



UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Diseño de una planta piloto de compostaje para el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en la Universidad de Piura

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Aileen Sofia Lachira Prado
Bryan Luiggi Ayala Sullon**

**Asesor(es):
Mgtr. Ing. Roxana Ofelia Fernández Curay de Palacios**

Piura, diciembre de 2022

NOMBRE DEL TRABAJO

**2. Diseño planta piloto de compostaje no
v-vf.docx**

AUTOR

Ayala-Lachira Ayala-Lachira

RECuento DE PALABRAS

35972 Words

RECuento DE CARACTERES

189587 Characters

RECuento DE PÁGINAS

170 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

14.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 7, 2022 9:03 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 7, 2022 9:06 AM GMT-5**● 24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 21% Base de datos de Internet
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado

Agradecimientos

A Dios por darme la fortaleza en cada proyecto de vida.
A mis padres, que son mi motor y motivo en cada paso que doy. A mi asesora Roxana, por ser como una madre desde el inicio de mi vida universitaria.

Aileen Sofia Lachira Prado

En primera instancia quisiera agradecer a toda mi familia, en especial a mamá por ser siempre un soporte en mi vida.

A todas las personas que estuvieron en el trayecto y aquellas que ya no están o decidieron irse.

Finalmente agradecer a mi asesora, sin ella no hubiese sido posible.

Bryan Luigi Ayala Sullon

Resumen

El inadecuado manejo de los residuos sólidos genera un impacto ambiental negativo, el cual es producido por la contaminación de los océanos, obstrucción de los drenajes, degradación de los suelos, contaminación del aire, entre otros.

Ante el aumento de los residuos sólidos, que es cada vez mayor, actualmente se han llevado a cabo alrededor del mundo múltiples formas para su disposición final, entre ellas tenemos: lombricultura, biocombustibles y compostaje.

Por ello, el objetivo del presente trabajo es diseñar una planta piloto de compostaje para la utilización de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en la Universidad de Piura de manera que esta sirva como un primer paso para disminuir el volumen que se genera y hacer viable su aprovechamiento mediante el método de compostaje, por lo cual se busca brindar una solución a esta problemática, a través del planteamiento de dicho diseño.

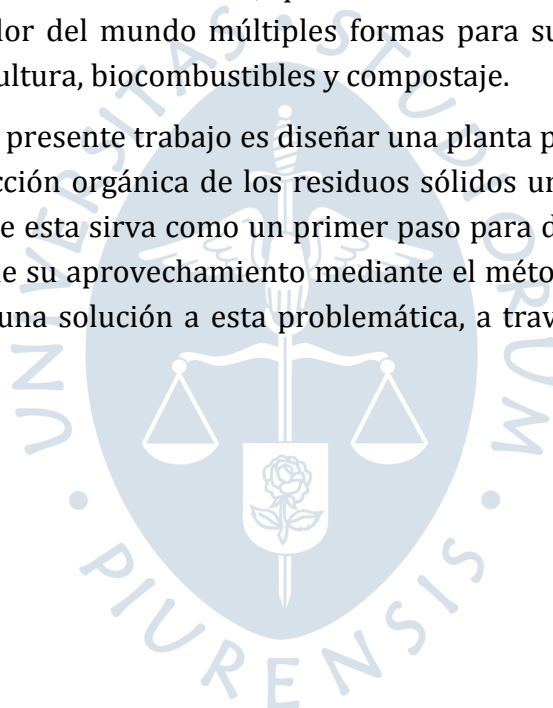


Tabla de contenido

Introducción.....	15
Capítulo 1 Planteamiento de la investigación	17
1.1 Problema de investigación	17
1.2 Justificación de la investigación.....	18
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Alcance y limitaciones de la investigación	19
1.4.1 Alcance	19
1.4.2 Limitaciones.....	19
1.5 Antecedentes.....	20
1.5.1 Antecedente 1.....	20
1.5.2 Antecedente 2.....	20
1.5.3 Antecedente 3.....	20
1.5.4 Antecedente 4.....	21
1.5.5 Antecedente 5.....	21
1.5.6 Antecedente 6.....	22
1.5.7 Antecedente 7.....	22
1.5.8 Antecedente 8.....	22
Capítulo 2 Marco teórico de la investigación.....	25
2.1 Residuos sólidos	25
2.2 Clasificación de los residuos sólidos.....	25
2.2.1 Según su origen.....	25
2.2.2 Según su gestión	26
2.2.3 Según su peligrosidad.....	26
2.3 El compostaje.....	27
2.3.1 Definición de compostaje.....	27
2.4 Proceso de compostación.....	27
2.4.1 Fases.....	28
2.4.2 Factores en el proceso de compostaje	29

2.4.3	Tipos de compostaje	31
2.4.4	Técnicas de compostaje aeróbicas.	32
2.5	Métodos de diseño de planta	33
2.5.1	Tipos de diseño de planta	33
Capítulo 3 Marco legal		35
3.1	Normativa peruana.....	35
3.1.1	Constitución Política del Perú	35
3.1.2	Ley general del ambiente	35
3.1.3	Ley general de los residuos sólidos.....	36
3.1.4	Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.....	36
3.1.5	Ley general de los residuos sólidos - Ley N° 27314; su reglamento, el Decreto Supremo N° 057 y su modificatoria, el Decreto Legislativo N° 1065	36
3.1.6	Decreto Legislativo N° 1501 - que modifica el Decreto Legislativo N° 1278 y aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos	37
3.1.7	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446.....	37
3.1.8	Decreto N° 016-2012-AG, Reglamento de manejo de residuos sólidos del sector agrario	37
3.2	Política nacional.....	37
3.2.1	Política nacional del ambiente.....	39
3.2.2	Política nacional de educación ambiental	40
3.2.3	Política nacional de gestión integral de residuos sólidos.....	40
Capítulo 4 Encuestas.....		41
4.1	Resultado de la encuesta	41
4.1.1	Criterio 1: proceso de compostaje.....	42
4.1.2	Criterio 2: Diseño de planta – parámetros – normativa - protocolos	57
4.1.3	Criterio 3: Contexto	67
Capítulo 5 Propuesta de una planta piloto de compostaje		75
5.1	Localización y tamaño	75
5.2	Aspectos geográficos.....	76
5.2.1	Ubicación geográfica y superficie	76
5.3	Diseño de una planta piloto de compostaje	77
5.3.1	Capacidad.....	77
5.4	Análisis de capacidad de la planta piloto	79
5.4.1	Descripción del proceso	79
5.4.2	Balance de masa	82

5.4.3	Capacidad de la planta	84
5.5	Requerimientos del proceso	85
5.5.1	Materia prima	85
5.5.2	Materiales.....	85
5.6	Análisis de factores.....	89
5.6.1	Objetivos.....	89
5.6.2	Elementos que alteran la disposición en planta.....	89
5.6.3	Identificación y descripción de las áreas	90
5.7	Diagrama de relaciones	91
5.7.1	Matriz de interrelaciones.....	91
5.7.2	Diagrama relacional de las áreas	95
5.7.3	Diagrama de bloques	97
5.7.4	Factores modificatorios y limitaciones prácticas.	98
5.8	Desarrollo del diagrama general de conjunto.....	99
5.8.1	Layouts alternativos	99
5.8.2	Evaluación multicriterio.....	100
5.9	Diseño de áreas productivas.....	101
5.9.1	Características estructurales	102
Capítulo 6 Costos.....		105
6.1	Costos del diseño de una planta piloto de compostaje.....	105
6.1.1	Costos directos	105
6.1.2	Costos indirectos.....	106
6.1.3	Gastos generales.....	106
6.2	Evaluación económica y financiera.....	111
6.2.1	Ingresos.....	111
6.2.2	Estado de ganancias y pérdidas.....	112
6.2.3	Flujo de caja económico.....	113
6.2.4	Indicadores.....	113
Capítulo 7 Protocolos		115
7.1	Protocolo de producción	115
7.1.1	Protocolo de separación de residuos	116
7.1.2	Protocolo para la recolección de los residuos al centro de compostaje	117
7.1.3	Protocolo de inspección en el área de recepción.....	118
7.1.4	Protocolo del área de triturado	119
7.1.5	Protocolo para la disposición de los residuos triturados en el área de formación de las pilas.....	120
7.1.6	Protocolo de tamizaje.....	120
7.1.7	Protocolo de almacenamiento	121
7.1.8	Protocolo para la toma de datos durante la maduración del compostaje.....	123
7.2	Protocolo de seguridad.....	123

7.3	Protocolo de calidad.....	124
7.3.1	Protocolo para calidad final de compost.....	124
7.4	Protocolo de limpieza.....	126
7.4.1	Protocolo de limpieza de áreas.....	126
7.4.2	Protocolo de limpieza de herramientas	127
7.5	Protocolo de trazabilidad de muestras.....	128
Conclusiones		131
Recomendaciones.....		135
Referencias bibliográficas.....		137
Apéndices		141
Apéndice A.	Sesión de entrevista.....	143
Apéndice B.	Check List de separación de residuos sólidos.....	146
Apéndice C.	Check List de recolección de residuos sólidos orgánicos.....	147
Apéndice D.	Check List de inspección de recepción	148
Apéndice E.	Check List de inspección de triturado.....	149
Apéndice F.	Check List para la disposición de los residuos triturados.....	150
Apéndice G.	Check List para el tamizaje del producto terminado	151
Apéndice H.	Check List para el almacenamiento del producto terminado.....	152
Apéndice I.	Check List para la toma de datos durante el proceso de compostaje	153
Apéndice J.	Check list para el protocolo de seguridad	154
Apéndice K.	Check list para la limpieza de áreas.....	155
Apéndice L.	Check list para la limpieza de herramientas	156
Apéndice M.	Check list para la trazabilidad de muestras.....	157
Apéndice N.	Planta piloto de compostaje.....	158
Anexos		159
Anexo A.	Métodos de ensayos NCh 2880	161
Anexo B.	Recomendaciones para el manejo de residuos sólidos durante operaciones y procesos de residuos sólidos.....	165
Planos		169
Plano A.	Plano de la planta piloto de compostaje.....	171

Lista de tablas

Tabla 1	Criterios de encuesta	41
Tabla 2	Codificación de entrevistados	42
Tabla 3	Nivel de estudio de los entrevistados	44
Tabla 4	Ocupación actual de los entrevistados	45
Tabla 5	Método utilizado y justificación	55
Tabla 6	Método exitoso conocido	56
Tabla 7	Razones de éxito y limitaciones	57
Tabla 8	Incidencias y soluciones en el proceso de compostaje.....	62
Tabla 9	Justificación del compost en la reducción de la contaminación ambiental	71
Tabla 10	Porcentaje de áreas en plantas visitadas	80
Tabla 11	Metraje de áreas	80
Tabla 12	Balance de masa	84
Tabla 13	Código de colores para los residuos	85
Tabla 14	Proximidad y motivos	91
Tabla 15	Tabla de puntajes de algoritmos	93
Tabla 16	Tabla de ratio de cercanía.....	94
Tabla 17	Resultados del ratio de cercanía	95
Tabla 18	Tabla relacional de áreas	95
Tabla 19	Áreas	95
Tabla 20	Criterios	100
Tabla 21	Evaluación multicriterio.....	101
Tabla 22	Costo de maquinarias y equipos	106
Tabla 23	Costos de trabajos preliminares.....	107
Tabla 24	Cotización de corto plazo.....	107
Tabla 25	Cotización detallada de corto plazo	108
Tabla 26	Cotización de largo plazo	109
Tabla 27	Cotización a detalle largo plazo	110
Tabla 28	Ingresos	112
Tabla 29	Tabla de utilidad.....	112
Tabla 30	Flujo de caja.....	113
Tabla 31	VAN y TIR.....	114
Tabla 32	Protocolo de separación de residuos sólidos.....	116

Tabla 33	Protocolo de recolección de residuos sólidos y desinfección de vehículo.....	117
Tabla 34	Protocolo de inspección	118
Tabla 35	Protocolo del área de triturado	119
Tabla 36	Protocolo para la disposición de los residuos	120
Tabla 37	Protocolo de tamizaje.....	121
Tabla 38	Protocolo de almacenamiento	121
Tabla 39	Protocolo para la toma de datos	123
Tabla 40	Protocolo de seguridad.....	124
Tabla 41	Requisitos sanitarios	125
Tabla 42	Protocolo de limpieza de las áreas.....	126
Tabla 43	Protocolo de limpieza de las herramientas	127
Tabla 44	Protocolo de trazabilidad de muestras.....	128



Lista de figuras

Figura 1	Fases del proceso de compostaje.....	29
Figura 2	Años de experiencia en compostaje.....	42
Figura 3	Años de experiencia.....	43
Figura 4	Nivel de estudios	43
Figura 5	Profesión de entrevistados	44
Figura 6	Centro de recolección.....	46
Figura 7	Segregación en la fuente.....	46
Figura 8	Segregación en la fuente vs segregación interna.....	47
Figura 9	Método de triturado.....	48
Figura 10	Tipo de materia seca.....	48
Figura 11	Volteo – Aireado	49
Figura 12	Tamizado final.....	50
Figura 13	¿Qué se puede compostar?.....	51
Figura 14	Residuos compostables recomendados	51
Figura 15	Residuos no compostables	52
Figura 16	Tiempo del proceso de compostaje	53
Figura 17	Porcentaje de los métodos utilizados.....	54
Figura 18	Parámetros del proceso de compostaje	54
Figura 19	Total de áreas mencionadas por entrevistados	58
Figura 20	Áreas sugeridas por cada entrevistado	58
Figura 21	Área que necesita más atención en el proceso de compostaje.....	59
Figura 22	Características estructurales	60
Figura 23	Total de indicadores	63
Figura 24	Indicadores de producción.....	64
Figura 25	Parámetros de calidad	65
Figura 26	Normativas	66
Figura 27	Beneficios ambientales	67
Figura 28	Beneficios económicos.....	68
Figura 29	Beneficios agrícolas.....	69
Figura 30	Predisposición de autoridades y directivos según entrevistados.....	72
Figura 31	Autoridades municipales y directivos involucrados	72
Figura 32	Dificultades para realizar compost	73

Figura 33	Localización de la planta piloto de compostaje.....	75
Figura 34	Distribución de pilas.....	81
Figura 35	Triturador manual.....	86
Figura 36	Balanza.....	86
Figura 37	PH meter.....	87
Figura 38	Termocupla	87
Figura 39	Pala	88
Figura 40	Machete.....	88
Figura 41	Cucharon de tierra.....	89
Figura 42	Pulverizador a presión.....	89
Figura 43	Diagrama de flujo de operaciones mediante el método de Takakura	92
Figura 44	Matriz de interrelaciones.....	93
Figura 45	Diagrama de relaciones 1.....	96
Figura 46	Diagrama de relaciones 2.....	97
Figura 47	Diagrama de bloques opción 1.....	97
Figura 48	Diagrama de bloques opción 2.....	98
Figura 49	Layout alternativo opción 1	99
Figura 50	Layout alternativo opción 2	100
Figura 51	Plano de la planta piloto.....	102
Figura 52	Módulo corto plazo.....	103
Figura 53	Módulo largo plazo.....	104

Introducción

El fenómeno del cambio climático es una problemática global, eso se debe principalmente al aumento del volumen de los residuos sólidos que la población mundial genera, bajo este contexto distintos países están cambiando e iniciando programas masivos respecto a iniciativas sobre el reaprovechamiento de los residuos sólidos, una de estas iniciativas es el compostaje.

El Perú no es ajeno a esta problemática donde la generación de residuos sólidos anuales suma más de 6.8 millones de toneladas al año de las cuales casi el 50% corresponden a residuos sólidos orgánicos, bajo este marco en el Perú se ha implantado como Política Nacional el establecimiento de una planta de compostaje por cada establecimiento municipal, los cuales obtienen beneficios económicos en base a un sistema de objetivos cumplidos, los cuales han tenido mucho éxito.

Solo en la provincia de Piura se generan más de 401 toneladas de residuos sólidos, que están siendo depositados en los distintos rellenos sanitarios municipales y según estudios de caracterización realizados por las municipalidades cerca del 25% de estos son residuos orgánicos aprovechables para compostaje, solo en la provincia de Piura, funcionan cuatros plantas de compostaje municipales a las cuales se han realizado visitas técnicas para obtener información sobre el proceso de obtención de compostaje.

La presente tesis busca realizar una propuesta de diseño para una planta piloto de compostaje para la Universidad de Piura, en base a las visitas técnicas realizadas a las distintas plantas de compostaje municipales de la región de Piura y entrevistas realizadas a personas ligadas directamente con el proceso de compostaje en el territorio nacional.

Este trabajo de campo se realizó en el primer trimestre del año 2021 en un marco de confinamiento por la pandemia del coronavirus, recorriendo un total de seis plantas municipales y una entrevista virtual a una planta de compostaje privada ubicada en la ciudad de Lima.

Para llevar a cabo esta investigación el trabajo se ha estructurado en siete capítulos. En el capítulo 1 "Planteamiento de la investigación", capítulo 2 "Marco teórico de la investigación" y capítulo 3 "Marco Legal", se expone el contexto que motivo la realización del presente trabajo y distintos antecedentes que servirán de modelo a

seguir. Asimismo, se expone la base teórica y fundamentos legales necesarios que sustentan los pilares de este trabajo de investigación.

En el capítulo 4 "Encuestas", se encuentra el análisis resultante de las diecisiete preguntas realizadas en las entrevistas obtenidas en el trabajo de campo, en el capítulo 5 "Propuesta de una planta piloto de compostaje", se realiza el trabajo académico que finalmente desemboca en el diseño de planta piloto final.

En el capítulo 6 "Costos", se realiza una cotización basada en 2 tipos de propuestas con el mismo diseño, una para su ejecución en el corto plazo y otra como proyección a largo plazo, en el capítulo 7 "Protocolos", se establecen los protocolos sugeridos por el presente trabajo de investigación para la implementación de la planta piloto de compostaje.

Finalmente, las "Conclusiones y recomendaciones" se exponen los resultados finales y las recomendaciones sugeridas por los tesisistas.



Capítulo 1

Planteamiento de la investigación

1.1 Problema de investigación

En el año 2013, la generación de residuos urbanos en el Perú sumó aproximadamente 6,8 millones de toneladas anuales, de las cuales el 73 % corresponde a residuos sólidos domiciliarios y el 27 % restante a los residuos no domiciliarios (Evaluación y Gestión Ambiental - Evagam S.A.C., 2013, pág. 10).

La composición física de los residuos sólidos mostró una predominancia de los residuos orgánicos con el 50,43 % y los materiales con evidente potencial de reciclaje representaron un 23,7 % como: plástico, papel, cartón, metales y vidrio (Evaluación y Gestión Ambiental - Evagam S.A.C., 2013, pág. 10).

Y, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), entre los años 1981 y 2017, la población de Piura ha crecido aproximadamente en un 60%, mientras que la actividad agrícola ha crecido en un 18% según el Banco Central de Reserva entre los años 2007 y 2017 en su trabajo de caracterización socioeconómica de la región Piura; con lo cual la generación de residuos sólidos, resultado de cada actividad humana se ha convertido en un problema ambiental de nuestra región Piura, en consecuencia se presentan problemas de salud por la proliferación de plagas, carencia de ornato, contaminación de suelos y del agua subterránea, deterioro del paisaje, emanación de malos olores, alta inversión en la gestión de los residuos, costos relacionados a su descontaminación y recuperación de espacios, despilfarro de posibles materias primas no utilizadas, pérdida de valor económico del suelo, entre otros problemas asociados (Baldeón Jalca, 2019).

Por ello, la presente tesis, ante esta generación de residuos sólidos y junto con la comunidad universitaria de la Universidad de Piura comprometida con la “concientización socio ambiental en el ámbito académico, de investigación y de proyección social” (Talledo, 2012) se plantea implementar el compostaje como medio para aprovechar la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en el propio campus universitario.

La transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos mediante el proceso del compostaje constituye una adecuada alternativa en la gestión y valorización de estos residuos.

Como producto final de este proceso de compostaje, se obtiene el compost, el cual tiene un gran valor agronómico debido a su contenido en materia orgánica y en elementos fertilizantes, que será utilizado en las distintas áreas verdes del campus universitario.

1.2 Justificación de la investigación

El Ministerio del Ambiente en su trabajo Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016 – 2024:

En el año 2002, estimó que la generación de residuos sólidos municipales a nivel nacional era de 12,986 t/diarias, equivalente a 4,74 millones de toneladas anuales; de este total, únicamente el 73,7% era recolectado por los servicios municipales y solo el 19,7% del total se disponía en rellenos sanitarios (Ministerio de Ambiente, 2016).

En previsión a la solución de estos problemas es importante, desde ahora, implementar procedimientos que nos ayuden a solucionar en parte esta problemática. Para ello, la Universidad de Piura, se ha planteado como objetivo, instalar una planta piloto de compostaje, con el fin de aprovechar la fracción orgánica de los residuos sólidos.

Esta planta piloto constituiría un paso importante permitiendo integrar a la comunidad universitaria mediante la investigación y el voluntariado, en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales que enfrenta la sociedad actual.

La Universidad de Piura en mérito a su responsabilidad social, con su comunidad y con el medio ambiente; destinará un área de 100 m² para la construcción de una planta piloto de compostaje, lo cual permitirá el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en el campus universitario, obteniendo como producto el compost, que será utilizado como abono para sus áreas verdes.

1.3 Objetivos de la investigación

Para la presente tesis se muestran los siguientes objetivos:

1.3.1 *Objetivo general*

Diseñar una planta piloto de compostaje para la utilización de la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en la Universidad de Piura.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Elaborar el diseño de distribución de planta de la planta piloto de compostaje.
- Elaborar el protocolo de producción en base a plantas de compostaje visitadas en la Región de Piura.
- Elaborar el protocolo de calidad para cumplir con los parámetros necesarios establecidos por las entidades correspondientes.

- Elaborar un análisis de costos para el diseño y construcción de la planta piloto de compostaje.

1.4 Alcance y limitaciones de la investigación

1.4.1 Alcance

La importancia de esta investigación radica en concientizar como primer punto a la sociedad universitaria proyectándoles la responsabilidad individual que se tiene sobre los residuos sólidos y permitiéndoles la participación en la solución ante una problemática ambiental importante.

La comunidad universitaria como parte de la solución será conocedora sobre los beneficios que trae consigo la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos como es la disminución del volumen de materia orgánica que va a los vertederos, el aporte de nutrientes para el crecimiento de las plantas, cierre de ciclo de la materia orgánica, entre otros.

Se pretende fomentar la disminución del uso de fertilizantes químicos como principal abono a los cultivos regionales y que aumente el uso de abonos orgánicos como el compost, ya que esto permite que los suelos no se degraden y dejen de ser productivos, con el fin de tener una economía sostenible y circular.

La presente tesis plantea el diseño de una planta piloto de compostaje para el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en la Universidad de Piura, que se espera sirva como el inicio para investigaciones ambientales futuras ante los problemas ambientales latentes que presenta nuestra localidad mediante estudios y ensayos propios de una comunidad investigadora.

1.4.2 Limitaciones

En el marco en el que se desarrolla la presente tesis con la pandemia ocasionada por el virus SRAS-CoV-2 y otros factores ha generado que los tesisas cuenten con las siguientes limitaciones.

- Para recopilar información de la distribución de nuestra planta piloto, se planteaba realizar visitas técnicas a las empresas que ya han comenzado con la generación de compostaje en la región de Piura, estas visitas en la mayoría de casos no podrán realizarse debido a que tanto los tesisas como las empresas prefieren evitar el contacto físico en lo mínimo, a manera de salvaguardar la salud de los tesisas, como la de los trabajadores de dichas empresas.
- La confidencialidad de las distintas empresas para evitar compartir su conocimiento genera una demora en la búsqueda de información, ya que se tendría que investigar en base a estudios ya desarrollados y a empresas que hayan compartido información que sirvan como guía para poder desarrollar el presente trabajo de investigación.

1.5 Antecedentes

1.5.1 Antecedente 1

Artículo titulado Resource Potentials of Composting the Organic Wastes Stream from Municipal Solid Wastes Compositions Arising in Nigerian Cities (Harir, Kasim, & Ishiyaku, 2015).

El objetivo de esta investigación es presentar una evaluación de los recursos potenciales del compostaje de materiales de desechos orgánicos que surgen del flujo de desechos sólidos municipales de las ciudades de Nigeria.

De la investigación se concluyó que existen altos potenciales de recursos para el compostaje a partir de los residuos sólidos municipales en las ciudades nigerianas debido a la alta fracción orgánica de los residuos sólidos. Adicional a ello, se señala el compostaje como un proceso de menor costo, el cual genera más beneficios para el medio ambiente y para la economía en comparación con las existentes prácticas de eliminación de residuos en vertederos abiertos en las ciudades de Nigeria.

El estudio es de utilidad porque identificó numerosos beneficios del compostaje en general, y con especial referencia a la reducción de la gran cantidad de residuos sólidos para disposición final. Adicional este antecedente se alinea con el alcance de la presente tesis de investigación.

1.5.2 Antecedente 2

Costa Rica formuló el “Plan Nacional de Compostaje” (Comisión Nacional Ambiental del gobierno de Costa Rica, 2019).

Este plan permitió la creación de un centro de investigación de compostaje con participación voluntaria de instituciones académicas, empresas privadas, grupos de voluntarios y asociaciones civiles de todo el país, lo cual dinamizó la investigación respecto a este tema y se pudieron poner en ejecución con mucha más celeridad, obteniendo resultados favorables en muy corto tiempo.

Este plan es de utilidad porque evidencia que la creación de una planta piloto de compostaje que tiene por objetivo la presente tesis puede ser posible con la participación voluntaria de los actores pertinentes.

1.5.3 Antecedente 3

El manual titulado “Manual de compostaje del agricultor – Experiencias en América Latina” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La “Organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura”- ONUAA presentó en el año 2013 el “Manual de compostaje del agricultor – Experiencias en América Latina”, una guía sobre la producción de compost a nivel familiar y de pequeña agricultura, preparada por la Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe, en colaboración con el grupo de investigaciones en suelo, agua, planta y

microorganismos de la Universidad Técnica Federico Santa María (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La investigación es de utilidad para la presente tesis ya que presenta fundamentos teóricos y prácticos apropiados para la elaboración del producto del compost, y que serán de utilidad para el capítulo teórico.

1.5.4 Antecedente 4

El folleto “Compostaje para la reducción de residuos – Juego de informaciones” (Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global, 2010).

Tiene como objetivo promover el modelo de éxito de una comunidad basada en el control de residuos sólidos llevado a cabo en la Ciudad de Surabaya – Indonesia, mediante el cual se ha logrado una reducción sustancial de la fracción orgánica de residuos sólidos.

La ciudad de Surabaya ha logrado con éxito reducir más del 10% de la generación de residuos en tres años haciendo propia las ventajas de la cooperación técnica extendida por la Ciudad de Kitakyushu. En 2004, Kitakyushu y Surabaya iniciaron el proyecto de cooperación técnica para el control de residuos posibilitando a ésta última ciudad reducir la generación de residuos desde el volumen original de alrededor de 1.500 toneladas diarias hasta un promedio de 1.300 toneladas en 2007 y luego hasta 1.150 toneladas en 2008. El “proyecto de control de residuos” puede a veces sonar muy extensivo, pero en realidad comprende principalmente la difusión de las prácticas de compostaje en toda la ciudad (Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global, 2010).

El éxito que ha tenido el control de residuos sólidos en la ciudad de Surabaya merece ser objeto de réplica razón por la cual dicho estudio servirá de utilidad para el desarrollo de métodos y técnicas empleadas en el proceso de compostaje que se desarrollará en el capítulo 2.

1.5.5 Antecedente 5

El “Estudio de usos innovadores de los compost urbanos en Europa” (Álvarez de la Puente, 2007).

José M. Álvarez de la Puente, presentó un “Estudio de usos innovadores de los compost urbanos en Europa” en el año 2007; en el cual explica cuáles son los fundamentos principales para que los proyectos de compost sean exitosos, obtener la mejor calidad en el producto final y la cooperación entre todos los involucrados. Además de ello, se analizan las claves básicas para poder abrir y mantener los nuevos mercados del compost en Europa.

El estudio es de utilidad porque señala la importancia de los diferentes usos innovadores del compost; así como también la calidad del producto como factor clave si se desea disponer de un mayor abanico de posibilidades para el producto final.

1.5.6 Antecedente 6

El fomento del uso del compostaje en la región de Quepos, Costa Rica, logro en el año 2014, la implementación de 4 hectáreas de terreno para la transformación de la fibra del raquis de los racimos y afluentes de la industria de la palma de aceite, en abono orgánico, gracias a esto se logró un ahorro significativo de aproximadamente \$42,000 en compras de fertilizantes, además de obtener mejores resultados nutritivos para las nuevas plantaciones, como consecuencia de la investigación realizada previamente. “Lo anterior es altamente rentable aun dejando de lado los beneficios que posee el compost sobre el suelo y los costos a la hora de aplicar en campo o simplemente deshacerse de los grandes volúmenes de fibra de racimos” (Torres, Acosta, & Chinchilla, 2004).

Este antecedente es de utilidad para la presente tesis como modelo de éxito, pues se implementó satisfactoriamente el proceso de compostaje dentro de una empresa agroindustrial, adicional al momento de elegir el modelo de compostaje, realizaron una parte experimental para determinar que método se adaptaba mejor a la materia prima disponible y su contexto geográfico, estudio que se pretende realizar en la planta piloto.

1.5.7 Antecedente 7

En el municipio de Turbana, Cartagena - Colombia se publicó un “Plan para el diseño y gestión del montaje de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos en el relleno sanitario La Paz” (Martínez Suavis & Pion Salas, 2010).

El objetivo de este plan consiste en buscar una solución viable a la presente problemática global del constante aumento de los residuos sólidos urbanos.

Para mitigar este problema, se analizaron distintas estrategias en donde llegaron a la conclusión de que “El proceso de compostaje es la estrategia o el método que mejor se acopla para este tipo de problema, ya es que es la opción que presenta menos riesgo a la hora de implementarla y la más económica”.

El antecedente mencionado se relaciona con nuestra investigación para el desarrollo del marco teórico.

1.5.8 Antecedente 8

La siguiente investigación “Estudio para la creación y puesta en marcha de una planta de compost a partir de los residuos orgánicos en el municipio de Suaza Huila” presentada en el año 2015, fue impulsada por el mal manejo de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios.

El objetivo de esta investigación consiste en buscar aprovechar estos residuos como una oportunidad de negocio. “Según información suministrada por la gerencia de empresas públicas de Suaza, el 75% de los residuos recolectados en el Municipio son orgánicos pudiendo ser aprovechados para su explotación” (Audor Ceron & Ramos Calderón, 2015).

Del estudio se logra concluir que la producción de la planta de compostaje cubre el 20% de la demanda del mercado agrícola local, lo que determina la necesidad y demanda de una planta de compost en el municipio de Suaza Huila.

La investigación es de utilidad para la presente tesis debido a que en su capítulo “Estudio técnico” se puede encontrar información de utilidad para el diseño de las operaciones de nuestra planta piloto y sirve como modelo para el capítulo de costos.



Capítulo 2

Marco teórico de la investigación

2.1 Residuos sólidos

El Art. 14° de la Ley N° 27314, Ley General de los Residuos Sólidos define a los residuos sólidos como aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional (Congreso de la Republica - Perú, 2000).

Se considera como residuos sólidos a cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final, siguiendo los lineamientos establecidos en la normatividad nacional y tomando en cuenta los riesgos que causan a la salud y el ambiente. (Fondo Nacional del Ambiente - Perú, 2017).

2.2 Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos tienen distintas clasificaciones dependiendo de su origen, el tipo de gestión y nivel de peligrosidad.

2.2.1 Según su origen

De acuerdo a la Ley No 27314, los residuos sólidos pueden clasificarse por su origen en:

2.2.1.1 Residuos domiciliarios. Son los residuos generados por las diversas actividades domésticas. Estos residuos están constituidos por materia orgánica (cáscaras de fruta, restos de comida, etc.) e inorgánica (botellas, embalajes en general, latas, etc.).

