

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE EL SISTEMA  
DE COMPOSTAJE A TRAVÉS DE PILAS AIREADAS EN EL HOSPITAL  
DE EMERGENCIA DE VILLA EL SALVADOR- 2020”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**MENDOZA ELIAS, CAROLYNE MILAGROS**

**Villa El Salvador  
2020**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por ser guía y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.*

*A mi familia por haber sido mi pilar fundamental, mi apoyo a lo largo de toda mi vida.*

*A mis amistades que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación profesional y como ser humano.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi tutor Jacinto Vertiz, quien con sus conocimientos y apoyo me guió para alcanzar los resultados que buscaba.*

*También quiero agradecer al Ing. Ivan Ortiz por brindarme todos los recursos y herramientas necesarias. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.*

*Por último, quiero agradecer a mi familia, por apoyarme siempre en todo lo que hago. En especial, a mis hermanas, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías. Muchísimas gracias.*

## Contenido

RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
PROBLEMA GENERAL .....	9
PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	9
OBJETIVOS.....	10
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
I.    CAPITULO I. MARCO TEORICO .....	11
1.1.    Antecedentes .....	11
1.1.1.    Antecedentes Internacionales .....	11
1.1.2.    Antecedentes Nacionales .....	12
1.2.    Bases Teóricas .....	14
1.2.1.    Residuo.....	14
1.2.2.    Residuo Sólido .....	14
1.2.3.    Clasificación de residuos sólidos .....	15
1.2.4.    Residuos sólidos de Establecimientos de salud (EESS), Servicio médico de apoyo (SMA) y Centros de Investigación (CI).....	16
1.2.5.    Clasificación de residuos sólidos de EESS. SMA y CI .....	16
1.2.6.    Etapas de manejo de los residuos sólidos en EESS, SMA y CI .....	18
1.2.7.    Compostaje.....	21
1.2.8.    Proceso del compostaje .....	22
1.2.9.    Etapas del Proceso de Compostaje .....	22
1.2.10.    Elaboración del compostaje.....	24
1.2.11.    Parámetros del proceso de compostaje.....	25
1.2.12.    Sistemas de compostaje .....	27
1.2.13.    Abono natural.....	29
1.2.14.    Propiedades físicas del compost .....	30
1.2.15.    Propiedades Químicas del Compost.....	30
1.2.16.    Propiedades Biológicas del compost.....	32
1.3.    Definición de Términos Básicos .....	32
2.    CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....	33
2.1.    Metodología de la Investigación .....	33

2.1.1.	Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	33
2.1.2.	Población .....	33
2.1.3.	Muestra .....	34
2.1.4.	Modelo de solución propuesto .....	34
2.1.5.	Técnica de Análisis de datos .....	34
2.1.6.	Técnica de recolección de Datos.....	34
2.1.7.	Aspectos Éticos.....	34
2.2.	Determinación y análisis del problema .....	34
2.3.	Área de estudio .....	35
2.3.1.	Ubicación Geográfica.....	35
2.4.	Características ambientales.....	36
2.4.1.	Clima.....	36
2.4.2.	Hidrológico .....	36
2.5.	Materiales y equipos .....	36
2.5.1.	Materiales de campo .....	36
2.5.2.	Materiales en estudios e insumos .....	36
2.5.3.	Materiales de Laboratorio .....	37
2.5.4.	Materiales de oficina .....	37
2.5.5.	Equipos.....	37
2.6.	Procedimiento .....	37
2.6.1.	Etapas de pre-campo.....	38
	Fuente: Gráfico obtenido por plano del Hospital de Emergencia VES (2019) .....	38
2.6.2.	Etapas de Campo.....	39
2.6.3.	Fase de Oficina.....	42
3.	CAPITULO III. RESULTADOS.....	43
3.1.	Flujo de generación de residuos orgánicos .....	43
3.2.	Flujo de generación de compost .....	45
3.3.	Análisis físico-químico del compost obtenido.....	46
3.3.1.	pH .....	46
3.3.2.	Conductividad Eléctrica (CE) .....	47
3.3.3.	Materia Orgánica.....	47
3.3.4.	Nitrógeno .....	48
3.3.5.	Pentóxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) .....	48
3.3.6.	Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O).....	49

3.3.7. Humedad (Hd) .....	49
3.3.8. Carbono/ Nitrógeno.....	49
3.4. Rentabilidad económica potencial .....	50
3.4.1. Evaluación de rentabilidad económica potencial.....	53
CONCLUSIONES .....	54
RECOMENDACIONES .....	55
BIBLIOGRAFIA.....	56
ANEXOS.....	60

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Tipo de Residuo Orgánico.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2. Etapas de Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Elementos que se libera en la formación del compost.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4. Fases del proceso de compostaje según la temperatura .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5. Clasificación general de sistemas de compostaje.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6. Detalle de pilas estáticas con aireación pasiva.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 7. Detalle de pilas estáticas con aireación activa.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 8. Detalle de pilas con volteo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Ubicación geográfica del Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10. Adecuación del área experimental .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11. Ingreso de residuo orgánico por pila aireada de compostaje.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 12. Generación de compost por pila compostaje .....</i>	<i>45</i>

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Residuos Sólidos según su origen.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2. Relación C/N de algunos restos orgánicos.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Valores Habituales de los parámetros del compostaje.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4. Unidades experimentales de la Pila 1 .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 5. Unidades experimentales de la pila 2.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6. Flujo de generación por tipo de residuos orgánicos .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7. Ingreso de residuo orgánico por pila aireada de compostaje .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8. Generación de compost por pila de compostaje.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 9. Análisis físico-Químico del compost.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 10. Implementos e insumos utilizados en el área de Jardinería .....</i>	<i>51</i>

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo valorizar los residuos orgánicos mediante sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador. Con la presente propuesta se buscó dar una solución sostenible a la gestión actual de manejo de residuos sólidos hospitalarios, específicamente a los residuos orgánicos que no han tenido algún contacto con el paciente, proveniente del servicio de Nutrición , y de la actividad de la poda, proveniente del área de Jardinería, evitando su disposición final en los insuficientes rellenos sanitarios de la ciudad de Lima, minimizando la cantidad de residuo común en el Perú, reintegrándolos a las áreas verdes del Hospital, como también logrando disminuir los impactos negativos ambientales.

La investigación inició el mes de abril del 2020, en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador; los análisis físico-químicos del producto final fueron realizados en la Universidad Nacional Agraria La Molina. La propuesta consistió en la elaboración de sistemas de compostaje a través de dos pilas aireadas empezando en la etapa de pre-campo, campo, y oficina donde se procedió a la recolección de datos, generación de residuos orgánicos potenciales para el sistema de compostaje, análisis de la caracterización física- química del compost generado, el costo beneficio que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

Los resultados obtenidos demostraron que, en el proceso de compostaje al tener gran cantidad de material orgánico proveniente de jardinería, la humedad aumenta significativamente, el compost obtenido pertenece al grupo 2 según el Real Decreto 506/2013, cumple con los márgenes básicos de tolerancia, y se demostró el beneficio económico permitiendo ahorrar S/.2700 Nuevos soles al implementar la presente propuesta de gestión.

Palabras claves: compostaje, generación de residuos orgánicos, valorización

## INTRODUCCIÓN

En el Perú se generan diecinueve mil toneladas diarias de residuos sólidos comunes, siendo su capital, Lima, el mayor productor con aproximadamente ocho mil toneladas diarias. De esta manera, según el Ministerio del Ambiente (2018), Lima, aporta el 50% de residuos sólidos comunes del total generado, de ese volumen, la mitad de los residuos sólidos comunes está compuesto por material orgánico, y el 18,1% son residuos inorgánicos reciclables; no obstante, solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables que se generan.

El Hospital de Emergencias de Villa el Salvador, genera aproximadamente 23500 toneladas mensuales de residuo común, enviados a través de la Municipalidad de Villa el Salvador a rellenos sanitario para su propia disposición final, no obstante, en la gestión de residuos sólidos comunes del Hospital no se valoraban los residuos potencialmente reaprovechables, como es el caso de los residuos orgánicos.

La presente investigación se enfocará en valorizar los residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador; ya que, al optar por sistemas sostenibles como el compostaje, se reduce los impactos negativos ambientales, como también minimiza la cantidad de residuo común en el Perú, evita la lixiviación e inadecuada gestión del espacio de los rellenos sanitarios en Lima.

La metodología empleada fue el sistema de compostaje a través de pilas aireadas, aplicando la técnica de observación directa tomando como instrumento la ficha de recolección de datos, para luego poder analizar los datos estadísticos descriptivamente. El diseño de investigación será de enfoque cuantitativo, ya que se manejarán tabulaciones numéricas con respecto a la variable independiente, que en este caso son los residuos orgánicos obtenidos por el servicio de Nutrición y el área de Jardinería.

Los objetivos planteados en este proyecto de investigación será analizar el flujo de generación de residuos orgánicos potenciales para el sistema de compostaje, evaluar la caracterización física-química del compost generado y determinar el costo beneficio que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.



## PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se valorizan los residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador?

## PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo es el flujo de generación de residuos orgánicos potenciales para el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador?

¿Cómo son las características físico- químicas que tiene el compost generado en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador?

¿Cuál es el costo beneficio que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador?

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Valorizar los residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar el flujo de generación de residuos orgánicos potenciales para el sistema de compostaje en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

Analizar la caracterización física- química del compost generado en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

Determinar la viabilidad económica potencial que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

## **I. CAPITULO I. MARCO TEORICO**

### **1.1. Antecedentes**

#### **1.1.1. Antecedentes Internacionales**

En Colombia, Red Global de Hospitales Verdes y Saludables & Salud sin Daño (2019) en los Servicios Especiales de Salud-Hospital de Caldas según el informe “Hospitales que curan el planeta” desde el 2018 se tuvo como objetivo promover la cultura del reciclado y de la recuperación del residuo. En virtud a esos objetivos se determinó realizar la técnica de compostaje utilizando los residuos orgánicos provenientes del servicio de alimentación.

De esta manera, se contribuye a la disminución de la cantidad de residuos que se envían diariamente al relleno sanitario y a la mejora de la calidad del suelo de este hospital.

En Costa Rica, Umaña, Valverde (2017) elaboraron el estudio “Compostaje de residuos de la cocina Hospital Clínica Bíblica” donde su finalidad era reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, equivalente al evitar el envío de residuos de la cocina a un relleno sanitario, permitiendo su valorización.

La metodología aplicada fue la técnica de compostaje adquiriendo un compostador, ya que el Hospital no contaba con espacio amplio para poder desarrollar el proceso naturalmente. Los desechos generados en el área de cocina no fueron enviados al relleno sanitario, sino más bien se utilizó para la generación de abono, para su posterior uso en procesos educativos y de responsabilidad socio ambiental.

Los autores, concluyeron que existe dos beneficios al realizar el estudio: Ambiental, por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> al evitar el envío de residuos de la cocina al relleno sanitario, y Social, al tener una educación ambiental para los pacientes, colaboradores, y visitantes, al explicarles que proceso llevan estos residuos de la cocina que son procesados y aprovechados.

En Chile Hospital Tomé (2015) mediante una asesoría desarrollo el estudio del caso “Manejo Integral de residuos orgánicos en el Hospital Tomé” donde se tuvo como objetivo mejorar el acopio de los residuos asimilables a domiciliarios, implementar la mejora de los puntos limpios, cuantificar la segregación de estos residuos promover el compostaje.

Esto se desarrolló ya que el Hospital solo abordaba la correcta segregación y disposición de residuos especiales y peligrosos, mas no la utilización de residuos orgánicos para la recuperación de suelos y reutilización de espacios.

La estrategia seleccionada fue la técnica de compostaje, logrando así evitar que los residuos se acopien en rellenos sanitarios, prologando así su vida útil y evitando que se abran otros rellenos en otros sectores, favoreciendo así a la salud y el bienestar de personas de la comuna, a la región y al país.

#### 1.1.2. Antecedentes Nacionales

Un primer trabajo corresponde al autor Farfán (2017) que con su tesis “La protección del medio ambiente en la aplicación de la ley general de residuos sólidos, Ley N°27314 para el procesamiento, manejo y tratamiento de residuos sólidos hospitalarios en los establecimientos de salud de Chiclayo” que con el objetivo de identificar cuáles son los factores que propician el incumplimiento de la norma que regula un adecuado manejo, procesamiento de RSH para alcanzar así una mejor calidad de vida y la conservación del patrimonio ambiental y natural del país , minimizando la generación de residuos, que dentro de este contexto, surge la relevancia de revisar el procesamiento, manejo y tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios.

