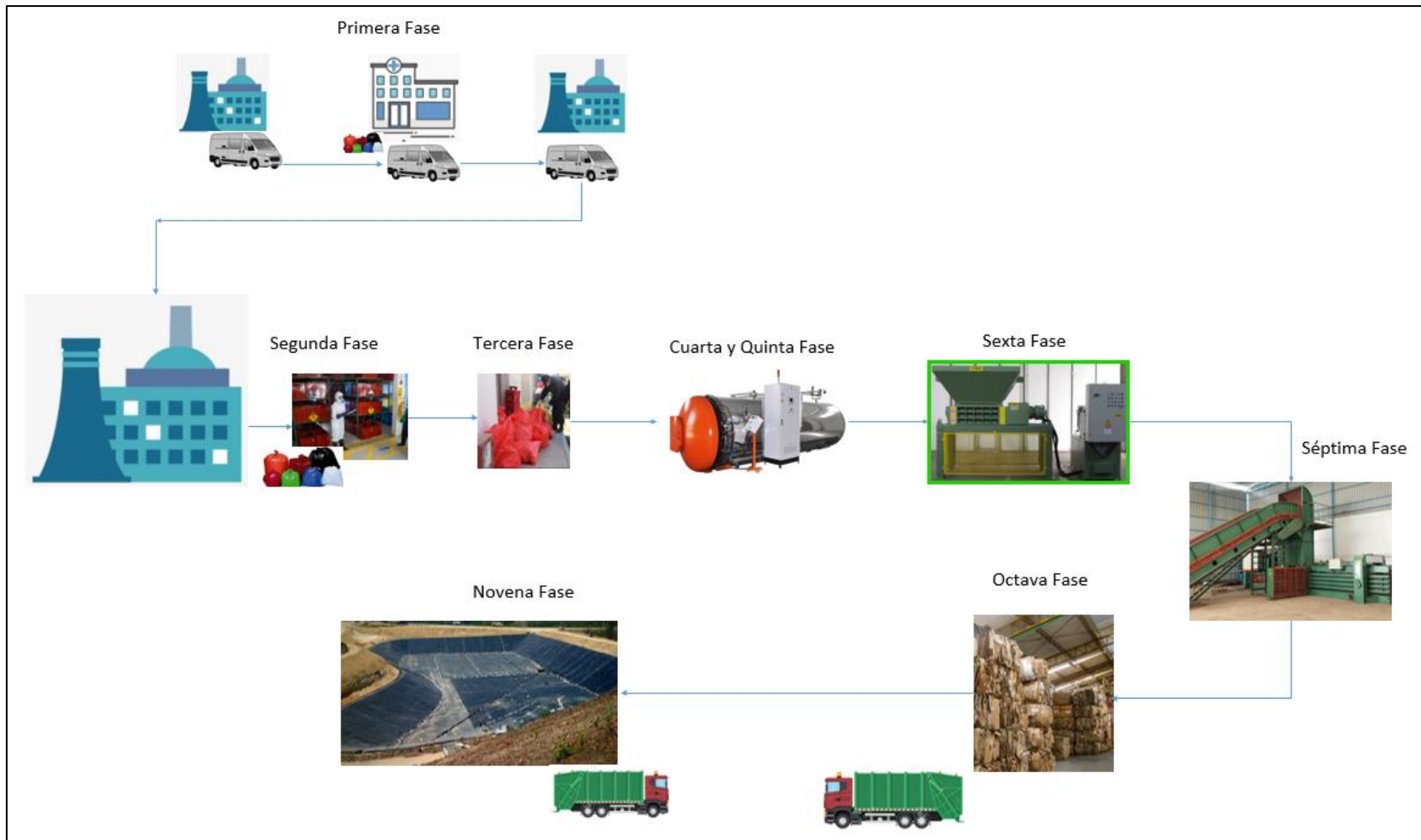
La incineración, es una técnica común adoptada para desechos sólidos y subproductos de medicamentos. Este proceso generalmente se selecciona para tratar desechos que no se pueden reciclar, o reutiliza Se puede hacer por simple uso de incineradores, otra ventaja de los incineradores es que puede ser operado en cualquier clima. El proceso de incineración destruye los patógenos y reduce el volumen y el peso de los desechos, pero deja un material sólido llamado ceniza de desechos biomédicos como residuo que aumenta los niveles de compuestos orgánicos en el medio ambiente.