2.2.1.2 Residuos comerciales. Son los generados por las diferentes actividades comerciales en tiendas, mercados, oficinas, restaurantes, etc. Están conformados por plásticos, papel, vidrio, cartón, etc.

2.2.1.3 Residuos de limpieza de espacios públicos. Generados por las actividades de limpieza de calles o barrido de parques, pistas, plazas, veredas y otros espacios públicos.

2.2.1.4 Residuos de establecimiento de atención de salud. Son aquellos residuos que derivan de las actividades dedicadas a la salud de las personas en establecimientos como clínicas, hospitales, puestos y centros de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros que atienden al sector salud.

Estos residuos se caracterizan porque pueden estar contaminados con agente infecciosos.

2.2.1.5 Residuos industriales. Son aquellos residuos provenientes de los diferentes procesos productivos, como la industria dedicada a operaciones mineras, plantas manufactureras, operaciones químicas, plantas energéticas, procesos pesqueros y otras similares. Este tipo de residuos generalmente se encuentran mezclados con residuos considerados peligrosos.

2.2.1.6 Residuos de las actividades de construcción. Son aquellos residuos producto de los procesos y actividades de construcción y demolición de edificaciones, puentes, infraestructuras, carreteras entre otros similares.

2.2.1.7 Residuos agropecuarios. Residuos producto del desarrollo de las labores destinadas a la agricultura y ganadería. Entre estos residuos tenemos: fertilizantes sintéticos y orgánicos, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros similares.

2.2.1.8 Residuos de instalaciones o actividades especiales. Son aquellos residuos producto del tratamiento de aguas residuales y tratamiento de aguas industriales. Estos residuos generalmente están compuestos de fangos.

2.2.2 Según su gestión

2.2.2.1 Residuo de ámbito municipal. Residuos a cargo de las municipalidades provinciales y distritales. Son de origen doméstico (restos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales descartables, entre otros); comercial (papel, embalajes, restos del aseo personal, y similares); aseo urbano (barrido de calles y vías, maleza, entre otros), y de productos provenientes de actividades que generen residuos similares a estos, los cuales deben ser dispuestos en rellenos sanitarios (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.2.2.2 Residuo de ámbito no municipal. Son aquellos que, debido a sus características o al manejo al que deben ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Por ejemplo, los residuos metálicos que contengan plomo o mercurio, los residuos de plaguicidas, los herbicidas, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.2.3 Según su peligrosidad

2.2.3.1 Residuos peligrosos. “Son residuos sólidos peligrosos aquellos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.2.3.2 Residuos no peligrosos. “Los residuos sólidos no peligrosos son aquellos producidos por las personas en cualquier lugar y desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud y el ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2016).

2.3 El compostaje

2.3.1 Definición de compostaje

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que, bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45%), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato (Control Ambiental, 2010).

Es decir, el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado (Control Ambiental, 2010).

La elaboración de compost es el resultado de una actividad biológica compleja que se realiza en condiciones particulares por lo que, no resulta de un único proceso. Es en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar (Control Ambiental, 2010).

El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato (Peña, Carrión, Martínez, Rodríguez, & Companioni, 2002).

2.4 Proceso de compostación

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.1 Fases

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Las distintas fases del compostaje se pueden separar según la temperatura, en:

2.4.1.1 Fase mesófila. El material de partida que comienza el proceso de compostaje es a temperatura ambiente y entre 2 a 3 días la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar hasta cerca de 4.0 o 4.5 (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.1.2 Fase termófila o de higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018).

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018).

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp* (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018).

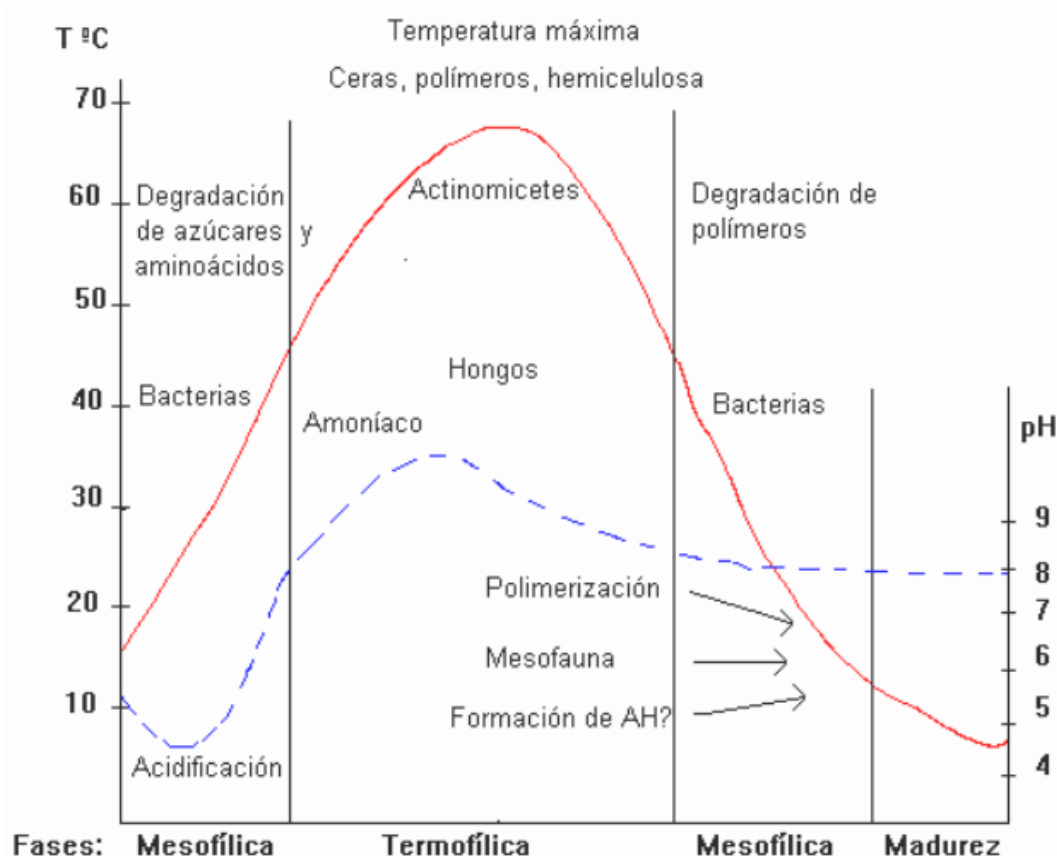
2.4.1.3 Fase de enfriamiento o mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material del compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018).

2.4.1.4 Fase de maduración. “Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y

polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

En la Figura 1, se muestra las fases del proceso de compostaje

Figura 1. Fases del proceso de compostaje



Nota. Tomado de Varela y Basil (2011)

2.4.2 Factores en el proceso de compostaje

Debido a que es un proceso de descomposición principalmente aeróbico, las prácticas operativas deben crear las condiciones ideales para el correcto desarrollo de microorganismos aeróbicos, con el fin de obtener un buen compost.

Las condiciones que ayudan al crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: temperatura, presencia de oxígeno, nutrición balanceada y agua. Hay otros factores como el pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza) y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula (Soto & Muñoz, 2002).

Se detalla a continuación los siguientes factores:

2.4.2.1 Relación carbono/nitrógeno (C/N). Una buena relación C:N es importante para suplir un sustrato adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final. Una relación C:N muy alta retarda el proceso de descomposición, mientras que una muy baja,

hace que se pierda N por falta de estructuras de carbono que permitan su retención (Soto & Muñoz, 2002).

En la fase inicial de compostaje, los microorganismos consumen entre 15 y 30% más carbono que nitrógeno. Por tanto, una relación 30:1 se considera favorable; ésta se estabiliza entre 15 y 8 al final del proceso (Soto & Muñoz, 2002).

2.4.2.2 PH. “El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro”. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

“El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0; el rango ideal es de 5,8 a 7,2” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.2.3 Temperatura. La temperatura tiene un margen de oscilación extendido en base a la etapa del proceso.

“El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.2.4 Humedad. La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular (Gavilanes Montoya, 2017).

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad desciende por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material (Gavilanes Montoya, 2017).

“En procesos en que los principales componentes sean sustratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped” (Gavilanes Montoya, 2017).

“El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base” (Gavilanes Montoya, 2017).

“Una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la técnica del puño” (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.2.5 Aireación. Es un factor importante en el proceso de compostaje y, por tanto, un parámetro a controlar. Como ya se ha comentado, el proceso de compostaje es un proceso aerobio, por lo que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene un doble objetivo, aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del dióxido de carbono producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La aireación no debe ser excesiva, puesto que pueden producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad. Así, por ejemplo, un exceso de ventilación podría provocar evaporación que inhibiría la actividad microbiológica hasta parar el proceso de compostaje. Esto podría dar la impresión de que el proceso ha concluido.

“Por otra parte, el exceso de ventilación incrementaría considerablemente los gastos de producción” (Peña, Carrión, Martínez, Rodríguez, & Companioni, 2002).

2.4.2.6 Tamaño de partícula. La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente entre $150 \frac{kg}{m^3}$ a $250 \frac{kg}{m^3}$, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y, por tanto, la densidad aumenta entre $600 \frac{kg}{m^3}$ a $700 \frac{kg}{m^3}$ (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.4.3 Tipos de compostaje

El tipo de compostaje depende de las condiciones previas que se establecen al proceso. Se puede distinguir dos tipos de compostaje: compostaje aerobio y compostaje anaerobio (Organización Panamericana de la Salud, 1999).

2.4.3.1 Compostaje aerobio. Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (entre 10 °C a 40 °C) con etapas termogénicas (de 40°C a 75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos

participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimio heterótrofos y quimio autótrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada (Llive Patiño, 2017).

2.4.3.2 Compostaje anaerobio. “El compostaje anaerobio o biometanización, es la descomposición de la fracción orgánica en ausencia de oxígeno obteniendo como productos finales metano, dióxido de carbono y numerosos productos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes” (Salazar Arce, 2014).

“La materia orgánica, actúa como nutriente de microorganismos anaerobios, que la descomponen y dan como producto final biogás, compuesto por metano y anhídrido carbónico. El método anaerobio se lleva a cabo mediante digestores o fermentadores” (Cuadros, 2008).

2.4.4 Técnicas de compostaje aeróbicas.

Existen distintas técnicas de compostaje usadas a lo largo del mundo, cada una responde a las condiciones únicas del sitio; entre las técnicas de composta más usadas tenemos las siguientes.

2.4.4.1 Compostaje en hilera. “Se puede construir un sistema de compostaje mediante la disposición del material orgánico en hileras con una sección transversal triangular o trapezoidal sobre superficies duras” (Agamez, 2006).

2.4.4.2 Compostaje en pila estática aireada. “Este sistema consiste en una red de tuberías de escape o aireación sobre el cual se coloca la fracción orgánica procesada de los residuos sólidos. Los residuos sólidos se agrupan en pilas de 1 a 2 m. de altura, de 3 a 4 m. de ancho y de 20 m. de longitud y se ponen sobre suelos con sistemas de ventilación por tubos” (Agamez, 2006).

2.4.4.3 Compostaje en pilas estáticas aireadas en forma pasiva. “Se coloca el material a compostar en pilas y se airea en forma pasiva, a través de una red de tuberías perforadas que se colocan en la parte inferior de la pila. Se coloca una cubierta porosa con el fin de permitir el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías” (Agamez, 2006).

2.4.4.4 Compostaje en pilas aireadas forzadamente. “En este sistema se utiliza un compresor que succiona aire hacia el exterior o lo inyecta al interior. El compresor además de controlar la aireación de la pila también permite enfriarla. El mezclado periódico no solo reintroduce aire fresco en la cama, sino que también mezcla los materiales del compostaje” (Agamez, 2006).

2.4.4.5 Compostaje en reactores. La Organización Panamericana de la Salud, menciona que los reactores son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante.

Los reactores móviles, además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo de toda la masa en compostaje (Agamez, 2006).

2.5 Métodos de diseño de planta

Las distribuciones de zonas de trabajos son tan antiguas como las civilizaciones mismas, estas distribuciones eran producto del hombre constructor que llevaba a cabo el trabajo o del arquitecto encargado de cada construcción; en muchos planos antiguos se encontraba siempre una zona delimitada exclusivamente para trabajos que cumplieran una misión o servicio único.

Esto denota la necesidad del ser humano por buscar intuitivamente la forma más eficiente de ordenar y distribuir sus lugares de trabajo para poder desarrollar sus actividades de la manera más óptima posible; a lo largo del tiempo se han venido perfeccionando distintos métodos pero todos tienen su base conceptual en los principios publicados por Richard Muther en el año 1970 en su libro llamado “Distribución de planta” en el cual expone los objetivos básicos de una distribución de planta, los cuales son seis (Muther, 1970).

- “Integración conjunta de todos los factores que afecten a la distribución” (Muther, 1970)
- “Movimiento del material según distancias mínimas” (Muther, 1970).
- “Circulación del trabajo a través de la planta” (Muther, 1970).
- “Utilización efectiva de todo el espacio” (Muther, 1970).
- “Satisfacción y seguridad de los trabajadores” (Muther, 1970).
- “Flexibilidad de ordenación para facilitar cualquier reajuste” (Muther, 1970).

2.5.1 Tipos de diseño de planta

Existen diversos tipos de diseño de planta, todos teniendo como base tres factores importantes: hombre, maquinaria y materiales. “Los hombres trabajan sobre cierta clase de material con ayuda de la maquinaria. Cambian la forma o características del material o le añaden otros métodos distintos para convertir el producto” (Muther, 1970).

Debido a la necesidad y combinación de todos los principios de trabajo de acuerdo con el rubro en el que se establece el diseño de planta, se llegaron a tres tipos principales de diseño de planta los cuales son:

2.5.1.1 Distribución por posición fija. Usada principalmente para unidades de producto de gran envergadura como barcos, aviones, motores especiales, entre otros. Su modelo de distribución de planta se basa en que el operario y las herramientas pueden trasladarse, pero los materiales se ensamblan en una sola célula de trabajo. “Todo el

trabajo se hace con el componente principal estacionado en una misma posición” (Muther, 1970).

2.5.1.2 Distribución por proceso o funciones. Esta distribución es usada comúnmente para procesos de fabricación por lote, maquinaria específica que realiza una función. Se establece un área junto con el operario y es la unidad de producto la que se traslada de acuerdo a su necesidad, de esa manera se crean células de trabajo especializadas. “utilizado generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto” (Martínez Carbajal, 2004).

2.5.1.3 Distribución por producto o en serie. Cuando un producto está estandarizado o se fabrican grandes lotes de muy pocos productos se utiliza esta distribución que consta principalmente de una sola célula de trabajo, pero a diferencia de la distribución por posición fija, la unidad de producto es la que recorre toda la célula mientras que la maquinaria y operarios se mantienen en una posición fija o de poco movimiento. “Se dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente. Es decir que cualquier equipo usado para conseguir el producto, sea cual sea el proceso que lleve a cabo, está ordenado de acuerdo con la secuencia de las operaciones” (Muther, 1970).

Existen muchos más tipos de distribuciones de planta, pero todas parten del mismo principio y de las combinaciones de las tres distribuciones mencionadas anteriormente, en un contexto tan versátil como lo es el actual, no hacer uso de la tecnología para mejorar la distribución de la planta, significaría tener costo elevado y con los años dejar desfasada y obsoleta la planta, actualmente con la competitividad latente, tener una planta bien distribuida y tecnológicamente bien equipada, genera una gran ventaja en el mercado.

Capítulo 3

Marco legal

3.1 Normativa peruana

En el presente marco legal se expone una serie de normativas vigentes a nivel nacional; sin embargo, esta normativa está sujeta a cambios debido al contexto actual en el que se desarrolla la presente tesis, una situación de pandemia como es el caso del COVID – 19, generándose la modificación de ciertos artículos de las normativas a fin de preservar la salud y disminuir el impacto negativo de esta pandemia.

3.1.1 Constitución Política del Perú

En el marco general de la política, se puede mencionar a la Constitución Política del Perú, cuyo artículo 2° inciso 22, señala que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Además de ello, en su artículo 68° se señala que el Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

Y en su artículo 67°, es el Estado, el que determina la política nacional del ambiente promoviendo el uso sostenible de sus recursos naturales.

3.1.2 Ley general del ambiente

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú.

En su artículo I de la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611, se establece que:

Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país (Congreso de la República, 2005).

En el capítulo 3 del artículo 119, menciona que la gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen similar son responsabilidad de los gobiernos locales (Congreso de la República, 2005).

3.1.3 *Ley general de los residuos sólidos*

En el Capítulo I del artículo 304 se detalla las penas para aquellos que infringen leyes, reglamentos o límites máximos permisibles, provoquen o realicen descargas, emisiones, emisiones de gases tóxicos, emisiones de ruido, filtraciones, vertimientos o radiaciones contaminantes en la atmósfera, el suelo, el subsuelo, las aguas terrestres, marítimas o subterráneas, que cause o pueda causar perjuicio, alteración o daño grave al ambiente o sus componentes, la calidad ambiental o la salud ambiental, según la calificación reglamentaria de la autoridad ambiental (Congreso de la República).

En el artículo 306 sobre el Incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos, se señala las penas, para aquellos que, sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana o la integridad de los procesos ecológicos (Congreso de la República).

3.1.4 *Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*

Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales - Ley N° 26821, artículo 2 señala que tiene como objetivo:

Promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento a la inversión, procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente y el desarrollo integral de la persona humana (Congreso de la República).

Ante la necesidad de establecer medidas que coadyuven a prevenir o evitar la propagación del COVID-19, se corresponde a modificar el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a fin de contemplar disposiciones referidas al manejo de los residuos sólidos en situaciones de emergencia y la correspondiente prestación del servicio de gestión integral de los residuos sólidos.

3.1.5 *Ley general de los residuos sólidos - Ley N° 27314; su reglamento, el Decreto Supremo N° 057 y su modificatoria, el Decreto Legislativo N° 1065*

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana (Ministerio del Ambiente, 2022).

La Ley 27314 se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2022).

3.1.6 Decreto Legislativo N° 1501 - que modifica el Decreto Legislativo N° 1278 y aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos

Mediante el Decreto Legislativo N° 1278, se aprobó la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos frente a cualquier otra alternativa; y, como segunda finalidad su recuperación y la valorización. Ello con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos señalados en la citada Ley (El Peruano, 2022).

Ante la necesidad de establecer medidas que coadyuven a prevenir o evitar la propagación del COVID-19, se corresponde a modificar el Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a fin de contemplar disposiciones referidas al manejo de los residuos sólidos en situaciones de emergencia y la correspondiente prestación del servicio de gestión integral de los residuos sólidos (El Peruano, 2022).

3.1.7 Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446

Dentro de los criterios de la presente Ley se tienen la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua y del suelo; como la incidencia que puedan ocasionar el ruido, los residuos sólidos, líquidos contaminantes y emisiones gaseosas radiactivas (Congreso de la República).

La protección de los recursos naturales, especialmente las aguas, el suelo, la flora y la fauna; la protección de los sistemas y estilos de vida de las comunidades, aspectos ambientales comunes a toda infraestructura de disposición final de residuos sólidos (Congreso de la República). Así mismo define los estudios ambientales correspondientes a cada tipo de proyecto, dependiendo de la envergadura de estos y la potencialidad de los impactos en el ambiente.

3.1.8 Decreto N° 016-2012-AG, Reglamento de manejo de residuos sólidos del sector agrario

Se aprueba el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario con la finalidad de:

Promover y regular el manejo de los residuos sólidos generados en el desarrollo de actividades de competencia del Sector Agrario (agrícolas, pecuarias, de transformación de productos agropecuarios, hidráulicas y forestales), y de esa forma prevenir y minimizar los riesgos ambientales, así como proteger la salud y el bienestar de la persona humana, contribuyendo al desarrollo sostenible del país (SENACE, 2012).

3.2 Política nacional

La República del Perú ha firmado acuerdos internacionales y se ha comprometido durante los últimos años a cumplir, reforzar y generar políticas de estado a fin de

mitigar los impactos ambientales negativos y resguardar los recursos naturales a generaciones venideras.

Esto se enmarca en un esfuerzo multilateral para disminuir los efectos del cambio climático y sus consecuencias, entre los principales acuerdos firmados tenemos:

- Convenio protocolo de KIOTO.
- Cumbre del milenio Nueva York (2000).
- Convenio de Estocolmo (2001).
- Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible (2002).
- Convenio de Viena (2006).
- Conferencia de las naciones unidas sobre el desarrollo sostenible (2012).
- Convenio de Minamata (2013).
- Plataforma de acción Beijing (1995).
- Programa de naciones unidas para el medio ambiente (2018).

La República del Perú cumple en el año 2021 dos siglos de su independencia, razón por la cual, el Estado a través del Poder Ejecutivo ha creado el Plan Estratégico llamado “Plan Bicentenario”, en donde se abarcan todas las políticas estatales de cara a cumplir 200 años de independencia, “El Perú hacia el 2021 es un plan de largo plazo que contiene políticas nacionales de desarrollo que deberá seguir el Perú en los próximos diez años” (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011).

Estas políticas abarcan todos los sectores del Estado y su proyección hacia el Perú 2021. Fue expuesto en el año 2011 por el entonces presidente Alan García Pérez y aprobado con el decreto supremo N° 054-2011-PCM.

En el contenido del Plan Bicentenario, se encuentra el apartado “Megatendencias”, en el cual analizan las tendencias mundiales en distintos sectores y ámbitos de la actividad humana, una de las mega tendencias analizadas es “El desarrollo biotecnológico y la ingeniería genética”. En biotecnología es constante utilizar organismos vivos para lograr modificar productos ya existentes, de manera que sean menos contaminante y disminuir su tiempo de degradación.

Otra precisión en este apartado es el valor en el tratamiento de residuos sólidos para recuperar la calidad ambiental de las ciudades mediante un manejo adecuado.

El Plan Bicentenario se estructura mediante seis capítulos los cuáles son llamados ejes estratégicos; y se relacionan con el trabajo de investigación en los capítulos:

- “Eje estratégico 2, Oportunidades y acceso a los servicios”, apartado 2.8. Objetivos, lineamientos, prioridades, metas, acciones y programas estratégicos” subíndice B Lineamientos de política, expone en el ámbito de servicios básicos y vivienda.

Promueve la inversión pública y privada para ampliar el acceso de la población a los servicios de agua y desagüe, recolección y disposición final de residuos sólidos, electricidad y telecomunicaciones, considerando medidas que hagan posible el acceso a estos servicios de la población en situación de vulnerabilidad, de pobreza y pobreza extrema con especial atención, diferenciando las intervenciones en los ámbitos urbano y rural (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011).

- “Eje estratégico 6, Recursos naturales y ambiente”, nos explica la clara necesidad de tener una buena gestión de los residuos sólidos y hace hincapié en la poca infraestructura necesaria para segregar los residuos sólidos como rellenos sanitarios que tenemos en el territorio nacional.

En el país, la oferta de servicios de disposición final de residuos sólidos es muy limitada: solo existen nueve rellenos sanitarios y un botadero controlado. La mitad de estos se encuentran ubicados en la Región Lima y el resto en las regiones Áncash, Junín y Cusco, observándose una deficiencia en las demás regiones (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011); razón por la cual sus lineamientos políticos en el aspecto de calidad ambiental se basan en “Fortalecer la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos, priorizando su aprovechamiento” (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2011).

Como medio para lograr lo propuesto en el Plan Bicentenario, los distintos sectores han propuesto dentro de sus políticas la gestión ambiental como ámbito prioritario y de esta necesidad surgen políticas más directas que proponen distintas alternativas para el beneficio de los residuos sólidos nacionales.

3.2.1 Política nacional del ambiente

El “Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA” es el plan que plantea el Ministerio del Ambiente para un periodo de tiempo 2010 - 2021, en el cual se proyectan las acciones a tomar por parte del estado y todos los entes relacionados, se trazan metas claras en vista de llegar al bicentenario de la independencia del Perú en un contexto situacional favorable.

El PLANAA cuenta con acciones estratégicas y metas en el aspecto de residuos sólidos con el cual pretenden cumplir con su objetivo general: “Mejorar la calidad de vida de las personas garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo; y el desarrollo sostenible del país mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona” (Ministerio del Ambiente, 2010).

3.2.2 *Política nacional de educación ambiental*

El Ministerio del Ambiente en base a la estrategia Plan Bicentenario impulsada por el gobierno ha creado el plan estratégico “Perú Limpio”, el cual es una estrategia multisectorial y descentralizada que busca mejorar nuestra cultura ambiental y promover buenas prácticas en el manejo de residuos sólidos en la ciudadanía a partir de acciones concretas (Gobierno del Perú, 2022).

De manera que Perú Limpio sea la marca con la cual identifiquen todas las campañas realizadas que buscan la participación ciudadana en temas de residuos sólidos y en prácticas ambientales saludables.

Como parte del plan estratégico multisectorial Perú Limpio, el Ministerio de Educación ha venido desarrollando acciones orientadas hacia una educación ambiental en todo el Perú.

El Ministerio de Educación como parte de esta estrategia aprobó un plan de trabajo para la implementación de Perú Limpio, que contiene actividades como la formación de líderes ambientales y concientizar a toda la comunidad educativa y estudiantes del Perú en la segregación de los residuos, reciclaje y cuidado del medio ambiente.

3.2.3 *Política nacional de gestión integral de residuos sólidos*

El Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos es un instrumento de planificación para el periodo 2016 - 2024, este plan ha sido elaborado por el Ministerio del Ambiente para que se puedan articular adecuadamente todos los esfuerzos hacia la mejora en la gestión integral de los residuos sólidos (Ministerio del Ambiente).

Todo esto dentro del marco de la Política Nacional del Ambiente, establecidos en el Plan Bicentenario, Ejes Estratégicos de Gestión Ambiental y los instrumentos de planificación ambiental referidos a la gestión de residuos sólidos municipales y no municipales, siendo el más relevante, el Plan de Acción Ambiental (Ministerio del Ambiente).

Capítulo 4

Encuestas

4.1 Resultado de la encuesta

En la presente tesis se ha utilizado la herramienta de entrevista de expertos a través del método de encuesta con la finalidad de obtener información del proceso de compostaje, poder validar lo planteado en la propuesta de distribución de planta y alinear los objetivos de la presente tesis.

El instrumento de la encuesta consta de 17 preguntas (ver apéndice A), la cual se ha dividido en 3 criterios de evaluación. Las preguntas han sido revisadas por profesionales relacionados en temas de investigación de mercado y proceso de compostaje.

En la Tabla 1, se muestra los criterios de evaluación, la justificación del criterio y las preguntas de la entrevistada que se encuentra en el apéndice A:

Tabla 1. Criterios de encuesta

Nº	Criterio	Justificación del criterio	Preguntas
1	Proceso de compostaje	Se busca obtener de los entrevistados su conocimiento, experiencia y trayectoria en el proceso de compostaje.	1, 2, 3, 4, 5 y 6
2	Distribución de planta, parámetros, normativa y protocolos	Se busca obtener de los entrevistados qué tipos de parámetros evalúa, cuáles son las normativas y protocolos que se utilizan en las plantas de compostaje. Además de su conocimiento sobre distribución de una planta de compostaje.	7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13.
3	Contexto	El criterio busca saber cuál es la percepción del entrevistado respecto al compostaje en el contexto actual, ambiental y social.	14, 15, 16 y 17.

A continuación, en la Tabla 2, se muestra a los ocho entrevistados que han sido codificados con la letra E, esto con finalidad de poder abreviar y evitar su mención repetitiva en los párrafos de los siguientes capítulos, asimismo cada entrevistado lleva el nombre del lugar de trabajo donde se encuentra la planta de compostaje.

A cada entrevistado se ha asignado un color, el cual se representará en cada gráfico según corresponda. En la Tabla 2 se resumen lo mencionado:

Tabla 2. Codificación de entrevistados

Entrevistado	Código	Color
Municipalidad de Piura	E1	
Municipalidad 26 de Octubre	E2	
Municipalidad de Sullana	E3	
Municipalidad de Bellavista	E4	
Municipalidad de Catacaos	E5	
Lima Compost S.A.C.	E6	
Áreas verdes U.N.P.	E7	
Catedrático U.N.P.	E8	

Ahora se procede analizar las respuestas dadas por los ocho entrevistados de acuerdo a cada uno de los criterios establecidos.

4.1.1 Criterio 1: proceso de compostaje

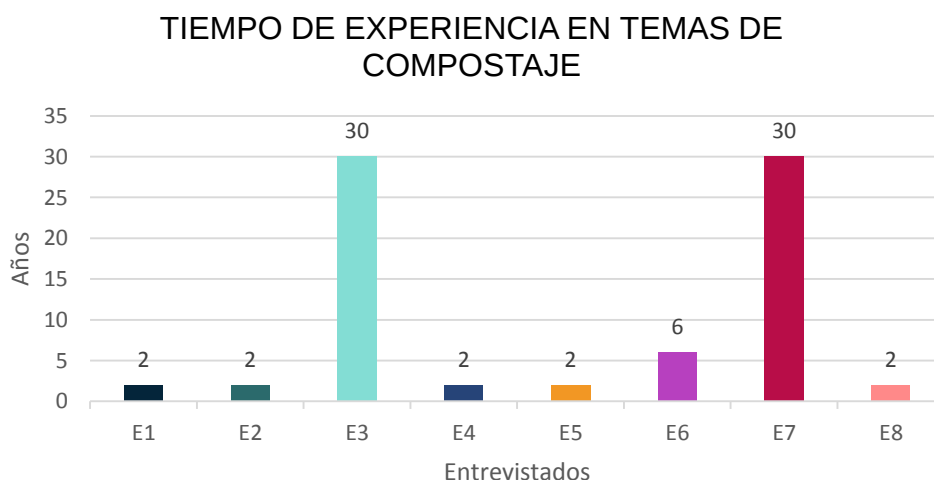
En este criterio se busca obtener de los entrevistados su conocimiento, experiencia y trayectoria en el proceso de compostaje

4.1.1.1 Resultados de la pregunta 1. Esta pregunta lo que busca es conocer la trayectoria profesional de los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Puede hablarnos acerca de su experiencia en temas de compostaje?

a) Objetivo

Analizar la trayectoria profesional de los entrevistados en temas de compostaje, según los años de experiencia, nivel de estudios y ocupación actual.

En la Figura 2 se puede comparar los años de experiencia que tienen los entrevistados en temas de compostaje:

Figura 2. Años de experiencia en compostaje

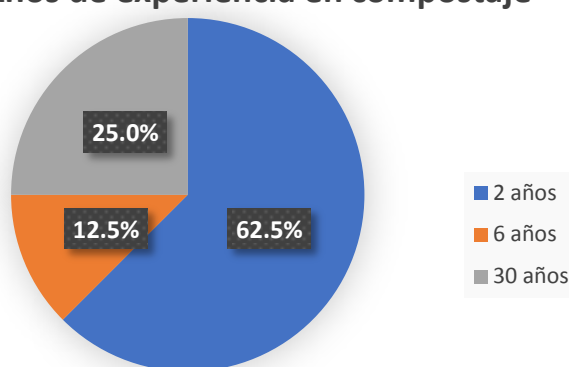
Según los años de experiencia mencionados por los entrevistados en la pregunta 1 se puede concluir:

- Con esto podemos afirmar que los entrevistados se encuentran actualmente trabajando en temas relacionados con compostaje ya sea de manera independiente, como asesor o como trabajador municipal a cargo del programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de la municipalidad de sus respectivos distritos.