El autor concluye en que es necesario incorporar las mejoras necesarias para el cumplimiento de manejo de RSH en los hospitales, para cumplir con lo indicado en la Norma Técnica y así poder disminuir el volumen de estos, los cuales tiene como lugar de disposición final, un relleno sanitario.

Pasco, (2016) Efectuó un estudio llamado “Implementación de un sistema de Gestión Ambiental en función de los factores ambientales del hospital Manuel Núñez Butrón-Puno” en donde el objetivo principal era implementar un sistema de Gestión Ambiental para manejar los recursos Agua, Aire y Suelo, Desarrollar la Revisión Ambiental , e Identificar los programas de Gestión Ambiental , en el Hospital antes ya mencionado, utilizando como metodología la Norma Internacional ISO 14001, con las que esperó mejorar la calidad de actuación ambiental.

De este estudio se concluye que necesita implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), orientado a disponer apropiadamente los residuos sólidos.

Carrasco (2015) elaboró la tesis “Evaluación de la gestión y manejo de residuos sólidos en el laboratorio de referencia regional de salud pública de Ayacucho, según la NT N° 096-2010 MINSA/DIGESA V.01.Ayacucho, 2014” con la finalidad de determinar si la gestión y el manejo de residuos sólidos del Laboratorio de Referencia Regional de Salud Pública de Ayacucho es conforme a la Norma Técnica de Salud N° 096-2012 MINSA/ DIGESA V 01.

La autora considera que el inadecuado manejo de residuos sólidos hospitalarios y su destino final es un problema sanitario permanente y representa una grave amenaza para la salud, tanto ocupacional, publica y ambiental, por lo que es necesario e imprescindible mejorar la calidad e integración de los servicios.

El estudio tuvo como metodología una auditoría diagnosticada a partir de la cual se pudo realizar la gestión del manejo de residuos sólidos, concluyendo que el Laboratorio de Referencia Regional de Salud Pública de Ayacucho no cuenta con planes de mejora implementados

Como antecedente nacional también se tiene al autor Cruz (2016) quien realizó la tesis “Sistema de Gestión de residuos sólidos Hospitalarios del Centro de Salud Clas Ciudad Nueva- Tacna, 2016” ; en este estudio se tuvo como objetivo analizar el sistema de Gestión de residuos sólidos hospitalarios y proponer puntos estratégicos para la

elaboración de un Plan de Manejo de residuos sólidos hospitalarios, realizando un análisis del manejo durante su ciclo comprendido desde su acondicionamiento hasta su disposición final.

En ese sentido Cruz (2016) considera que es de primordial importancia el manejo adecuado de los desechos sólidos, dentro de lo que se encuentra en los desechos generados en los establecimientos de salud, los que representan un riesgo a la salud y al ambiente, debido a su tratamiento, para manejar los diferentes tipos de desechos sólidos.

Como puede observarse, en el trabajo de Cruz (2016) se concluye que la gestión del manejo de los residuos sólidos hospitalarios del centro de salud ya mencionado, no marcha adecuadamente, ya que el nivel de conocimientos en algunas unidades hospitalarias el personal desconoce sobre la segregación de los residuos.

## 1.2. Bases Teóricas

### 1.2.1. Residuo

Según Ríos (2010), cualquier objeto que su propietario se desprende y que deja de realizar sus funciones básicas.

### 1.2.2. Residuo Sólido

El Ministerio de Salud (2018) a través de la norma técnica de salud “Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en establecimientos de Salud, Servicios Médicos de apoyo y Centros de Investigación” nos dice que es cualquier objeto que se desprende para que se manejen de acuerdo al manejo de residuo sólido. El estado del residuo puede ser semisólida, sólida, líquida o gas.

### 1.2.3. Clasificación de residuos sólidos

#### 1.2.3.1. Según su origen

Según la ley N° 27314 “Ley general de residuos sólidos” se divide en:

Tabla 1. Residuos Sólidos según su origen

<b>TIPOS DE RESIDUOS SOLIDOS</b>	<b>GENERADOS EN</b>
<b>Residuo Domiciliario</b>	Actividades domésticas
<b>Residuo Comercial</b>	Establecimientos comerciales de bienes y servicios
<b>Residuo de limpieza de espacios públicos</b>	Servicio de Barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas.
<b>Residuo de establecimiento de atención de salud</b>	Procesos y actividades para la atención e investigación médica.
<b>Residuo Industrial</b>	Actividades de las diversas ramas industriales como la manufacturera, energética, pesquería entre otros
<b>Residuo agropecuario</b>	Actividades agrícolas y pecuarias
<b>Residuo de instalaciones o actividades especiales</b>	Generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados.

Fuente: Tabla extraída del Ministerio del Ambiente (2016)

#### 1.2.3.2. *Según su gestión*

El Ministerio del Ambiente (2016), a través de la ley N° 27314 “Ley general de residuos sólidos”, nos dice que existe dos tipos de gestión:

##### a) Gestión Municipal

Son de origen doméstico, comercial, urbano, y de productos provenientes de actividades que generen residuos similares a estos, los cuales deben ser dispuestos en rellenos sanitarios. (Ministerio del Ambiente, 2016)

##### b) Gestión No Municipal

Son aquellos que debido a su alto índice de peligrosidad para la salud y el ambiente den ser manejados bajo un procedimiento estricto y tener como disposición final rellenos de seguridad. (Ministerio del Ambiente, 2016)

#### 1.2.3.3. *Según su peligrosidad*

El Ministerio del Ambiente (2016), a través de la ley N° 27314 “ley general de residuos sólidos”, nos dice que existe dos tipos residuos según su peligrosidad:

##### a) Residuos sólidos peligrosos

Son residuos sólidos peligrosos aquellos que por sus características representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

##### b) Residuos sólidos no peligrosos

Los residuos sólidos no peligrosos no presentan riesgo para la salud.

#### 1.2.4. Residuos sólidos de Establecimientos de salud (EESS), Servicio médico de apoyo (SMA) y Centros de Investigación (CI)

Son aquellos residuos generados en las actividades para la atención e investigación médica en establecimientos de salud. Algunos de estos residuos se caracterizan por estar contaminados biológicamente siendo esto un residuo con alto índice de peligrosidad. (Ministerio de Salud, 2018).

#### 1.2.5. Clasificación de residuos sólidos de EESS. SMA y CI

El Ministerio de Salud (2018), clasifica a estos tipos de residuos según su naturaleza y en sus riesgos asociados, dividiéndolo en:



#### 1.2.5.1. *Residuos Biocontaminados*

Son aquellos residuos peligrosos que se generan en la atención al paciente y en investigaciones científicas que pueden contener concentraciones de microorganismos que son de potencial riesgo para la persona que ente en contacto con dichos residuos.

#### 1.2.5.2. *Residuos Especiales*

Son aquellos residuos peligrosos con características físicas y químicas de potencial peligro por los corrosivos, inflamable, tóxico, explosivo, reactivo, y radiactivo para la persona expuesta.

#### 1.2.5.3. *Residuos Comunes*

Son aquellos residuos que no han estado en contacto con pacientes, o con materiales o sustancias contaminantes; incluyendo los restos de la preparación de alimentos

Los residuos comunes se pueden clasificar de la siguiente manera:

##### a) Tipo C.1

Papeles de las oficinas administrativas que no han tenido contacto con el paciente y que no se encuentre contaminados, que son objetos de valorización.

##### b) Tipo C.2

Vidrio, madera, plásticos, metales, placas radiográficas, frascos de sueros sin equipos de venoclisis, otros que no hayan estado en contacto directo con el paciente y que no se encuentren contaminados y son objetos de valorización.

##### c) Tipo C.3

Restos de preparación de alimentos en la cocina, de la limpieza de jardines, que no hayan tenido contacto con el paciente y son objetos de valorización.

#### 1.2.5.3.1. Residuo Orgánico

Son los residuos biodegradables que se componen naturalmente y tienen la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se

componen de restos de comida y restos vegetales. (Consortio Provincial de residuos sólidos urbanos, 2010)

La Universidad Nacional Costa Rica & UNA Campus Sostenible (2015) afirma que los residuos orgánicos son comúnmente clasificados en:

a) Restos de comida

Básicamente especifica que son todos los restos sobrantes de comida, alimentos en mal estados, siendo este crudos o cocinados (Universidad Nacional Costa Rica & UNA Campus Sostenible, 2015)

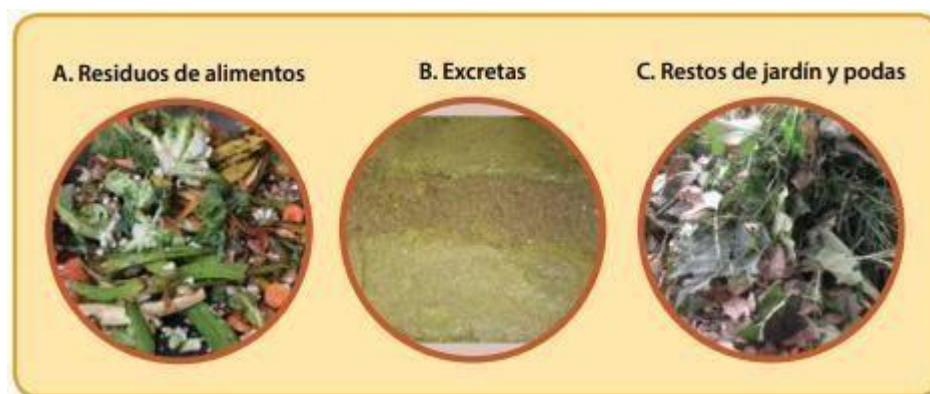
b) Excreta de animales

Los organismos toman los nutrientes necesarios para su mantenimiento, producción y reproducción y el resto son elementos de la digestión no utilizados, por lo tanto, son expulsado como heces y orina. Estas excretas pueden ser de diversos tipos por ejemplo de ganado vacuno, equinos, cerdos, oveja y cabra entre las más comunes.

c) Restos de podas y Jardín

Durante el servicio de jardinería se producen residuos compuestos por ramas, follajes, hojas, tallos. (Ministerio de Agricultura, 2014)

*Figura 1. Tipo de Residuo Orgánico*



Fuente: Imagen extraída del Ministerio de Agricultura, (2014)

#### 1.2.6. Etapas de manejo de los residuos sólidos en EESS, SMA y CI

Según el Ministerio de Salud (2018), las etapas establecidas para el manejo de los residuos sólidos en los centros de salud son:

#### 1.2.6.1. *Acondicionamiento*

Esta primera etapa se trata de acondicionar las áreas de servicios para la recepción de los diferentes tipos de residuos hospitalarios.

#### 1.2.6.2. *Segregación*

Se trata de clasificar el residuo desde el punto de generación, ubicándolos de acuerdo al tipo de residuo hospitalario.

#### 1.2.6.3. *Almacenamiento Primario*

Es el primer depósito en donde se almacena el residuo según su clasificación de manera inmediata en el servicio en donde se genera.

#### 1.2.6.4. *Almacenamiento Intermedio*

Es el centro de acopio temporal donde se recolectan los residuos hospitalarios generados en el almacenamiento primario de los diferentes servicios. Esta etapa se tiene que mantener de manera sanitaria y ambientalmente adecuada.

#### 1.2.6.5. *Recolección y transporte interno*

Se traslada los residuos del almacenamiento primario al almacenamiento intermedio utilizando contenedores.

#### 1.2.6.6. *Almacenamiento central o final*

Es el almacenamiento donde llegan los residuos provenientes del almacenamiento intermedio. En esta etapa los residuos son depositados con el fin de tratarlos, valorizarlos o darle disposición final

#### 1.2.6.7. *Valorización*

Es cualquier sistema que tenga como fin reaprovechar el residuo que no ha tenido contacto con el paciente. Siendo este material o energética.

##### 1.2.6.7.1. Tipos de Valorización para los EESS, SMA y CI

###### a) Reutilización

Reutilizar es volver a utilizar el mismo material sin algún cambio en su estado físico. (Ministerio de Salud, 2018)

###### b) Compostaje

El Ministerio de Salud (2018) afirma que el compostaje es un sistema de transformación natural para obtener abono natural, sirviendo este, para aportar nutrientes al suelo.