Las desventajas de los incineradores son costosos de conseguir, mantener y operar. El subproducto de la incineración en el aire es perjudicial para la capa de ozono. Las partículas transportadas por el aire tienen un olor especial y pueden propagar enfermedades en toda la zona. Se requiere alta energía para el proceso y también se requiere personal calificado y un mantenimiento continuo. (Rajan, Robin, & M., 2018)

Entonces, con la información recabada construimos este pequeño sistema de tratamiento:

Sistema de tratamiento para residuos sólidos hospitalarios	
Primera fase (ACOPIO) (Nazar, Pordeus, & Werneck, 2005)	Se procede a pasar por los distintos centros de salud para poder recibir los distintos residuos sólidos que estos generan, estos serán transportados en una minivan que estará diseñada para llevar estos residuos peligrosos.
Segunda fase (ALMACÉN)(Carvalho & Silva, 2002)	Llegada la minivan a la planta de tratamiento esta será guardada en el área de almacenamiento de residuos sólidos.
Tercera fase (DIVISIÓN).	Los residuos sólidos serán divididos en cantidades de acuerdo a la capacidad del autoclave para poder ingresarlos a la máquina de esterilización (autoclave)
Cuarta fase (AUTOCLAVE).(Fais et al., 2010)	Los residuos sólidos serán ingresados en el autoclave para su esterilización.
Quinta fase (TRITURADO) (Díaz Chimin, 2014)	Los residuos sólidos ya esterilizados pasarán por una máquina de triturado para poder romper cualquier tipo de pieza esterilizada.
Sexta fase (COMPACTADO).	Los residuos ya triturados pasarán por una compactadora para poder reducir su densidad volumétrica y así tener mayor cantidad de almacenaje final.
Séptima fase (ALMACÉN FINAL) (Carvalho & Silva, 2002).	Los residuos triturados y compactados pasarán a un almacenamiento final en el que se encontrarán contenedores para estos.
Octava fase (SALIDA).	Los residuos sólidos almacenados procederán a un transporte depende cual sea la disposicion final, en este caso un botadero.

*Tabla 4; Sistema de tratamiento para residuos sólidos hospitalarios*



*Ilustración 2: Grafico simbólico de sistema de tratamiento para residuos solidos*

## CAPITULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- a) Descripción del objeto de estudio (lo que será estudiado) y unidad de análisis (en donde).

Se analizará la gestión de los centros de salud respecto al manejo de los residuos sólidos hospitalarios que estos emiten en su disposición final, se identificara la cantidad de residuos sólidos que emiten y si hay una selección preliminar a su disposición final. Se hará el análisis de los centros de salud, hospitales, clínicas, postas, etc. Centrándonos propiamente en hospitales y clínicas, ya identificamos que son los centros de salud con mayor emisión de residuos sólidos.

- b) Descripción de los tipos de investigación (cuantitativos, cualitativos o ambos).

El método de investigación que se eligió será la combinación del cuantitativo-cualitativo no experimental, ya que se analizará tanto los registros virtuales y físicos, se hará la recopilación de datos numéricos y estadísticos en el análisis y diagnóstico situacional de los centros de salud, así como conversar con el personal que manipula directamente estos residuos y el personal encargado del transporte interno de los residuos sólidos.

- c) Una descripción detallada de los instrumentos de investigación.

Utilizaremos internet como herramienta para extraer la normativa y leyes que rigen los residuos sólidos, artículos, papers, entre otros. Utilizaremos una guía de pautas para poder plantear las preguntas, escuchar y poder registrar las respuestas del personal al cual se acudió para aplicar las preguntas.

- d) Descripción del paso a paso de como la investigación fue realizada.

**Tema:** “Propuesta de diseño de un sistema para el tratamiento de residuos sólidos hospitalarios”.

**Palabras Clave:** Tratamiento, Residuos Sólidos, Centros hospitalarios, Autoclave.

El levantamiento de información que realizamos fue por Google Scholar, artículos, papers, leyes y normas relacionadas al tema a investigar.