Si ahora se considera los datos de la Figura 2 en porcentajes como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Años de experiencia

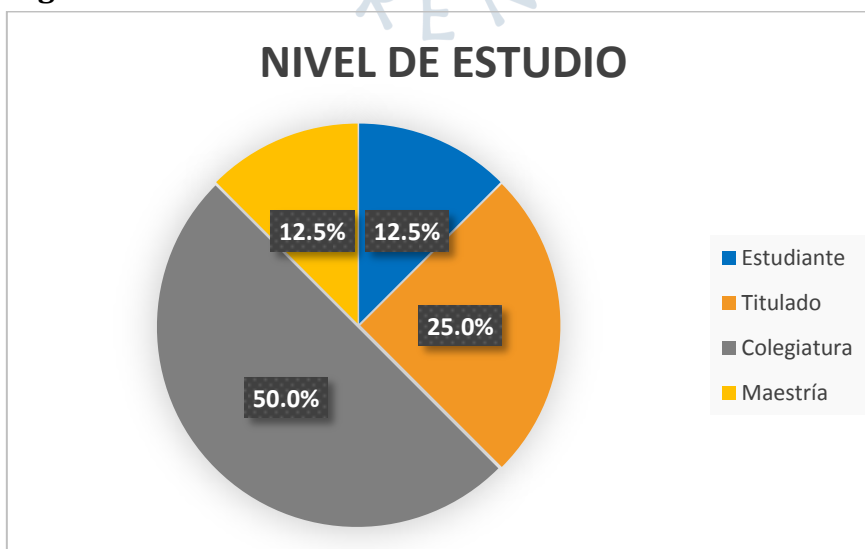
Años de experiencia en compostaje



- El 62.5% de los entrevistados tienen 2 años de experiencia, mientras que el 25% de los entrevistados tienen más de 30 años de experiencia y el 12.5% restante tienen 6 años de experiencia.

Si ahora se considera el porcentaje de cada nivel de estudios de los entrevistados, se puede observar en la Figura 4:

Figura 4. Nivel de estudios



- Se muestran los porcentajes de nivel de estudios alcanzado por los entrevistados en el cual podemos observar que el 88% tienen estudios superiores concluidos, los cuales incluyen titulados, colegiados y magísteres, solo el entrevistado codificado como E1 que representa el 12.5% tiene estudios universitarios en curso.

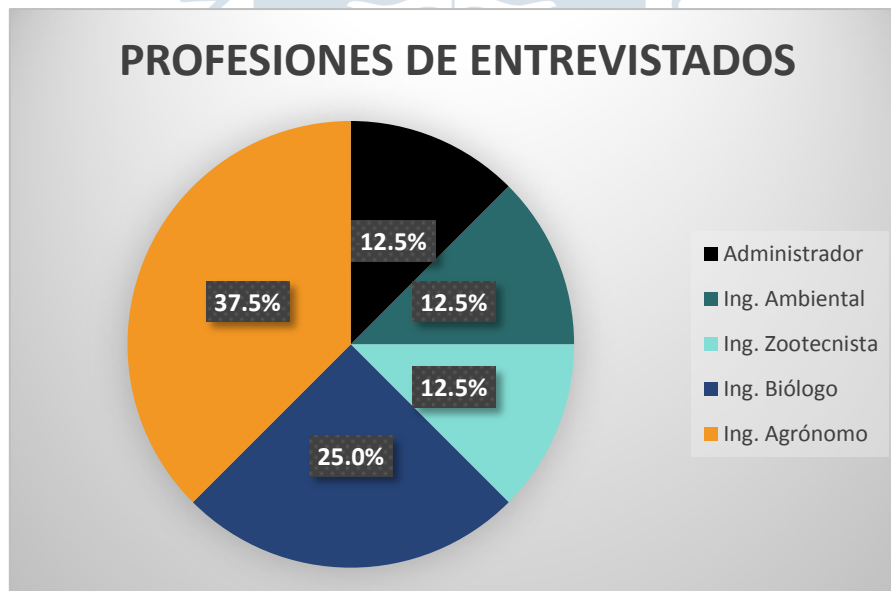
En la Tabla 3 se muestra el detalle de nivel de estudio de cada entrevistado:

Tabla 3. Nivel de estudio de los entrevistados

Entrevistado	Nivel de estudio
E1	Colegiado en Biología
E2	Universitario de la facultad de agronomía
E3	Colegiado en ingeniería Zootecnista
E4	Titulada en Biología
E5	Colegiado en ingeniería ambiental
E6	Titulado en administración
E7	Magister en agronomía
E8	Colegiado en ingeniería agrónoma.

Se considera las profesiones de cada entrevistado en porcentaje, como se puede observar en la Figura 5:

Figura 5. Profesión de entrevistados



- Se muestra la profesión de cada uno de los entrevistados, en el que podemos destacar que todas las profesiones guardan relación directa con el proceso de compostaje a excepción de la profesión de administración. El entrevistado codificado como E6 es fundador de un emprendimiento en base a compost de manera que su profesión le permite tener un manejo general del negocio, pero a su vez se ha rodeado de

personas que conocen del proceso y ha aprendido durante el tiempo que lleva en este rubro.

Si ahora se considera las ocupaciones de cada entrevistado, se puede observar en la Tabla 4:

Tabla 4. Ocupación actual de los entrevistados

	Encargado de la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos	Dueño de una empresa de compostaje	Brinda asesoría en temas de compostaje
E1	X		
E2	X	X	
E3	X		
E4	X		
E5	X		
E6		X	X
E7			X
E8	X		
	75.0%	25.0%	25.0%

- En la actualidad los distintos entrevistados se encuentran realizando actividades relacionadas con el compost principalmente como encargados de la planta de valorización de residuos sólidos de las distintas municipalidades de la región Piura (75%), también como dueños de un emprendimiento en base a compostaje (25%) y asesorando a nuevos emprendimientos o personas interesadas en conocer acerca de compostaje (25%).
- Se debe tener en cuenta que también hay entrevistados que realizan 2 actividades a la vez, como es el caso de E2 que es encargado de una planta y a su vez dueño de una empresa y E6 que es dueño de una empresa y brinda asesoría en temas de compostaje.

4.1.1.2 Resultados de la pregunta 2. Esta pregunta lo que busca es conocer el proceso de compostaje de los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Nos puede explicar para usted cómo define el proceso de compostaje? ¿Cuáles son sus etapas?

a) Objetivo

Definir el proceso de compostaje usado en cada planta visitada, así como sus etapas, de manera que podamos compilar todo el proceso y obtener un modelo a replicar en la planta piloto de compostaje en la Universidad de Piura.

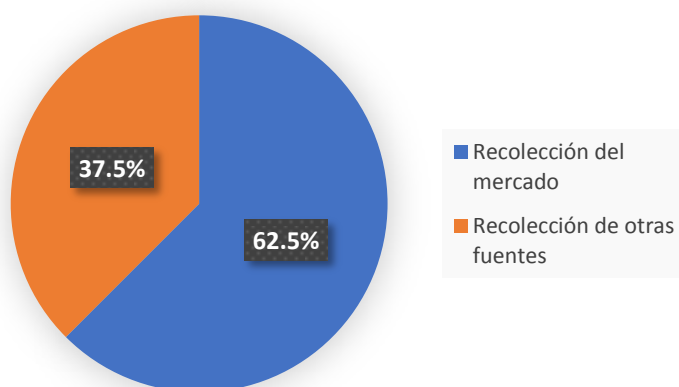
Según las respuestas dadas en la pregunta 2 los entrevistados analizan la forma de recolección de los residuos, segregación en la fuente, métodos de triturado, tipos de

materia seca que usan, frecuencias de volteo, método de aireado y finalmente el tamizado:

Según los porcentajes de los centros de recolección (mercado u otras fuentes), se observa en la Figura 6:

Figura 6. Centro de recolección

CENTROS DE RECOLECCIÓN

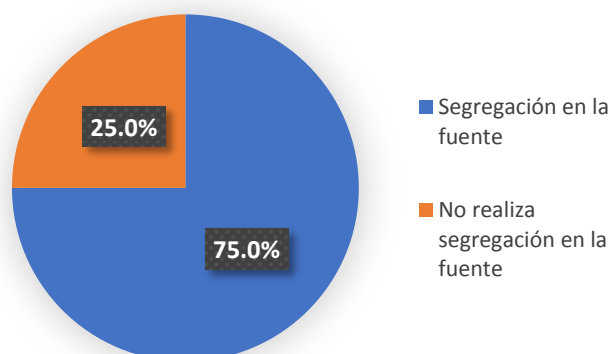


- Todas las municipales recolectan los residuos sólidos generados por los mercados de su jurisdicción (62%). La planta de compostaje de la Universidad Nacional de Piura usa los residuos generados por la poda de árboles, mientras que los demás entrevistados recolectan los residuos que han sido generados en el hogar (38%).
- Al tener maquinaria, logística y mano de obra a disposición, las Municipalidades pueden realizar el recojo de los residuos sólidos orgánicos con mayor frecuencia, evitando que estos residuos se descompongan antes de ser recolectados.

En la Figura 7, se puede observar si los entrevistados realizan o no segregación en la fuente:

Figura 7. Segregación en la fuente

Segregación en la fuente



- El 75% de los entrevistados codificados como E1, E2, E3, E4, E5 y E6 realizan una segregación en la fuente lo que significa que recogen los residuos ya segregados. Las municipalidades cuentan con planes de segregación en la fuente promocionado por el Gobierno Central como parte inicial de dos programas diferentes: Programa de aprovechamiento en la planta de valorización de residuos sólidos orgánicos y Programa de recolección selectiva en donde aprovechan los residuos inorgánicos (cartón, latas, plásticos y vidrios).
- Mientras que el otro 25% de los entrevistados codificados como E7 y E8 al realizar sus procesos de compostaje con poda de árboles y guano seco, no necesitan realizar una segregación en la fuente.

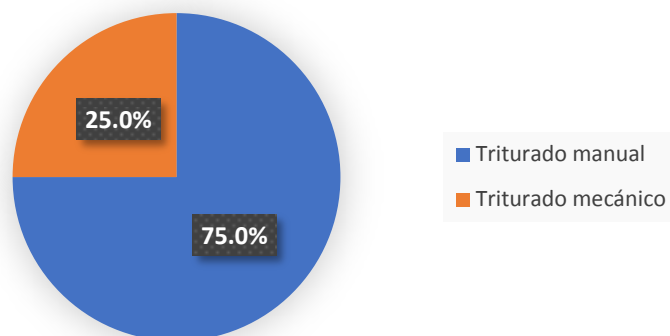
Para una mejor explicación, se ha colocado un diagrama de árbol como se muestra en la Figura 8:

Figura 8. Segregación en la fuente vs segregación interna



- Del 87.5% que realiza una segregación en la fuente, el 75% realiza una segregación interna, es decir además de segregar en el punto de recolección segregar en la propia planta de compostaje para evitar elementos ajenos al proceso, solo el 12.5% que representa al entrevistado codificado como E6 realiza el proceso de compostaje directamente debido a que recoge los residuos sólidos orgánicos de los hogares a los cuales capacita previamente para una correcta segregación.

Se puede observar en la Figura 9, el porcentaje destinado al triturado manual y al triturado mecánico:

Figura 9. Método de triturado**MÉTODO DE TRITURADO**

- El 75% de los entrevistados codificados como E2, E4, E5, E6, E7 y E8 realizan la operación de triturado de manera manual debido al alto costo de una máquina trituradora, sólo el 25% de los entrevistados E2 y E3 cuentan con una trituradora mecánica en la planta; producto de la inversión por parte de las autoridades, lo que les ayuda a reducir la mano de obra y a agilizar el proceso de compostaje.

Para una mejor explicación del tipo de materia seca, se observa en la Figura 10:

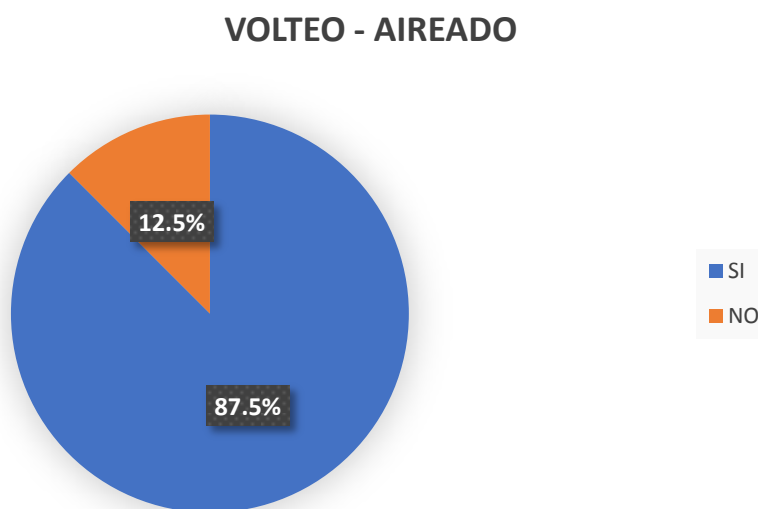
Figura 10. Tipo de materia seca

- Todos los expertos utilizan materia seca en el proceso de compostaje; sin embargo, no todos usan la misma proporción ni el mismo tipo de materia seca, podemos observar que el 50% de los entrevistados usan solo hojarasca y puño de algarrobo mientras que el otro 50% se encuentra dividido de la siguiente forma: 25% usa guano, 12.5% usa aserrín y 12.5% usa tierra agrícola y ceniza.

- El 100% de los entrevistados usan hojarasca y/o puño de algarrobo, pero el 50% de los entrevistados codificados como E1, E4, E6 y E7 usan sólo hojarasca y/o puño de algarrobo, los demás entrevistados usan adicional a la hojarasca y/o puño de algarrobo otros tipos de materia seca como: aserrín, guano, tierra agrícola y ceniza.
- El entrevistado codificado como E2 que representa el 12.5% usa aserrín. El aserrín lo usa como un aislador o separador de la pila de compost con la base. Además, el aserrín ayuda a absorber los lixiviados. E3 usa tierra agrícola y ceniza, las cenizas la usa para disminuir los olores producto de la descomposición de los residuos orgánicos. E5 usa el guano obtenido mediante el convenio con la comunidad campesina de Catacaos. E8 usa guano obtenido de la recolección de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional de Piura (UNP).
- Tener en cuenta que las materias secas son almacenadas dentro de la planta, pero los residuos orgánicos no son almacenados, directamente pasan a la pila de compostaje, de manera que se hace necesario un almacén de materia seca.

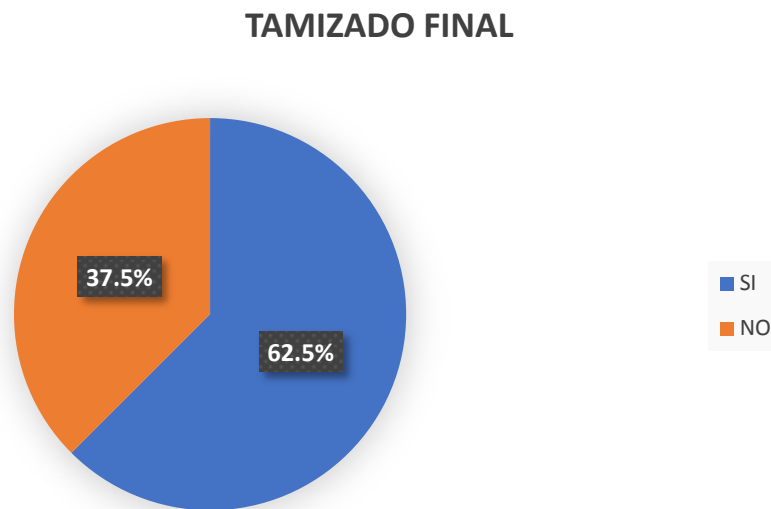
En la Figura 11, se puede observar el porcentaje del volteo-aireado, donde SI significa que si lo realiza y NO que no lo realiza:

Figura 11. Volteo - Aireado



- El 87.5% de los entrevistados realiza volteo en las etapas iniciales del proceso (primeras dos semanas), solo el entrevistado codificado como E2 que representa el 12.5% no realiza la operación de volteo; recalcar que E2 realiza un cultivo de microorganismos eficientes, monitoreando sólo la humedad y temperatura de la pila, razón por la cual no realiza el volteo inicial para que el cultivo de microorganismos se realice de manera idónea. Cabe añadir que todos los entrevistados realizan el volteo de las pilas en la etapa intermedia y final del proceso.

En la Figura 12, se puede observar el porcentaje del tamizado final, donde SI significa que si lo realiza y NO que no lo realiza:

Figura 12. Tamizado final

- El 62.5% de los entrevistados codificados como E2, E4, E5, E6 y E7 realizan un tamizaje final, esto se debe a que no cuenta con una trituradora mecánica, por lo que ingresan residuos sobredimensionados que necesitan nuevamente ser reprocesados, estos residuos equivalen entre el 10% y 9% de producto que llega al tamizaje final.
- El 37.5% de los entrevistados codificados como E1, E3 y E8 no realizan tamizaje final, E8 no lo realiza debido a que su producto final no es el compost, interrumpe el proceso de compostaje, para usarlo como alimento de las lombrices y finalmente obtener humus. E1 y E3 han logrado gestionar la compra de una trituradora mecánica de gran potencia, lo cual significa que las autoridades han invertido en la planta piloto de compostaje, por ende, también son las plantas que más volumen de compost logran obtener al finalizar el año.

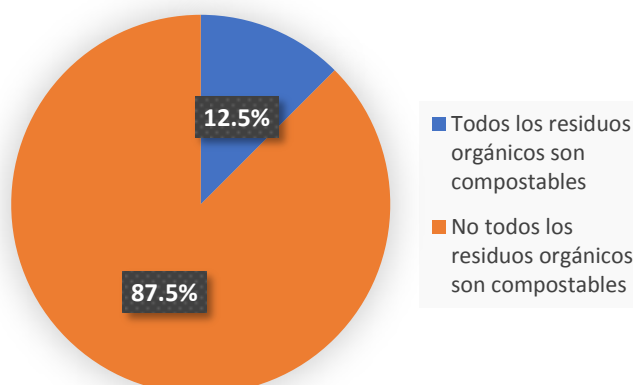
Como análisis final de esta pregunta, en su mayoría las etapas que más predomina son la etapa de segregación en la fuente, la recolección, segregación dentro de la planta, triturado ya sea manual o mecánico, formación de la pila, volteo, tamizado y envasado final.

4.1.1.3 Resultados de la pregunta 3. Esta pregunta lo que busca es conocer qué residuos sólidos orgánicos se pueden o no compostar según los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Qué residuos orgánicos se pueden y no se pueden compostar?

a) Objetivo

Clasificar los residuos sólidos orgánicos que mejor resultados brindan al momento de hacer compostaje, así como extraer de los entrevistados aquellos insumos perjudiciales para nuestro proceso de compostaje.

En la Figura 13, se observa el porcentaje de los residuos compostables y los no compostables:

Figura 13. ¿Qué se puede compostar?**¿Qué se puede compostar?**

Según las respuestas dadas en la pregunta 3 se pudo concluir que:

- El 12.5% de los entrevistados que representa sólo a E7 menciona que todos los residuos orgánicos sin excepción se pueden compostar a diferencia de lo que mencionaron los demás entrevistados que representan al 87.5%. Como explica el entrevistado E8. “si bien todos los residuos orgánicos por su naturaleza son compostables, hay excepciones que dificultan la operatividad del proceso”.

Los residuos orgánicos más recomendados para compostar según los entrevistados, se observan en la Figura 14:

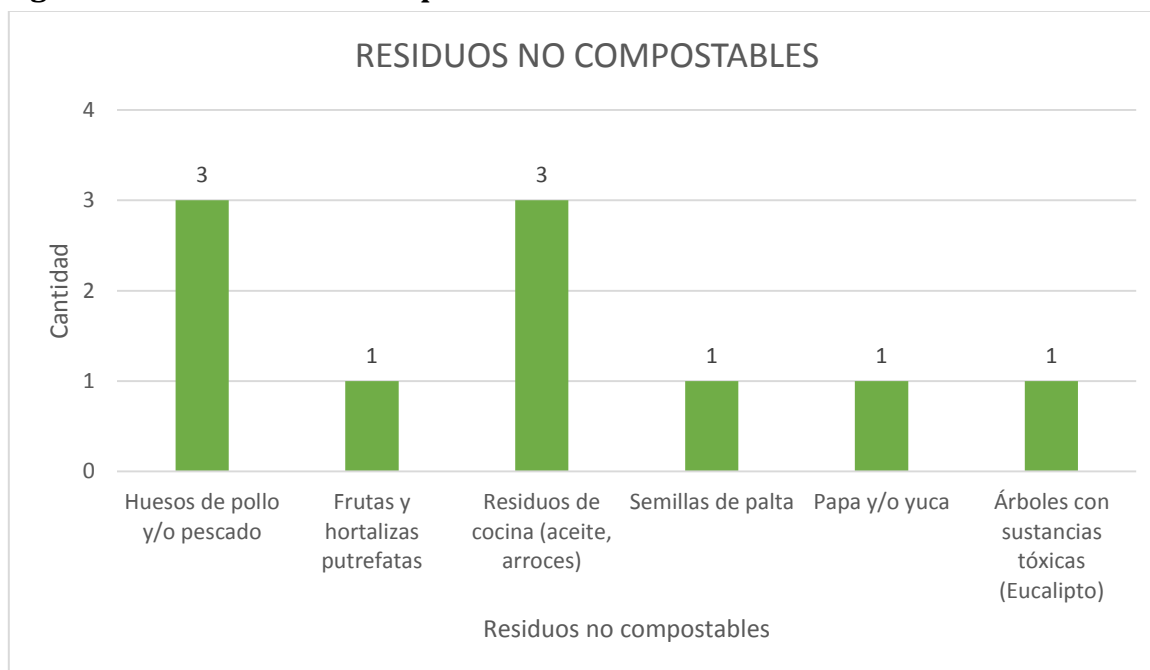
Figura 14. Residuos compostables recomendados

- Se puede observar que los residuos más recomendados por los entrevistados para compostar entre los que se encuentran las verduras y frutas, cáscaras de huevo, café, verdolaga, puño de algarrobo y estiércol de caprino.

- El puño de algarrobo es el residuo orgánico más usado y recomendado por los entrevistados, este residuo es usado como materia seca en el proceso de compostaje.
- Los residuos orgánicos recolectados dependen mucho de la localidad de donde se realiza el proceso de compostaje

Los residuos no compostables según los entrevistados se observan en la Figura 15:

Figura 15. Residuos no compostables



- Podemos observar que los entrevistados no recomiendan compostar huesos de pollo y/o pescado, debido a su dureza y rigidez, sólo E8 menciona que no es posible compostar el eucalipto debido a que contiene sustancias tóxicas para el proceso de compostaje, E5 no recomienda usar papa, yuca y semillas de palta debido a que dificulta la trituration afectando la operatividad, E1 no recomienda usar frutas y hortalizas putrefactas, ya que contamina el proceso de compostaje con agentes dañinos (gusanos). Finalmente, E2, E3 y E4 no recomiendan usar los residuos de cocina como aceite residual y/o arroz, ya que éstos traen consigo malos olores y gusanos en la pila de compostaje.

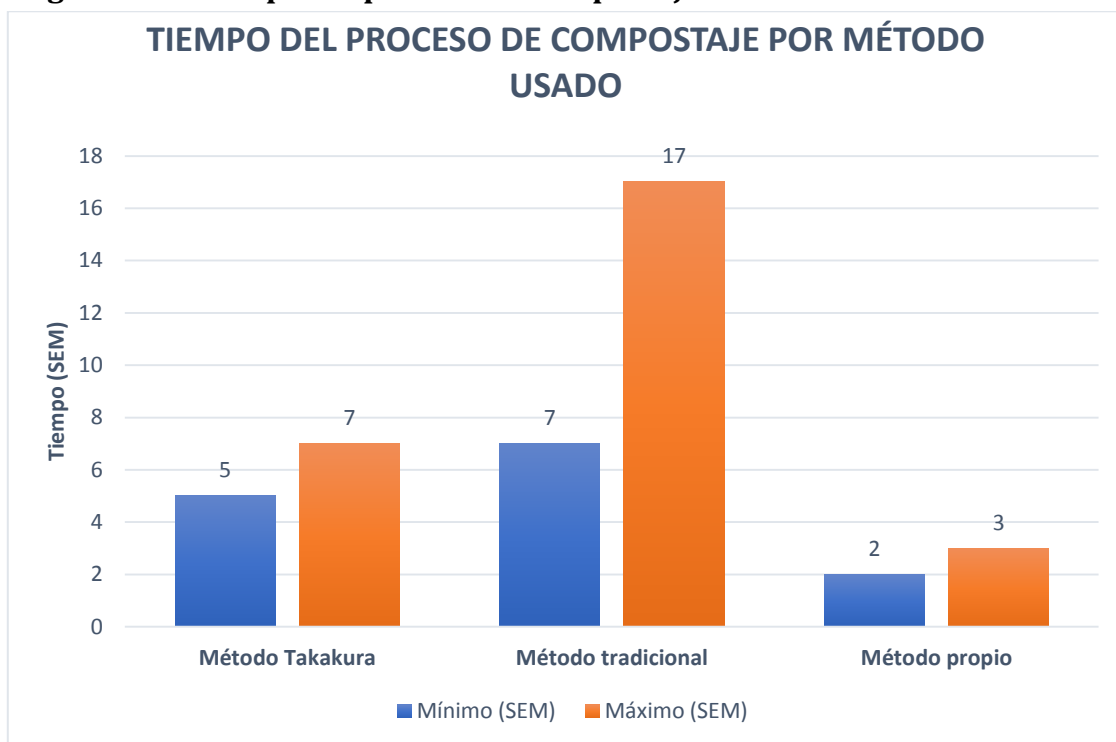
4.1.1.4 Resultados de la pregunta 4. Esta pregunta lo que busca es conocer el tiempo que dura el proceso de compostaje y de qué parámetros depende según los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuánto tiempo dura el proceso de compostaje, a su juicio dicho proceso de qué parámetros depende?

a) Objetivo

Determinar cuál es el tiempo y parámetros del proceso de compostaje de acuerdo con el método utilizado por cada entrevistado en base a su experiencia.

De acuerdo con el análisis de las respuestas de los entrevistados en la Figura 16 se muestra el mínimo y máximo de tiempo (semanas) para cada método usado de compostaje:

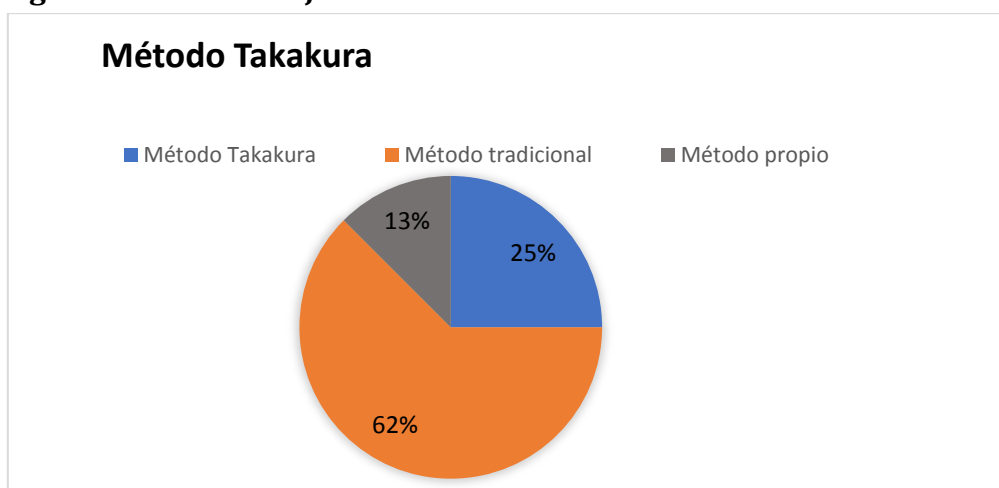
Figura 16. Tiempo del proceso de compostaje



Según las respuestas dadas en la pregunta 4 se puede concluir:

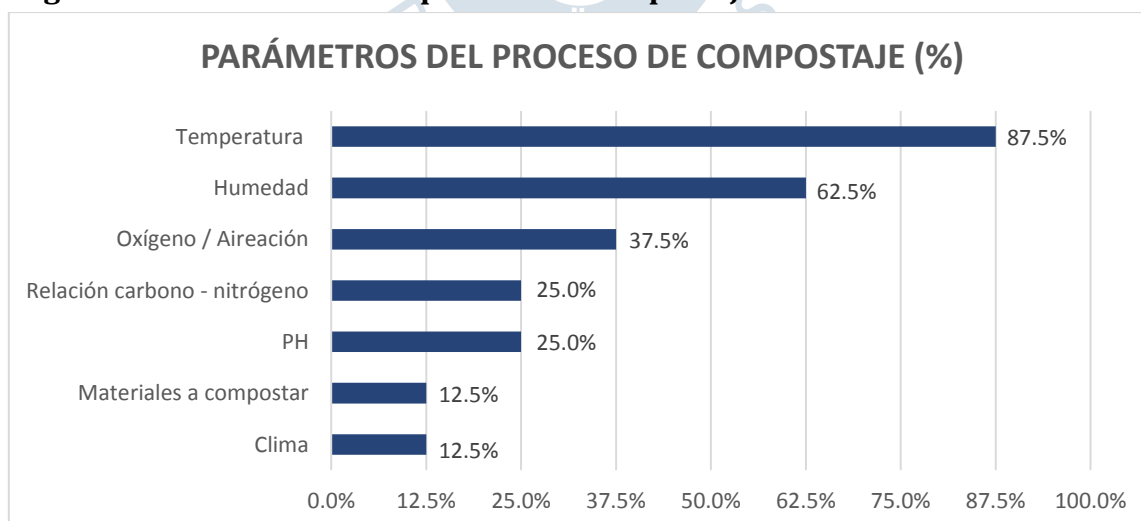
- El método propio desarrollado por el entrevistado E7 llamado método piramidal tiene una duración entre 2 a 3 semanas, tener en cuenta que la finalidad de este compost es ser usado como insumo de otro proceso, ser alimento para las lombrices y finalmente obtener humus, este es el método más rápido a comparación del método Takakura y el método tradicional.
- Para el método tradicional, el rango en el cual se desarrolla según las respuestas obtenidas por los entrevistados es entre 7 a 17 semanas, los entrevistados codificados como E3, E4 y E8 realizan el método tradicional en un rango de 12 a 17 semanas. A comparación de E5 y E6 que realizan este mismo método tradicional en un rango entre 7 a 10 semanas.
- El método takakura es usado por los entrevistados E1 y E2, los cuales coinciden que el tiempo de proceso es mayor a 5 semanas y menor a 7 semanas.

Según el método utilizado por los entrevistados, se observa en la Figura 17, el porcentaje de cada uno de ellos:

Figura 17. Porcentaje de los métodos utilizados

- Los entrevistados utilizan 3 tipos de métodos de compostaje: método Takakura, método tradicional y método propio. Cabe añadir que en cada planta visitada se adapta el método según la necesidad.
- El 62.5% de los entrevistados codificados como E3, E4, E5, E6 y E8 realizan el método tradicional. El 25% de los entrevistados codificados como E1 y E2 desarrolla el método Takakura debido a la capacitación referente a este método, brindada por la OEFA.
- Sólo el entrevistado codificado como E7 usa un método diferente ya que el mismo es el creador de este método llamado método piramidal, el cual representa el 12.5%.

En la Figura 18, se muestra los parámetros del proceso de compostaje que indica cada entrevistado:

Figura 18. Parámetros del proceso de compostaje

- La temperatura es el parámetro más usado, siendo el 87.5% de los entrevistados que mencionan este parámetro. Los entrevistados indican que este parámetro debe estar

entre el rango de 35 °C a 65 °C, con la finalidad que los microorganismos degraden la fracción orgánica de los residuos sólidos de forma correcta.

- La humedad es el siguiente parámetro mencionado por un 62.5% de entrevistados, ya que depende de la humedad de la pila el desarrollo óptimo en cada etapa del proceso.
- La aireación y oxigenación son consideradas por el 37.5% de los entrevistados ya que consideran que una pila bien aireada lleva a que el proceso sea aeróbico y se puedan desarrollar los microorganismos que favorecen el proceso ya que gracias a esta operación se puede controlar la humedad de la pila durante el proceso de compostaje.
- El 25% de los entrevistados resaltan la importancia de la relación carbono / nitrógeno, ya que es necesario mantener esta relación en los rangos sugeridos por las diferentes normativas internacionales.
- El 25% de los entrevistados mencionan la importancia del PH como parámetro, debido que el compost como producto final debe tener un PH neutro, para no alterar el PH de los suelos a donde es aplicado.
- El 12.5% de los entrevistados comentan que el clima es importante ya que gracias a las altas temperaturas que registra la región de Piura, las pilas pueden alcanzar la temperatura óptima en menor tiempo, asimismo el 12.5% señala que son importantes los materiales a compostar porque gracias a ellos se tienen los microelementos químicos adecuados.