En los diferentes tipos de establecimientos de salud solo se pueden utilizar los residuos orgánicos del área en donde se realiza la preparación de alimentos, sin contacto con el paciente.

c) Recuperación de aceites

Los aceites usados en los servicios se podrán recuperar almacenándolo en recipientes de alta densidad y con su respectiva rotulación para su comercialización. (Ministerio de Salud, 2018)

*1.2.6.8. Tratamiento de los residuos sólidos*

Es un proceso que tiene como finalidad eliminar la peligrosidad del residuo para que ya al pasar el proceso no pueda causar daño a la persona ni al ambiente. (Ministerio de Salud, 2018)

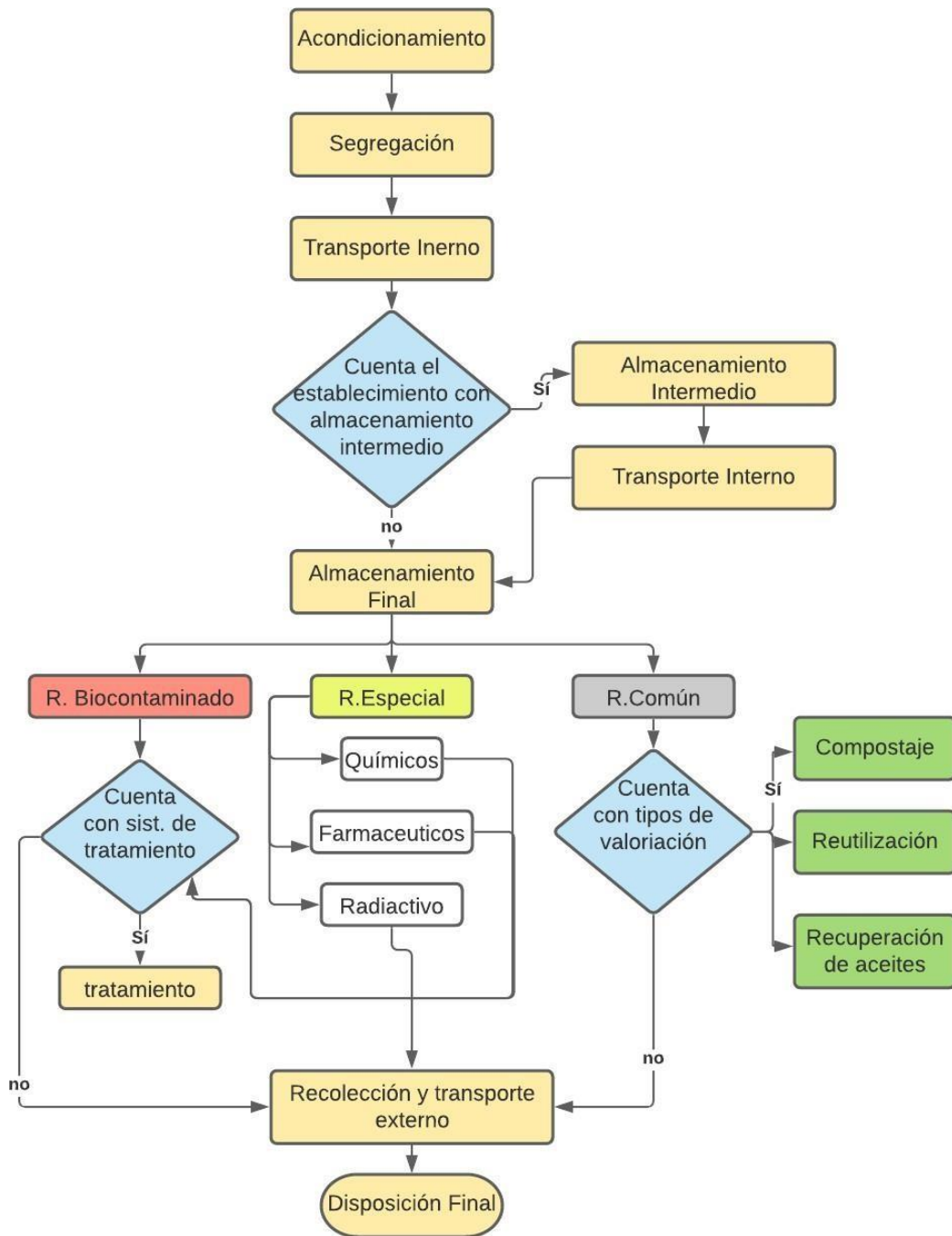
*1.2.6.9. Recolección y Transporte externo de los residuos sólidos*

Es la actividad que consiste en el recojo de los residuos sólidos por parte de los EO-RS. (Ministerio de Salud, 2018)

*1.2.6.10. Disposición Final de los Residuos Sólidos*

Es el espacio para disponer los residuos sólidos como etapa final, que es en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. (Ministerio de Salud, 2018).

Figura 2. Etapas de Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios



Fuente: adaptado por Mendoza (2020)

### 1.2.7. Compostaje

El compostaje es el proceso biológico más frecuente utilizado para la conversión de la fracción orgánica a un material húmico estable conocido como compost. El proceso se efectúa mediante procesos controlados de la fracción orgánica de microorganismos aerobios. (Rojas ,2018)

### 1.2.8. Proceso del compostaje

En el proceso de compostaje se transforma la parte orgánica en su estado inicial para así obtener una fracción orgánica estable e higienizada, liberando en el proceso CO<sub>2</sub>, agua, minerales y energía. El proceso de compostaje a través de la decomposición de los residuos orgánicos ocurren de formas diferentes. (Avila, 2015)

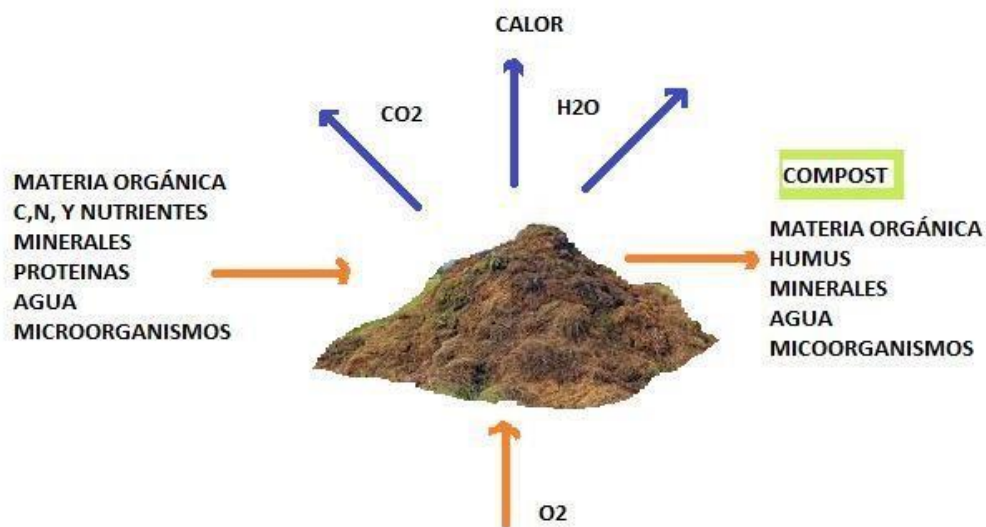
#### 1.2.8.1. Controlada

El proceso de compostaje se da sin causar problemas al medio ambiente, controlando la descomposición de residuos orgánicos.

#### 1.2.8.2. No Controlada

Esta forma se da con bajo control sanitario y ahí es donde se produce la aparición de malos olores y de vectores.

Figura 3. Elementos que se libera en la formación del compost



Fuente: Imagen extraída de Avila (2015)

### 1.2.9. Etapas del Proceso de Compostaje

Según la temperatura generada durante el proceso de compostaje se diferencian en cuatro etapas:

#### 1.2.9.1. Fase Latencia

Esta etapa se da a inicios desde que el material orgánico ingresa fresco a la pila para su conformación. Si el residuo orgánico ya tiene tiempo en el centro de acopio, esta etapa puede pasarse por alto. En esta etapa se

constatan los primeros cambios de temperatura, en donde se incrementa con respecto a la temperatura inicial del material orgánico, la duración de esta etapa es indeterminable, dependiendo de C/N, pH, Oxígeno, etc. (Avila, 2015)

#### 1.2.9.2. *Fase Mesófila*

En esta etapa se destacan las fermentaciones facultativas de los microorganismos mesófilos simultáneamente con respiraciones aeróbicas. También se presentan los microorganismos aerobios estrictos también llamados Euactinomicetos con la finalidad de producir antibióticos. Se produce también la reducción de azufre, fósforo, ocurriendo procesos de nitrificación y oxidación. El aumento de calor da un incremento de los microorganismos termófilos; esta etapa se da entre los 10-40°C. (Avila, 2015)

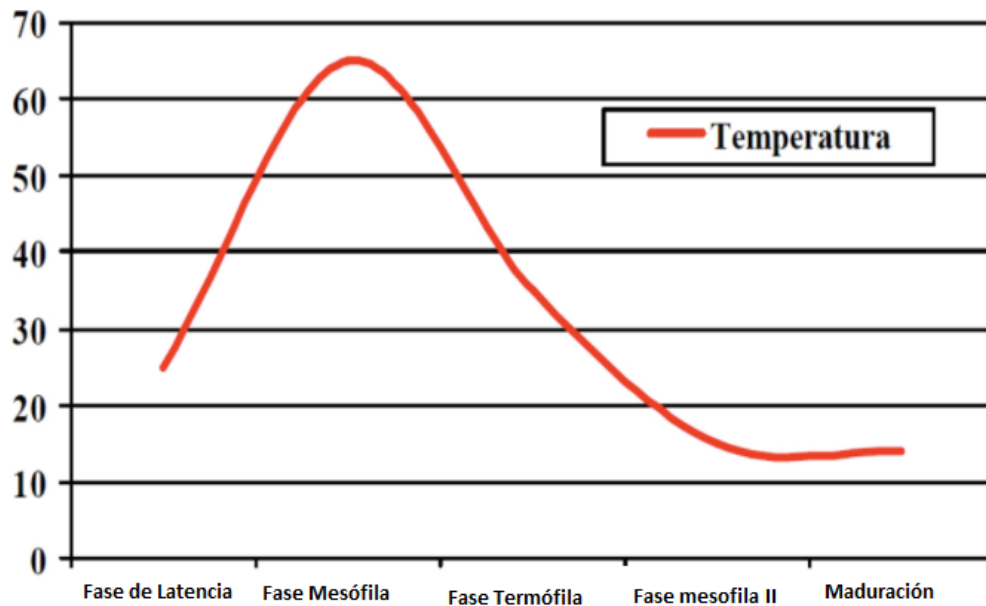
#### 1.2.9.3. *Fase Termófila*

En esta etapa todos los microorganismos mesófilos son sustituidos por la microflora termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos uniéndose para degradar materia orgánica. Se tiene como dato que ya en esta etapa se eliminan los mesófilos patógenos (elementos biológicos contaminantes); la temperatura es de 40-75°. (Avila, 2015)

#### 1.2.9.4. *Fase de Mesofila II o de maduración*

Comienza a disminuir la temperatura, y a acabarse los nutrientes. En esta etapa desaparecen los termófilos desarrollándose nuevamente la microflora mesófila, ya que la temperatura se acentúa de los 40°C o inferiores a esta. Estos microorganismos, utilizaran como alimento al material orgánico que es más difícil de degradar, como la celulosa y lignina. También conocida como etapa de maduración. (Avila, 2015)

Figura 4. Fases del proceso de compostaje según la temperatura



Fuente: Imagen extraída en Avila, (2015)

#### 1.2.10. Elaboración del compostaje

La elaboración de compostaje probablemente se deriva de zonas agrarias en donde se acumulaba restos orgánicos con el fin de disminuir su tamaño y emplearlo como abono natural. (Avila, 2015)

##### 1.2.10.1. Compostaje Aerobio

En el compostaje aerobio predomina el metabolismo respiratorio, estando presente en estado mesófila, y termófila, con la participación de microorganismos mesófilos y termófila respectivamente de efecto sintrófico y de nutrición cruzada. (Avila, 2015)

En una pila se distinguen dos zonas:

- La zona más evidente a cambios de temperatura térmicos es la zona central.
- La zona que rodea el núcleo (la zona cortical) dependerá de la compactación y textura de la misma para su espesor.

Como bien nos dice Avila (2015), para poder evaluar y diferenciar las etapas en la parte aerobia del compostaje se debe utilizar la temperatura como criterio y tomar como referencia la zona central o núcleo.



### 1.2.10.2. *Compostaje Anaerobio*

La digestión anaerobia se da en los diferentes sitios de disposición de residuos orgánicos, siendo este un proceso lento, por lo cual es necesario trabajarlo con un biorreactor acelerando la biodegradación haciendo modificaciones de sus parámetros físicos y químicos. (Avila, 2015).