N°	AÑO	AUTOR	TITULO	METODOLOGÍA USADA
1	1992	Ribeiro Da Luz, Francisco Xavier Guimarães, Cid	Residuos Hospitalares	Se ubicó e ingresó a la página de investigación académica (ScienceDirect, Scielo,) seguidamente a través del uso de palabras clave logramos encontrar la información necesaria que se ajusta al tema de investigación, se realizó la revisión de contenido y se extrajo la información relevante
2	1998	Klangsin, Pornwipa Harding, Anna K	Medical Waste Treatment and Disposal Methods Used by Hospitals in Oregon, Washington and Idaho	
3	1999	Cantanhede Álvaro	La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud	
4	2002	Carvalho, S. M.L. Silva, M. G.C.	Preliminary risk analysis applied to the handling of health-care waste	
5	2004	Dra Cortés Giutta, Rosa D.	Cumplimiento normativo de la gestión del manejo de desechos sólidos hospitalarios en la clínica de Jicaral de Puntarenas	
6	2005	Nazar, Michel William Pordeus, Isabela Almeida Werneck, Marcos Azeredo	Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil	
7	2007	Neveu C, Alejandra Matus C, Patricia Cifuentes, Cecilia	Residuos hospitalarios peligrosos en un centro de alta complejidad	
8	2008	Iglesias, Silvia	Gestión ambiental de residuos sólidos hospitalarios del Hospital Cayetano Heredia	

9	2009	Berrocal Rodríguez, Walter	Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios bio-contaminados y especiales en la provincia de Lima
10	2009	Monge Quesada, Isabel	Análisis del cumplimiento normativo del manejo de desechos comunes y peligrosos en la Sub-Área Confección y Reparación de Mobiliario, Dirección de Mantenimiento Institucional, Caja Costarricense de Seguro Social
11	2010	Fais, Laiza Maria Grassi	Influence of microwave sterilization on the cutting capacity of carbide burs
		Pinelli, Lúgia Antunes Pereira	
		Adabo, Gelson Luis	
		Silva, Regina Helena Barbosa Tavares da	
		Marcelo, Caroline Canhizares	
Guaglianoni, Dalton Geraldo			
12	2010	Marmolejo R., L. F.	Gestión de los residuos sólidos en hospitales locales del norte del Valle del Cauca , Colombia
		Madera P., C. A.	
		Torres L., P.	



13	2010	Condori, Luisa	Propuesta de tratamiento integral de los residuos hospitalarios en el hospital II Tarapoto
14	2012	Omar, Dasimah	Clinical Waste Management in District Hospitals of Tumpat, Batu Pahat and Taiping
		Nazli, Siti Nurshahida	
		Karuppannan, Subramaniam	
15	2012	Jiang, Chen	Application of Best Available Technologies on Medical Wastes Disposal/Treatment in China (with case study)
		Ren, Zhiyuan	
		Tian, Yajing	
		Wang, Kaixiang	
16	2014	Alatrística Gutiérrez de Bambarén, Maria del Socorro	Impacto ambiental de un Hospital Público en la Ciudad de Lima, Perú
		Bambarén Alatrística, Celso	
17	2014	Quispe Arohuanca, Judy Zenaida	Propuesta de gestión y manejo de residuos sólidos hospitalarios en el hospital regional Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno
18	2015	Yance Tomás, Cristian	Plan de manejo de residuos sólidos en el hospital departamental de Huancavelica
19	2015	Tippat, S K	Survey of Bio-Medical Waste Disposal System in Some Hospitals of Amravati City
		Pachkhade, A U	
20	2016	Maribel, Díaz Chimin	Triturador de tubos y lámparas

			fluorescentes en desuso
21	2016	He, Zheng-gang	The Solutions and Recommendations for Logistics Problems in the Collection of Medical Waste in China
		Li, Qing	
		Fang, Jie	
22	2016	Rolewicz-Kalińska, Anna	Logistic Constraints as a Part of a Sustainable Medical Waste Management System
23	2017	Contreras Gomez, Ines Feliciano	Conocimiento y práctica del manejo de residuos sólidos del personal de salud del hospital Goyeneche, Arequipa 2017
		Escobar Mamani, Luisa Regina	
24	2018	Rajan, Renju	Biomedical waste management in Ayurveda hospitals – current practices & future perspectives
		Robin, Delvin T.	
		M., Vandananarani	
25	2019	Aung, Thiri Shwesin	Application of multi-criteria-decision approach for the analysis of medical waste management systems in Myanmar
		Luan, Shengji	
		Xu, Qiyong	
26	2019	Dehghani, Mohammad Hadi	Medical waste generation and management in medical clinics in South of Iran
		Ahrami, Hamid Dashti	
		Nabizadeh, Ramin	
		Heidarinejad, Zoha	
		Zarei, Ahmad	