4.1.1.5 Resultados de la pregunta 5. Esta pregunta lo que busca es conocer el método de compostaje más utilizado según los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿A lo largo de su trayectoria profesional cuál es el método de compostaje que más ha utilizado indicando el porqué de su elección?

a) Objetivo

Determinar cuál es el método de compostaje que más ha utilizado los entrevistados en base a su experiencia y el porqué de su elección.

En la Tabla 5 se muestra a cada uno de los entrevistados, indicando el método usado por cada de ellos y la justificación de la elección del método:

Tabla 5. Método utilizado y justificación

Entrevistado	Método utilizado	Justificación de la elección
E1	Método Takakura	Rapidez y facilidad para trabajar.
E2	Método Takakura	Aceleración del proceso y mejor calidad.
E3	Método tradicional	Facilidad del manejo de las pilas.
E4	Método tradicional	Facilidad para los operarios.
E5	Método tradicional	Generación de buenos resultados.
E6	Método tradicional	Económico y práctico.
E7	Método piramidal	Tiempo de preparación corto y menos mano de obra.
E8	Método tradicional	Facilidad del proceso.

Según las respuestas dadas en la pregunta 5 se pudo concluir que:

- El entrevistado codificado como E8 ha realizado un propio método: el método piramidal, debido a su corto tiempo de preparación y menor mano de obra.
- El 62.5% de los expertos realizan el método tradicional debido a su adaptabilidad y facilidad de uso. El 37.5% de los entrevistados realiza método Takakura y el método piramidal, los cuales requieren de conocimiento técnico.
- Gracias a la capacitación de la OEFA en el uso del método Takakura, E1 migró del método tradicional a este método. Cabe señalar que el método tradicional le generaba contaminación cruzada al realizarse en campo abierto.
- E3 usa el método tradicional porque al tener una recolección de residuos sólidos orgánicos frecuente, este método permite el ingreso de estos residuos a las pilas de compostaje apenas son recolectados.

4.1.1.6 Resultados de la pregunta 6. Esta pregunta lo que busca es conocer los métodos exitosos según los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Qué método exitoso aparte del que usted usa, conoce? ¿Este método podría dar resultado en su localidad, a que se debe su éxito en otros lugares y en Perú no? ¿Le gustaría que se investigue?

Objetivo

Conocer cuáles son los métodos exitosos de compostaje que conocen los entrevistados, sus limitaciones y razones de éxito para poder tener una base de métodos a investigar en un futuro.

En la Tabla 6 se puede conocer cuáles son los métodos exitosos conocidos mencionados por los entrevistados.

Tabla 6. Método exitoso conocido

Entrevistado	Método exitoso
E1	Método convencional
E2	Método innovador en base a un panel solar que da energía para airear la pila mediante una bomba de aire
E3	Método solo con heces de ganado en camellón
E4	Método de camas de compostaje usando Biol
E5	Método Takakura
E6	No conoce
E7	Ninguno solo el patentado
E8	No conoce

- Tres de los entrevistados no conoce o menciona ningún método exitoso aparte del que ellos usan, pero los demás mencionan que han descubierto estos métodos a través de internet o investigando mejoras para su propio método de compostaje.

En la Tabla 7 se describen cuáles son las principales razones de éxito a percepción de los entrevistados de los métodos novedosos que mencionaron y a la vez las limitaciones por las cuales son viables en otros lugares y en su contexto no.

Tabla 7. Razones de éxito y limitaciones

Entrevistado	Razón de éxito	Limitaciones
E1	Permite manejar grandes cantidades de producto	Mano de obra
E2	Acelera el proceso de compostaje	Costo elevado
E3	Fácil manejo con maquinaria	Costo elevado
E4	Biol funciona como catalizador	Falta investigación
E5	Acelera el proceso de compostaje	Permite pocas cantidades

- E1 le gustaría que se investigue el método tradicional porque permite manejar gran cantidad de producto, pero se usa demasiada mano de obra. Cabe añadir que este método ya se está usando con grandes volúmenes en la región.
- E2 pide que se investiguen métodos que aceleren el proceso de compostaje, pero menciona que los costos para investigar y realizar estos métodos son elevados.
- E3 conoce de un método realizado sólo con heces de ganado, pero menciona que obtener la materia prima resulta costoso.
- E4 menciona la principal limitación es la falta y poco interés en investigar más procesos de compostaje.
- E5 menciona que el método takakura no es capaz de compostar grandes cantidades, pero en la región se está realizando este proceso con cantidades considerables.

Como análisis final de esta pregunta, la totalidad de los entrevistados se muestra a favor para que se realice una investigación respecto a los métodos innovadores mencionados, lo que da pie a que la planta piloto de compostaje que se plantea en la presente tesis ayude en la investigación y desarrollo de estos temas.

4.1.2 Criterio 2: Diseño de planta – parámetros – normativa - protocolos

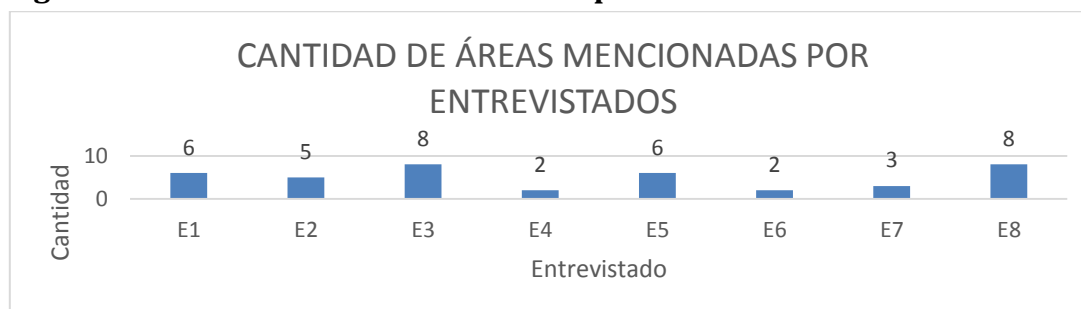
4.1.2.1 Resultados de la pregunta 7. Esta pregunta lo que busca es conocer las áreas que debería tener una planta piloto de compostaje según los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: A su criterio si tuviera que diseñar una planta de compostaje, ¿cuáles son las áreas importantes que se deben tomar en cuenta en un proceso de compostaje? Por ejemplo: área de recepción, área de compostaje, área de triturado, etc.

a) Objetivo

Analizar las áreas más importantes mencionadas por cada entrevistado de manera que podamos realizar una distribución de planta óptima con las principales áreas mencionadas y adecuadas al espacio disponible.

En la Figura 19 puede observar la cantidad de áreas mencionada por los entrevistados:

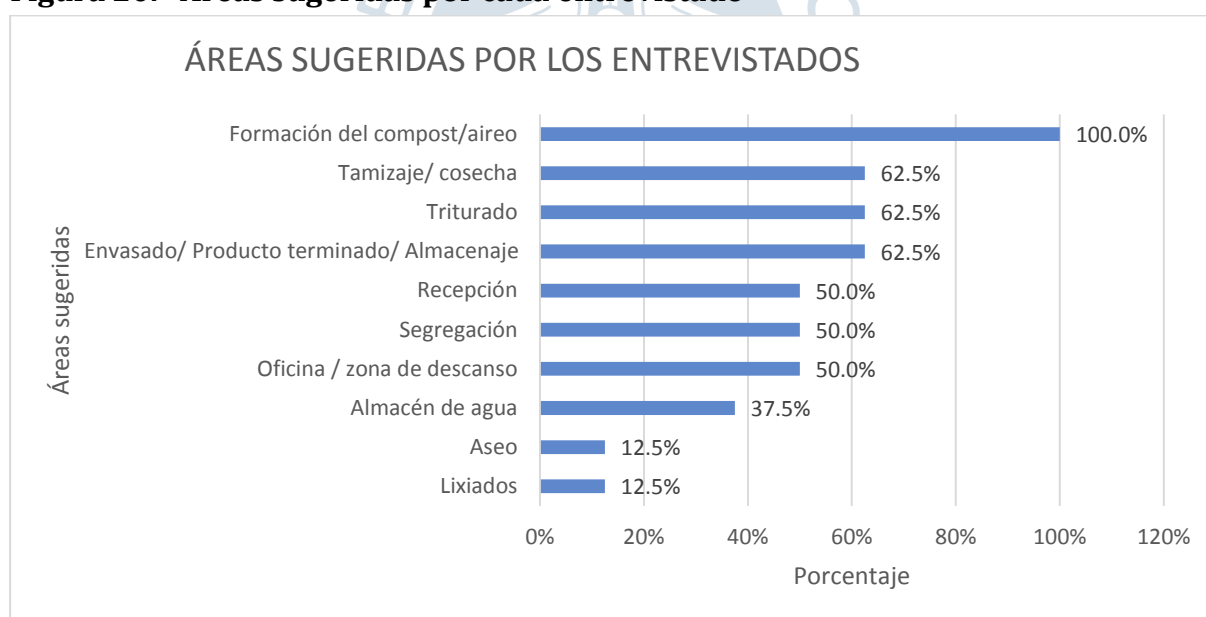
Figura 19. Total de áreas mencionadas por entrevistados



- Los entrevistados codificados como E3 y E8 mencionan un total de 8 áreas, mientras que los entrevistados E1, E2 y E5 indican entre 5 y 6 áreas, finalmente los entrevistados codificados como E4, E6 y E7 solo mencionan entre 2 y 3 áreas para una planta piloto de compostaje.

En la Figura 20 se puede observar el porcentaje a cada área sugerida por los entrevistados:

Figura 20. Áreas sugeridas por cada entrevistado



- El 100% de los entrevistados coinciden en que el área de formación del compost es la más importante. El área de triturado, tamizaje y almacén son las siguientes más recomendadas sugeridas por un 62.5%, mientras que el área de segregación, recepción y la oficina o zona de descanso son recomendadas por el 50% de los entrevistados.
- El 37.5% de los entrevistados menciona que se necesita de un área donde se almacene agua para humedecer las pilas, ya que es necesario para mantener la humedad correcta en el proceso.

- El área de aseo y lixiviado han sido mencionadas un 12.5%, lo que significa que sólo un entrevistado del total recomienda su implementación dentro de la planta.

De acuerdo con las recomendaciones obtenidas en las entrevistas y visitas en campo, las zonas que vamos a considerar para el diseño de la planta piloto de compostaje y tamaño a considerar son:

- Áreas de recepción y triturado entre un 15% y 20%.
- Área de formación de compost entre un 30% y 35%.
- Área de almacén de producto terminado y materia seca 10% y 15%
- Área de calidad, herramienta e insumos y zona de estar el porcentaje restante.

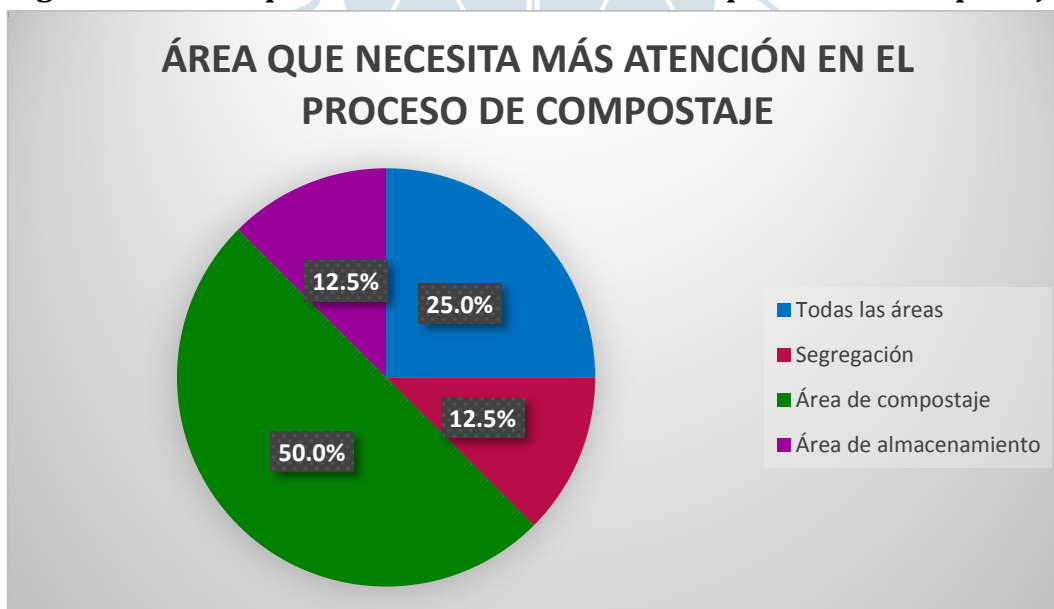
4.1.2.2 Resultados de la pregunta 8. Esta pregunta lo que busca es conocer el área que más atención requiere por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuál es el área que más atención requiere el proceso de compostaje?

a) Objetivo

Conocer cuál es el área más importante dentro del proceso de compostaje ya que toda la distribución de la planta piloto de compostaje debe estar muy relacionada con esta área.

En la Figura 21 se muestran las áreas mencionadas por los entrevistados que según su criterio requiere más atención en el proceso de compostaje.

Figura 21. Área que necesita más atención en el proceso de compostaje



Según las respuestas dadas en la pregunta 9 se puede concluir:

- El 50.0% de los entrevistados convergen en que el área de compostaje es el área que más atención requiere el proceso, ya que es en esta área donde más tiempo permanece los residuos y en donde se transforma la fracción orgánica en compost. En

esta área sucede la etapa termofílica en donde la pila de compost alcanza temperaturas de hasta 80 °C, siendo esta etapa parte fundamental del proceso para obtener compost de calidad.

- Tanto el área de almacenamiento como el área de segregación son mencionadas un 12.5%. Los entrevistados mencionan que el área de almacenamiento es importante ya que es en esta área donde se vela por la integridad del producto final y de los insumos; mientras que el área de segregación es importante porque es en esta área donde se puede detectar residuos no compostables que pueden alterar el proceso.
- El 25% de los entrevistados refieren que todas las áreas son importantes en el proceso de compostaje ya que cada área cumple una función única. Si no se le da la importancia necesaria a cada área podemos tener problemas en el proceso y la calidad del producto final.

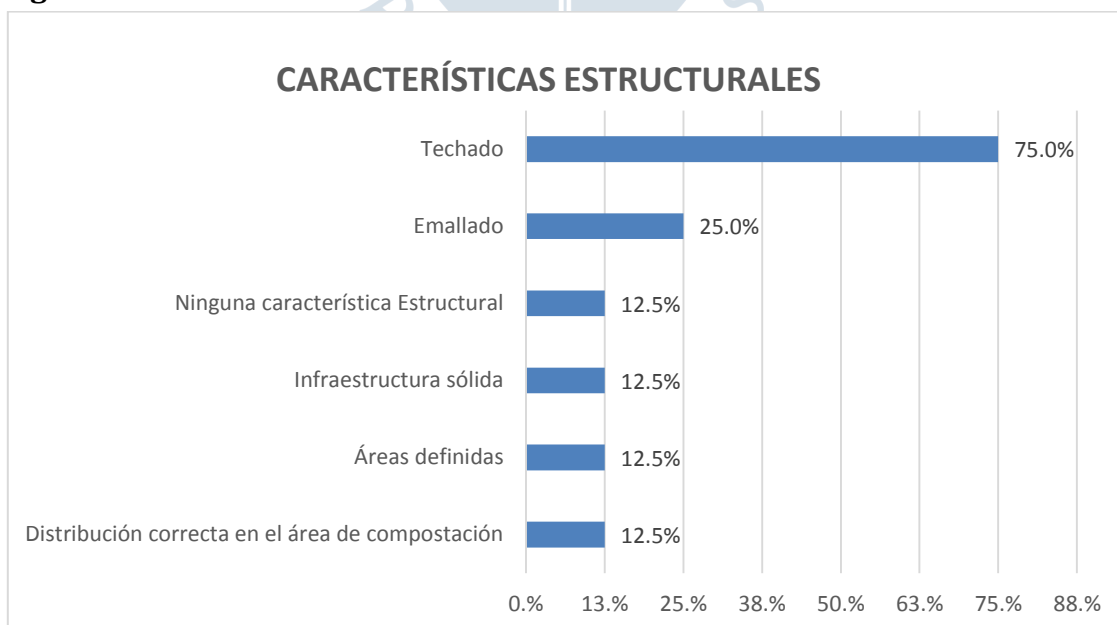
4.1.2.3 Resultados de la pregunta 9. Esta pregunta lo que busca es conocer las características estructurales para una planta piloto de compostaje por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Qué características estructurales debería tener una planta piloto de compostaje?

a) Objetivo

Conocer cuáles son las características estructurales más importantes según el criterio de los entrevistados para poder considerar estas características en la planta piloto de compostaje.

De acuerdo con los resultados del instrumento de las entrevistas, en la Figura 22 se muestran las características estructurales para una planta piloto de compostaje:

Figura 22. Características estructurales



Según las respuestas dadas en la pregunta 10 se pudo concluir que:

- Los entrevistados coinciden en que las características estructurales que deberían tener una planta piloto de compostaje son: techado, una distribución correcta en el área de compostaje, enmallado, áreas definidas e infraestructura sólida.
- El 75% de los entrevistados mencionan que la estructura más importante en una planta de compostaje es el techado para evitar el ingreso del agua de las lluvias, comodidad de los operarios, etc.
- Dos de los entrevistados codificados como E2 y E6 que representan un 25% indican que el enmallado es una característica estructural a tener en cuenta, para evitar una contaminación cruzada.
- El entrevistado codificado como E7 que representa el 12.5% no define qué características estructurales debe tener una planta piloto, porque el usa su propio método Piramidal, el cual se apoya en el calor proporcionado por el sol para calentar su pila. Menciona además que solo bastaría un área libre para realizar compostaje.
- El entrevistado codificado como E2 hace hincapié en la importancia de tener áreas bien definidas para el correcto funcionamiento de la planta de compostaje. Además, menciona que, al mantenerse una correcta distribución, facilita el trabajo de los operarios y un correcto manejo de las pilas de compostaje. E2 representa el 12.5% de los entrevistados.
- E8 recomienda una infraestructura sólida para evitar la contaminación cruzada, el cual representa un 12.5% de los entrevistados.

Como análisis final de esta pregunta, la planta piloto de compostaje tendrá en cuenta las características estructurales como el techado, enmallado, infraestructuras sólidas, áreas bien definidas y una correcta distribución del área de compostaje.

4.1.2.4 Resultados de la pregunta 10. Esta pregunta lo que busca es conocer las mayores incidencias del proceso de compostaje por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuáles son las mayores incidencias del proceso de compostaje y cuáles son los pasos a seguir para solucionarla?

a) Objetivo

Conocer cuáles han sido las mayores incidencias que han tenido los entrevistados durante el proceso de compostaje y cuáles pasos han seguido para solucionarlas y poder realizar acciones preventivas ante cada situación.

En la Tabla 8 se indica el porqué de las incidencias y la manera como solucionaron el problema cada entrevistado:

Tabla 8. Incidencias y soluciones en el proceso de compostaje

Entrevistado	Motivo de incidencia	Solución
E1	Techado con malla raschel y fuertes lluvias.	Techado con calamina.
	Clima caluroso y evaporación rápida.	Se volteó la pila para airear y humedecerla.
E2	Lluvia fuerte ocasiona un levantamiento de techo ocasionando un sobre-humedecimiento de la pila.	Se aireo la pila y se añadió materia seca y residuos orgánicos.
E3	No cuenta con una fuente continua de agua.	Se compra agua por cisterna para irrigar las pilas.
E4	Segregación inadecuada.	Se retira los materiales ajenos en el tamizado.
	Sin infraestructura que proteja las pilas de compostaje.	Se cercó la zona de las pilas de compostaje.
E5	No se cuenta con movilidad destinada a la Planta.	Se realiza un programa de uso de las movilidades y se recoge los residuos en áreas más cercanas.
E6	Clima caluroso y evaporación rápida.	Irrigar la pila dependiendo de la humedad.
E7	El guano que no esté totalmente seco.	Revisar las condiciones iniciales de la materia prima (humedad o agentes extraños como arena).
E8	Presencia de agentes extraños.	Revisar las condiciones iniciales de la materia seca.

Según las respuestas dadas por los entrevistados, se puede concluir:

- Las incidencias frecuentes son: material seco inadecuado, poca operatividad, presencia de materiales ajenos al proceso, temperatura elevada y sobre-humedecimiento.
- El sobre-humedecimiento es una incidencia frecuente en las distintas plantas visitadas, los entrevistados mencionan que esto se debe a que no se cuenta con la infraestructura adecuada, razón por la cual las lluvias afectan las pilas de compostaje. El clima presente en nuestra región con temperaturas elevadas durante el verano, acompañado de las lluvias estacionales, hace necesaria una infraestructura adecuada.
- La poca operatividad de transporte con la que cuentan las municipalidades dificulta el recojo frecuente de los residuos sólidos orgánicos generando que estos se descompongan y presenten elementos no deseados para el proceso de compostaje (gusanos). La importancia de limitar la presencia de agentes extraños es importante para el proceso de compostaje.
- Según el entrevistado codificado como E7 la materia seca como el guano debe llegar en las condiciones adecuadas (totalmente seco) para que no se altere el proceso de compostaje. La materia seca con la que se dispone no debe contener componentes extraños tales como piedras, ramas que no estén secas, entre otros.

- El entrevistado codificado como E3 menciona la importancia de contar con una fuente continua de agua para poder mantener las pilas de compostaje con la húmeda óptima.

Como análisis final de esta pregunta a las incidencias mencionadas por los entrevistados la presente tesis plantea: contar con un techado como mínimo de calamina, tener una infraestructura que protege las pilas de compostaje mediante un enmallado en el perímetro, realizar una segregación adecuada tanto de la materia prima como de los insumos y contar con agua continua ya que existe un punto de conexión cercano.

4.1.2.5 Resultados de la pregunta 11. Esta pregunta lo que busca es conocer los indicadores de producción que manejan los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuáles son los indicadores de producción que manejan en el proceso de compostaje? Por ejemplo: rendimiento de la materia prima, tiempo de proceso, temperatura, olor, etc.

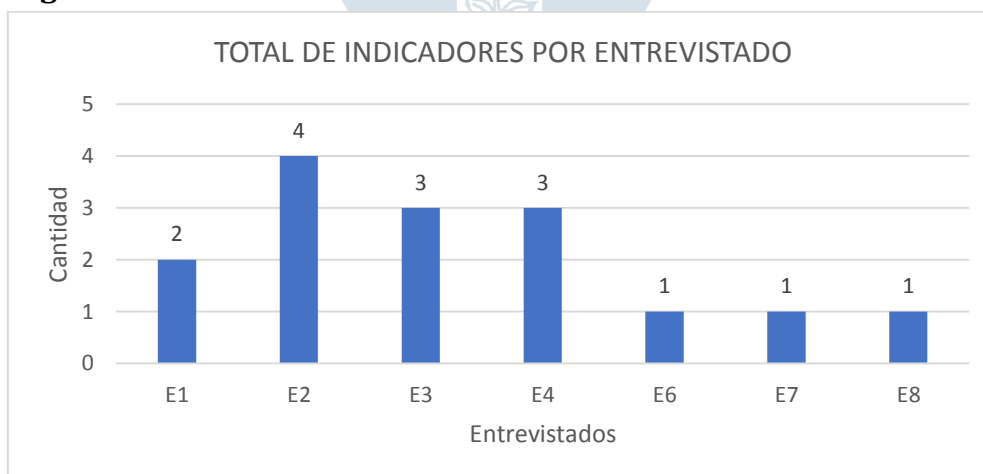
a) Objetivo

Definir los indicadores de producción que maneja cada entrevistado en las distintas plantas de compostaje visitadas, de manera que podamos realizar los protocolos de producción necesarios.

De acuerdo con el análisis de la encuesta realizadas los entrevistados tienen en cuenta los siguientes indicadores que no necesariamente son realmente indicadores, pero se tienen que mencionar a fin de un análisis objetivo.

En la Figura 23 se puede observar la cantidad de indicadores por entrevistado:

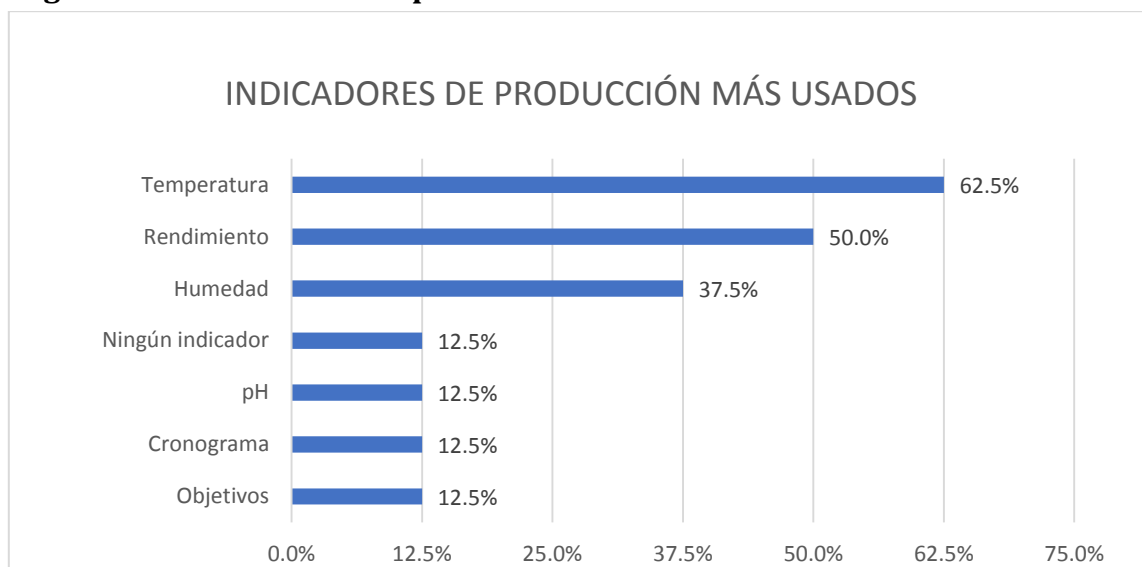
Figura 23. Total de indicadores



- La cantidad de indicadores que muestra cada entrevistado, siendo E2 el entrevistado que más indicadores utiliza con un total de 4, le siguen los entrevistados codificados como E3 y E4 ambos usan 3 indicadores, E2 usa 2 indicadores mientras que los entrevistados codificados como E6, E7 y E8 solo usan un indicador, finalmente E5 el que no usa ningún indicador,

Se puede observar los indicadores de producción más usados en la Figura 24:

Figura 24. Indicadores de producción



- El 62.5% de los entrevistados codificados como E1, E2, E3, E4 y E6 menciona que la temperatura es un indicador importante para el control del proceso de compostaje ya que se debe encontrar entre el rango recomendado de acuerdo con su etapa de compostación.
- El 50% de los entrevistados codificados como E3, E4, E7 y E8 menciona que el rendimiento es un indicador para tomar en cuenta para el control del proceso de compostaje. Se puede establecer una relación entre los insumos iniciales y el producto terminado.
- La humedad es un factor que E1, E2 y E3 que representan al total de 37.5% de los entrevistados consideran importante tener en cuenta, ésta se debe mantener en un rango establecido de 45% a 60% para el correcto desarrollo de la pila de compostaje.
- Solo el entrevistado codificado como E2 que representa al 12.5% mantiene un manejo de producción en base a objetivos (toneladas de producto terminado); por ello establece metas mensuales, para poder cumplir el objetivo anual establecido por la OEFA, además ha fijado un cronograma de volteo y formación de pilas que los operarios siguen para tener un mejor manejo del proceso de compostaje.
- Sólo el entrevistado codificado como E5 que representa un 12.5% no maneja ningún indicador durante el proceso de compostaje, pero tienen un control empírico en base a su experiencia.
- Los entrevistados toman en cuenta parámetros como temperatura, pH y humedad para realizar sus indicadores de producción y hacer el seguimiento durante el proceso de compostaje.

Como análisis final de esta pregunta no todos los entrevistados tienen en cuenta que “los indicadores de gestión tienen como objetivo facilitar información permanente e integral sobre el desempeño, que permita autoevaluar la gestión y tomar los correctivos del caso”. (Beltrán Jaramillo)

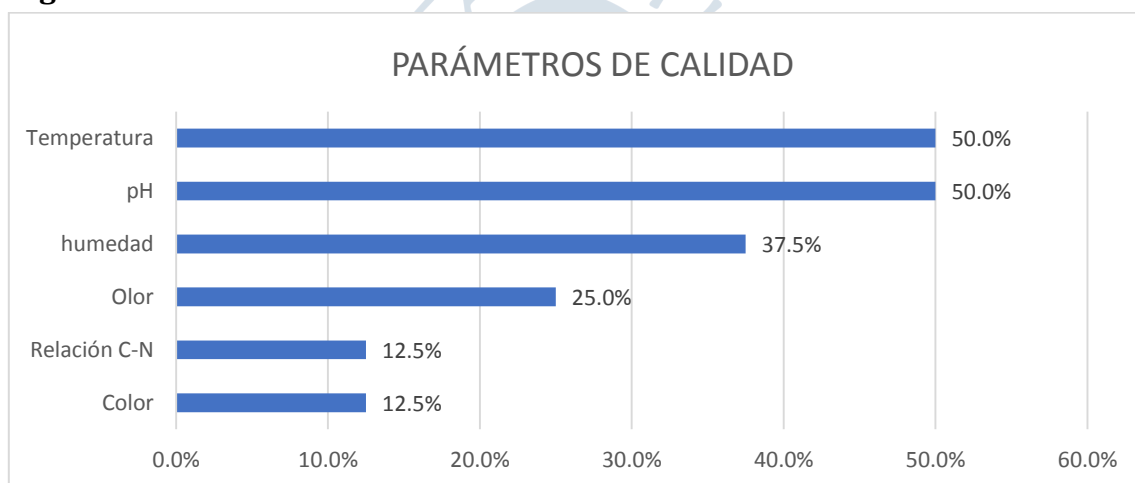
4.1.2.6 Resultados de la pregunta 12. Esta pregunta lo que busca es conocer los parámetros de calidad de acuerdo a los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuáles son los parámetros de calidad en una evaluación de compostaje y cuál es el más importante para usted?

a) Objetivo

Definir los parámetros de calidad usados por los entrevistados para poder realizar los protocolos de calidad y medir la importancia de cada uno.

Se puede observar los parámetros de calidad en la Figura 25

Figura 25. Parámetros de calidad



- El 50% de los entrevistados codificados como E2, E3, E4 y E8 coinciden en que la temperatura y el pH son parámetros de calidad importantes para la evaluación del compostaje. La temperatura debe mantenerse en el rango de acuerdo con la fase de compostaje y el pH debe ser neutro.
- La humedad es otro parámetro de calidad importante para el 37.5% conformado por los entrevistados codificados como E2, E3 y E5. Si la humedad sobrepasa los rangos establecidos, la pila de compostaje tendría un proceso anaeróbico y no se obtendrían los resultados esperados.
- El entrevistado codificado como E5 comenta que el color final que debe tener la pila de compostaje debe ser marrón/café oscuro y una textura homogénea, mientras que E6 y E7 que representan el 25% mencionan el olor del producto terminado como un parámetro de evaluación. El olor de producto terminado debería ser a tierra fresca y no debería tener mal olor.