#### a) Ventajas

- Se puede utilizar el biogás
- No se utiliza mucho terreno

#### b) Desventajas

- Costo elevado
- Demanda de compostaje baja por falta de conocimiento del sustrato

### 1.2.11. Parámetros del proceso de compostaje

Para que pueda existir buenas condiciones controladas (aeróbicas y termófilas) el proceso de compostaje necesita que los microorganismos tengan factores eficientes para que no afecten su desarrollo en el proceso, para esto existe requisitos para no limitar la transformación. (Barrena, 2006).

#### 1.2.11.1. *Temperatura*

Este es un parámetro determinante para poder obtener un buen abono natural, ya que, si la temperatura es demasiado baja, no ayuda a destruir la microflora contaminante o no deseada, y si es una temperatura muy alta, los nutrientes empiezan a perder sus propiedades desnaturalizándolas. (Lopez, 2006)

#### 1.2.11.2. *Aireación*

La aireación se da para poder suministrar oxígeno a los microorganismos y estos puedan desarrollarse. También este, permite controlar la temperatura, y disminuir la humedad la materia orgánica. Cuando no se tiene una buena aireación se produce el crecimiento de bacterias anaerobias, dando así las fermentaciones, ocasionando los malos olores. (APROLAB, 2007)

#### 1.2.11.3. *Humedad*

Este parámetro es muy importante ya que para que los microorganismos puedan abastecerse con el material orgánico se necesita que estén disueltas

en agua, favoreciendo también a la reproducción microbiana. Si la humedad del proceso de compostaje es demasiado baja, los microorganismos pierden actividad, parando así de ejercer sus funciones, y si en caso la humedad es demasiada alta, se disminuye la transferencia de oxígeno, generando así malos olores, y pérdidas de nutrientes. (Barrera, 2006)

#### 1.2.11.4. pH

El pH óptimo para el compostaje tiene intervalo de 6.5 a 8.0. Si en el caso de que el pH baje hace que se retarde el desarrollo de los microorganismos, y si en caso el pH se vuelve alcalino, precipita a los nutrientes haciendo que estos no se vuelvan asequibles a la microflora. (Rocha, 2009)

#### 1.2.11.5. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación Carbono/Nitrógeno es sumamente importante para el proceso de compostaje, Avila (2015), nos dice que los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas, los valores ideales para la relación C/N se encuentra entre 25 y 35 (25-35 partes de C por 1 de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono la relación será muy alta y el proceso será lento, perdiendo el N en forma de NH<sub>3</sub> y el C en forma de CO<sub>2</sub>.

Tabla 2. Relación C/N de algunos restos orgánicos

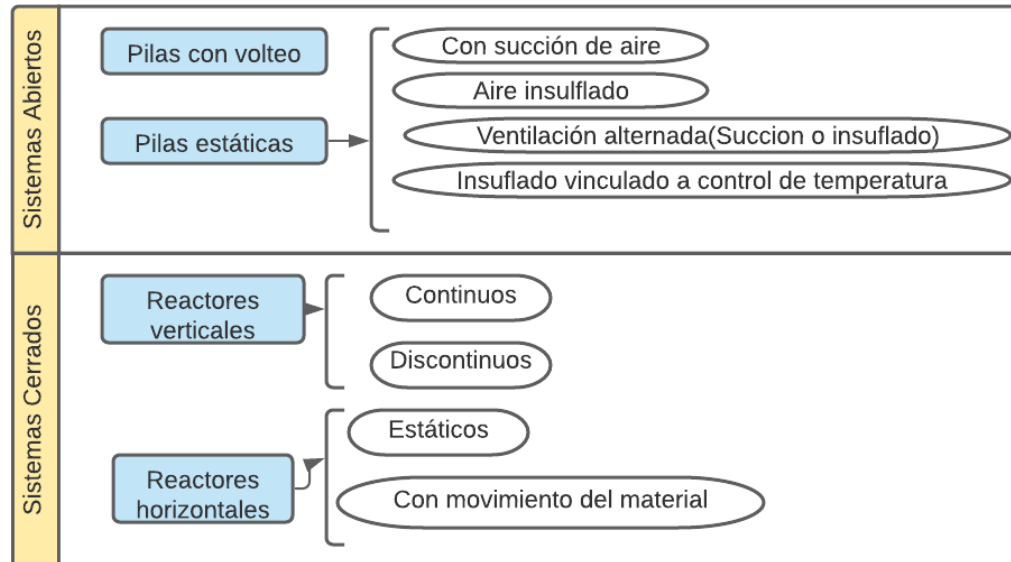
<b>MATERIALES</b>	<b>RELACION C/N</b>
<b>Cascarilla de arroz</b>	700
<b>Aserrín de madera</b>	500
<b>Paja de cereales</b>	80
<b>Caña de maíz</b>	60
<b>Desecho de frutas</b>	35
<b>Pasto verde cortado</b>	19
<b>Estiércol de cuy</b>	8

FUENTE: Tabla extraída en Avila (2015)

### 1.2.12. Sistemas de compostaje

Se puede establecer dos categorías principales sistemas abiertos y sistemas cerrados. (Sanchez Romero, 2013)

Figura 5. Clasificación general de sistemas de compostaje



Fuente: Imagen elaborada por Sanchez Romero (2013)

#### 1.2.12.1. Sistemas abiertos

##### 1.2.12.1.1. Pilas estáticas

En este tipo de sistema abierto es importante la forma y la medida de la pila, ya que el material orgánico solo se amonto en el piso o suelo. Es el sistema más simple y económico. (Sanchez, 2013).

##### a) Pilas estáticas con aireación pasiva

Se emplean estructuras para poder obtener un flujo de masa de oxígeno desde la parte inferior hacia la zona superior de la pila. El oxígeno caliente que nace desde el núcleo aspira los aires de las fronteras. (Sanchez Romero ,2013)

*Figura 6.* Detalle de pilas estáticas con aireación pasiva



Fuente: Imagen obtenida por Sanchez Romero (2013)

b) Pilas estáticas con aireación forzada

Este sistema es un poco más costoso, ya que ayuda a que el oxígeno permanezca en el proceso del compostaje favoreciendo así la actividad microbológica. La contribución de oxígeno se puede hacer de diferentes maneras, por vías, succión o insuflado. Realizándose de manera continua, en intervalos o por termostatos. (Sanchez Romero, 2013)

*Figura 7.* Detalle de pilas estáticas con aireación activa



Fuente: Imagen obtenida por Sanchez Romero (2013)

#### 1.2.12.1.2. Pilas con volteo

Esta técnica también llamada pilas aireadas consiste remover la pila periódicamente para poder homogenizar los parámetros del proceso de compostaje para obtener un buen sustrato y evitar los malos olores. En el momento que ya se acentúa a pila, la temperatura tiende a bajar 5-10°C, subiendo si en caso el proceso aun no haya acabado. Se recomienda hacer el volteo de pilas cada 6-10 días. En este tipo de sistema, tiene mucho valor generar una pila de alta altura para dos cosas, que no haya pérdida de calor, y que tenga una buena oxigenación. (Sanchez Romero, 2013)

*Figura 8.* Detalle de pilas con volteo



Fuente: Imagen adaptada por Sanchez Romero (2013)

#### 1.2.12.2. *Sistemas cerrados*

Tienen un principal inconveniente, que es el costo elevado para poder hacer uso de ese sistema. Esto se equilibra porque permite tener mayor control de los parámetros del proceso de compostaje como también obtener el sustrato a menos tiempo. Este tipo de sistemas se dividen en dos de acuerdo al flujo Horizontal y vertical. (Sanchez Romero, 2013)

#### 1.2.13. Abono natural

Se define como el que provee de nutrientes a los cultivos o suelo que necesite produciéndolo con mejor calidad. (IFA Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes, 2002).

La diferencia entre abono natural y fertilizante natural es que el abono no necesita agua para su aplicación en el suelo, en cambio el fertilizante

necesita de agua para que pueda ser absorbido por la planta (Guía de Jardinería, 2015)

#### 1.2.13.1. *Clasificación de abonos naturales*

Existen dos tipos de abono, sólidos y líquidos, entre los sólidos tenemos al compost, lombricomposta, bocashi, y ácidos húmicos, y entre los líquidos generalmente se tiene al té de compost. (Ramos Agüero, 2014)

##### 1.2.13.1.1. Compost

Es un tipo de abono natural definido como el sustrato del proceso de compostaje siendo de una manera eficiente cuando se ejerce control en la calidad del proceso de compostaje.

El compostaje es un acondicionador orgánico natural que en el suelo mejora la calidad física, biológica y química. (Menjívar, Puentes, & Bhorquez, 2014)

#### 1.2.14. Propiedades físicas del compost

##### 1.2.14.1. *Humedad*

Este parámetro se da para poder hallar cuanto de H<sub>2</sub>O tiene el sustrato. Cuando es mayor que el 60% probablemente indica que ha tenido poca aireación y si presenta una humedad de por debajo de 30% se deduce que el proceso de compostaje ha tenido poca humedad, y por ende insuficiente estabilización. (Chavez, 2015)

##### 1.2.14.2. *Tamaño de partícula*

Cuando el tamaño de partícula es demasiado pequeño, dificulta el paso del aire y de la humedad. Resultando así un suelo poroso. (Chavez, 2015)

#### 1.2.15. Propiedades Químicas del Compost

##### 1.2.15.1. *Materia Orgánica (%)*

Esta propiedad indica la materia seca que da de resultado después del proceso de compostaje. Tener menos del 20% indica que el material orgánico ingresado a las pilas no solo eran desechos orgánicos, sino ha sido mezclado con arena, u otro compuesto mineral. Tener más del 60% indica que aún existe demasiado material para los microorganismos dando como conclusión que el sustrato aún no está maduro. (Hidalgo, 2013)

#### 1.2.15.2. *Relación C/N*

Esta propiedad mantiene un intervalo de 10-20. Si el carbono es muy alto presenta inmadurez del sustrato, reduciendo así el nitrógeno para la microflora. (Hidalgo, 2013)

#### 1.2.15.3. *pH*

Para obtener un sustrato de buena calidad el pH generalmente se presenta neutro, en caso el pH se vuelva alcalino se da malos olores y amoniacos, y en caso es muy básico demuestra inmadurez. (Sanchez, 2013)

#### 1.2.15.4. *Conductividad eléctrica*

Esta propiedad se utiliza para medir las sales solubles en el sustrato. Valores superiores a 4000u, hacen que, como abono natural, de una resequedad a las plantas o suelo. El intervalo ideal es de 500u a 4000u. (Sanchez, 2013)

#### 1.2.15.5. *Nitrógeno, Fosforo y Potasio (%)*

Son minerales que proporcionan nutrientes a los microorganismos, esto depende del material orgánico ingresado, y del proceso de compostaje. (Sanchez, 2013)

Tabla 3. *Valores Habituales de los parámetros del compostaje*

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALORES HABITUALES</b>
<b>Humedad%</b>	30-60
<b>Materia Orgánica%</b>	30-60
<b>Relación</b>	10-20
<b>pH</b>	6.5-8.5
<b>Conductividad eléctrica uS/cm</b>	500-4000
<b>Nitrógeno%</b>	1.0-2.5
<b>Fosforo%P2O5</b>	0.4-1.2

Fuente: Tabla obtenida de Sanchez, (2013)

#### 1.2.16. Propiedades Biológicas del compost

Sirve para poder verificar que no haya microorganismos contaminantes en el sustrato, si en caso presenta microflora no deseada, es porque en el proceso de compostaje no se llegó a una temperatura alta.

#### 1.3. Definición de Términos Básicos

##### a) Actinomicetos

Es un tipo de microorganismos (bacterias filamentosas) que tienen físicamente parecido a los hongos. Particularmente se encuentran el suelo. (Quinayas, 2014)

##### b) Ácidos Húmicos

Es un tipo de abono natural que para los microorganismos no es tan fácil digerir. (Quinayas, 2014)

##### c) Bocashi

Es un tipo de abono natural que se da de manera anaeróbica, ya que necesita la fermentación para su proceso. (Ganadería, 2011)

##### d) Fermentación facultativa

Es un tipo de organismos anaerobios que quiere decir que pueden también tener respiración anaerobia, que degradan el material orgánico, (Cenicafe, 2010)

##### e) Gestión Integral de Residuos

Es la actividad que se encarga de planificar, evaluar políticas y generar estrategias para el manejo de residuos sólidos. (Ministerio de Salud, 2018)

##### f) Minimización

Acción de disminuir al máximo la generación de residuos sólidos adoptando una estrategia para poder prevenir sin generar daños en la salud o al ambiente. (Ministerio de Salud, 2018)

##### g) pH

Indicador del grado de acidez o de alcalinidad (García, 2019)

##### h) Reaprovechar

Volver a tener el beneficio de un artículo o bien. (Ministerio de Salud, 2018)



i) Relleno Sanitario

Instalación que se da para la disposición final de los residuos de ámbito municipal. (Ministerio de Salud, 2018)

j) Residuos aprovechables

Son residuos que pueden volver a utilizarse como materia prima. (Ministerio de Salud, 2018)

k) Tratamiento de residuos sólidos

Cualquier proceso que pueda reducir o anular la peligrosidad del residuo, para luego depositarlo a su disposición final. (Ministerio de Salud, 2018)

l) Temperatura

Nos da a conocer el nivel de energía térmica que tiene un cuerpo, en este caso para poder ver la temperatura de un compostaje.

m) Té de compost

El té de compost es la sustancia líquida del compostaje, conteniendo una microflora beneficiosa para usarlo como abono natural. (Compostadores, 2005)

## **2. CAPITULO II. METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

### **2.1. Metodología de la Investigación**

#### **2.1.1. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

##### *2.1.1.1. Delimitación Temporal*

Los datos que se consideraran para la realización del proyecto será desde el 15 de abril hasta el 10 de setiembre del año 2020.