Tabla 5: Análisis bibliométrico

## CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se recaudó toda la información necesaria para poder desarrollar los objetivos propuestos, se conceptualizo los residuos sólidos de establecimientos médicos y de salud, se logró identificar los tipos y clasificación de residuos sólidos médicos, se logró comparar mediante el cuadro de ventajas y desventajas los sistemas de tratamientos, se pudo aplicar la normativa de gestión de residuos sólidos dada por el MINSA y se concluyó en la elaboración simbólica de un sistema de tratamiento con autoclave ya que se consideró que era el mejor tipo de tratamiento en comparación a la incineración, microondas y relleno sanitario

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- La conceptualización fue herramienta basal para poder diferenciar los residuos sólidos hospitalarios de los demás residuos producidos por las personas.
- Se determinó que comúnmente se aplican 4 tipos de tratamiento a los residuos sólidos hospitalarios siendo el más usado el relleno sanitario.
- Mediante un cuadro de identificación y comparación de ventajas y desventajas de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios se identificó que la mejor alternativa fue la desinfección por autoclave debido a que no emite gases tóxicos como la incineración y tiene mayor efectividad de desinfección que el tratamiento por microondas.
- Se observó que, en la normativa vigente para residuos sólidos hospitalarios, se propone procedimientos de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios mas no se obliga a los mismos a realizarlos.
- La información recabada de fuentes confiables fue necesaria para la construcción de este documento.

### Recomendaciones:

- El sistema diseñado tiene como disposición final el botadero, por lo cual se debe suponer que debe aplicarse como rubro social mas no como un proyecto de negocio, de lo contrario se debería cambiar la disposición final a empresas que compren estos desperdicios desinfectados.

- A pesar de incluir en la investigación un párrafo en el que se explica que se podría reciclar el producto obtenido después del tratamiento, no se recomienda realizar dicha acción; ya que si por alguna razón (ya sea negligencia humana o falla del sistema) los agentes patógenos no son eliminados traería consigo consecuencias desastrosas en su reutilización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alatriza Gutiérrez de Bambarén, M. del S., & Bambarén Alatriza, C. (2014). Impacto ambiental de un Hospital Público en la Ciudad de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(4), 712–715.
- Berrocal Rodríguez, W. (2009). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos hospitalarios bio-contaminados y especiales en la provincia de Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cantanhede Álvaro. (1999). La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud. *Repertorio Científico*, 5, 13–18. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/centros/centros.pdf>
- Carvalho, S., & Silva, M. (2002). Preliminary risk analysis applied to the handling of health-care waste. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 19(4), 377–381. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322002000400004>
- Cifuentes, C., & Iglesias, S. (2008). Gestión ambiental de residuos sólidos hospitalarios del Hospital Cayetano Heredia. *Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 11(22), 7–12. Retrieved from [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12\\_n23/pdf/a03v12n23.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12_n23/pdf/a03v12n23.pdf)
- Condori, L. (2010). *Propuesta de tratamiento integral de los residuos hospitalarios en el hospital II Tarapoto*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Contreras Gomez, I. F., & Escobar Mamani, L. R. (2017). *Conocimiento y práctica del manejo de residuos sólidos del personal de salud del hospital Goyeneche, Arequipa 2017*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Dasimah, O., Nurshahida Nazli, S., & Karuppanan, S. (2012). Clinical Waste Management in District Hospitals of Tumpat, Batu Pahat and Taiping. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.213>
- Dehghani, M. H., Ahrami, H. D., Nabizadeh, R., Heidarinejad, Z., & Zarei, A. (2019). Medical waste generation and management in medical clinics in South of Iran. *MethodsX*, 6, 727–733. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.03.029>
- Díaz Chimin, M. (2014). Triturador de tubos y lámparas fluorescentes en desuso. *Revista Tecnológica*, 12(18), 9–11.
- Dra Cortés Giutta, R. D. (2004). *Cumplimiento normativo de la gestión del manejo de desechos sólidos hospitalarios en la clínica de Jicaral de Puntarenas* (Universidad Estatal a Distancia Escuela de Ciencias Exactas y Naturales). Retrieved from [http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/1094/1/Manejo de desechos](http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/1094/1/Manejo%20de%20desechos)