- Solo el entrevistado codificado como E7 que representa el 12.5% menciona la relación carbono - nitrógeno en la pila de compostaje, como un parámetro importante, su rango ideal debe oscilar entre 15:1 a 35:1 durante el proceso, un exceso de carbono genera que el proceso tienda a enfriarse y por ende a ralentizarse, mientras que un exceso de nitrógeno genera que el proceso caliente en exceso y genere malos olores por el amoníaco liberado.
- El entrevistado codificado como E1 que representa el 12.5% recomienda realizar una evaluación de compostaje en el laboratorio de la Universidad Nacional de Piura (UNP) ya que es uno de los laboratorios en la región que realiza una evaluación analítica de los valores mencionados por los entrevistados.

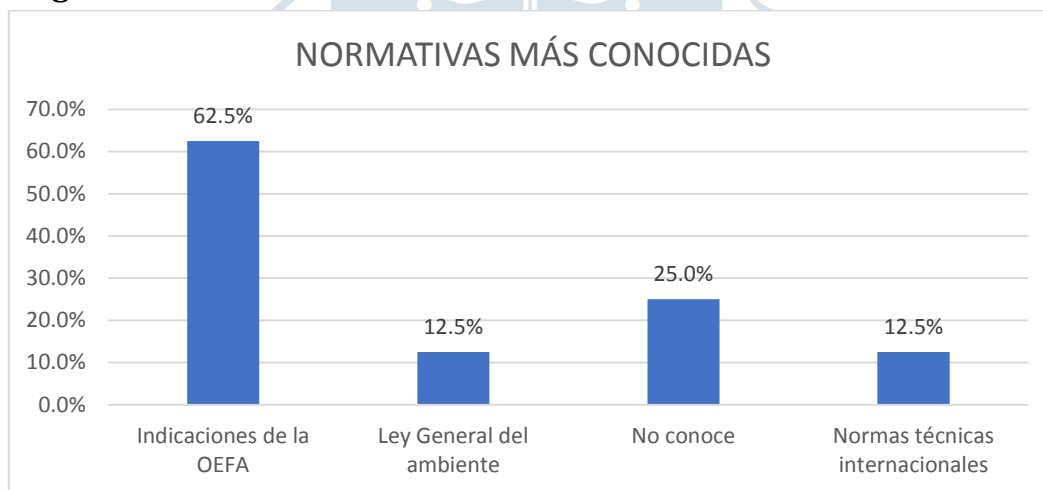
4.1.2.7 Resultados de la pregunta 13. Esta pregunta lo que busca es obtener la normativa vigente que los entrevistados usan o conocen por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Conoce alguna normativa vigente para la calidad del compostaje? ¿Cuál?

a) Objetivo

Obtener de cada entrevistado su conocimiento normativo respecto al compost y sus respectivos parámetros

Se puede observar las normativas más conocidas en la Figura 26:

Figura 26. Normativas



- El 62.5% de los entrevistados que representan a los que trabajan en las municipales siguen las indicaciones brindadas por la OEFA, la cual establece parámetros cualitativos como el olor, color, textura del compost y parámetros cuantitativos como temperatura, humedad, pH y relación C-N.
- El 25% de los entrevistados codificado como E6 y E8 no conocen alguna normativa que regule el proceso de compostaje; sin embargo, basan sus conocimientos en estudios y publicaciones referidas al compost.

- El 12.5% de los entrevistados mencionan que todos los países que cuenta con normas técnicas de compostaje se fundamentan en los estudios realizados por la FAO y normas de países pioneros en el tema.
- El 12.5% de los entrevistados trabajan con la Ley General del Ambiente; la cual no hace una mención sobre las características que deba tener el compostaje, sólo hace hincapié en que se debe usar los residuos sólidos orgánicos.

Como análisis final de esta pregunta, el 87.5% de los entrevistados conoce alguna normativa, ya sea indicaciones brindadas por la OEFA, Ley General del Ambiente, estudios de la FAO; mientras que el 12.5% no conoce ninguna normativa y está realizando compostaje de forma empírica basado en la experiencia.

4.1.3 Criterio 3: Contexto

4.1.3.1 Resultados de la pregunta 14. Esta pregunta lo que busca es conocer los beneficios del compost de acuerdo a los entrevistados por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuáles son los beneficios del compost a nivel ambiental, económico y agrícola?

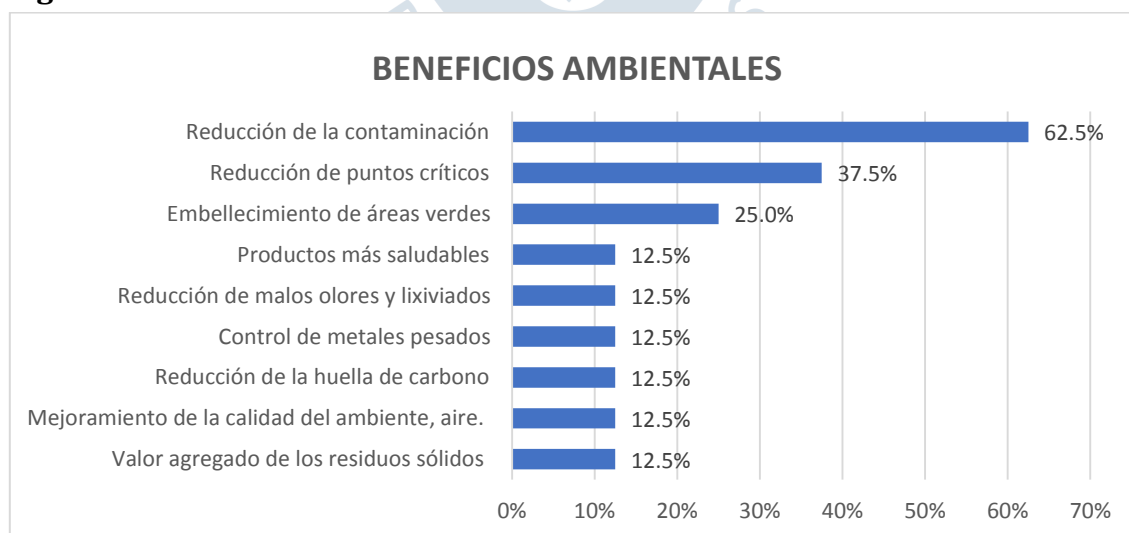
a) Objetivo

Conocer y clasificar los beneficios a nivel ambiental, económico y agrícola que a criterio de los entrevistados presenta el proceso de compostaje.

Según las respuestas de los entrevistados, se presenta a continuación el análisis de los beneficios ambientales, económicos y agrícolas:

Se puede observar en la Figura 27, el porcentaje a cada beneficio ambiental:

Figura 27. Beneficios ambientales

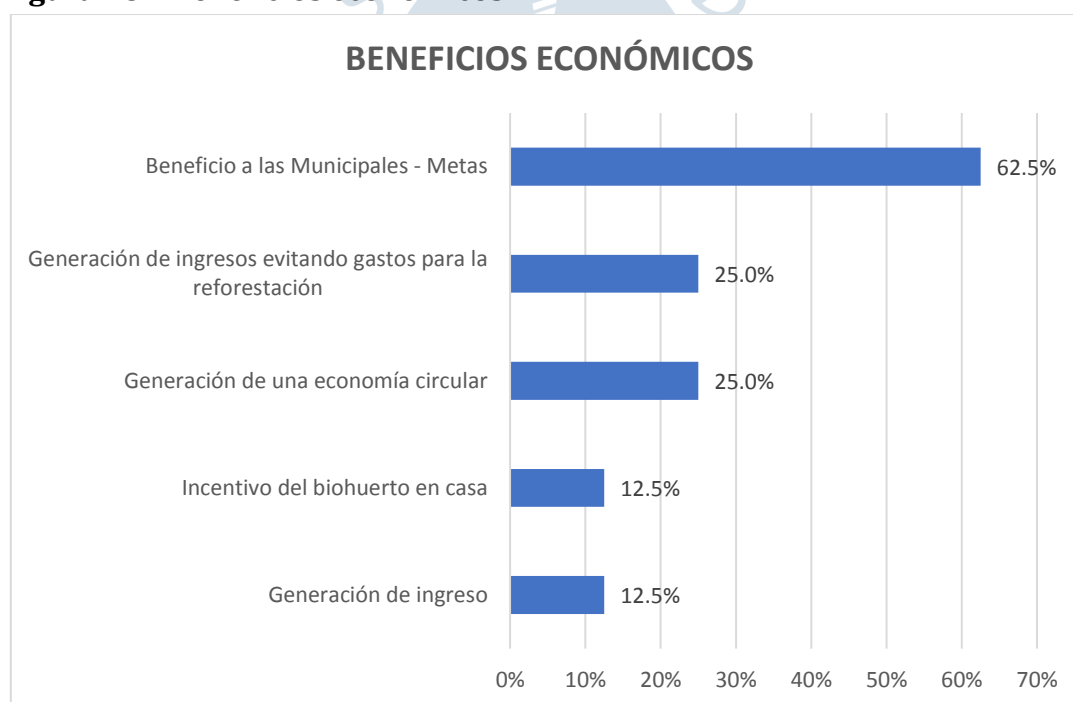


- El 62.5% de los entrevistados codificados como E1, E2, E3, E5 y E6 mencionan como beneficio ambiental la reducción de la contaminación.

- El 37.5% de los entrevistados codificados como E4, E5 y E6 mencionan la reducción de puntos críticos como beneficio ambiental. Se minimiza la cantidad de los residuos que se acumulan en vías públicas, vertederos, mercados, etc.
- Una buena iniciativa es brindar plántones cultivados con compost a las familias con el fin de concientizarlas en temas ambientales y además de contribuir con el embellecimiento de las áreas verdes como lo indican los entrevistados codificados como E1 y E2, lo cual representa el 25%.
- Los siguientes beneficios como reducción de malos olores y lixiviados, obtención de productos más saludables, control de metales pesados, reducción de huella de carbono, mejoramiento de la calidad del ambiente, aire y valor agregado de los residuos sólidos sólo se han mencionado una vez, lo cual representa un 12.5% para cada uno respectivamente.

En la Figura 28 se muestran los beneficios económicos expresados por los entrevistados:

Figura 28. Beneficios económicos

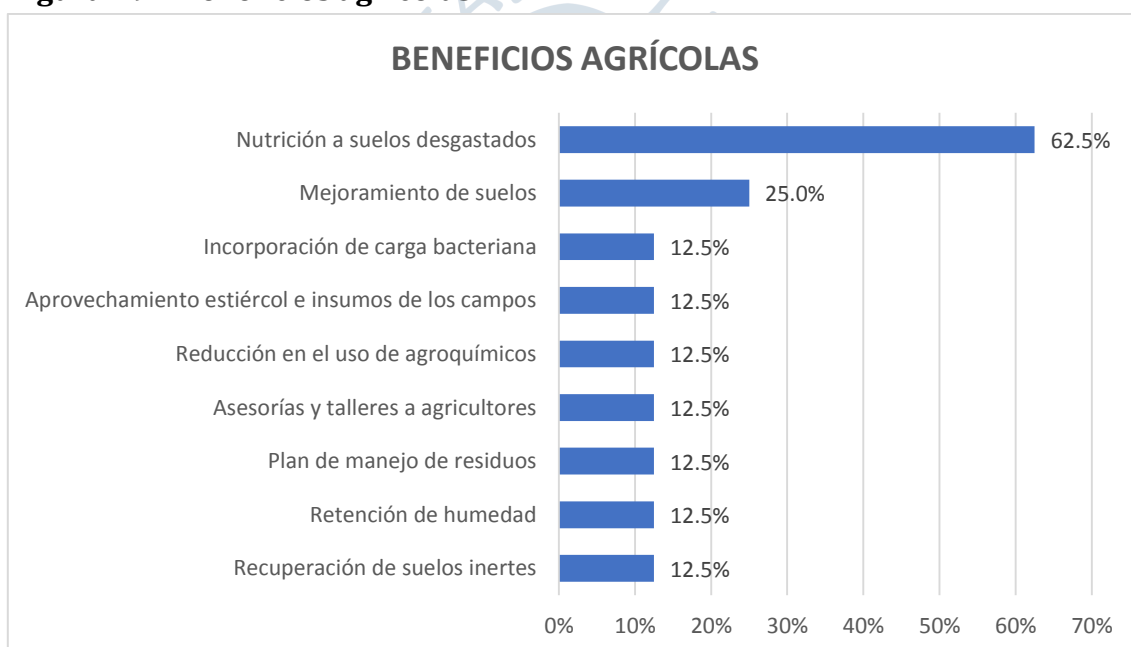


- Todas las municipalidades obtienen un beneficio económico como incentivo por el cumplimiento de las metas asignadas por la OEFA, esto representa un 62.5% de los entrevistados codificados como E1, E2, E3, E4 y E5.
- El 25% de los entrevistados codificados como E2 y E4 señalan que se puede aprovechar la fracción orgánica de los residuos sólidos mediante una economía circular, creando un valor agregado en la transformación de los residuos.

- El 25% de los entrevistados también mencionan como beneficio económico el evitar gastar en abonos que antes se compraban y que ahora se producen en las propias plantas de compostaje de las municipalidades.
- El entrevistado codificado como E6 trabaja de forma independiente por lo que ve el compostaje como una fuente de generación de ingreso, lo cual representa un 12.5% de los entrevistados.
- El entrevistado codificado como E5 menciona el incentivo del biohuerto en casa con la finalidad que la sociedad tenga conciencia ambiental y puedan ser sostenibles con la venta de sus productos cosechados, lo cual representa un 12.5% de los entrevistados.

En la Figura 29, se muestran los beneficios agrícolas expresados por los entrevistados:

Figura 29. Beneficios agrícolas



- El 62.5% de los entrevistados codificados como E2, E3, E4, E5 y E6 mencionan como beneficio agrícola la nutrición a los suelos desgastados ya que estos brindan nutrientes que ayudan en la recuperación, nutrición y mejoramiento de los suelos
- El 25% de los entrevistados codificados como E3 y E7 mencionan como beneficio agrícola el mejoramiento de suelos.
- Los siguientes beneficios como incorporación de carga bacteriana, aprovechamiento de estiércol e insumos obtenido de los campos, reducción en el uso de agroquímicos, asesorías y talleres de agricultores, plan de manejo de residuos y retención de humedad, representan un 12.5% para cada uno respectivamente.

Como análisis final de esta pregunta, se puede concluir:

- Las municipales si bien no tienen un beneficio directo al no poder vender compost, reducen gastos de reforestación ya que, en lugar de comprar abonos, fertilizan los suelos con compost generados en sus propias plantas de valorización de residuos sólidos orgánicos.
- Las municipalidades disponen de un punto de recolección donde se segregan y recolectan los residuos para darles un valor agregado evitando la acumulación de éstos.
- Realizar compostaje ayuda en la disminución de la huella de carbono generada por los distintos procesos productivos mejorando la calidad del aire y del ambiente. Además, ayuda en la reducción de malos olores y lixiviados ya que éstos contienen una alta carga de metales pesados.
- El compost, al ser un abono orgánico genera productos más saludables que no contienen ningún tipo de químicos.
- Si bien no todos los expertos mencionan economía circular, hacen hincapié en la necesidad de cerrar la cadena de producción generando compost mediante los residuos orgánicos a fin de reducir el impacto ambiental que estos generan.
- Los entrevistados que dirigen la planta de compostaje brindan a los agricultores asesorías y talleres en temas de compostaje, así como un plan de manejo de residuos orgánicos.
- Un beneficio agrícola del compostaje es una mayor retención de humedad y con ello, la disminución en el uso del recurso hídrico.
- Un buen insumo para el proceso de compostaje es el estiércol de los animales como también los insumos de los campos, entre ellos la hojarasca, puño de algarrobo, poda, etc. Estos agregan carga microbiana a los suelos disminuyendo el uso de los productos agroquímicos. Al disminuir el uso de estos productos en los cultivos obtenemos productos más naturales.

4.1.3.2 Resultados de la pregunta 15. Esta pregunta lo que busca es conocer la contribución que tiene el compostaje contra la contaminación ambiental por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Realizar compostaje podría ayudar a luchar efectivamente contra la contaminación ambiental?

a) Objetivo

Determinar según el criterio de los entrevistados si el proceso de compostaje ayuda a luchar efectivamente contra la contaminación ambiental.

En la Tabla 9 se muestran las respuestas dadas por los entrevistados:

Tabla 9. Justificación del compost en la reducción de la contaminación ambiental

Entrevistado	Respuesta	Justificación
E1	SI	Reducción de los desechos de la ciudad.
E2	SI	Transformación de los residuos que estaban destinados a un botadero, disminuye la contaminación y favores a la tierra.
E3	SI	Reducción de los insumos que pueden terminar en botaderos y rellenos sanitarios.
E4	SI	Disminución de puntos críticos
E5	SI	Disminución de la degradación de los residuos orgánicos.
E6	SI	Reducción de las emisiones de dióxido de carbono.
E7	SI	-
E8	SI	Generación de una economía circular y una producción sostenible y efectiva contra la contaminación ambiental.

- El 100% de los entrevistados señalan que el compostaje ayuda efectivamente contra la contaminación ambiental. Al lograr que los desechos sólidos orgánicos sean parte del compostaje se está cerrando el ciclo del proceso productivo generando una economía circular y reduciendo la huella de carbono.

Según las respuestas obtenidas en la pregunta 15, se puede concluir:

- La materia prima para obtener compost es producto de la recolección en distintos puntos críticos de la ciudad, se logra evitar que gran parte de estos terminen en botaderos o rellenos sanitarios disminuyendo los desechos en la ciudad y ayudando a luchar efectivamente contra la contaminación ambiental.

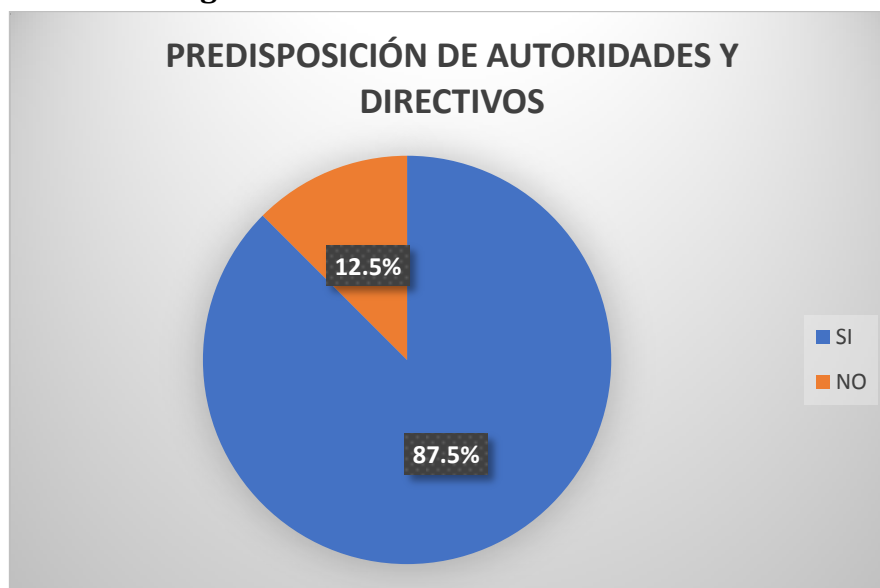
4.1.3.3 Resultados de la pregunta 16. Esta pregunta lo que busca es conocer la predisposición de las autoridades y directivos empresariales por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuál es la predisposición de las autoridades y directivos de las empresas en temas de compost?

a) Objetivo

Conocer la predisposición que tienen las autoridades y directivos de las empresas en temas del compostaje.

En la Figura 30, se muestra la predisposición que presentan las autoridades y directivos según los entrevistados.

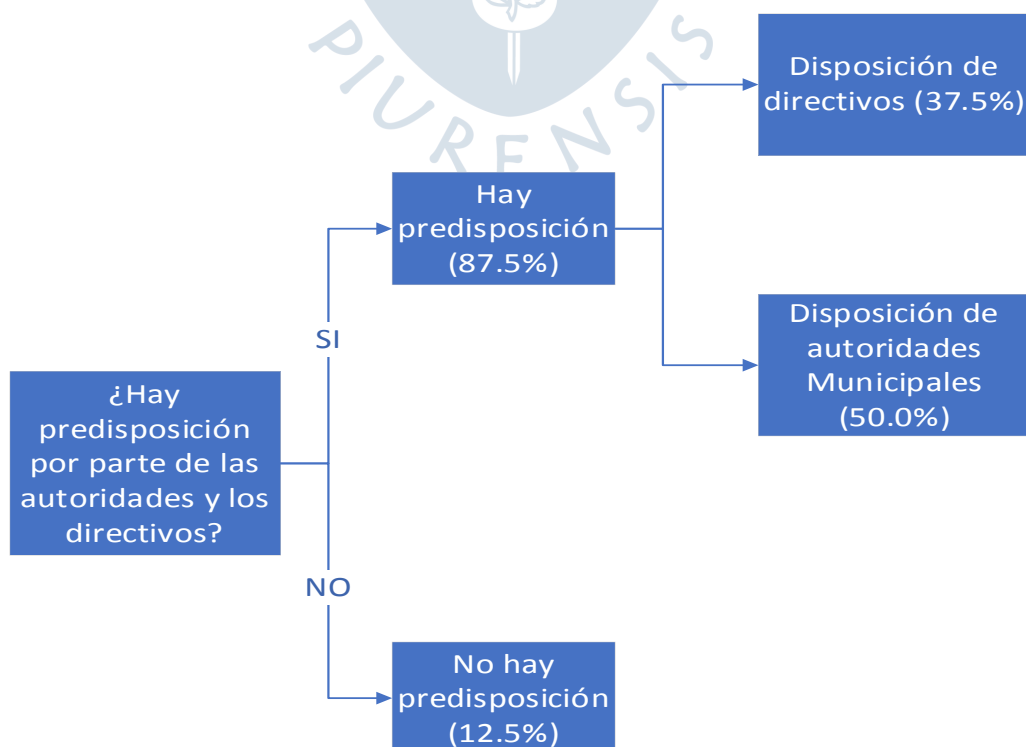
Figura 30. Predisposición de autoridades y directivos según entrevistados



- Sólo E6 que representa el 12.5% menciona que no hay predisposición por parte de las autoridades, esto se debe a que produce de forma independiente. Todos los entrevistados a excepción de E6, que representan un 87.5% tienen alguna relación con autoridades municipales y mencionan que si están involucradas en temas de compostaje.

En la Figura 31 se muestran las respuestas expresadas por los entrevistados mediante el diagrama de árbol:

Figura 31. Autoridades municipales y directivos involucrados



- El 87.5% que representa a los entrevistados codificados como E1, E2, E3, E4, E5, E7 y E8 menciona que hay predisposición por parte de las autoridades municipales y sólo el 37.5% de los entrevistados codificados como E3, E7 y E8 mencionan la predisposición por parte de los directivos y el 50% es predisposición de autoridades municipales.

Según las respuestas obtenidas en la pregunta 16, se puede concluir:

- Los entrevistados mencionan que los directivos de las empresas están involucrados en temas de compostaje ya sea por temas normativos o por temas económicos. Todas las empresas con las nuevas disposiciones del gobierno están obligadas a reducir su huella ambiental, es por ello que los directivos empresariales, como por ejemplo las agroindustrias están optando por realizar compost con sus propios desechos agrícolas.

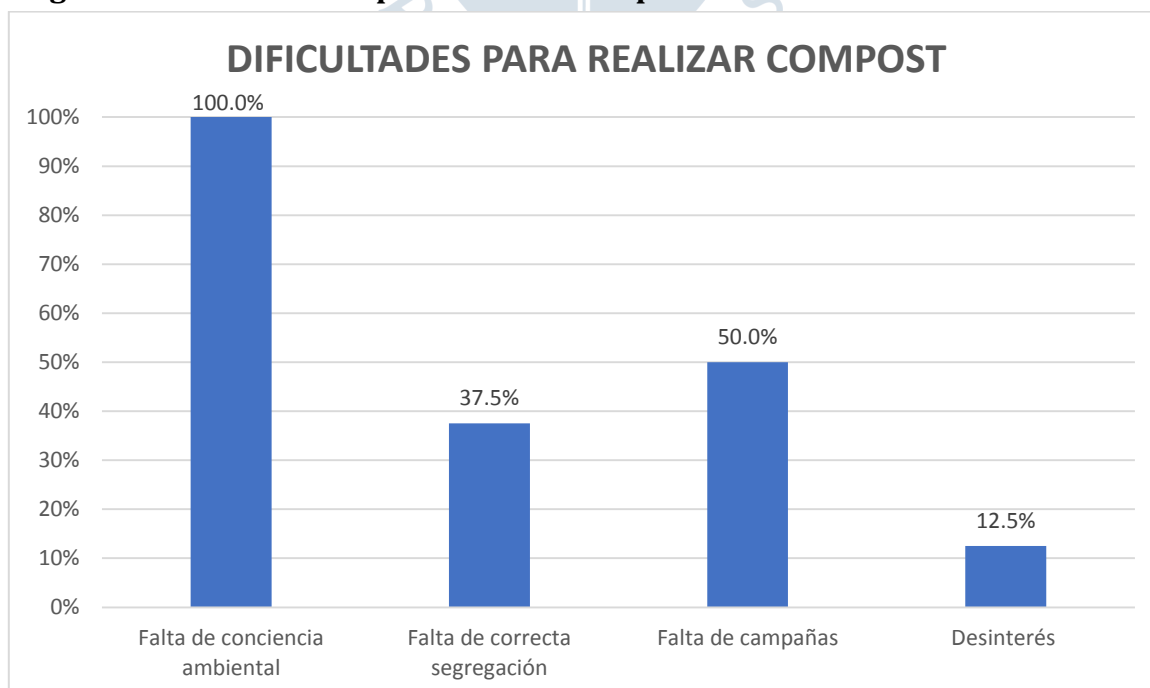
4.1.3.4 Resultados de la pregunta 17. Esta pregunta lo que busca es conocer las dificultades que encuentra la sociedad para realizar compost por lo cual se procedió a preguntar lo siguiente: ¿Cuáles son las dificultades que encuentra en la sociedad peruana para realizar compost?

a) Objetivo

Analizar las dificultades que presenta la sociedad peruana para realizar compost en base a la percepción de los entrevistados.

En la Figura 32, se muestran las dificultades que se encuentran en la sociedad peruana para realizar compost como es la falta de conciencia ambiental, falta de correcta segregación, falta de campañas y ocio.

Figura 32. Dificultades para realizar compost



- El 100% de los entrevistados coinciden en que la falta de conciencia ambiental es la dificultad más grande en la sociedad peruana para realizar compostaje, como vemos aún las personas arrojan los residuos en las calles, originando puntos críticos y acumulación de basura.
- El 50% de los entrevistados codificados como E3, E6, E7 y E8 comentan que la falta de campañas ambientales en temas de compostaje es por la falta de acción de las autoridades. Por ello, los temas ambientales actualmente están tomando la importancia que merecen.
- El 37.5% de los entrevistados codificados como E1, E3 y E5 dicen que la falta de una correcta segregación de los residuos en los principales puntos de recolección son una gran dificultad para realizar compostaje.

El entrevistado codificado como E8 menciona que el desinterés por parte de la población para realizar compostaje es un problema serio, a causa de la falta de conciencia ambiental y motivación en la sociedad lo que influye que no se lleve a cabo este proceso.



Capítulo 5

Propuesta de una planta piloto de compostaje

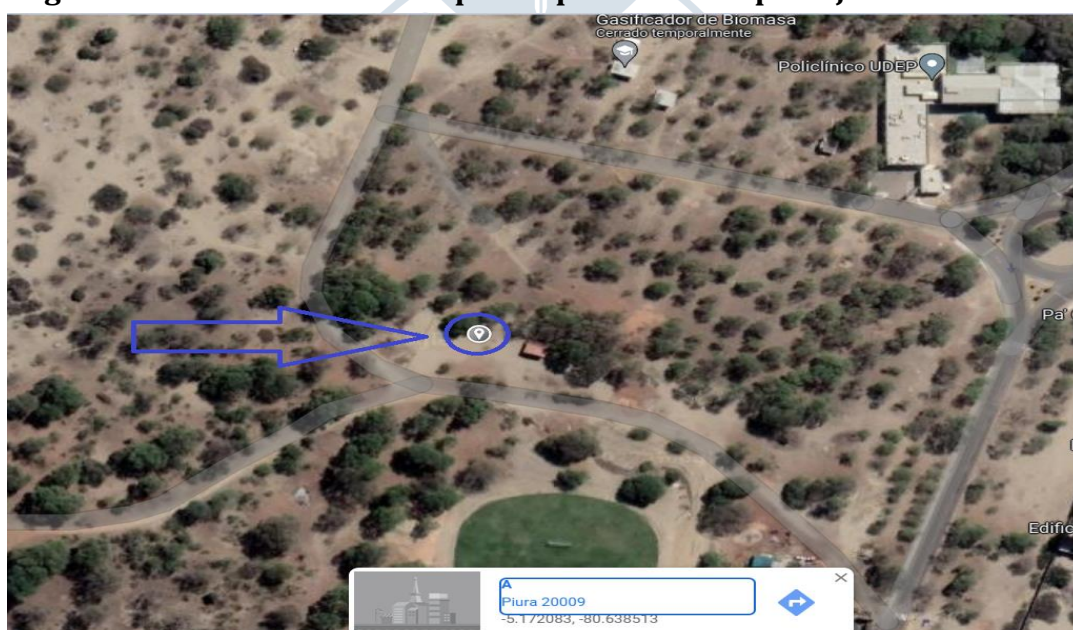
La ubicación del lugar donde se realiza el proceso de compostaje es uno de los factores más importantes, dependiendo del lugar donde se ubique, puede variar el clima, algunos aspectos geográficos y socioeconómicos.

5.1 Localización y tamaño

La localización de la planta de compostaje será al interior del campus de la Universidad de Piura, la cual cuenta con una extensión de 130 hectáreas en la ciudad de Piura de las cuales 90 hectáreas se encuentran con plantones de algarrobos producto de una reforestación permanente desde 1969.

La Universidad de Piura en pleno cumplimiento de una de sus funciones primordiales “Impulsar y divulgar la investigación científica en todos los campos, comenzando por los vinculados directamente con la promoción de la calidad de vida de la comunidad regional, nacional e internacional” (Universidad de Piura, 2021); proporcionara un área de 100 m² para desarrollar una planta piloto de compostaje cuya ubicación referencial se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Localización de la planta piloto de compostaje



5.2 Aspectos geográficos

En cuanto al aspecto geográfico en donde se ubica el área destinada para la planta piloto de compostaje, se analiza el aspecto geográfico de la Universidad de Piura, campus Piura.

5.2.1 Ubicación geográfica y superficie

La planta piloto de compostaje se encuentra ubicada entre la latitud $50^{\circ}10'19''S$ y longitud $80^{\circ}38'19''W$ constituyendo un área total de 100 m^2 del área total de $1\,300\,000\text{ m}^2$ de la Universidad de Piura, como referencia el área destinada se ubica entre el radar meteorológico y la cancha deportiva de la Universidad de Piura.

5.2.1.1 Clima. La Universidad de Piura cuenta con un radar meteorológico, el cual proporciona diferentes datos como la temperatura, la cual se puede visualizar en la página WEB del radar (Universidad de Piura, 2022).

5.2.1.2 Aspectos socioeconómicos. El departamento de Piura a lo largo de los últimos años ha logrado un crecimiento económico que se traduce en un mayor bienestar de la población, esto se debe gracias a la diversificación económica presente en la sociedad piurana como: manufactura, comercio, extracción de petróleo, gas y minerales, agricultura y construcción.

Como indica el Análisis prospectivos regional (2016-2030) la provincia de Piura es el centro económico, financiero y administrativo de la región, además cuenta con la mayor cantidad poblacional “665,991 habitantes de un total de 1 676,315 habitantes” (INEI, 2017).

La Universidad de Piura también ha logrado un crecimiento en los últimos años, con la construcción del edificio E y el aumento de su población estudiantil, lo que significa para la región un aumento de profesionales que pueden aportar el conocimiento aprendido en su centro de estudios. Por otro lado, la Universidad como centro educativo facilita a sus estudiantes los medios necesarios para que se puedan desenvolver en el área de la investigación.

Como parte del aporte que brinda la universidad se ha facilitado un espacio para la construcción de una planta piloto de compostaje que puede aportar con investigaciones a favor de la región.