##### *2.1.1.2. Delimitación Espacial*

El trabajo propuesto se llevará a cabo en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

#### **2.1.2. Población**

La población será proveniente de jardinería y nutrición del Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, siendo este 5191.2 Kg de residuo orgánico

### 2.1.3. Muestra

La muestra es censal porque es igual a la población

### 2.1.4. Modelo de solución propuesto

#### 2.1.4.1. *Tipo de Investigación*

El proyecto tendrá como propósito un tipo de investigación Aplicada, ya que a través de la teoría buscaremos solución mediante la práctica o elaboración del sistema de compostaje.

#### 2.1.4.2. *Diseño de la Investigación*

Será de Diseño descriptivo con enfoque cuantitativo, ya que se manipulará tabulaciones numéricas con respecto a la variable independiente.

### 2.1.5. Técnica de Análisis de datos

La técnica utilizada fue análisis descriptivo de datos estadísticos.

### 2.1.6. Técnica de recolección de Datos

La técnica fue observación directa, tomando como instrumento la ficha de recolección de datos.

### 2.1.7. Aspectos Éticos

- Se citaron correctamente las fuentes empleadas como fundamento de esta tesis.
- Se pidieron los permisos correspondientes a la entidad donde se ejecutó esta investigación.
- Todos los datos consignados como resultados son reales y se ajustan a lo evaluado acorde con la metodología propuesta.

## 2.2. Determinación y análisis del problema

La presente investigación se enfocará en valorizar los residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, ya que, según la información proporcionada por el área de Saneamiento Ambiental, mensualmente se genera 23532.99 kilogramos de residuo común, enviados a rellenos sanitarios para una disposición final. Sin embargo, en estos residuos

comunes, aglomeran cierta cantidad de residuos reaprovechables, como es el caso de los residuos orgánicos, que al ser llevados al relleno sanitario se desaprovecha o se desvaloriza el producto orgánico.

Al optar por sistemas sostenibles como el compostaje, que reutiliza la materia orgánica para reintegrarla a las áreas verdes del Hospital, beneficiaría al propio establecimiento de salud, minimizando gastos en mantenimiento de áreas verde como también beneficia a la municipalidad de Lima, minimizando la cantidad de residuo común y evitando la elevada lixiviación e inadecuada gestión del espacio dentro de los rellenos sanitarios en Lima.

### 2.3. Área de estudio

#### 2.3.1. Ubicación Geográfica

El hospital de Emergencia de Villa el Salvador se ubica en el distrito de Villa el Salvador en la ciudad de Lima, en el tercer sector entre las avenidas 200 Millas y Pastor Sevilla, extendiéndose en un área de terreno de 40 000 m<sup>2</sup>. (Hospital de Emergencia Villa el Salvador, 2019)

Villa el Salvador se encuentra ubicado a 25 Km al sur de la capital de Perú en la cota central, se ubica aproximadamente entre los paralelos 12°13'58.9"latitus Sur y los 76°56'07.4" de Longitud Oeste (Sistema WGS-84) y a 175 metros sobre el mar de altitud. (Hospital de Emergencia Villa el Salvador, 2019)

Figura 9. Ubicación geográfica del Hospital de Emergencia de Villa el Salvador



Fuente: Imagen Satelital obtenida de Google Earth, 2020

## 2.4. Características ambientales

### 2.4.1. Clima

Villa el Salvador tiene un clima sub tropical, siendo este de climas variado como árido, semi cálido y nuboso, Siendo la temperatura media de 15°C a 23°C. Los vientos tienen una velocidad de 2 a 4m/s, haciendo que al tener esta velocidad los contaminantes atmosféricos no se puedan dispersar significativamente. (Munives, 2007)

### 2.4.2. Hidrológico

En la zona de Villa el Salvador no se encuentra ningún sistema hidrológico, puesto que el distrito no se encuentra bajo alguna cuenca propia, se ubica entre la zona baja de dos cuencas. Por el Norte con el río Rímac, y por el Sur con el rio Lurín. (Proyecto de Fortalecimiento del nuevo Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, 2010)

## 2.5. Materiales y equipos

### 2.5.1. Materiales de campo

- Formato para el control de pesaje de residuo orgánico
- Formato de control del parámetro de temperatura en compostaje
- Bolsas de polietileno color negro para el área de nutrición y verde para el área de Jardinería
- Etiquetas para las muestras de compost
- Guantes
- Lampa y pala
- Sacos
- Tamiz malla de alambre 1cm
- rastrillo

### 2.5.2. Materiales en estudios e insumos

En la obtención del compost se utilizó:

- Residuo orgánico del área de Nutrición
- Residuo de poda y maleza del área de Jardinería perteneciente a Servicios Generales

- Aserrín, se mezclará en las pilas de compost para evitar se incremente la humedad mas de lo descrito en teoría.

### 2.5.3. Materiales de Laboratorio

Las muestras de las dos pilas de compostaje fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para evaluar las características físicas-químicas que tiene el compost generado en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, exactamente se evaluará:

- Análisis de materia orgánica sólida: pH, Conductividad eléctrica, humedad (%), materia orgánica (%), nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, sodio.
- Relación C/N

### 2.5.4. Materiales de oficina

- Computadora
- Registro de datos de campo (Excel)

### 2.5.5. Equipos

- Cámara fotográfica
- Manguera
- Termómetro
- Balanza Digital
- Podadora eléctrica
- carretilla

## 2.6. Procedimiento

El proceso para la valorización de los residuos orgánicos se debe empezar con la recolección, clasificación, picado, amontonamiento o apilado y seguido del proceso del compostaje.

Para la realización del procedimiento de la metodología mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas se siguió con el manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2013).

### 2.6.1. Etapa de pre-campo

Se recopiló información teórico-práctico para poder ejercer el proyecto, con la aprobación del Servicio de Epidemiología Hospitalaria y Saneamiento Ambiental (SEHSA), contando también con la norma técnica de salud actual NTS n°199-MINSA-2018, donde aprueba la valorización de residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje.

#### 2.6.1.1. Adecuación del área experimental

El área a adecuar el sistema de compostaje a través de pilas aireadas tiene que ser un sitio donde no afecte la ruta de transporte de residuos sólidos hospitalarios, ni a las unidades de servicios hospitalarios; tomando esas medidas se ubicó el área detrás del área de tratamientos de residuos.

*Figura 10. Adecuación del área experimental*



Fuente: Gráfico obtenido por plano del Hospital de Emergencia VES (2019)

#### 2.6.1.2. Selección del sistema de compostaje

Con la finalidad de respetar y mantener la armonía del Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, se eligió el sistema de compostaje a través de pilas aireadas para no generar olores ya que al formarse el compost con microorganismos aerobios no se genera metano y también al elegir este tipo de compostaje se puede abarcar la arena en desuso del área generando disminuir el impacto visual.

## 2.6.2. Etapa de Campo

### 2.6.2.1. *Recolección de los residuos orgánicos*

La materia orgánica para la conformación de las pilas provino del área de nutrición (Restos de alimentos vegetales), y del área de Jardinería (Grass, hojas y maleza).

#### a) Nutrición

Se trasladó los restos alimenticios que se encuentran en su respectivo deposito diferencial según la ruta de transporte de residuos sólidos hospitalarios. Cuando se llegó al área de almacenamiento se realizó el pesaje para la toma de datos diaramente por cuatro meses y se acopia en el área del sistema de compostaje.

#### b) Jardinería

Cada que se necesitaba podar (Grass, hojas) y separar la maleza de las áreas verdes del Hospital de Emergencia de Villa el Salvador se realizó el traslado de estos residuos orgánicos hacia el área de almacenamiento, posteriormente el pesaje para la toma de datos y se acopió en el área de sistema de compostaje.

### 2.6.2.2. *Picado*

Para el proceso de compostaje la materia orgánica se requiere de tamaño minúsculo, siendo estos de 3cm a 6cm, ya que al ser partículas grandes la microflora se demora en digerirlas. Esta actividad se realizó con la pica y con el rastrillo con el apoyo del área de Jardinería.

### 2.6.2.3. *Apilado*

El tamaño de la pila de compostaje influye bastante en el proceso según estaciones del año, básicamente por la aireación y la temperatura.

Cuando es temporada de verano se recomienda que la pila de compostaje tenga una altura más baja bordeando los 30 cm, y cuando es de altura más alta se recomienda tener una altura de 50 cm a 80 cm. Por ende, se manejó las pilas de compostaje con una altura de 0.5m, ya que se trabajó en meses de invierno.

### 2.6.2.4. *Delimitación de las unidades experimentales*

En el presente proyecto las pilas tuvieron medidas de:

Tabla 4. *Unidades experimentales de la Pila 1*

<b>SISTEMA</b>	<b>Abierto en pilas Trapezoidal</b>
<b>COMPOSICIÓN</b>	Restos vegetales (Frutas y verduras), Poda (grass + hojas + maleza), Aserrín
<b>DIMENSIONES</b>	Larg. x Anch. x Alt. ---> 3m x 2.4m x 0.5m = 3.60 m <sup>3</sup>
<b>CAPACIDAD (INGRESO)</b>	1.8 Toneladas
<b>TIEMPO DE DEGRADACIÓN</b>	4 meses
<b>FECHA DE INICIO</b>	15/04/20
<b>FECHA DE TERMINO</b>	15/08/20

Fuente: Elaboración Propia Mendoza, (2020)

Tabla 5. *Unidades experimentales de la pila 2*

<b>SISTEMA</b>	<b>Abierto en pilas Trapezoidal</b>
<b>COMPOSICIÓN</b>	Restos vegetales (Frutas y verduras), Poda (grass + hojas + maleza), Aserrín
<b>DIMENSIONES</b>	Larg. x Anch. x Alt. ---> 3m x 1.5m x 0.5m = 2.25 m <sup>3</sup>
<b>CAPACIDAD (INGRESO)</b>	1.2 Toneladas
<b>TIEMPO DE DEGRADACIÓN</b>	4 Meses
<b>FECHA DE INICIO</b>	10/05/20
<b>FECHA DE TERMINO</b>	10/09/20

Fuente: Elaboración Propia Mendoza (2020)

#### 2.6.2.5. *Volteo*

El volteo tiene dos objetivos, según menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2013), favorece a los



procesos metabólicos de la microflora evitando se cree microorganismos anaeróbicos que ocasionan los malos olores y también que el proceso se cumpla homogoneamente en toda su extensión.

Lo recomendable es hacer el volteo semanalmente, sin embargo, para el proyecto, se realizó el volteo de las pilas manualmente con el apoyo de el área de jardinería con una frecuencia de cada dos semanas durante los cinco meses, ya que, por la pandemia del COVID-19, el 15 de marzo, el gobierno del Perú decretó estado de emergencia y aislamiento social obligatorio, modificando horarios al personal de jardinería.

#### 2.6.2.6. *Riego*

Durante el volteo se empleó la técnica del puño cerrado que consiste en introducir la mano a la pila, sacar un puñado de la materia orgánica y abrir la mano. El material debe quedar no tan compacta, pero q no escurra agua. Si en caso el material está húmedo se aconseja añadir material secante aserrín y en lo contrario si el material queda suelto, se tiene que aumentar la humedad a través del riego.

En el Hospital de Emergencia. Se realizó cada dos semanas o de acuerdo a lo que se podía observar en las pilas.