- solidos hospitalarios en la Clinica de Jicaral de Puntarenas .pdf
- Fais, L. M. G., Pinelli, L. A. P., Adabo, G. L., Silva, R. H. B. T. da, Marcelo, C. C., & Guaglianoni, D. G. (2010). Influence of microwave sterilization on the cutting capacity of carbide burs. *Journal of Applied Oral Science*, 17(6), 584–589. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572009000600009>
- He, Z., Li, Q., & Fang, J. (2016). The Solutions and Recommendations for Logistics Problems in the Collection of Medical Waste in China. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 447–456. <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2016.02.099>
- Jiang, C., Ren, Z., Tian, Y., & Wang, K. (2012). Application of Best Available Technologies on Medical Wastes Disposal/Treatment in China (with case study). *Procedia Environmental Sciences*, 16, 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.10.036>
- Klangsin, P., & Harding, A. K. (1998). Medical Waste Treatment and Disposal Methods Used by Hospitals in Oregon, Washington and Idaho. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 48(6), 516–526. <https://doi.org/10.1080/10473289.1998.10463706>
- Ministerio de Salud. (2012). *Norma Técnica de Salud: Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo* (p. 60). p. 60. Lima.
- MINSA. *Ley General de Residuos Sólidos*. , (2004).
- Monge Quesada, I. (2009). *Análisis del cumplimiento normativo del manejo de desechos comunes y peligrosos en la Sub-Área Confección y Reparación de Mobiliario, Dirección de Mantenimiento Institucional, Caja Costarricense de Seguro Social* (INSTITUTO CENTROAMERICANO DE ADMINISTRACION PÚBLICA ICAP). Retrieved from [http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2009/monge\\_quesada\\_isabel\\_2009\\_pr.pdf](http://biblioteca.icap.ac.cr/BLIVI/TESIS/2009/monge_quesada_isabel_2009_pr.pdf)
- Nazar, M. W., Pordeus, I. A., & Werneck, M. A. (2005). Gerenciamento de resíduos sólidos de odontologia em postos de saúde da rede municipal de Belo Horizonte, Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 17(4), 237–242. <https://doi.org/10.1590/s1020-49892005000400004>
- Neveu C, A., & Matus C, P. (2007). Residuos hospitalarios peligrosos en un centro de alta complejidad. *Revista Medica de Chile*, 135(7), 885–895.
- Quispe Arohuanca, J. Z. (2014). *Propuesta de gestión y manejo de residuos sólidos hospitalarios en el hospital regional Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno*. Universidad Privada San Carlos.
- Rajan, R., Robin, D. T., & M., V. (2018). Biomedical waste management in Ayurveda hospitals – current practices & future prospectives. *Journal of Ayurveda and*

- Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1016/J.JAIM.2017.07.011>
- Ribeiro Da Luz, F. X., & Guimarães, C. (1992). Resíduos Hospitalares. *Cadernos de Saúde Pública*, *V6*, 405–426. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v6n4/09.pdf>
- Rolewicz-Kalińska, A. (2016). Logistic Constraints as a Part of a Sustainable Medical Waste Management System. *Transportation Research Procedia*, *16*, 473–482. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.044>
- Tippat, S. K., & Pachkhade, A. U. (2015). Survey of Bio-Medical Waste Disposal System in Some Hospitals of Amravati City. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, *4*, 530–535. Retrieved from [www.ijcps.org](http://www.ijcps.org)
- Yance Tomás, C. (2015). *Plan de manejo de residuos solidos en el hospital departamental de Huancavelica* (Universidad Nacional Agraria La Molina). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1892/T10.Y3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>