5.2.1.3 Servicios básicos. La gestión de residuos sólidos en el departamento de Piura sigue las pautas dadas por el Ministerio del Ambiente (MINAM) a través del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), quienes realizan la fiscalización respectiva de acuerdo con las competencias municipales. En tal sentido y considerando solo las capitales provinciales de Piura, el 100% de ellas cuenta con un relleno sanitario que lo usan como botadero, el 88% cuenta con un estudio de caracterización de residuos sólidos y el 100% de las provincias tienen sus Planes

Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) aprobados y en proceso de implementación (Gobierno Regional de Piura, 2016).

“La Municipalidad Provincial de Piura, con el objetivo de reducir los residuos y generar beneficios para más piuranos, ha implementado el **“Programa de Segregación de Residuos Sólidos en la Fuente”** el cual busca aumentar el nivel de reciclaje en Piura, Castilla y Veintiséis de Octubre” (El Tiempo, 2019).

Gracias al programa mencionado en la ciudad de Piura se cuentan con cinco grupos de recicladores formalizados por la Unidad de Residuos Sólidos de la comuna provincial de Piura.

La segregación es un paso fundamental para la buena disposición final de los residuos sólidos, la planta piloto de compostaje de la Universidad de Piura busca ofrecer alternativas distintas para la disposición de residuos sólidos orgánicos, mediante proyectos elaborados por el voluntariado universitario que puedan ofrecer soluciones rentables y amigables con el medio ambiente como es el compost.

5.3 Diseño de una planta piloto de compostaje

El diseño de la planta piloto de compostaje se realizará previo estudio de todos sus factores, como capacidad, requerimientos del proceso, análisis de factores y finalmente se desarrollará el diagrama general del conjunto.

5.3.1 Capacidad

Para la capacidad de la planta piloto de compostaje se tendrá en cuenta la demanda del consumo, disponibilidad de materia prima y demanda del proyecto.

5.3.1.1 Demanda del consumo. El uso principal de compost se ha convertido en una alternativa durante los últimos años por su viabilidad económica, su bajo o nulo impacto ambiental y el gran beneficio social, razón por la cual su uso se está haciendo extensivo en todas partes del mundo.

La región Piura, no es ajena a esta tendencia, ya que, en la actualidad, Piura cuenta con una “Superficie agrícola de 386 777 ha, de las cuales 262 094 ha tienen riego” (Gobierno Regional de Piura, 2016); por lo tanto, se requiere tanto compost como se pueda producir. Algunas fábricas agroindustriales asentadas en la región de Piura han comenzado con la creación de plantas composteras, con la finalidad de procesar sus propios residuos orgánicos, como hojas y tallos de las distintas plantaciones tales como uva, mango, pimienta, plátano, limón, caña de azúcar, entre otras plantaciones con menos volumen.

La Universidad de Piura no ajena al incremento de su población estudiantil e infraestructura, también incrementa su área de ornato y áreas verdes, la cual requiere de una mayor cantidad de fertilizantes. El compost es el fertilizante idóneo, ya que se puede usar como materia prima los residuos orgánicos de las distintas cafeterías de la Universidad de Piura. Para la planta piloto, se tiene previsto usar inicialmente los

residuos sólidos orgánicos de la cafetería amarilla con miras a utilizar los residuos de las demás cafeterías en conjunto.

5.3.1.2 Disponibilidad de materia prima. Según datos del INEI en su compendio estadístico Piura 2017, sólo el distrito de Piura genera 205 toneladas de residuos sólidos, si contamos con los residuos sólidos del distrito de Castilla, 96 toneladas diarias, el distrito de Veintiséis de Octubre, 100 toneladas diarias, suman 401 toneladas diarias de residuos sólidos; residuos que están siendo depositados en el relleno sanitario de la ciudad de Piura.

En un estudio realizado sobre la “Caracterización de los residuos en Castilla Piura - Perú”, mostro que el 25,12% de todos los residuos generados por la municipalidad de Castilla, son residuos orgánicos. Aplicando este porcentaje a las toneladas diarias desechadas mencionadas anteriormente, tenemos que aproximadamente se recolectan 100 toneladas diarias de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Piura, de los cuáles la fracción orgánica pueden ser aprovechados como materia prima en las plantas composteras.

Como disponibilidad de materia prima para el presente proyecto se ha considerado la fracción orgánica de los residuos sólidos generados en la Universidad de Piura, específicamente los residuos segregados de la cafetería “Amarilla”.

Según los datos obtenidos por el administrador de la cafetería Amarilla, puesto que la tesis ha sido realizada en época de pandemia; ellos producen alrededor de 10 kg diarios de residuos sólidos orgánicos. Con este dato, la presente tesis, contará con una disponibilidad de materia prima de 60 kg por semana para fines prácticos. La tesis al ser un prototipo se está empezando con una cafetería, pero con miras a realizarse con las cuatro cafeterías de la Universidad.

5.3.1.3 Demanda del proyecto. Tal como se mencionó en los apartados anteriores, el creciente aumento de hectáreas cultivables conlleva al uso de fertilizantes; hasta el momento dichos fertilizantes en su mayoría son químicos, las empresas consientes del desgaste de los nutrientes del suelo, esperan en un corto plazo reemplazar los fertilizantes tradicionales por fertilizantes orgánicos obtenidos del proceso de compostaje.

El presente proyecto de tesis, analiza este contexto y plantea la necesidad de contar en la región con una planta piloto de compostaje de manera que sirva como punto de partida para que en un futuro con las dimensiones adecuadas se convierta en un centro de investigación, con la finalidad de que generaciones venideras de estudiantes puedan incursionar en la investigación, analizando los distintos factores que les permita innovar, plantear posibles alternativas de solución en temas relacionados y de esta manera puedan contribuir con nuestra sociedad.

5.4 Análisis de capacidad de la planta piloto

Para poder deducir la capacidad de la planta piloto se han tomado en cuenta distintos factores como puntos de acopio, cantidad de materia, tipo de proceso de compostaje mediante el cual se puedan realizar los cálculos de capacidad, etc.

5.4.1 Descripción del proceso

Se describe el proceso a realizarse en la planta piloto de compostaje:

5.4.1.1 Recolección de los residuos sólidos orgánicos. Para la recolección de los residuos sólidos orgánicos necesarios para el funcionamiento de la planta piloto, se debe coordinar con el equipo encargado para su correcto traslado desde la fuente de generación hasta la ubicación de la planta piloto.

5.4.1.2 Dimensionamiento de los residuos sólidos orgánicos. Luego de la fase de recolección del material orgánico, se inicia la etapa de dimensionamiento de los residuos sólidos orgánicos, de manera manual con la herramienta comúnmente llamada “Machete” o haciendo uso de un triturador manual.

5.4.1.3 Dimensionamiento de las pilas de compostaje. Factores como la aireación, temperatura y humedad son limitantes para lograr un correcto dimensionamiento de las pilas de compostaje por el método Takakura.

Es importante mencionar que no existen unas medidas estandarizadas para la formación de las pilas de compostaje, pero se recomienda un ancho entre 1,2 m y 1,8 m; y una altura entre 1 m y 1,5 m; siendo el largo según sea la disponibilidad del terreno con que se cuenta. La altura es un parámetro muy importante ya que depende del clima de la zona, es decir, en climas cálidos se recomienda trabajar con una altura mínima para que la pila no caliente en exceso, en climas fríos la altura debe ser la máxima para mantener la temperatura ideal (Mendoza Juarez, 2012).

El presente trabajo ha optado por dimensionar las pilas de compostaje de forma piramidal de la siguiente manera:

- Largo: 1 m
- Ancho 1 m
- Altura 1 m

La pila de compostaje tendrá una forma de pirámide cuadrangular con lo cual el volumen se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{pila} = \frac{A_{base} * H}{3}$$

- Volumen total = $\frac{1}{3} m^3$

Para el dimensionamiento de las áreas según lo mencionado en el apartado 4.1.2.1 pregunta número 7, se mencionan las áreas más importantes que recomiendan

los entrevistados. Teniendo en cuenta lo observado en la visita de campo y lo comentado por los entrevistados, ellos sugieren que el área de compostaje represente entre un 30% y 35% del área total, el área de recepción como de trituración represente entre un 15% y 20%, el área de almacenamiento tanto de materia prima como de producto terminado represente entre un 10% y 15% y el 10% restante sea ocupado para otros fines como zona de descanso, almacenamiento de herramientas, aseo, entre otros.

La presente tesis toma en cuenta estos datos y teniendo la disposición de 100 m^2 detalla el tamaño aproximado de las áreas, como se puede ver en la Tabla 22.

Tabla 10. Porcentaje de áreas en plantas visitadas

Nº	Áreas	Porcentaje
1	Zona de recepción	15% - 20%
2	Área de trituración	15% - 20%
3	Área de formación de la pila de compost	30% - 35%
4	Área de calidad	0% - 10%
5	Área de almacenamiento de producto terminado	10% - 15%
6	Área de almacenamiento de materia seca	10% - 15%
7	Área de insumos y herramientas.	0% - 10%

A recomendación de los entrevistados y criterio de los tesisas se tendrá en cuenta las siguientes áreas con su respectivo metraje aproximado como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Metraje de áreas

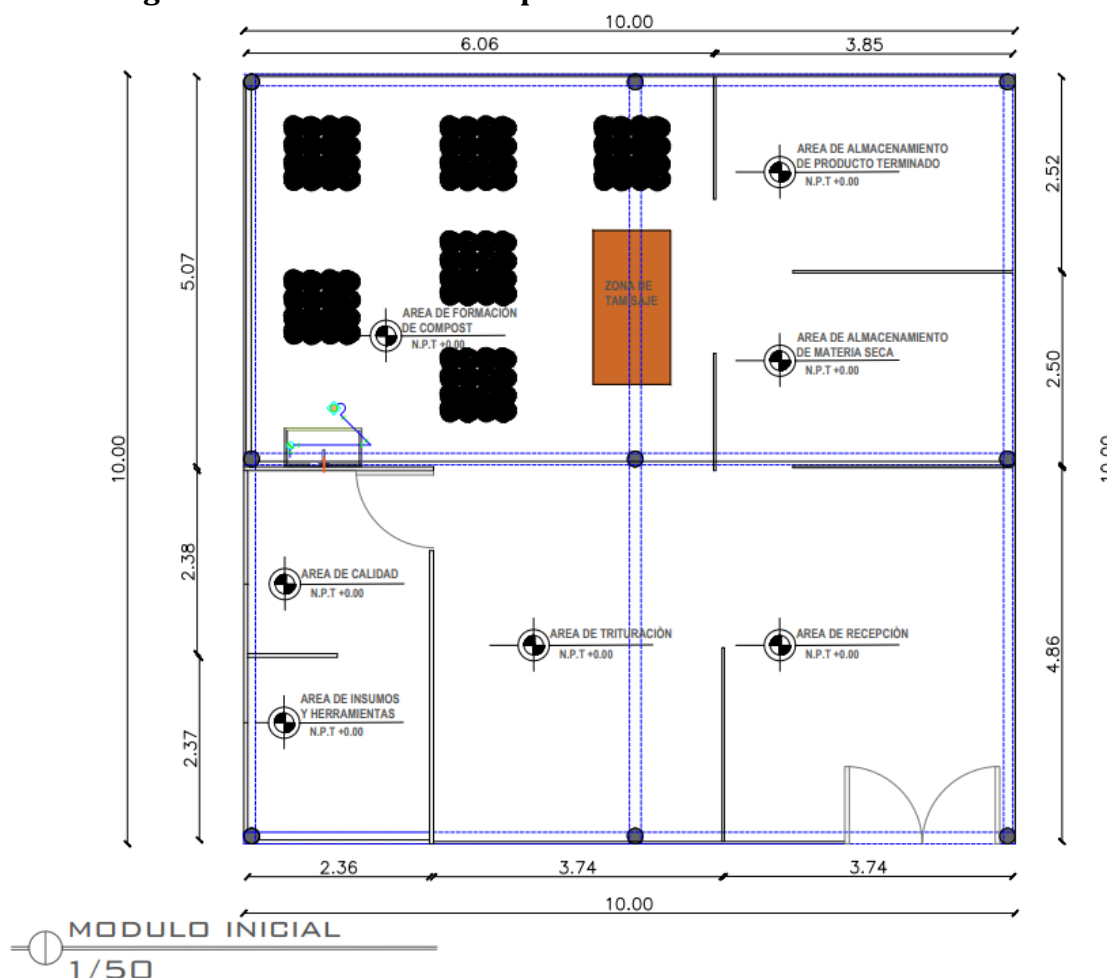
Nº	Áreas	Metraje
1	Zona de recepción	20 m^2
2	Área de trituración	20 m^2
3	Área de formación de la pila de compost	30 m^2
4	Área de calidad	5 m^2
5	Área de almacenamiento de producto terminado	10 m^2
6	Área de almacenamiento de materia seca	10 m^2
7	Área de insumos y herramientas.	5 m^2

Cada pila de compostaje ocupa un espacio de 4 m^2 , esto incluye el espacio entre cada pila de compostaje y los espacios para desplazarse del personal a cargo. Se propone una distribución de 6 pilas que equivalen a un área total de 24 m^2 destinados al área de formación de pila de compostaje y 6 m^2 destinados al tamizaje, con un total de 30 m^2 .

No se considera con 4 pilas ya que se tiene un sobrante de 8 m^2 y con 8 pilas se tiene un faltante de 8 m^2 , por lo tanto, con 6 pilas se optimiza el área.

La distribución de las pilas se puede observar en la Figura 34:

Figura 34. Distribución de pilas



5.4.1.4 Riego de las pilas. El riego de las pilas será de acuerdo con la necesidad de cada método de compostaje. Se empleará un pulverizador manual con capacidad de 3 litros en el riego de las pilas para ayudar a distribuir las sustancias líquidas de forma uniforme sobre toda la pila de compostaje, procurando que el agua o las soluciones correspondientes lleguen uniformemente al substrato para una mayor eficiencia. Este procedimiento se debe realizar cada vez que fuese necesario.

5.4.1.5 Aireación de las pilas. La aireación de las pilas será de acuerdo con la necesidad de cada método solo si fuese necesario. La aireación se realizará con la ayuda de una lampa o palana cada tiempo que requiera la pila de compostaje de acuerdo con el método que se esté investigando para facilitar la oxigenación de la materia orgánica evitando así la compactación que podría producirse por el riego.

5.4.1.6 Tamizado de las pilas. El tamizado del producto final de compostaje permite diferenciar entre la calidad de compost obtenido, ya que mientras más finas sean las partículas de compost, mejor valor adquiere en el mercado.

5.4.1.7 Análisis de parámetros. Durante el proceso de compostaje se realizarán los análisis de los distintos parámetros fisicoquímicos como PH, temperatura, humedad, nitrógeno total, cenizas, materia orgánica y carbono orgánico, además de los análisis microbiológicos necesarios para determinar la calidad del compostaje obtenido de los distintos métodos.

Teniendo en cuenta que la planta piloto de compostaje no está diseñada para un solo método de compostaje, por lo tanto, habrá procesos que se han obviado o que se deben obviar de acuerdo con la necesidad de la investigación.

5.4.2 Balance de masa

A continuación, se presenta el desarrollo de la ecuación del balance de masa por cada etapa del proceso de compostaje.

Se consideran las siguientes variables:

- X = Residuos sólidos orgánicos recolectados (RSO)
- Y = Materia Seca
- Z = Agua

Se debe tener en cuenta que todos los residuos sólidos deben ser inspeccionados por el área de calidad de manera visual para evitar el ingreso de residuos no compostables en las pilas de compostaje. El porcentaje de estos residuos no compostables es 2.7% (Davila Caruajulca, 2019):

$$100\%X - 2.7\%X$$

La diferencia entre lo que es rechazado y lo que continua en el proceso pasan al área de dimensionamiento y triturado:

$$97.3\%X$$

Para que posteriormente ingrese al área de compostaje en donde son mezclados con los demás insumos, materia seca y el agua necesaria para humedecer las pilas de compostaje:

$$Y = \text{Materia seca}$$

$$Z = \text{Agua}$$

En esta área ingresan al proceso la materia seca en una relación de 1 a 1 con los residuos sólidos orgánicos:

$$Y = 97.3\%X$$

Lo que resulta en la siguiente formulación para la pila de compostaje:

$$97.3\%X + Y + Z$$

Finalmente se obtiene lo siguiente:

$$194.6\%X + Z$$

El agua para humedecer la pila de compostaje junto con la humedad de la fracción de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares), salen del proceso mediante la evaporación.

$$194.6\%X + Z - Z$$

La fracción orgánica de los residuos sólidos “Según el análisis de laboratorio de la Universidad Nacional de Piura tiene una humedad promedio de 65.03%” (Municipalidad Provincial de Sullana, 2019). Producto de esta deshidratación resulta la siguiente ecuación:

$$194.6\%X - 65.03\%X$$

$$129.57\%X$$

Posteriormente para la operación de tamizaje final se toman los datos de campo obtenidos durante las visitas de las plantas de compostaje, donde los entrevistados mencionan que reprocesan entre el 9% y 10% del producto final por no cumplir con las características de dimensionamiento. Para efectos de la ecuación a plantear se usará un retiro de producto por tamizaje de 9.5% por el método de Takakura.

Finalmente se obtiene:

$$129.57\%X - 9.5\%(129.57\%) * X$$

$$117.26\%X$$

La densidad del compostaje depende de la materia usada en el proceso, diversos autores establecen un rango entre $400 \frac{kg}{m^3}$ a $700 \frac{kg}{m^3}$ (Gordillo & Chavez, 2017), mientras que otros lo establecen en $500 \frac{kg}{m^3}$ (López Bravo, Andrade Rivera, Herrera Suárez, Gonzalez Cueto, & García de la Figal Costales, 2017).

Para efectos prácticos se tomará el valor de la densidad de compost en $500 \frac{kg}{m^3}$ para los cálculos de la presente tesis.

A continuación, se presenta en la Tabla 12 el planteamiento de la ecuación del balance de masa, producto de la bibliografía analizada y de las visitas realizadas a las plantas de compostaje de la región Piura.

Cada entrevistado proporciona datos que, al ser comparados entre ellos, son muy semejantes, esto se debe a que realizan el proceso dentro de un mismo contexto; razón por la cual estos datos son muy útiles y serán plasmados en el desarrollo de la siguiente ecuación, como por ejemplo la relación entre la fracción de residuos sólidos orgánicos con la materia seca, en este caso para el desarrollo de la ecuación se tomara una relación

1 a 1, es decir por cada kg de residuos sólidos orgánicos ingresados se agrega la misma cantidad de materia seca.

Tabla 12. Balance de masa

Área	Ecuación
Área de recepción	X = Residuos sólidos orgánicos
Segregación interna	X – 2.7%X
Dimensionamiento o triturado	97.3%X
Área de formación de pila de compostaje	97.3%X
Ingreso de materia seca	Y = Materia seca
Ingreso de materia seca en la misma cantidad que los RSO	Y = 97.3%X
Ingresar agua	Z = Agua
Formación de la pila de compostaje	97.3%X + Y + Z
Evaporación del agua	97.3%X + 97.3%X + Z – Z
Deshidratación de los RSO	194.6%X – 65.03%X
Tamizado final	129.57%X – 9.5%(129.57%) * X
Resultado final	117.26%X

5.4.3 Capacidad de la planta

La capacidad sería el volumen de cada pila de compostaje por el total de pilas por el tiempo del proceso de compostaje.

Teniendo en cuenta que el proceso de compostaje mediante el método Takakura es de 6 semanas y el volumen de la pila según el apartado 5.4.1.3 es de $\frac{1}{3} \left[\frac{m^3}{pilas} \right]$ y la cantidad de pilas es de 6, se procede con el cálculo de la capacidad total en $\frac{Kg}{mes}$.

Capacidad total = Número de pilas * Volumen de cada pila * Tiempo del proceso

$$\text{Capacidad total} = \frac{6 [pilas] * \frac{1}{3} \left[\frac{m^3}{pilas} \right]}{6 \text{ semanas}}$$

$$\text{Capacidad total} = 0.33 \left[\frac{m^3}{Semana} \right]$$

$$\text{Capacidad total} = 1.33 \left[\frac{m^3}{mes} \right]$$

$$\text{Capacidad total} = 1.33 \left[\frac{m^3}{mes} \right] * 500 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\text{Capacidad total} = 666.67 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

5.5 Requerimientos del proceso

Los requerimientos del presente proceso se tiene la materia prima, materiales, maquinaria, equipos y herramientas.

5.5.1 Materia prima

Para el requerimiento de materia prima, la limitante para este proyecto será la capacidad necesaria de residuos sólidos orgánicos para que nuestra planta piloto de compostaje opere de manera óptima. También se deben tener en cuenta los distintos insumos que se necesiten para realizar investigación el método de Takakura.

5.5.2 Materiales

Para la presente tesis se va a utilizar diferentes recipientes y bolsas.

5.5.2.1 Recipientes y bolsas. La Universidad de Piura en cumplimiento con la Norma Técnica Peruana (NTP) 900.058 aprobada por Indecopi cuenta con recipientes diferenciados por colores en cada punto estratégico de la Universidad y en cada cafetería correspondiente. Cada uno de estos recipientes cuenta con una bolsa plástica en el interior del depósito, facilitando la segregación y recojo de los residuos sólidos como se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13. Código de colores para los residuos

Tipo de residuo	Color
Papel y cartón	Azul
Plástico	Blanco
Metales	Amarillo
Orgánicos	Marrón

5.5.2.2 Maquinaria, equipos y herramientas. La maquinaria, los equipos y las herramientas que se usan en el proceso de compostaje se muestran a continuación:

- **Triturador manual**

La trituración del material orgánico será a través de un triturador manual con la finalidad de reducir el volumen de los residuos sólidos orgánicos. Ver Figura 35:

– Grosor: 15 cm

– $\varnothing$: 30 cm

– Rendimiento: $70 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$ o $13,5 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}}$

$$70 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{Dias}} * 24 \frac{\text{Dias}}{\text{mes}} = 13,440 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}}$$

Capacidad suficiente para la planta piloto de compostaje que produce alrededor de 666.67 kg/mes.

Figura 35. Triturador manual



Nota. Adaptado de (Triturador manual, 2021)

- **Balanza**

Este instrumento se utilizará para pesar los residuos sólidos orgánicos. Ver Figura 36:

Características:

- Modelo: 2056 – Tipo plataforma
- Dimensiones (cm): 30x40x80
- Capacidad: 60 Kg

Figura 36. Balanza



Nota. Adaptado de (Balanza electronica, 2021)

- **PH meter**

El PH-meter permite medir la acidez del compost. Ver Figura 37 :

Características:

- Pantalla: LCD Digital
- Rango de medida: 0.01-14.00pH
- Precisión: ± 0.05 pH

Figura 37. PH meter

Nota. Adaptado de (PH meter, 2021)

- **Termocupla**

Mediante este instrumento se podrá medir la temperatura durante el proceso de compostaje. Ver Figura 38:

Características:

- Modelo: Termocupla tipo T – con mini conector tipo T.
- Tiempo de respuesta: 0.5 segundos
- Rango de temperatura: -75 °C a 250 °C
- Exactitud (Tipo T): $\pm 0,2$ °C (-20 °C A 70 °C)
- Diámetro de cable: 2.4 mm
- Longitud de cable: 2 m

Figura 38. Termocupla

Nota. Adaptado de (Termocupla, 2021)

- **Pala**

Esta herramienta permitirá el volteo de las pilas. Ver Figura 39:

Características:

- Alto: 100 cm
- Ancho: 20 cm
- Material: Metal
- Material del mango: Madera

Figura 39. Pala

Nota. Adaptado de (Palana, 2021)

- **Machete**

Esta herramienta permitirá dimensionar correctamente los residuos antes de pasar a la trituradora. Ver Figura 40:

Características:

- Largo: 55 cm
- Color: Plata
- Uso: Jardinería
- Material del mango: Madera

Figura 40. Machete

Nota. Adaptado de (Machete, 2021)

- **Cucharón de tierra**

Esta herramienta permitirá la toma de muestras de las pilas composteras. Ver Figura 41

Característica:

- Capacidad: 2 Kg

Figura 41. Cucharon de tierra

Nota. Adaptado de (Cucharon, 2021)

- **Pulverizador a presión**

Permitirá irrigar la pila de compostaje de forma manual. Ver Figura 42

Característica:

- Capacidad: 3 Lt.

Figura 42. Pulverizador a presión

Nota. Adaptado de (Pulverizador, 2021)

5.6 Análisis de factores

5.6.1 Objetivos

- Diseñar la mejor opción de distribución en planta para la realización del proceso productivo del compostaje con el adecuado ordenamiento de áreas y equipos.
- Realizar el diseño de la planta piloto con la mayor seguridad en infraestructura, materiales y personas.
- Integración de todos los elementos que alteren la distribución de áreas.

5.6.2 Elementos que alteran la disposición en planta

- Equipo responsable
- Materiales
- Maquinaria
- Equipos de planta
- Servicio del agua potable

- Infraestructura
- Ubicación geográfica

5.6.3 Identificación y descripción de las áreas

Para realizar el diseño de la planta piloto de compostaje la presente tesis planea el establecimiento de las áreas más generales que se usan en la mayoría de los métodos de compostaje y en las plantas de compostaje visitadas de la región.

Se ha tenido en cuenta todas las áreas unitarias que lo conforman, desde la recepción de materia prima hasta el almacenamiento del producto final.

5.6.3.1 Área de recepción. Lugar donde se recibe la materia prima, residuos sólidos orgánicos generados por la cafetería amarilla de la Universidad de Piura, segregados correctamente gracias a la buena gestión de segregación con la que cuenta la Universidad. Los residuos luego de ser recepcionados, serán pesados e inspeccionados para su posterior trituración. La inspección se realiza con la finalidad de descartar aquellos residuos que no podrán ser compostados.

5.6.3.2 Área de trituración. Lugar donde se tritura toda la materia prima que ha sido recepcionada, mientras más pequeñas sean las dimensiones de la fracción orgánica de los residuos sólidos, la pila de compostaje tendrá una adecuada aireación mejorando su calidad final. Antes de proceder con la trituración, los residuos sólidos serán pesados con la finalidad de obtener la masa real ingresada.

Previo a la formación de las pilas de compostaje es necesario realizar un pesado posterior a la trituración. Para realizar cualquier investigación, se requieren datos de pesos exactos de la materia prima a compostar.

5.6.3.3 Área de formación de compost. Las pilas de compost se forman colocando los materiales previamente triturados y pesados, posterior a la fase de maduración. En esta área también se realiza el tamizaje previo al almacenamiento del producto terminado.

5.6.3.4 Área de calidad. En esta área se analiza los parámetros obtenidos durante el proceso de compostaje. Los parámetros para medir serán la temperatura, PH y aspectos cualitativos como el color, olor, textura y granulometría requerida.

5.6.3.5 Área de almacenamiento de producto terminado. En esta área se almacena el compost final obtenido. Este compost deberá contar con las propiedades necesarias para que cumpla con las especificaciones requeridas, que están mencionadas en el Protocolo para la calidad final del compost, capítulo VII.

5.6.3.6 Área de almacenamiento de materia seca. En esta área se almacena las materias secas necesarias para preparar el compost.

5.6.3.7 Área de insumos y herramientas. En esta área se almacena los insumos necesarios para experimentar con distintos tipos de compostaje. Además de herramientas necesarias como palanas, machetes, entre otros.

5.7 Diagrama de relaciones

Se presenta en la Figura 43 el diagrama de flujo del proceso de compostaje con las áreas definidas anteriormente.

5.7.1 Matriz de interrelaciones

Para determinar la distribución de planta se necesita elaborar una matriz de interrelaciones y luego el diagrama relacional de las áreas. Finalmente, se utiliza el algoritmo de Francis para definir como colocar cada una de las áreas.

Como primer paso, se debe definir el número de relaciones totales entre áreas, el cual se calcula con la siguiente fórmula, donde N es el número de áreas.

$$Relaciones = \frac{N * (N - 1)}{2}$$

La presente tesis cuenta con 7 áreas, de manera que el total de relaciones queda determinado por:

$$Relaciones = \frac{N * (N - 1)}{2} = \frac{7 * (7 - 1)}{2} = 21$$

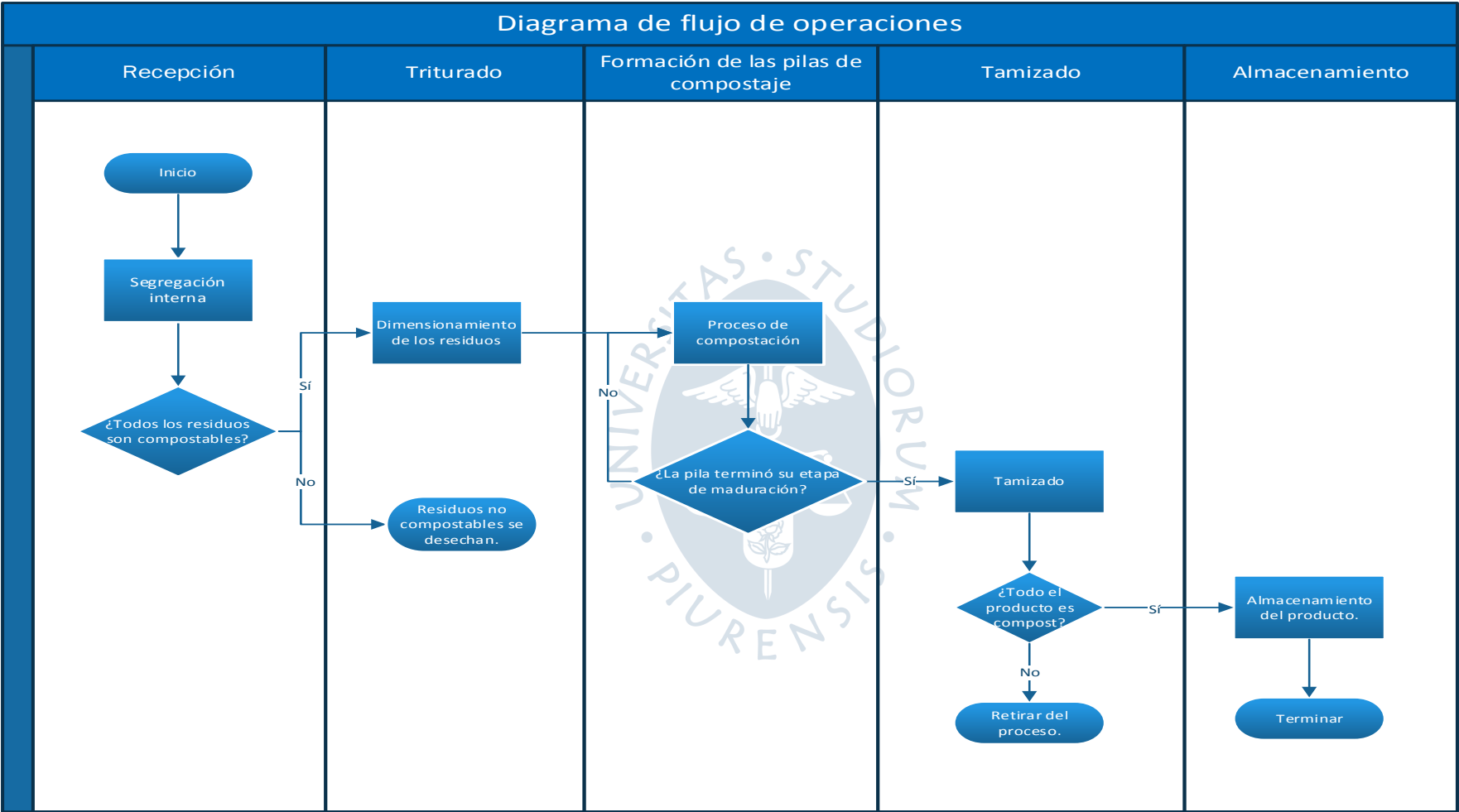
5.7.1.1 Criterio cualitativo: prioridades de cercanía. La técnica aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (Systematic Layout Planning).