#### 2.6.2.7. *Evaluaciones durante el proceso de compostaje*

##### 2.6.2.7.1. *Temperatura*

La temperatura se midió semanalmente los días lunes miércoles y viernes, durante los cuatro meses, introduciendo directamente el termómetro para suelo en diferentes medidas 10cm, 20 cm, y 30 cm según

#### 2.6.2.8. *Tamizado y Toma de muestras*

Al finalizar el proceso de compostaje se tamizaron las pilas de compost para posteriormente tomar 1 kg de compost de cada pila para llevarlo como muestra a analizar las características físico-químicas de las muestras del compost.

#### 2.6.2.9. *Peso y Almacenamiento*

Una vez realizado todo el tamizado en las dos pilas se prosiguió a el pesado del compost ya sin impurezas, luego se procedió a envasarlos en sacos de

rafia, para almacenarlos y finalmente utilizarlo en las áreas verdes del hospital.

### 2.6.3. Fase de Oficina

En esta fase se procedió a la recolección de datos diarios del pesaje que ingresa y que se obtiene del compost como también las mediciones de temperatura y se solicitó los términos de referencia Contratación Directa N°25-2020 HEVES-MINSA, y N°02-2020-HEVES-MINSA “Servicios de limpieza para las áreas asistenciales, administrativas y jardinería del hospital de emergencias de Villa el Salvador” para poder determinar la tasa de valorización económica potencial que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador.

### 3. CAPITULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Flujo de generación de residuos orgánicos

Tabla 6. *Flujo de generación por tipo de residuos orgánicos*

<b>Residuos Orgánicos</b>	<b>Total general (Kg)</b>
Nutrición	1552.1
Maleza	570
Podaje	3069.1
<b>Total general</b>	<b>5191.2</b>

Fuente: Propia, Mendoza, (2020)

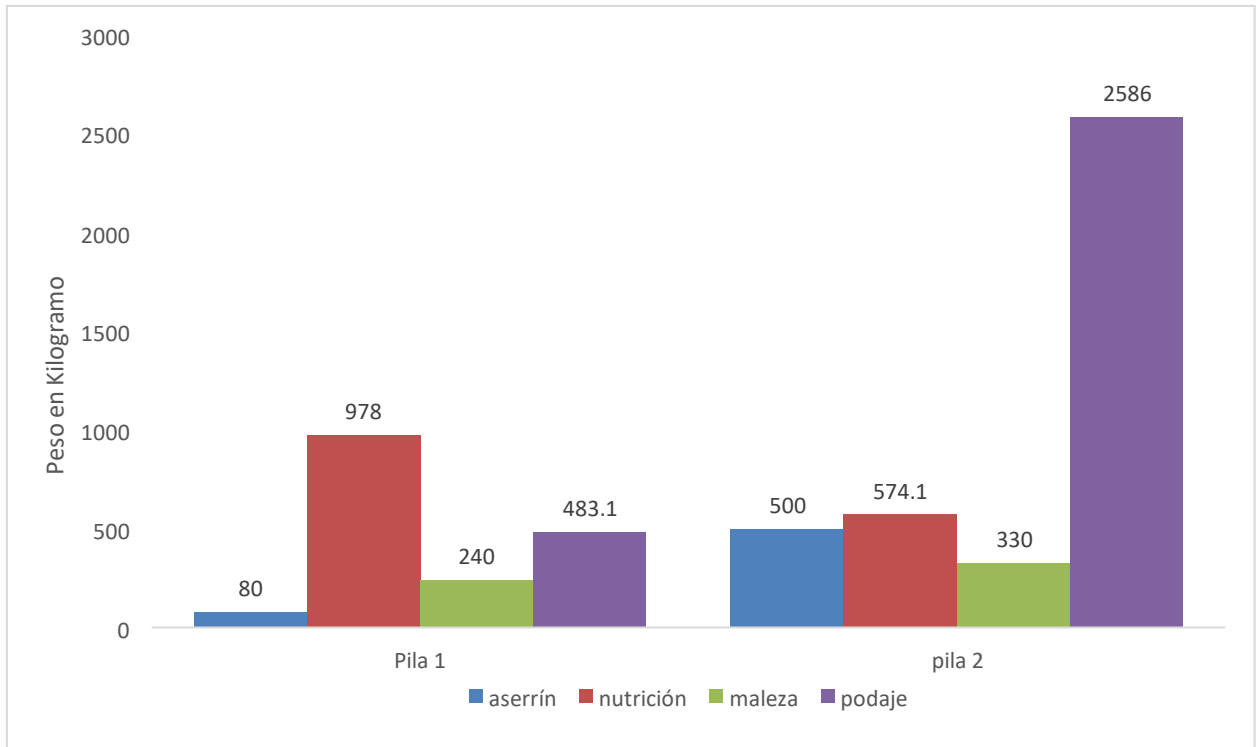
Los datos observados en la tabla 6, nos permitió conocer los resultados del flujo de generación por tipo de residuo que se da en el servicio de nutrición y el servicio de jardinería (maleza y poda) que se obtuvo en el intervalo del 15 de abril al 22 de setiembre de 2020, un peso respectivamente de 1552.1kg, 3639.1kg y un total de generación de 5191.2 kg. Donde se puede analizar que el servicio de Jardinería proporciona mayor material orgánico que el de nutrición debiéndose a la temporada de poda y también al no registro del pesaje del residuo orgánico en algunos días procedente del área de nutrición por cambio de empresa tercerizada y no tener presente el procedimiento de ruta de los residuos orgánicos.

Tabla 7. *Ingreso de residuo orgánico por pila aireada de compostaje*

<b>Suma de peso</b>					
<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Aserrín</b>	<b>Nutrición</b>	<b>Maleza</b>	<b>Podaje</b>	<b>Total</b>
	<b>(Kg)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>(Kg)</b>	<b>general (Kg)</b>
Pila 1	80	978	240	483.1	1781.1
pila 2	500	574.1	330	2586	3990.1
<b>Total general</b>	<b>580</b>	<b>1552.1</b>	<b>570</b>	<b>3069.1</b>	<b>5875.2</b>

Fuente. Propia, Mendoza (2020)

Ilustración 11. Ingreso de residuo orgánico por pila aireada de compostaje



Fuente: Propia, Mendoza, (2020)

En la tabla 7 y gráfico 11 se observa claramente el ingreso de residuo orgánico por pila aireada de compostaje adicionando material secante (aserrín), obteniendo en la pila 1 1781.1 kg y en la pila 2 3990.1 kg.

En la Pila 1 se añadió 80 kg de aserrín y en la pila 2, 500 kg de aserrín; esto ocurrió porque a inicios de enero, aún no se adquiría este insumo por lo que se le agregó de manera extraoficial para poder ayudar al proceso de compostaje.

Adicionalmente, también se observa que en la pila 2 se aglomeró mayor cantidad de poda, observándose así en el proceso de compostaje la humedad con referente a los residuos de poda se eleva en demasía, por lo que llevo gran cantidad de material secante.

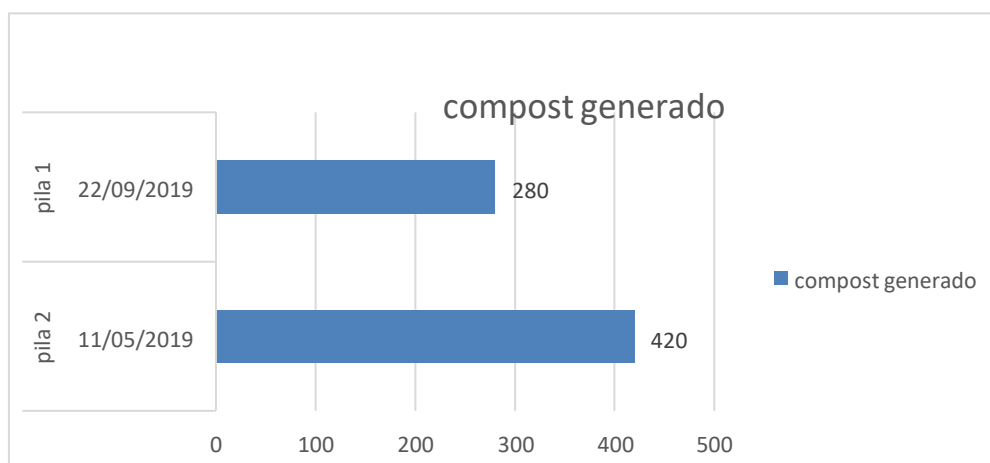
### 3.2. Flujo de generación de compost

Tabla 8. *Generación de compost por pila de compostaje*

Suma de peso	
Etiquetas de fila	compost generado
<b>pila 1</b>	<b>280</b>
11/08/2020	280
<b>pila 2</b>	<b>420</b>
22/09/2020	420
<b>Total general</b>	<b>700</b>

Fuente: Propia, Mendoza (2020)

Figura 12. *Generación de compost por pila compostaje*



Fuente: Propia, Mendoza (2020)

En la tabla 8 y en el gráfico 12 se puede observar el total de compost obtenido por parte de las dos pilas de compostaje, siendo el que tiene mayor cantidad es la pila 2 ya que también tuvo mayor ingreso de material orgánico.

### 3.3. Análisis físico-químico del compost obtenido

Las propiedades llevadas a evaluar al laboratorio de la Universidad Agraria La Molina son pH, Conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Nitrógeno, Sodio, Hidrógeno, Óxido de fósforo, Óxido de potasio, Óxido de Magnesio, y relación Carbono Nitrógeno.

Tabla 9. *Análisis físico-Químico del compost*

<b>pH</b>		8.99	9.00
<b>C.E.</b>	dS/m	9.09	9.55
<b>M.O.</b>	%	17.31	19.01
<b>N</b>	%	1.22	1.18
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	%	0.66	0.59
<b>K<sub>2</sub>O</b>	%	1.25	1.23
<b>Hd</b>	%	39.83	41.64
<b>Na</b>	%	0.32	0.32
<b>Relación C/N</b>		8.22	9.38

Fuente: Datos extraídos de Resultados de Informe de Materia Orgánica (2020)

Para poder analizar las propiedades físico-químicas del compost generado se tomó como referencia la legislación consolidada Real Decreto 506/2013 y Real Decreto 865/2010 del Parlamento y Consejo Europeo ya que en el Perú no se encontraron normativas para la calidad de compost.

#### 3.3.1. pH

##### a) Pila 1

En la tabla 9, se puede observar que la pila 1 tiene un pH de 8.99, siendo un pH elevado (ácido) y no estando dentro del rango ideal que es de 6.5-8.5. Esto se pudo originar por no incluir material secante en el proceso de compostaje y no realizar los volteos semanales durante su proceso para que favorecer a su maduración.

b) Pila 2

En la tabla 9, la pila 2 tiene un pH de 9, siendo este un pH ácido, no estando dentro del rango ideal de 6.5-8.5. Esto se produjo en consecuencia de la demasía de poda, falta de volteo y el clima produciendo elevada humedad retardando la maduración del compost.

### 3.3.2. Conductividad Eléctrica (CE)

a) Pila 1

La medida óptima de la conductividad eléctrica es menor de 4 dS/m. En la pila 1 el resultado de la medida de las sales solubles fue de 9.09 dS/m, siendo un valor superior que produce una deshidratación a las plantas cuando se usa en proporciones elevadas en macetas, pero es menos crítico cuando se aplica a las áreas verdes, como abono sobre el suelo, especialmente en zonas húmedas. Generalmente cuando el compost, aun falta madurar, los valores de CE salen mas altos que la medida óptima.

b) Pila 2

El resultado obtenido de la pila 2 fue de 9.55 dS/m, siendo un valor elevado al óptimo expresado en el Real Decreto 506/2013, produciendo un efecto de deshidratación en las plantas y bloqueando la absorción de algunos nutrientes. La alta concentración de sales, se debe a la alta humedad y la falta de volteo que tuvo la pila ya que influye en la concentración de la conductividad eléctrica.

### 3.3.3. Materia Orgánica

a) Pila 1

En la pila 1 se obtuvo de materia orgánica 17.31% del sustrato, siendo poco óptimo para el valor adecuado que es mayor al 20% producido por la falta de volteo haciendo que se produzca más masa de microorganismos, aeróbicos y anaeróbicos sin balancear la materia prima, afectando también la humedad.

b) Pila 2

En la pila 2 se obtuvo 19.01% de materia orgánica, siendo este cercano al valor óptimo que es mayor a 20%. Este resultado se pudo dar por la gran cantidad de material seco con la materia orgánica haciendo disminuir notablemente el porcentaje de lo deseado y también la falta de maduración del compost.