Para las prioridades de cercanía entre áreas se asigna un código de letras, en la Tabla 14 se muestran los códigos de letras, proximidad y motivos seleccionados para la presente tesis, ya que según el análisis realizado en campo así se requiere. Asimismo, no se ha considerado la proximidad de separación o lejanía necesaria, debido a que ningún área es excluyente entre sí y necesiten estar separadas por algún tipo de contaminación cruzada.

Tabla 14. Proximidad y motivos

Código	Proximidad	Motivo
A	Absolutamente necesaria	Flujo de proceso
I	Importante	Inspección
N	Normal	Conviene que estén juntas
S	Sin importancia	No es necesario

Figura 43. Diagrama de flujo de operaciones mediante el método de Takakura



La matriz de relaciones se construye basándose en las 21 relaciones que existen entre las siete áreas ya definidas. A continuación, se muestra en la Figura 44, la matriz de interrelaciones de la planta piloto de compostaje.

Se utilizará el algoritmo de Francis para determinar la distribución óptima de las áreas, el orden en el que se deben colocar y su ubicación aproximada.

El algoritmo de Francis establece dos aspectos:

- La secuencia de colocación u orden en que se irán colocando las áreas.
- La ubicación relativa entre departamentos o áreas, la posición en que se colocan las áreas unos con respecto a los otros.

Figura 44. Matriz de interrelaciones

1	Área de recepción						
2	Área de trituración	A					
3	Área de formación de la pila de compost		N				
4	Área de calidad	A		I			
5	Área de almacenamiento de producto terminado		I	S			
6	Área de almacenamiento de materia seca	A		S	I		
7	Área de insumos y herramientas		I		N	I	
		S		I		I	
			S	S	I		
				S	N		
					S		
						S	

Se asigna para cada letra un puntaje según su importancia de cercanía, tal como se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15. Tabla de puntajes de algoritmos

A	I	N	S
1000	100	10	1

Se elabora una tabla en donde la primera fila y columna representan las áreas a relacionar. En la tabla se colocan los códigos de letras (A, I, N y S) de las relaciones existentes entre cada una de las áreas.

En el lado derecho de la tabla se agregan 4 columnas para resumir la cantidad de relaciones por área. Finalmente, se agrega una columna de ratio de cercanía total, en donde el valor de ratio de cercanía total es equivalente a la sumatoria de cada tipo de relación multiplicada por su valor asignado, como se muestra en la Ecuación 1. Ratio de cercanía total:

$$RCT = \#A * 1000 + \#I * 100 + \#N * 10 + \#S * 1$$

Ecuación 1. Ratio de cercanía total

Se procede a desarrollar la matriz para obtener los ratios de cercanía con la finalidad de determinar cuáles son las áreas más importantes. Los resultados se exponen en la Tabla 16:

Tabla 16. Tabla de ratio de cercanía

Áreas								Tipo de relación				Ratio de cercanía total (RCT)
1	2	3	4	5	6	7		A	I	N	S	
1	-	A	N	I	S	I	I	1	3	1	1	1311
2	A	-	A	I	S	N	I	2	2	1	1	2211
3	N	A	-	A	I	I	I	2	3	1	0	2310
4	I	I	A	-	N	S	N	1	2	2	1	1221
5	S	S	I	N	-	S	S	0	1	1	4	114
6	I	N	I	S	S	-	S	0	2	1	3	213
7	I	I	I	N	S	S	-	0	3	1	2	312

Con los resultados de ratio de cercanía se determina la secuencia de colocación, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- El área 3 es la que tiene mayor RCT, por lo tanto, será la primera área en ser colocada en el diagrama de interrelaciones.
- Las siguientes áreas en colocarse son las que tengan una relación tipo A con el área de orden 1. En este caso, al haber un empate se determina colocar como segunda área la que tiene mayor valor RCT. En este caso, la segunda área en ser colocada es el área 2 y como tercer orden el área 1.
- Las siguientes áreas en colocar, son las áreas que tienen una relación tipo I con el área de orden 3. Al haber un empate se determina colocar como cuarta área la que tiene mayor valor RCT. En este caso, la cuarta área en ser colocada es el área 4 y como quinto orden el área 7.
- Finalmente, las siguientes áreas en colocar, son las áreas que tienen una relación tipo N con el área de orden 4. Al haber un empate se determina colocar como cuarta área la que tiene mayor valor RCT. En este caso, la cuarta área en ser colocada es el área 6 y como séptimo orden el área 5.

Por lo tanto, el orden para colocar las áreas en el diagrama de interrelaciones aplicando en el algoritmo de Francis, se puede apreciar en la Tabla 17:

Tabla 17. Resultados del ratio de cercanía

Orden	Área	Motivo
1	3	Mayor RCT
2	2	Relación A con el área en orden 1º, Mayor RCT.
3	1	Relación A con el área en orden 1º, Mayor RCT.
4	4	Relación I con el área en orden 3, Mayor RCT.
5	7	Relación I con el área en orden 3, Mayor RCT.
6	6	Relación N con el área en orden 4, Mayor RCT.
7	5	Relación N con área en orden 4, Menor RCT.

5.7.2 Diagrama relacional de las áreas

El diagrama relacional de las áreas es un gráfico simple cuyas áreas son representadas por nodos y las relaciones entre áreas son representadas por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, I, N y S) entre las áreas unidas a partir del código de líneas.

En la Tabla 18 se muestra el código de letras, proximidad, color y tipo de línea a tener en cuenta para el diagrama relacional de las áreas, la forma de la línea es para diferenciar las relaciones de cada tipo de código:

Tabla 18. Tabla relacional de áreas

Código	Proximidad	Color	Tipo de línea
A	Absolutamente necesaria	Rojo	
I	Importante	Azul	
N	Normal	Verde	
S	Sin importancia	Sin color	Sin línea

En la Tabla 18 no se ha considerado separación o lejanía necesaria, debido a que ningún área es excluyente entre sí y necesitan estar separadas por algún tipo de contaminación cruzada.

Se procede a enumerar las áreas para la elaboración del diagrama de relación, tal como se muestra en Tabla 19.

Tabla 19. Áreas

Nº	Áreas
1	Zona de recepción
2	Área de trituración
3	Área de formación de la pila de compost
4	Área de calidad
5	Área de almacenamiento de producto terminado
6	Área de almacenamiento de materia seca.
7	Área de insumos y herramientas.

Un diagrama relacional se realiza ubicando en el centro el área que haya obtenido mayor RCT, luego se rodea y enlaza con las demás áreas cuya relación de proximidad con el área predominante sea mayor. Adicionalmente cada área se relaciona entre si dependiendo el tipo de relación, el objetivo de realizar este diagrama es poder plasmar las relaciones entre cada área y su importancia de proximidad.

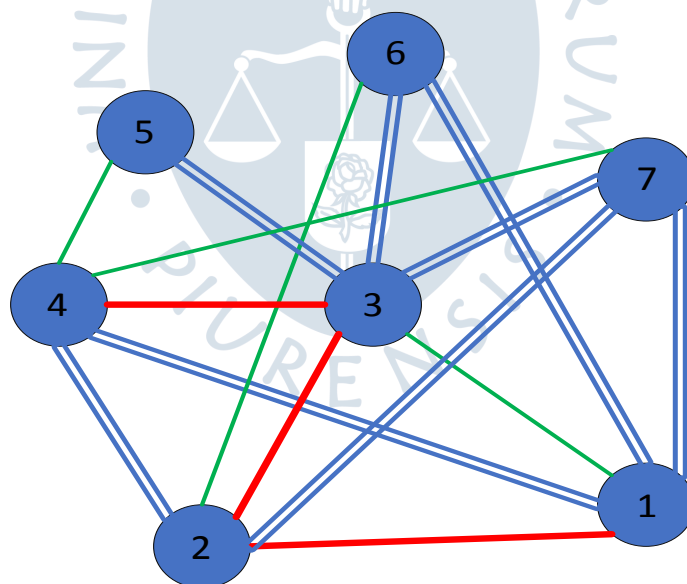
Este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional.

En el presente proyecto, los testistas han elegido estos dos diagramas de relaciones que se irán validando en los siguientes puntos; sin embargo, se deja abierto las otras posibilidades para que futuras investigaciones pueden validar otros diagramas de relaciones.

a) Opción 1

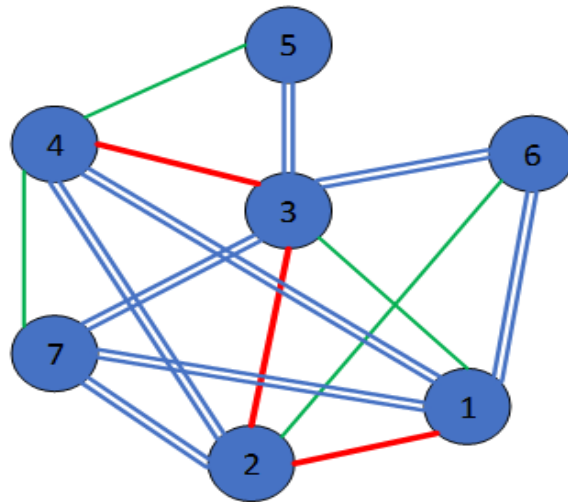
A continuación, se presenta la Figura 45 en el que se ubican las áreas de forma que se minimice el cruce entre líneas, pero manteniendo como centro al área 3 la cual se trabajara como opción 1.

Figura 45. Diagrama de relaciones 1



b) Opción 2

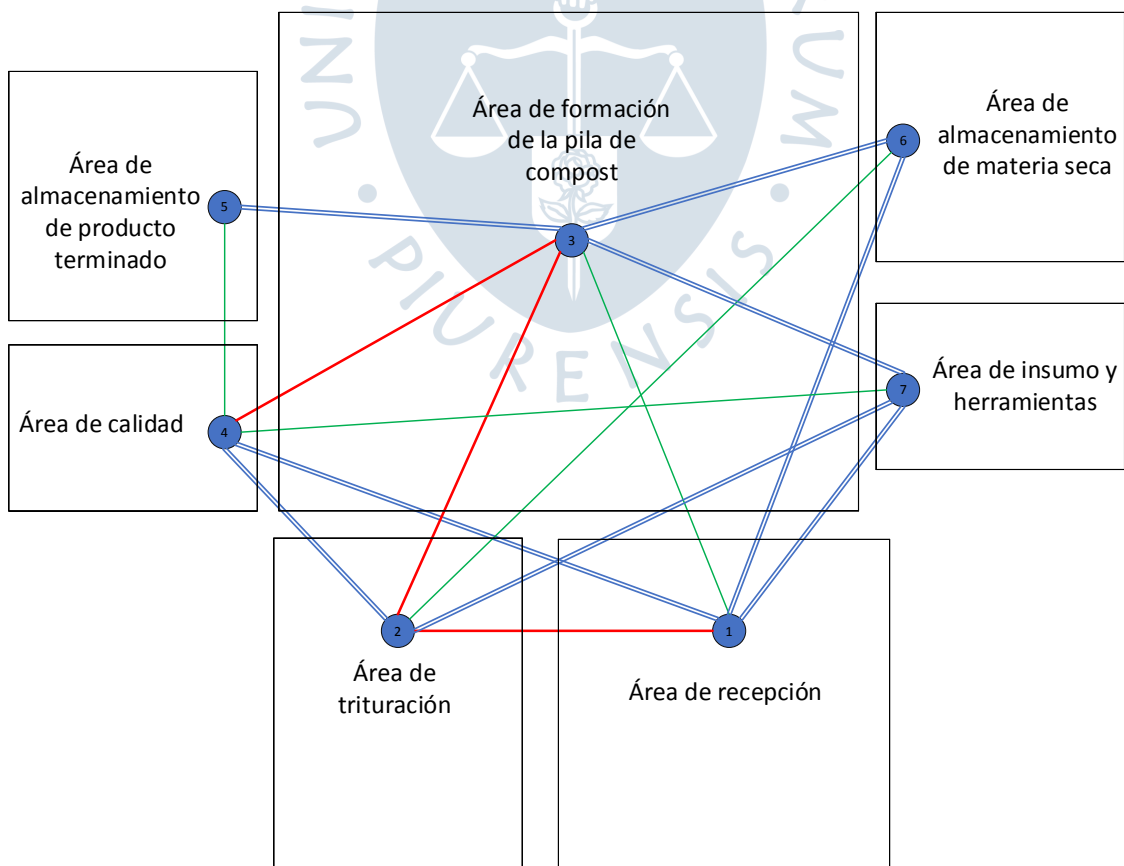
Adicional, se presenta la Figura 46 donde también se busca minimizar el cruce de líneas mediante otra forma de distribución y de esta forma tener dos opciones de diagrama relacional de las áreas.

Figura 46. Diagrama de relaciones 2

5.7.3 Diagrama de bloques

a) Opción 1

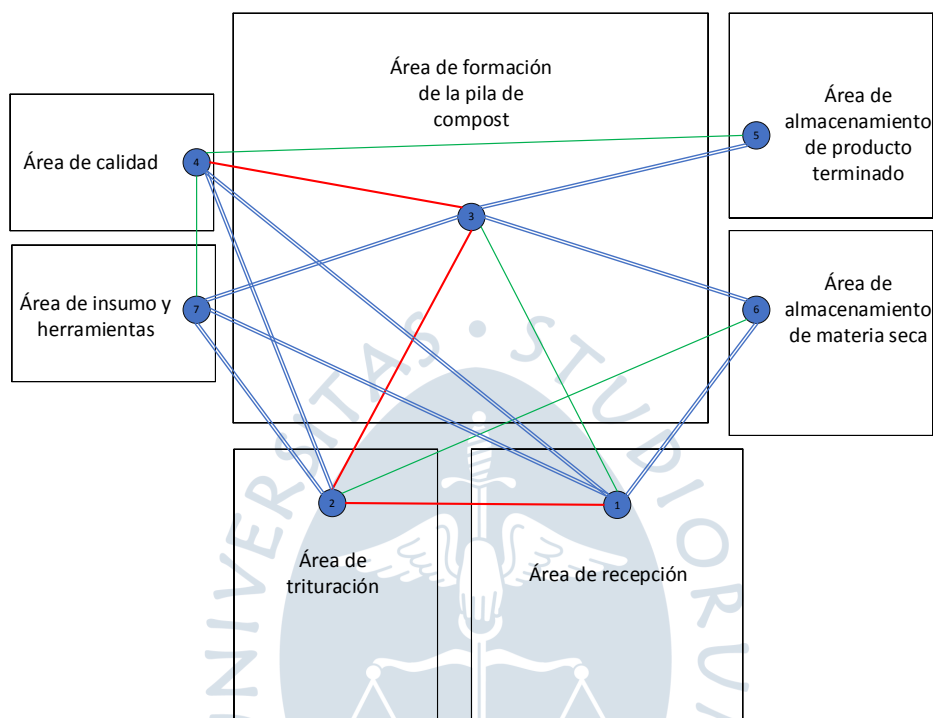
Luego de realizar los diagramas relacionales se procede a plasmar en bloques proporcionales la opción 1 la cual se puede ver en la Figura 47.

Figura 47. Diagrama de bloques opción 1

b) Opción 2

Así mismo, se procede a plasmar las áreas en bloques de la opción 2 presentado en la Figura 48, proporcional al tamaño real, de forma que se puede obtener un panorama más amplio para poder determinar cuál diagrama es el mejor.

Figura 48. Diagrama de bloques opción 2



5.7.4 Factores modificatorios y limitaciones prácticas.

Se detallan los factores y limitaciones para el desarrollo del diagrama general del conjunto en base al análisis realizado de las entrevistas en el capítulo 4:

- Limitación eléctrica, en caso se necesiten usar equipos electrónicos.
- Pasillos, para un traslado seguro del personal voluntario.
- Ventilación en el área, para que se realice un correcto proceso de compostaje.
- Limitación del área, se cuenta con un área asignada.
- Accesibilidad, la planta piloto se ubica alejada de las aulas.
- Nivelación del terreno, que permita la construcción.
- Zona segura, para salvaguardar los instrumentos a utilizar.

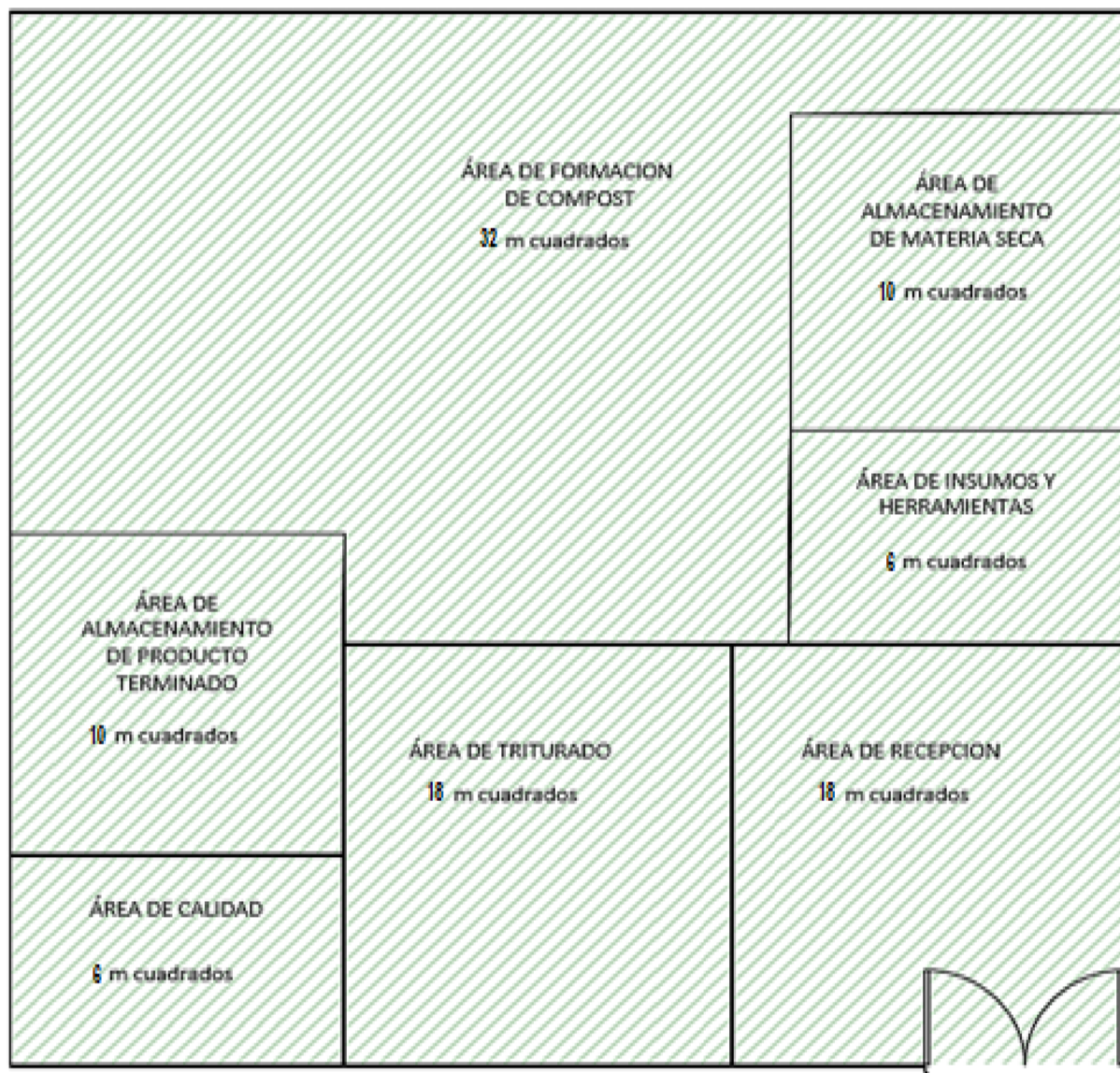
5.8 Desarrollo del diagrama general de conjunto

5.8.1 Layouts alternativos

a) Opción 1

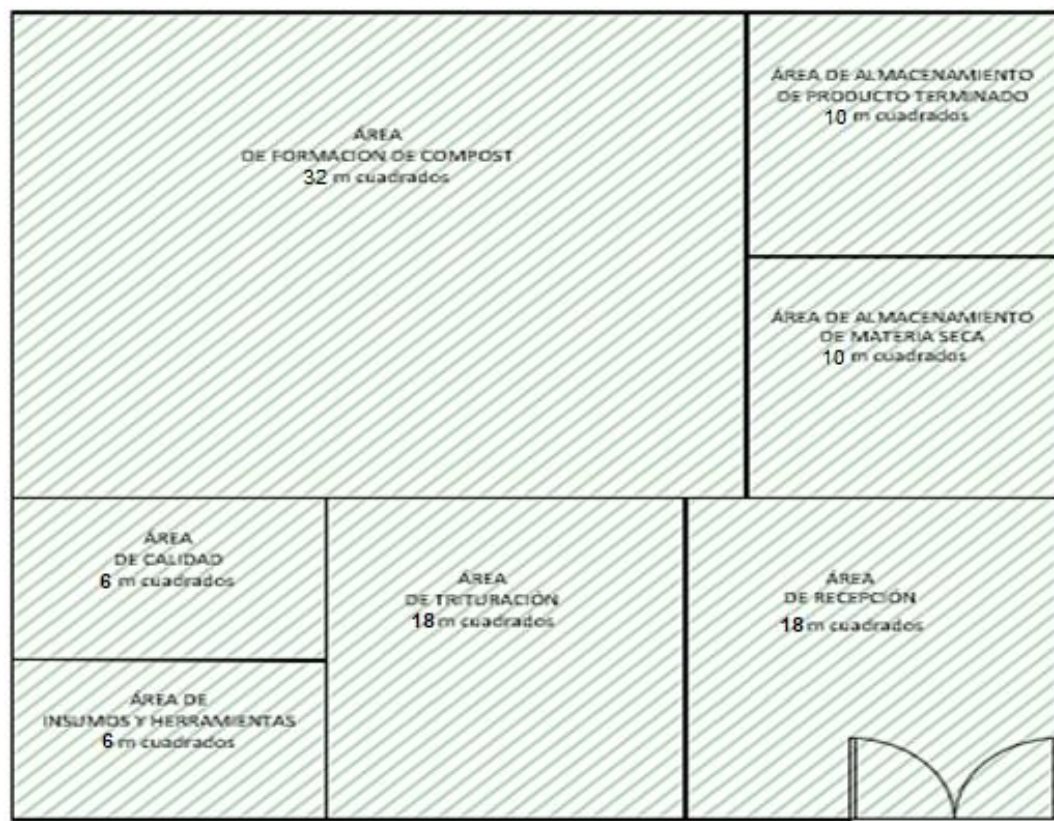
De acuerdo con los criterios considerados, se presenta la opción 1 adaptada a las medidas correspondientes y con las limitaciones mencionadas en el apartado anterior como se muestra en la Figura 49:

Figura 49. Layout alternativo opción 1



b) Opción 2

De acuerdo con los criterios considerados, se presentan la opción 2 adaptada a las medidas correspondientes y con las limitaciones mencionadas en el apartado anterior como se muestra en la Figura 50:

Figura 50. Layout alternativo opción 2

5.8.2 Evaluación multicriterio

Para la elección de la mejor disposición en planta del proyecto se realiza el estudio y evaluación de los diferentes criterios. Se asigna un puntaje entre el 1 que equivale al puntaje más bajo y 5 que equivale al puntaje más alto Tabla 20.

Tabla 20. Criterios

	Criterios	Comentarios
1	Espacio usado correctamente	Ningún espacio se usa de manera innecesaria.
2	Uso del área disponible	Uso óptimo de la disponibilidad del área total.
3	Pocos recorridos	Mínima distancia que se recorre al trasladarse de un área a otra.
4	Nivel de seguridad	La planta piloto cuenta con un área segura para almacenar sus bienes.
5	Desplazamiento óptimo de la materia prima hasta el área de compostaje.	Las áreas secuenciales del proceso están relativamente juntas para un mejor flujo del proceso.
6	Ventilación adecuada dentro de la planta piloto	El diseño de la planta cuenta con la ventilación adecuada para el proceso de compostaje.
7	Confort de los trabajadores	Se cuenta con un ambiente adecuado para las personas que operan la planta piloto

En la Tabla 21 se realiza la ponderación de los criterios mencionados anteriormente cuyo peso se ha asignado de acuerdo con su importancia.

Tabla 21. Evaluación multicriterio

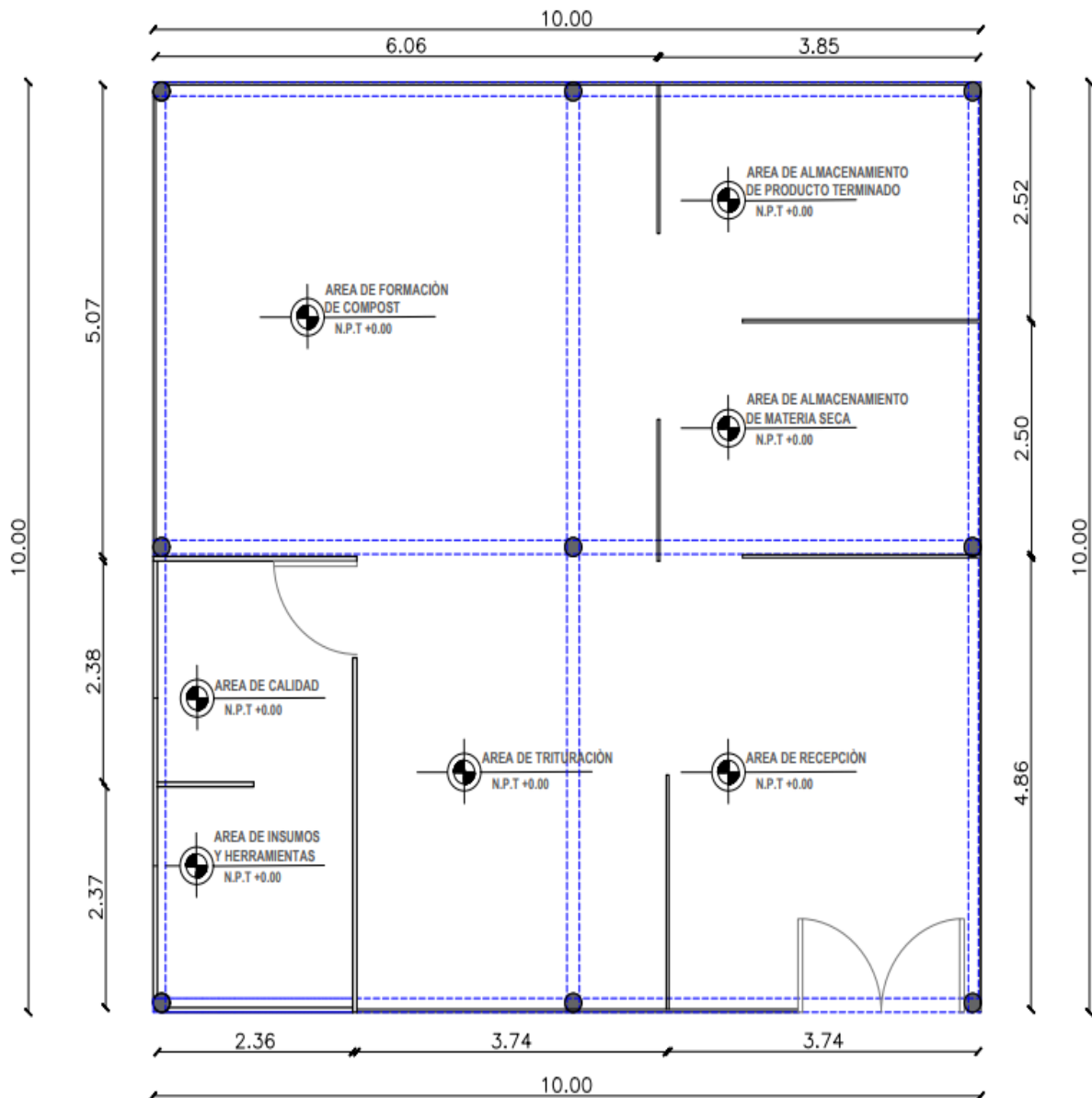
N°	Criterios	Peso	Opción 1		Opción 2	
			Puntaje	Valor	Puntaje	Valor
1	Espacio usado correctamente	20	4	80	4	80
2	Uso del área disponible	15	5	75	5	75
3	Pocos recorridos	10	3	30	3	30
4	Nivel de seguridad	15	4	60	4	60
5	Desplazamiento óptimo de la materia prima hasta el área de compostaje.	15	3	45	4	60
6	Ventilación adecuada dentro de la planta piloto	15	4	60	4	60
7	Confort de los trabajadores	10	4	40	5	50
TOTAL		100		390		415

Durante las visitas realizadas a las distintas plantas de compostaje en la región se ha podido determinar las áreas más importantes para una planta piloto de compostaje, la necesidad de proximidad y sus relaciones entre ellas.

Analíticamente verificando si la opción 2 sería la correcta, se concluyen que esta opción ayuda en el flujo de las operaciones, teniendo en cuenta los criterios ya mencionados.

5.9 Diseño de áreas productivas

Se presenta la Figura 51 que muestra la disposición de planta piloto final para mayor detalle ver el plano A de distribución de planta:

Figura 51. Plano de la planta piloto

5.9.1 Características estructurales

En esta sección se detalla toda la infraestructura de la planta piloto:

- El área de trabajo definida es de 100 m^2 , será de un solo nivel, bajo techo y cerrada.
- Se detallan las características estructurales de corto y largo plazo del diseño que obtuvo la mejor puntuación.

El diseño de las características estructurales de corto plazo y largo plazo han sido realizadas por un profesional en el área, la cual se puede observar en el Plano A.

5.9.1.1 Corto plazo. Se plantea lo siguiente para el diseño de corto plazo.

- Paredes de malla raschel, debido a que las pilas de compostación necesitan un flujo continuo de aire, para lograr una buena calidad de compost.

- Techo de calamina para evitar el contacto directo del sol con las muestras de compostaje, además de generar un ambiente más adecuado para el equipo.
- Estructura de soporte del techo de caña de guayaquil, debido a su bajo costo y fácil instalación.
- El piso a un mismo nivel. Además, no debe haber ninguna presencia de objetos extraños como ramas, piedras u otro objeto ajeno al proceso de compostaje.
- Puerta exterior de madera hasta una altura de 1.6 metros y la puerta interior de madera reforzada para poder usar la garita como almacén de herramientas.

Se muestra la Figura 52 en el que se puede visualizar el diseño de corto plazo en 3D.

Figura 52. Módulo corto plazo



5.9.1.2 Largo plazo. Se plantea lo siguiente para el diseño de largo plazo.

- Paredes de ladrillo a una altura 1.6 metros. La altura faltante debe ser cubierta hasta el techo con malla galvanizada, debido a que las pilas de compostación necesitan un flujo continuo de aire, para lograr una buena calidad de compost.
- Techo de calaminón para evitar el contacto directo del sol con las muestras de compostaje, además de generar un ambiente más adecuado para el equipo.
- Estructura de soporte del techo será de columnas de hormigón, para que tenga una estructura sólida.

- Piso del mismo nivel, además no debe haber ninguna presencia de objetos extraños como ramas, piedras u otro objeto ajeno al proceso de compostaje.
- Puerta exterior e interior de madera reforzada de forma que toda la planta piloto de compostaje pueda ser segura e invulnerable.

Se muestra la Figura 53 en el que se puede visualizar el diseño de largo plazo en 3D.

Figura 53. Módulo largo plazo



Capítulo 6

Costos

Para la ejecución de la planta piloto de compostaje, ya se cuenta con terreno otorgado por la Universidad de Piura (UDEP) producto de la gestión realizada por el voluntariado ambiental para poder llevar a cabo una planta piloto de compostaje; por lo que el costo de inversión inicial se reduce a la adecuación del terreno, capital de trabajo, maquinaria y equipos.

6.1 Costos del diseño de una planta piloto de compostaje

Para la puesta en marcha se incurren en los siguientes costos que se presentan a continuación:

6.1.1 Costos directos

Son aquellos costos directamente relacionados al proceso de producción. Están compuestos por:

6.1.1.1 Costos de materia prima. Los costos de materia prima equivalen al valor que puede obtener la cafetería si vendieran los residuos sólidos orgánicos a externos, debido a que la cafetería donará estos residuos a la planta piloto de compostaje, este costo se reduce a cero.