### 3.3.4. Nitrógeno

a) Pila 1

En el resultado de la pila 1 se obtuvo 1.22 % de Nitrógeno total siendo un porcentaje óptimo ya que para el abono orgánico de origen vegetal su contenido mínimo es 1% y máximo es de 2.5% de Nitrógeno, aportando proteínas para las plantas, estimulando el crecimiento y desarrollo radicular

b) Pila 2

En la pila 2 se obtuvo el resultado de 1.18 % de nitrógeno total estando dentro del intervalo óptimo requerido. En la pila dos se tiene un mayor resultado, esto se puede dar por la conductividad eléctrica, que en la pila 1 se tiene un menor resultado, propiciando más absorción de nutrientes.

### 3.3.5. Pentóxido de Fósforo ( $P_2O_5$ )

a) Pila 1

En la pila 1 se obtuvo como resultado 0.66% de  $P_2O_5$  (El fósforo únicamente estará en forma de pentóxido de fósforo), estando dentro del intervalo óptimo (0.4%-1.2%) aportando en los tejidos jóvenes de la planta síntesis proteica y en las semillas forma parte de fosfolípidos, ácidos nucleicos. También está presente en las actividades bioquímicas (ATP).

b) Pila 2

En la pila 2 se dio como resultado 0.59% de  $P_2O_5$ , siendo un poco menor a lo obtenido en la pila 1, esto se debe a la propiedad de la conductividad eléctrica, ya que al ser menor en la pila 1, favorece a la absorción de nutrientes.



### 3.3.6. Óxido de Potasio ( $K_2O$ )

#### a) Pila 1

Se tuvo como resultado 1.25% de  $K_2O$ , estando dentro del óptimo (Intervalo habitual 0.5%-1.3%) actuando en el desarrollo de la planta, en los procesos bioquímicos, y en la fructuación.

#### b) Pila 2

El resultado fue 1.23% de  $K_2O$ , está dentro del intervalo óptimo, y con poca diferencia con respecto a la pila 1, esto provocado por la Conductividad Eléctrica.

### 3.3.7. Humedad (Hd)

#### a) Pila 1

El resultado de la humedad en la pila 1 es de 39.83%, estando dentro del requisito exigido para considerar un compost de calidad (Humedad máxima 40%). Se puede observar que aun estando dentro de lo establecido ha tenido elevada humedad, esto se debe al poco material seco que se le introdujo a la pila y a los pocos volteos, mas, en su aspecto físico el con la técnica de la prueba del puño cerrado se visualizaba el proceso correctamente.

#### b) Pila2

El resultado de humedad en la pila 2 es de 41.64%, sobrepasando el límite permitido con una diferencia de 1.64%. La humedad en el proceso de compostaje de la pila 2, era elevada ya que tuvo gran cantidad de residuo orgánico de poda, generalmente pasto común, observando que retarda la producción y el proceso de compostaje. También afectó al poco volteo que se le dio a la composta por motivo de la epidemia COVID-19.

### 3.3.8. Carbono/ Nitrógeno

#### a) Pila 1

El resultado obtenido fue de 8.22 siendo este óptimo para la planta (abono orgánico nitrogenado de origen vegetal C/N no mayor a 15), al ser el resultado obtenido indica que no es un compost inmaduro, y que se obtuvo el nitrógeno deseado para las plantas.

b) Pila 2

El resultado en la pila 2 de C/N fue 9.38, estando dentro del rango óptimo, indicando que el nitrógeno en las plantas tuvo buena disponibilidad, no formando gases nítricos como el metano. Si bien es un buen resultado, se puede ver diferencia entre las dos pilas. Esto pudo pasar por consecuencia de la conductividad eléctrica, que impedía la absorción de nutrientes.

3.4. Rentabilidad económica potencial

Para poder hallar la tasa de valorización económica potencial que se podría obtener al generar compost en el Hospital de Villa el Salvador se tuvo que recurrir a las “bases de contratación directa por causal de situación de desabastecimiento”- Contratación directa N°25-2020-HEVES-MINSA; donde una empresa tercerizada brinda servicios de limpieza para las áreas asistenciales, administrativas y jardinería del hospital de Emergencias de Villa el Salvador por 3 meses o 90 días calendario, especificando en el término de referencia que para que se cumpla el servicio, los implementos e insumos a utilizar serán dotados por la misma y no por el propio Hospital de emergencia de Villa el Salvador. Dentro de la contratación se detallan en los anexos los implementos e insumos que se utilizarán dentro del intervalo de tiempo que dura el servicio proporcionado por la empresa tercerizada.

Tabla 10. *Implementos e insumos utilizados en el área de Jardinería*

N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	TIEMPO DE REPOSICIÓN
1	Motosegadora con bolsa	UND	1	Equipo proveedor
2	Motoguadaña Profesional	UND	1	Equipo proveedor
3	Mochila fumigadora	UND	1	Equipo proveedor
4	Carretilla	UND	1	Única entrega
5	Guantes de cuero	UND	2	Única entrega
6	Arco de Sierra	UND	1	Equipo proveedor
7	Pala	UND	2	Equipo proveedor
8	Manguera 1" para riego de 200 metros	UND	2	Equipo proveedor
9	Pico Chico	UND	2	Equipo proveedor
10	Rastrillo de metal	UND	2	Equipo proveedor
11	Tijera de mano podadora de jardín	UND	2	Equipo proveedor
12	Tijera pico de loro	UND	2	Equipo proveedor
13	Rastrillo de Plástico	UND	2	Equipo proveedor
14	Machete	UND	2	Equipo proveedor
15	Insecticida agrícola para plagas de plantas	LT	4	Única entrega
16	Producto fitosanitario para conservación y mantenimiento de la vitalidad de las plantas	Kg	2	Única entrega
17	Grass	m2	500	Única entrega
18	Abrazadera de acero para manguera	UND	8	Única entrega
19	Bolsas para vivero de 20x20cm	UND	200	Única entrega
20	Abonos compuestos (20x20x20) 50 Kg	Kg	25	Única entrega
21	Urea	Kg	200	Única entrega
22	Musgo	Kg	230	Única entrega
23	Humus	Kg	380	Única entrega
24	Plantas estacionales (según coordinado con el HEVES)	UND	250	Única entrega
25	Pico	UND	2	Equipo proveedor

Fuente: Datos extraídos en Contratación directa N°25-2020-HEVES-MINSA

En la Tabla 10, se puede observar los insumos que el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador específica como requerimiento en el área de jardinería según las cláusulas establecidas para el pago por el servicio brindado.

Al no tener un registro del costo de los insumos e implementos, se realizó una proforma en el Mercado de Flores de abonos compuestos (20x20x20) 50kg, resultando lo siguiente:

*Tabla 11.* Precio del abono compuesto (20x20x20)

<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>
<b>abonos compuestos (20x20x20) 50kg</b>	S/.120

Fuente: Datos extraídos de la proforma Vivero “San Ramón”, (2020)

En la tabla 10, se requirió 25 sacos de abonos compuestos (20x20x20) 50kg, dando como resultado S/.3000 que el Hospital financia a la empresa tercerizada para el desarrollo y cumplimiento del servicio.

Se está tomando los abonos compuestos (20x20x20) 50kg porque el compostaje obtenido brinda los mismos nutrientes (NKP), cumpliendo con la calidad que pide la Real Decreto 506/2013 y Real Decreto 865/2010 del Parlamento y Consejo Europeo. No se toma el Humus, ya que, si bien el Humus es también un abono natural, su producto en términos macromoleculares es el ácido húmico que actúa directamente sobre la nutrición de la planta, liberando nutrientes fijados en el suelo, también estabiliza el pH, y aumenta la permeabilidad del suelo, haciendo que también se aumente la capacidad de retención de agua. En cambio, el compostaje, su agrupación molecular es el Ácido Fúlvico, que principalmente actúa en la parte subterránea de las plantas, por eso se les conoce como estimulador de raíces (Enraizante), por lo que aumenta el metabolismo produciendo el crecimiento de la planta.

Por lo que, al trabajar el compost, con el humus de manera conjunta, será más beneficioso para las plantas y cultivos.

Los gastos obtenidos del proyecto “Valorización de residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas” se centró en el abastecimiento de material secante, en este caso aserrín, ya que los demás insumos nos lo proporcionan el área de servicios generales (jardinería), y con respecto a la materia orgánica, son residuos provenientes del área de nutrición y jardinería.

Tabla 12. Precio de material secante

Descripción	Precio Unitario
<b>Material Secante Aserrín (50 kg)</b>	S/.30

Fuente: Propia, Mendoza, (2020)

Se utilizó 10 sacos de Material Secante (50kg) para el abastecimiento de la pila teniendo un gasto total de S/.300

#### 3.4.1. Evaluación de rentabilidad económica potencial

*Precio de abono compuesto (20x20x20) -Precio de material secante*

$$S/.3000 - S/.300 = S/.2700$$

Al optar por la valorización de residuos orgánicos mediante sistemas de compostaje a través de pilas aireadas se obtiene S/.2700 de ahorro monetario; el cual nos indica, que el proyecto es factible económicamente.

## CONCLUSIONES

1. Se demostró que se puede valorizar los residuos orgánicos mediante el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador usando como materia primaria el material orgánico del área de Nutrición y del área de Jardinería sin poner en riesgo la salud pública y la armonía del medio ambiente.
2. Al evaluar el flujo de generación de residuos orgánicos potenciales para el sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador, se pudo demostrar que, al tener gran cantidad de material orgánico proveniente del área de Jardinería, en el proceso de compostaje aumenta significativamente la humedad, ya que la poda puede durar más de cuatro semanas sin tener una alta degradación afectando al intervalo de tiempo determinado para obtener el compost.
3. Al analizar la caracterización Física-Química del compost generado en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador se concluye que según el Real Decreto 506/2013 y Real Decreto 865/2010 pertenece al grupo 2 de abonos orgánicos Nitrogenados de origen vegetal cumpliendo con los límites básicos de tolerancia que son C/N, macronutrientes y Nitrógeno total. Si bien por consecuencia de la poca aireación, las propiedades de pH, CE, MO, y la humedad, no resultaron favorablemente, se tiene que dejar indicado para posterior tratamiento y solución.
4. Se demostró que al realizar el proyecto de valorización de residuos orgánicos mediante sistema de compostaje a través de pilas aireadas en el Hospital de Emergencia de Villa el Salvador es factible económicamente, y se ahorrará el valor de S/.2700 nuevos soles.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que dentro de sus capacitaciones a la empresa tercerizada se incluya el procedimiento de valorización de la materia orgánica-Área de Nutrición.
2. Incluir dentro del requerimiento de materiales e insumos para el jardinero, el material secante, aserrín, reemplazando el pedido de abono compuesto(20x20x20)
3. Se recomienda techar el área de sistema de compostaje a través de pilas aireadas para evitar que el clima afecte al proceso de las pilas de compostaje para obtener mejor calidad de compost.
4. Se recomienda tener pesos similares de residuos orgánicos de poda y nutrición para un mejor proceso de compostaje y una mayor calidad de compost, ya que se observó que solo el material orgánico proveniente de jardinería aporta humedad en demasía.
5. Se recomienda incluir dentro del requerimiento del personal de jardinería las funciones operativas para el sistema de compostaje a través de pilas aireadas.
6. Se recomienda un picado más fino de la materia prima, para poder facilitar el proceso de compostaje.
7. Se recomienda para que el CE, pH, MO estén dentro de sus márgenes óptimos, en el proceso de compostaje, realizar el volteo semanalmente.
8. Combinar el Humus y el compost, para poder bajar los niveles de alcalinidad y obtener más materia orgánica.

## BIBLIOGRAFIA

- APROLAB (Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacitate Perú. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Lima.
- Avila, M. d. (2015). *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos Sapallanga-Huancayo*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Manual de producción de compost*. Barcelona.
- Barrera, R. (2006). *Compostaje de residuos solidos orgánicos. Manual de producción de compost*. Barcelona.
- Carrasco, A. M. (2015). *Evaluación de la Gestión y manejo de residuos sólidos en el laboratorio de referencia regional de salud pública de Ayacucho, según la NT N° 096-2012 MINSA/DIGESA V.01. Ayacucho, 2014*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1699/TESIS%20B748\\_Mor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1699/TESIS%20B748_Mor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CENICAFE. (2010). *Fundamento del proceso de fermentación en el beneficio del café*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>
- Chavez, P. (2015). *Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de Tingo Maria y Aucayacu mediante test de autocalentamiento*. Obtenido de [https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INFORME%20FINAL%20PPP%20-%20CD.pdf)
- Compostadores. (s.f.). *Sostenibilidad en Estado puro*. Obtenido de Te de compost: <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/la-cosecha-el-compost-casero/153-te-de-compost.html#:~:text=El%20t%C3%A9%20de%20compost%20es,frente%20a%20enfermedades%20y%20plagas>.
- Consortio Provincial de residuos sólidos urbanos. (2010). *Residuos Orgánicos*. Obtenido de Residuos Orgánicos: <http://www.consorciosumalaga.com/5936/residuos-organicos#:~:text=Los%20residuos%20org%C3%A1nicos%2C%20son%20biodegradables,r estos%20vegetales%20de%20origen%20domiciliario>.
- Cruz, C. Q. (2016). *Sistema de Gestión de Residuos sólidos Hospitalarios del centro de Salud de Clas Ciudad Nueva-Tacna, 2016*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de [http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/498/1/Quispe\\_Cruz\\_Cristian.pdf](http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/498/1/Quispe_Cruz_Cristian.pdf)
- Farfán, L. G. (30 de marzo de 2017). *La protección del medio ambiente en la aplicación de la ley general de residuos sólidos, Ley N°27314 para el procesamiento, manejo y tratamiento de*



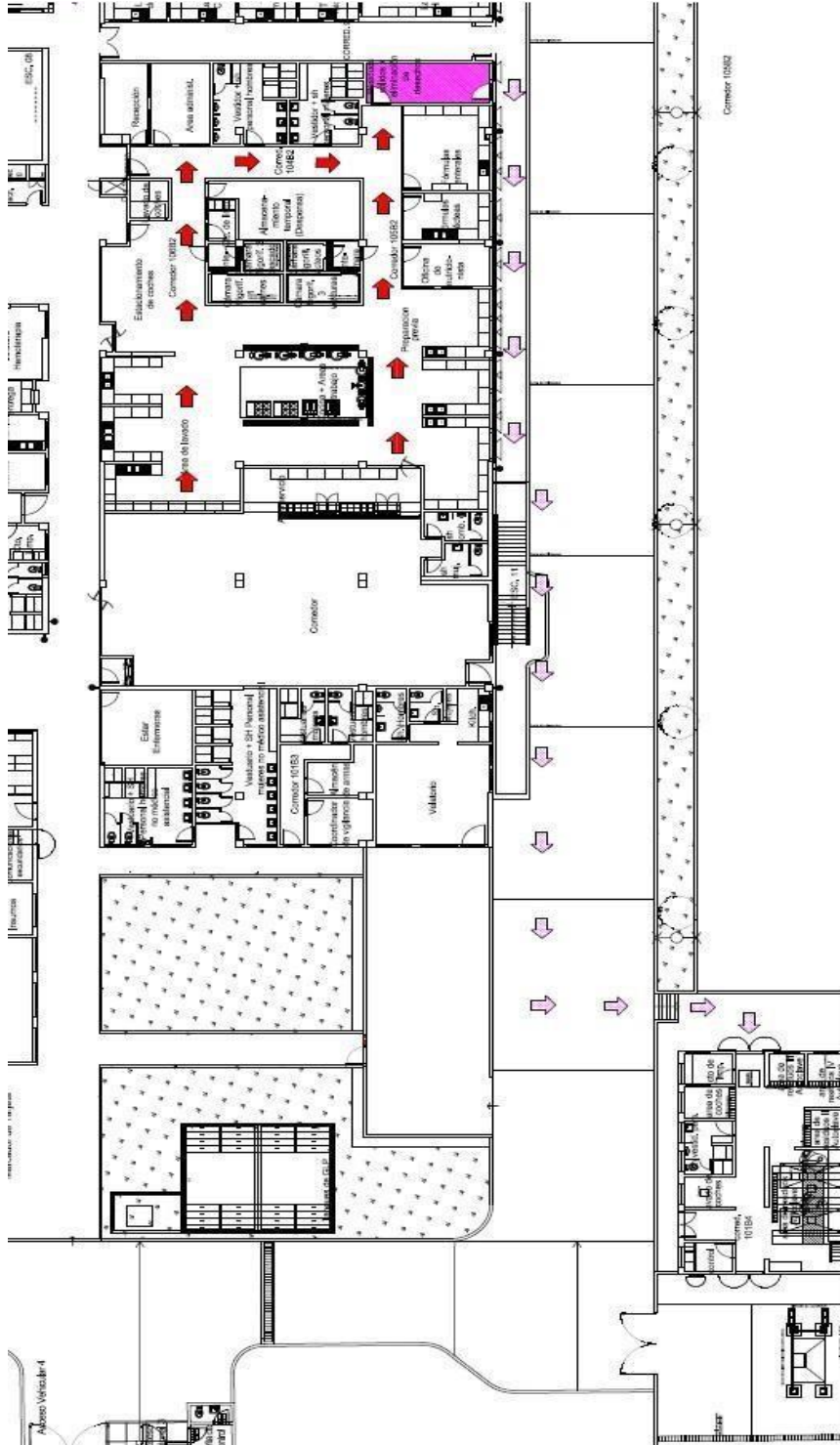
- residuos sólidos hospitalarios en los establecimientos de salud de Chiclayo*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1250394?mode=simple>
- Ganaderia, M. d. (2011). *Elaboración y Uso del Bocashi -El salvador*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>
- García, D. (2019). *pH*. Obtenido de Cultura Científica: <https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>
- Guía de Jardinería. (2 de marzo de 2015). *Guía para recordar*. Obtenido de Diferencias entre fertilizante y abono: <https://www.guiadejardineria.com/diferencias-entre-fertilizante-y-abono/#:~:text=El%20abono%20se%20aplica%20directamente,y%20poder%20enriquecer%20el%20suelo.&text=Tanto%20fertilizante%20como%20abono%20se,adecuado%20de%20plantas%20y%20%C3%A1rboles.>
- Hospital de Emergencia Villa el Salvador. (2019). *Plan de Desarrollo de las personas 2019*. Obtenido de [https://storage.servir.gob.pe//pdp/archivos/pdp-consolidado/voluntario/2019\\_HVILLASALVADOR.pdf](https://storage.servir.gob.pe//pdp/archivos/pdp-consolidado/voluntario/2019_HVILLASALVADOR.pdf)
- Hospital St Cloud. (15 de Abril de 2013). *El procesamiento de desechos de alimentos convierte los residuos en fertilizante*. Obtenido de El procesamiento de desechos de alimentos convierte los residuos en fertilizante: <https://www.chausa.org/publications/catholic-health-world/article/april-15-2013/food-waste-processing-turns-garbage-into-fertilizer>
- Hospital Tomé. (Octubre de 2015). *Estudio del caso Manejo Integral de residuos orgánicos Hospital Tomé*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <http://hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2016/06/Energ%C3%ADa-Agua-Liderazgo-Sustancias-qu%C3%ADmicas-y-Residuos-Manejo-integral-de-residuos-org%C3%A1nicos-Hospital-Tom%C3%A9-Chile.pdf>
- IFA Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Interpretación de los análisis de compost. (2013). *RD 506/2013*. Obtenido de [https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost\\_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012](https://www.gipuzkoa.eus/documents/2227195/2229015/interpretacioncompost_v1.pdf/26b0b56f-ff7d-af7c-56c6-0faac739b012)
- Lopez, O. (2006). *Agroecología y Agricultura Orgánica en el Tópico*. Bogota, Colombia.
- Menjivar, J., Puentes, Y., & Bhorquez, A. (30 de Enero de 2014). *Manejo y conservación de suelos y agua*. Obtenido de Evaluación de la calidad de compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/398-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1091-1-10-20151221.pdf>
- Ministerio de Agricultura, a. y. (2014). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/#Consultado>

- Ministerio de Salud. (2018). *Norma técnica de Salud: Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud, Servicios médicos de apoyo y Centro de Investigación*". Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Manejo de residuos solidos, proveniente de la minería de pequeña escala*. Lima.
- MuniVES. (2007). *Municipalidad de Villa el Salvador*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Manual del composaje del agricultor Experiencias en América Latina*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Pasco, P. G. (2016). *Implementación de un sistema de gestión ambiental en función de los factores ambientales del hospital Manuel Nuñez Butron- Puno*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6690/EPG980-00980-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Proyecto de Fortalecimiento del nuevo Hospital de Emergencia de Villa el Salvador. (2010). *Linea base ambiental*. Lima: DIGESA.
- Quinayas, M. (2014). *Actinomicetos, características y aplicación*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/angelica0071/actinomicetos-39073002#:~:text=2.,libre%2C%20particularmente%20en%20el%20suelo>.
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*.
- Red Global de Hospitales Verdes y Saludables & Salud sin Daño. (Septiembre de 2019). *Informe sobre el trabajo de los miembros de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina*. Obtenido de Informe sobre el trabajo de los miembros de la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables en América Latina: [https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2019/09/SSD2019\\_pag.pdf](https://www.hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2019/09/SSD2019_pag.pdf)
- Ríos, M. G. (2010). *Riesgos Ambientales en la Industria*. Madrid: Unidad didáctica.
- Rocha, A. (2009). *Estudio de diferentes tipos de inóculos en la elaboración de compost a partir de desechos domésticos orgánicos*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Rodrigues, G. d. (Septiembre de 2012). *Estudio del caso Compostaje de residuos orgánicos Hospital Sirio Libanés de San Pablo (Brasil)*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de [http://hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2012/12/Sirio\\_Libanés-Compostaje-residuos.pdf](http://hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2012/12/Sirio_Libanés-Compostaje-residuos.pdf)
- Rojas, J. (2011). *Diagnostico de los residuos sólidos orgánicos de las sodas y procesamiento por lombricompostaje en el Campus Omar Denegri, Universidad Nacional*. Costa Rica.

- Rojas, S. P. (2018). *Elaboración de compostaje a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca SAC*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Rojas, S. P. (2018). *Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca SAC*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Sanchez Romero, A., & Hidalgo Muñiz, F. (2013). *Estudio sobre maquinaria idónea para los labores de compostaje de alpeorujos*.
- Umaña, I., Valverde, G., & Alavarado, A. (01 de Junio de 2017). *Compostaje de residuos de la cocina Hopital Clínica Bíblica*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de <https://www.greenhospitals.net/wp-content/uploads/2017/07/Compostaje-de-residuos-de-cocina.pdf>
- Universidad Nacional Costa Rica & UNA Campus Sostenible. (2015). *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. Obtenido de <http://www.documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villa el Salvador. (2018). *City DB*. Obtenido de <https://es.db-city.com/Per%C3%BA--Lima--Lima--Villa-El-Salvador>

# ANEXOS

## Anexo 1. Ruta de Manejo de Residuos Solidos Hospitalarios del área de nutrición



**LEYENDA DE EVACUACION**

 RECOLECCION AL DEPOSITO DE RESIDUOS SOLIDOS  
 EVACUACION A LA PLANTA DE RESIDUOS SOLIDOS

### NUTRICION 1er PISO





**HOSPITAL DE EMERGENCIAS VILLA EL SALVADOR**  
 V. EL SALVADOR  
**A-10**

INSTITUTO VILA EL SALVADOR    PROYECTO: IMA    DPTO: IMA  
 LEVANTADO: JOEL GUSTAVO    FECHA: 2016

## Anexo 2. Informe de Análisis de Materia Orgánica



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : CAROLYNE MILAGROS MENDOZA ELÍAS  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA EL SALVADOR  
 MUESTRA DE : COMPOST  
 REFERENCIA : H.R. 72503  
 BOLETA : 4197  
 FECHA : 15/09/2020

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
375	1	8.99	9.09	17.31	1.22	0.66	1.25
376	2	9.00	9.55	19.01	1.18	0.59	1.23

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
375	1	2.56	0.97	39.83	0.32	8.22
376	2	2.66	0.96	41.64	0.32	9.38



*B. La Torre*  
**Braulio La Torre Martínez**  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 Celular: 946-505-254  
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



#### Anexo 4. Segregación y clasificación de residuo orgánico



#### Anexo 5. Implementación de las pilas de compostaje



Anexo 6. Volteo de Pila de compostaje



Anexo 7. Riego de pila de Compostaje





Anexo 8. Medición de la temperatura de la pila de compostaje



Anexo 9. Formación del sistema de compostaje a través de pilas aireadas



Anexo 10. Control de humedad del compostaje



Anexo 11. Tamizaje del compost



Anexo 12. Compost maduro



Anexo 13. Compost terminado guardado en sacos



Anexo 14. Utilización del compost en las áreas del hospital de Emergencia de Villa el Salvador



### **NUMERACIÓN DE PÁGINAS:**

- Las páginas serán enumeradas en el extremo inferior derecho
- Para las páginas de la parte preliminar (comprendido entre la carátula y la introducción se usarán números romanos en minúscula (ii, iii, iv, etc.) empezando por la portada o página del título, la cual no llevará numeración. Esto es SOLO para el informe más no para el plan
- Para las páginas de las partes principal y apéndice se usarán números arábigos. Todas las páginas deberán ser numeradas