6.1.1.2 Costos de insumos. Se incurren en costo de sacos, cuyo uso será de 18 unidades por mes, a un valor unitario de \$0.26 cuyo valor mensual asciende a \$4.62.

No se incurre en costos de materia seca debido a que no se comprará (guano, hojarasca, cenizas, tierra agrícola, entre otros), se usará puño de algarrobo en su lugar, insumo que se encuentra en las instalaciones de la propia Universidad para su respectiva recolección. En caso se comprara, se incurren en costos acorde al precio de mercado.

Se excluye el costo de recolección de estos insumos ya que esta actividad será realizada por los voluntarios de la universidad.

6.1.1.3 Costo de mano de obra directa. Se excluye el costo del equipo de trabajo debido a que está formado por el voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.

6.1.2 Costos indirectos

Son aquellos que están relacionados indirectamente al proceso productivo. Están compuestos por:

6.1.2.1 Costo de maquinarias y equipos. La inversión necesaria para maquinaria y equipos se detalla en la Tabla 22.

Tabla 22. Costo de maquinarias y equipos

Inversión en maquinaria y equipos	Cantidad	Precio unitario	Total
Triturador manual	1	\$165.33	\$165.33
Balanza	1	\$39.73	\$39.73
PH meter	1	\$23.73	\$23.73
Termocupla	1	\$24.00	\$24.00
Pala	4	\$9.04	\$36.16
Machete	1	\$9.31	\$9.31
Cucharon de tierra	1	\$20.80	\$20.80
Pulverizador a presión	1	\$5.07	\$5.07
Tamizador	1	\$13.33	\$13.33
Mesa metálica	1	\$133.33	\$133.33
Total			\$ 470.79

Algunos precios seleccionados han sido extraídos de páginas web como mercado libre Perú, supermercados como Maestro, Sodimac, Promart; y otros han sido cotizados en el mercado central de Piura.

6.1.3 Gastos generales

Para los gastos generales se han tenido en cuenta los costos de adecuación del terreno y las cotizaciones del diseño del corto y largo plazo.

6.1.3.1 Costos de adecuación del terreno. Teniendo en cuenta las condiciones iniciales del terreno, este se debe acondicionar para evitar efectos adversos o que dificulten el proceso de compostaje; razón por la cual se debe proceder a limpiar el terreno de cualquier material ajeno al proceso como malezas, ramillas, piedras. Además, teniendo en cuenta que el terreno no ha sido de uso para instalaciones anteriormente, este se encuentra en un estado de desnivel, por lo que se debe nivelar para poder usar los equipos necesarios para el funcionamiento de la planta piloto de compostaje.

La adecuación del terreno se hará mediante una nivelación preliminar a la construcción, con la finalidad de obtener un espacio listo para realizar cualquier cotización planteada, siendo estos costos incluidos en los costos generales de ambas propuestas.

En la Tabla 23 se muestran los costos de adecuación del terreno:

Tabla 23. Costos de trabajos preliminares

Trabajos preliminares	Und	Cant	Precio unitario	Precio parcial
Limpieza de terreno manual	m ²	100	\$0.36	\$36.00
Trazo, nivelación y replanteo preliminar	m ²	100	\$0.93	\$92.53
			Total	\$ 128.53

6.1.3.2 Cotización de corto plazo. Para la cotización de corto de plazo se han previsto los siguientes rubros:

- Estructura: Se plantea una estructura rústica con materiales accesibles como pies derechos, cañas de guayaquil y listones de madera.
- Arquitectura: Una vez armado el armazón de la planta piloto se plantea cerrar una garita con triplay sostenido por los listones de madera con su respectiva puerta, el resto de área circundante y las divisiones internas será con malla rachell, además se contará con una tranquera al ingreso de la planta piloto de compostaje.
- Cubiertas: Para cubrir la planta piloto de compostaje se plantea una cubierta de calamina sostenida por la estructura de pies derechos con cañas de guayaquil.
- Mano de obra: Para la mano de obra se plantean 4 trabajadores a 8 horas por día trabajando durante 4 días con un pago diario de S/ 50.

Los costos del diseño de corto plazo se muestran en la Tabla 24 de forma general:

Tabla 24. Cotización de corto plazo

Planta piloto de compostaje	
Presupuesto obra – Cotización 1	
Rubros	Precio parcial
Estructura	\$172.00
Arquitectura	\$266.67
Cubierta	\$280.27
Mano de obra	\$213.33
Costo total	\$932.27

A continuación, se muestra el detalle de todos los costos incurridos para la cotización de corto plazo en la Tabla 25.

Tabla 25. Cotización detallada de corto plazo

Planta piloto de compostaje				
Presupuesto obra				
Rubros	Unid.	Cant.	Precio unitario	Precio parcial
Estructuras				
Listones	Unid	39	\$ 2.13	\$ 83.20
Caña guayaquil	Unid	7	\$ 5.33	\$ 37.33
Palos de eucalipto	Unid	18	\$ 2.67	\$ 48.00
Clavos de 1/2 pulgada	Kg	0.5	\$ 1.07	\$ 0.53
Clavos de 2 pulgadas	Kg	0.5	\$ 1.60	\$ 0.80
Clavos de 4 pulgadas	Kg	0.5	\$ 2.13	\$ 1.07
Clavos para calamina con jebe de 2 pulgadas	Kg	0.5	\$ 2.13	\$ 1.07
Arquitectura				
Mallado	M	45	\$ 3.17	\$ 142.80
Triplay	Unid	13	\$ 8.13	\$ 105.73
Alambre galvanizado	Rollo	1	\$ 2.67	\$ 2.67
Bisagras	Unid	7	\$ 0.53	\$ 3.73
Candado	Unid	2	\$ 2.67	\$ 5.33
Cerradura	Unid	2	\$ 3.20	\$ 6.40
Cubierta				
Techado área total (Calamina)	Unid	48	\$ 5.84	\$ 280.32
Mano de obra	horas	128	\$ 1.67	\$ 213.33
Costo total				\$ 932.32

6.1.3.3 Cotización de largo plazo. Para la cotización de largo plazo se han previsto los siguientes rubros:

- Estructura: Se ha planteado costos de excavaciones, zanjas, zapatas, acarreo interno y eliminación de material excedente producto de las excavaciones.
- Obras de concreto: Se han tomado en cuenta obras de concreto simple como los cimientos corridos y el contrapiso, también obras de concreto armado como sobrecimientos, zapatas y columnas.
- Arquitectura: Para el encerrado de la planta piloto de compostaje se prevé la construcción de un muro de ladrillo y sobre éste una malla galvanizada con una

puerta de seguridad tanto en la garita como en el ingreso a la planta piloto de compostaje.

- Instalaciones eléctricas: Se ha planteado conexiones eléctricas e iluminación, esto como una previsión para cuando la planta pueda disponer de tomas eléctricas.
- Instalaciones sanitarias: Se ha planteado la instalación de un lavadero para el uso de los operarios de la planta piloto de compostaje y limpieza de herramientas del proceso.
- Cubiertas: La cubierta propuesta consta de calaminón que cubriría toda el área de la planta piloto de compostaje
- Mano de obra: Para la mano de obra se ha considerado 1 maestro de obra y 5 obreros durante 15 días, pagados a precio de régimen civil actual.

Los costos del diseño de largo plazo se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Cotización de largo plazo

Planta piloto de compostaje	
Presupuesto obra - cotización 2	
Rubros	Precio parcial
Estructuras	\$236.53
Obras de concreto	\$4,625.33
Arquitectura	\$1,919.73
Instalaciones eléctricas	\$465.33
Instalaciones sanitarias	\$198.40
Cubierta	\$613.07
Mano de obra	\$2,005.33
Costo total	\$10,064.00

A continuación, se muestra el detalle de todos los costos incurridos para la cotización de largo plazo en la Tabla 27.

Tabla 27. Cotización a detalle largo plazo

Planta piloto de compostaje				
Presupuesto obra				
Rubros	Unid	Cant	Precio unitario	Precio parcial
Estructuras				
Excav. Zanjas y zapatas cap < =1.00 kg/cm ² h < =2.00 m	m ³	10.74	\$12.50	\$134.29
Acarreo interno, material procedente de excavaciones	m ³	10.74	\$3.13	\$33.57
Eliminación material excedente acarreado	m ³	10.74	\$6.40	\$68.71
Obras de concreto				
Obras de concreto simple				
Solado e=4", 1:12 CEM/HORM	m ²	0.9	\$9.73	\$8.75
Cimientos corridos 1:10 + 30 % P.G. f'c >=100Kg/cm ²	m ³	6.24	\$70.71	\$441.21
CONTRAPISO DE 40 mm	m ²	63.14	\$8.53	\$538.29
Obras de concreto armado				
Zapatas				
Zapatas - concreto f'c=210 Kg/cm ²	m ³	4.5	\$139.46	\$627.56
Zapatas- acero f'y=4200Kg/cm ²	kg	75.73	\$1.59	\$120.16
Sobrecimiento				
Sobrec. Ref. concreto f'c=175 kg/cm ²	m ³	3.27	\$134.46	\$439.49
Sobrec. Ref. encofrado y desencofrado	m ²	33.21	\$14.77	\$490.35
Sobrec. Ref.- acero fy=4,200 kg/cm ²	kg	483.06	\$1.59	\$766.45
Columnas				
Columnas - concreto 210 kg/cm ²	m ³	1.57	\$139.46	\$218.95
Columnas - encofrado y desencofrado	m ²	25.2	\$17.69	\$445.87
Columnas - acero fy=4200 kg/cm ²	kg	333	\$1.59	\$528.36
Arquitectura				
Muros y tabiques de albañilería				
Muro de ladrillo KK tipo IV sogá M:1:1:4 E=1.5 cm	m ²	100.08	\$18.01	\$1,802.51
Carpintería de madera				
Puerta 1x2.10 cm pino natural	u	1	\$48.00	\$48.00
Portón 2x2.10 cm pino natural	u	1	\$96.00	\$96.00
Instalaciones eléctricas				
Salida de techo (centro de luz)	pto	7	\$1.33	\$9.33
Pack x4 focos LED Ecohome 12w E27 luz cálida	u	2	\$5.84	\$11.68
Interruptor de 01 golpe	pto	7	\$5.14	\$36.01
Conductor tipo NH-80 2-1x10 + 1x10(N) + 1x10(P.T.)	m	32.07	\$3.53	\$113.23
Tubería PVC-P 25mm	m	32.07	\$2.13	\$68.16

Planta piloto de compostaje				
Presupuesto obra				
Rubros	Unid	Cant	Precio unitario	Precio parcial
Tablero y cuchillas				
T.G.	u	1	\$179.05	\$178.93
T.D	u	1	\$48.00	\$48.00
Instalaciones sanitarias				
Aparatos sanitarios y accesorios				
Suministro e instalación de lavadero 1 poza	u	1	\$24.00	\$24.00
Sistema de desagüe				
Salida de desagüe 4"	pto	1	\$22.95	\$22.95
Tubería pvc-sal 4 "	m	7.77	\$8.31	\$64.60
Registros de bronce de 4 "	pza	1	\$14.70	\$14.70
Caja de reg. 30x60 c/tapa concreto	u	1	\$18.53	\$18.53
Sumideros de c/ rejilla de 2"	pza	1	\$3.17	\$3.17
Sistema de agua fría				
Salida de agua fría PVC	pto	1	\$16.28	\$16.28
Tubería PVC clase 10 - 1"	m	13.58	\$2.51	\$34.11
Cubierta				
Techo trapezoidal PV4 1.05m X 3.60m 0.30 mm	u	11	\$26.64	\$293.04
Barras huecas de sección rectangular	u	12	\$26.67	\$320.00
Mano de obra				
Maestro de obra	u	1	\$32.00	\$32.00
Obreros	u	5	\$18.67	\$93.33
Duración de la obra	u	15	\$125.33	\$1,880.00
Costo total				\$10,192.44

La cotización de largo plazo ha sido revisada por un profesional en el área, la cual cuenta con su respectiva aprobación en el Apéndice N. Planta piloto de compostaje.

6.2 Evaluación económica y financiera

Para la evaluación económica y financiera de la presente tesis, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

6.2.1 Ingresos

Para la venta de compost obtenido en la planta de compostaje de la Universidad de Piura se considera el costo por kg de \$0.46 dólares.

A continuación, se detalla los ingresos mensuales por el primer año teniendo en cuenta la capacidad de planta de 666.67 kg, como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Ingresos

Mes	Ingreso
1	\$306.67
2	\$306.67
3	\$306.67
4	\$306.67
5	\$306.67
6	\$306.67
7	\$306.67
8	\$306.67
9	\$306.67
10	\$306.67
11	\$306.67
12	\$306.67
Total	\$3,680.02

Se tiene en cuenta que la planta opera a su capacidad total durante todo el año, multiplicando esto por el costo del precio del compost en mercado de \$0.46 dólares, se obtiene un valor total de \$306.67 dólares mensuales y \$3,680.02 dólares en un periodo de un año.

6.2.2 Estado de ganancias y pérdidas

Para el análisis de resultados, flujo de caja y evaluación de ganancias y pérdidas se han considerado una duración de evaluación del proyecto de aproximadamente 3 años por ser un proyecto a corto plazo.

Se puede observar en la Tabla 29 que los costos y gastos considerados representan aproximadamente el 27% de los ingresos, lo cual, significa que podrán ser cubiertos sin mucha complicación. Se considera como costos y gastos la materia prima y los sacos por mes.

Al tener unos ingresos fijos, que depende totalmente de la capacidad de planta, la utilidad de la planta en estos tres periodos será de \$3,624.63 dólares, por periodo.

En la Tabla 29 se muestran los ingresos, costos y gastos y utilidad de forma anual:

Tabla 29. Tabla de utilidad

Periodo	1 año	2 año	3 año
Ingresos	\$ 3,680.02	\$ 3,680.02	\$ 3,680.02
Costos y Gastos	\$ 55.38	\$ 55.38	\$ 55.38
Utilidad	\$ 3,624.63	\$ 3,624.63	\$ 3,624.63

6.2.3 Flujo de caja económico

El flujo económico presentado a continuación es la base para poder realizar la validación y viabilidad de la planta piloto de compostaje de la Universidad de Piura.

La adecuación del terreno se considera en gastos preoperativos con un valor de \$ 128.53, la maquinaria y construcción se considera como inversión de activos con un valor de \$ 1,384.99 y la materia prima junto con el uso de sacos por mes se considera como capital de trabajo con un valor de \$55.38.

Las tasas impositivas tributarias aplicadas es del 30%, se toma este valor por ser un proyecto de alto riesgo. Finalmente, con los valores considerados anteriormente, para hallar el módulo de ingresos y de inversiones, el presupuesto de costo y gastos de IGV; se pudo determinar el flujo de caja económico.

En la Tabla 30 se muestra lo mencionado anteriormente:

Tabla 30. Flujo de caja

Periodo	año 0	1 año	2 año	3 año
Flujo de inversión	\$ 1,568.90	\$ 522.97	\$ 522.97	\$ 522.97
Gastos preoperativos	\$ 128.53			
Inversión de activos	\$ 1,384.99			
Capital de trabajo	\$ 55.38			
Flujo de operaciones		\$ 2,962.23	\$ 2,962.23	\$ 2,962.23
Ingresos		\$ 3,680.02	\$ 3,680.02	\$ 3,680.02
Costos operativos		\$ 55.38	\$ 55.38	\$ 55.38
Mano de obra		\$ -	\$ -	\$ -
Egresos		\$ 55.38	\$ 55.38	\$ 55.38
IGV		\$ 662.40	\$ 662.40	\$ 662.40
Impuesto a la renta		\$ -	\$ -	\$ -
FCE	\$ 1,568.90	\$ 2,439.26	\$ 2,439.26	\$ 2,439.26

6.2.4 Indicadores

Según el análisis de la evaluación económica, el proyecto es viable y sostenible a pesar de ser un proyecto a corto plazo, siempre y cuando la mano de obra sea a costo cero. Se considera costo cero, ya que las actividades serán realizadas por los voluntarios de la propia universidad. La recuperación del capital invertido se considera aproximadamente en 8 meses.

Para el cálculo del valor actual neto (VAN) se necesita el módulo de ingresos y egresos, tomados en cuenta del flujo de caja, este valor se va actualizando cada año. Si el valor del VAN es positivo se considera que el proyecto es viable, el proyecto obtuvo un VAN de \$2,861.07.

Para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), se debe tener en cuenta el costo de oportunidad, para evaluar si nuestro proyecto es viable. Si esta tasa es mayor al

costo de oportunidad, se acepta el proyecto como viable. El proyecto obtuvo una TIR de 145%.

Del flujo de caja, este valor se va actualizando cada año. Si el valor del VAN es positivo se considera que el proyecto es viable. EL proyecto obtuvo un VAN de \$2,861.07. Para el cálculo de La Tasa Interna de Retorno (TIR), se debe tener en cuenta el costo de oportunidad, para evaluar si nuestro proyecto es viable. Si esta tasa es mayor al costo de Oportunidad, se acepta el proyecto como viable. El Proyecto obtuvo una TIR de 145%.

En la Tabla 31 se muestran los valores de VAN y TIR del presente proyecto:

Tabla 31. VAN y TIR

VAN	\$2,861.07
TIR	145%
Periodo de recuperación de capital	8 meses



Capítulo 7

Protocolos

En este capítulo se establece los protocolos como una serie de pasos que se debe realizar en cada etapa del proceso de compostaje. Para la elaboración de un protocolo es necesario establecer aspectos como el alcance, objetivos, responsables y contenidos. Algunas de las actividades descritas dentro de los protocolos son de conocimiento general, obtenidas de guías y manuales de compostaje desarrollados en distintos países como la norma técnica chilena - NCH2880 (Instituto Nacional de Normalización, 2022) y de las visitas realizadas a las diferentes plantas de compostaje de la ciudad de Piura. Se pudo observar la nula o poca presencia de protocolos establecidos que ponen en riesgo al personal que conforman dichas plantas como al propio proceso. Los riesgos pueden ser tanto en el ámbito de seguridad, calidad, producción y medio ambiente.

Los protocolos son necesarios para que la planta piloto de compostaje pueda comenzar operaciones en el área destinada dentro de la Universidad de Piura, motivo por el cual se deben establecer, teniendo en cuenta las disposiciones impuestas por el gobierno central, las cuales se plasman en el documento aprobado por la Resolución Ministerial N° 099-2020-MINAM - “Recomendaciones para el manejo de residuos sólidos durante la emergencia sanitaria por Covid-19 y el estado de emergencia nacional en domicilios, centros de aislamiento temporal de personas, centros de abastos, bodegas, locales de comercio interno, oficinas administrativas y sedes públicas y privadas, y para operaciones y procesos de residuos sólidos” que se encuentran en su página web y se puede encontrar en el anexo A. Del cual tomaremos el Capítulo V: “Recomendaciones para el manejo de residuos sólidos durante operaciones y procesos de residuos sólidos” como base para el funcionamiento de la planta piloto de compostaje de la Universidad de Piura.

7.1 Protocolo de producción

El protocolo de producción contendrá una serie de protocolos con la intención definida de influir en la labor operativa del personal.

Este protocolo describe una serie de indicaciones como guía sobre las acciones de cada operación. Se busca que cada indicación sea clara y precisa.

Para establecer el protocolo de producción se ha tenido en cuenta la secuencia del proceso del compostaje desde la separación de los residuos en la fuente hasta el respectivo almacenaje del producto terminado.

7.1.1 *Protocolo de separación de residuos*

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 32.

Tabla 32. Protocolo de separación de residuos sólidos

Formulación del protocolo de separación de residuos sólidos			
Responsables	Voluntariado ambiental y personal capacitado de la cafetería de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Presentar para el campus universitario de la Universidad de Piura sede Piura las condiciones adecuadas de separación de residuos sólidos.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios de separación de residuos sólidos.		
Contenido	Se establecen los pasos para el manejo integral de los residuos sólidos generados por la cafetería de la Universidad de Piura.		
Separación de residuos sólidos			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Separación de residuos sólidos	Verificar los puntos de separación de los residuos sólidos dentro de la cafetería de la Universidad de Piura.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Verificar si los residuos sólidos están depositados en el correcto contenedor haciendo uso del Apéndice B. Check List de separación de residuos sólidos
	Los depósitos deben estar debidamente identificados con su color respectivo y leyenda correspondiente al residuo a depositar en cada uno de ellos.		
	Los trabajadores relacionan los colores de los contenedores con el tipo de desecho que debe contener.		
	No se deben mezclar los residuos al momento de su recolección.		
	La separación, recolección y traslado se debe realizar por medio de bolsas plásticas.		

7.1.2 Protocolo para la recolección de los residuos al centro de compostaje

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 33:

Tabla 33. Protocolo de recolección de residuos sólidos y desinfección de vehículo

Formulación del protocolo de recolección de residuos sólidos y desinfección de vehículo			
Responsables	Voluntariado ambiental y personal capacitado de la cafetería de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Presentar para el campus universitario de la Universidad de Piura sede Piura las condiciones adecuadas de recolección de residuos sólidos y desinfección del vehículo.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios de recolección de residuos sólidos.		
Contenido	Se establecen los pasos para el manejo integral de los residuos sólidos generados por la cafetería de la Universidad de Piura.		
Recolección de residuos sólidos y desinfección de vehículo			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Recolección de residuos sólidos y desinfección de vehículo	Llevar a cabo la recolección de los residuos en los horarios establecidos.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Los contenedores pertenecientes a los residuos sólidos deben quedar vacíos para evitar que la acumulación de residuos genere malos olores. haciendo uso del
	Verificar que los residuos sólidos orgánicos estén depositados correctamente.		
	Sacar las bolsas plásticas que contienen los residuos sólidos orgánicos de los depósitos.		
	Depositar las bolsas plásticas en los vehículos para transportar los residuos.		Apéndice C. Check List de recolección de residuos sólidos orgánicos
	Trasladar los residuos sólidos orgánicos por las rutas de transporte establecidas. Este traslado será desde la cafetería hasta la planta piloto de compostaje.		
	Al finalizar el traslado, realizar la limpieza y desinfección del vehículo.		
	Se debe pesar la cantidad recibida en la zona de recepción.		

7.1.3 Protocolo de inspección en el área de recepción

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 34

Tabla 34. Protocolo de inspección

Formulación del protocolo de inspección en el área de recepción			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar la correcta segregación de los residuos sólidos orgánicos generados por la cafetería de la Universidad de Piura sede Piura.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios de inspección y depuración de residuos sólidos no compostable.		
Contenido	Se establecen los pasos para la inspección integral de los residuos sólidos llevados al área de recepción generados por la cafetería de la Universidad de Piura.		
Inspección de residuos sólidos en el área de recepción			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Inspección de residuos sólidos en el área de recepción	Los residuos sólidos orgánicos deben ser descargados en la mesa metálica del área de recepción evitando que éstos se contaminen.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Los residuos sólidos orgánicos recolectados deben ser en su totalidad inspeccionados y segregados para evitar que residuos sólidos no compostables sean parte del proceso haciendo uso del
	Los residuos sólidos orgánicos serán examinados de manera visual para identificar residuos sólidos inorgánicos.		
	Los residuos sólidos inorgánicos deben ser pesados.		Apéndice D. Check List de inspección de recepción
	Los residuos sólidos inorgánicos serán separados para su disposición final correcta.		
	Los residuos sólidos orgánicos continuaran el flujo de proceso para su compostación.		

7.1.4 Protocolo del área de triturado

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 35.

Tabla 35. Protocolo del área de triturado

Formulación del protocolo del área de triturado			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar el correcto dimensionamiento de los residuos sólidos orgánicos para una correcta trituración.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios para el área de triturado de residuos sólidos.		
Contenido	Se establecen los pasos para el triturado de los residuos sólidos orgánicos.		
Triturado de residuos sólidos			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Triturado de residuos sólidos	Los residuos orgánicos deben ser dimensionados correctamente para pasar por el triturador.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se debe verificar que los residuos sólidos orgánicos recolectados deben tener un tamaño prudente para que pasen por el triturador manual haciendo uso del
	Los residuos que no cumplen con las dimensiones idóneas se cortaran haciendo uso de un machete.		Apéndice E.
	Los residuos orgánicos deben ser dispuesto para pasar por el triturador.		Check List de inspección de triturado
	Los residuos sólidos orgánicos deben ser introducidos en el triturador y depositados en otro recipiente.		
	Los residuos sólidos orgánicos deben ser inspeccionados para verificar la correcta trituración.		
	Los residuos sólidos orgánicos deben ser pesados posterior a la trituración.		

7.1.5 Protocolo para la disposición de los residuos triturados en el área de formación de las pilas

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 36.

Tabla 36. Protocolo para la disposición de los residuos

Formulación del protocolo para la disposición de los residuos triturados en el área de formación de las pilas.

Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar la correcta disposición de los residuos sólidos orgánicos en el área de formación de las pilas.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios para la disposición de los residuos triturados en el área de formación de las pilas.		
Contenido	Se establecen los pasos para la disposición de los residuos triturados en el área de la formación de las pilas.		
Disposición de los residuos triturados en el área de formación de las pilas			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Disposición de residuos sólidos orgánicos	Dimensionamiento del área donde se formarán las pilas de residuos sólidos orgánicos.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se debe verificar la correcta disposición de los residuos sólidos orgánicos en el área de compostaje haciendo uso del Apéndice F. Check List para la disposición de los residuos triturados
	Inspección de objetos extraños en el área de compostaje.		
	Correcta disposición de los residuos sólidos orgánicos ya triturados en el área donde se formará la pila.		
	Inspección visual de la correcta formación de las pilas composteras de acuerdo con cada investigación a realizar.		

7.1.6 Protocolo de tamizaje

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 37.

Tabla 37. Protocolo de tamizaje

Formulación del protocolo para el correcto tamizaje del producto terminado			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar el correcto tamizaje de los residuos sólidos orgánicos previo almacenaje del compost.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios para el tamizaje del producto terminado previo almacenamiento		
Contenido	Se establecen los pasos para del tamizado de los residuos triturados previo almacenaje del producto.		
Almacenamiento de producto terminado			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Tamizaje del producto terminado	Inspección física mediante el método del puño para determinar culmino del proceso de compostaje en cada pila.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se debe verificar el correcto tamizaje del compost previo almacenamiento haciendo uso del Apéndice G. Check
	Retiro de objetos extraños en el producto final.		List para el tamizaje del producto terminado
	Preparación de la malla de tamizaje de acuerdo con la granulometría deseada.		
	Tamizado del compost de acuerdo con la granulometría deseada.		

7.1.7 Protocolo de almacenamiento

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 38.

Tabla 38. Protocolo de almacenamiento

Formulación del protocolo de almacenamiento de producto terminado	
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.
Objetivo	Presentar para la planta piloto de compostaje un correcto almacenamiento de producto terminado, compost.
Alcance	Formular procedimientos adecuados de almacenaje.
Contenido	Se establecen los pasos para el correcto almacenamiento del compost.
Almacenamiento de producto terminado	

Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Almacenamiento de producto terminado	Realizar el pesado del producto terminado para su colocación en el área de almacenaje.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se verifica el correcto almacenamiento haciendo uso del Apéndice H. Check List para el almacenamiento del producto terminado
	Depositar el producto terminado en un contenedor adecuado dependiendo del volumen del compost. Estos contenedores pueden ser bolsas, sacos, táper, o según se requiera.		
	Ubicar el primer nivel de los contenedores de compost en un pallet para evitar la contaminación de producto terminado.		
	Etiquetar cada contenedor con la fecha de elaboración. La codificación va dada por la palabra compost seguido de la fecha de elaboración, de la siguiente forma: Compost + [Nombre de investigación] + Fecha. Ejem. Compost método takakura 07/01/2022		
	Llevar un registro de control de ingreso de los contenedores de compost al área de almacenamiento.		
	Despachar de forma inmediata los contenedores que tengan el mayor número de días de almacenamiento.		
	Llevar un registro de despacho, para evitar que los productos se deterioren. Por lo tanto “Lo que primero ingresa al área, lo primero que se despacha”.		

7.1.8 Protocolo para la toma de datos durante la maduración del compostaje.

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 39.

Tabla 39. Protocolo para la toma de datos

Formulación del protocolo para la toma de datos durante la maduración del compostaje.			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar la correcta toma de datos durante la maduración del compostaje		
Alcance	Formular procedimientos necesarios para la toma de datos durante la maduración del compostaje.		
Contenido	Se establecen los pasos para la toma de datos durante la maduración del compostaje.		
Toma de datos durante la maduración del compostaje			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Toma de datos	Voltear la pila de compostaje a criterio de cada investigación.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se debe verificar la correcta toma de datos durante la maduración de las pilas de compostaje haciendo uso del Apéndice I.
	Realizar el riego a las pilas composteras cada vez que lo necesiten o a criterio de cada investigación.		Check List para la toma de datos durante el proceso de compostaje
	Se extraerán muestras para su respectivo análisis según corresponda a la investigación en curso.		

7.2 Protocolo de seguridad

Protocolo de seguridad de manera que la planta piloto de compostaje cuente con ambientes seguros tanto para la instalación como para sus ocupantes. En el contexto actual urge la necesidad de contar con un protocolo que ayude a evitar los contagios Covid.

El trabajo en cada una de las operaciones debe ser realizado con todas las medidas de seguridad necesarias por parte de todo el personal involucrado.

El personal encargado debe hacer uso del equipo de protección personal (EPP) durante toda su estancia en la planta piloto de compostaje y cuando realice actividades relacionadas, para esto se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 40.

Tabla 40. Protocolo de seguridad

Formulación del protocolo de seguridad			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Verificar el correcto uso de todos los implementos de seguridad.		
Alcance	Formular procedimientos necesarios para garantizar la seguridad del personal encargado.		
Contenido	Se establecen los pasos para garantizar la seguridad de los voluntarios universitarios.		
Protocolo de seguridad			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Seguridad	Gestionar la compra del equipo de protección personal recomendado: Guantes. Lentes Mascarilla. Ropa gruesa (pantalón jean y polera). Zapatos cerrados.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.	Se debe verificar que el personal use todos los EPP en las labores dentro de la planta piloto.
	Verificar el uso correcto y permanente de cada EPP mientras se realicen operaciones dentro de la planta piloto.		Apéndice J. Chet list para el protocolo de seguridad

7.3 Protocolo de calidad

Debido a que la calidad del compostaje se rige bajo estándares del mercado y normas que aseguren la fiabilidad del producto, los protocolos para esta área ya están establecidos y normados; dado que la finalidad del presente trabajo de investigación es seguir con el cumplimiento de las normativas ya vigentes del compostaje. Se evaluará la calidad usando los métodos y parámetros establecidos en ellos. De manera que cada producto que se elabore dentro de la planta piloto de compostaje sea aceptado por las entidades externas.

7.3.1 Protocolo para calidad final de compost

Asegurar la calidad del compost es fundamental para determinar una correcta valorización, actualmente el Perú no cuenta con una norma técnica específica en temas de compostaje razón por la cual las empresas se rigen de normas técnicas extranjeras o establecidas por organismos internacionales.

Es así como tenemos normativas como la STA en EEUU, RAL en Alemania, BSI PAS 100 en Inglaterra, CIC en Italia y la normativa ECN-QAS. Todas estas coinciden en que la calidad del compost se puede definir en términos de estabilidad y madurez, nivel de higienización, presencia de productos tóxicos e impurezas y en función de su contenido de materia orgánica, sustancias húmicas y nutrientes.

En el contexto latinoamericano países como Colombia, Costa Rica, Chile son los más avanzados respecto al tema de compostaje, razón por la cual para la presente tesis se usará la norma técnica de Chile NCH2880, esta norma clasifica al compost en 3 categorías, compostaje de clase A el cual es de máxima calidad, compostaje de clase B compostaje de calidad media y compostaje inmaduro que para su uso requiere ser mezclado con otros insumos.

Como requisitos de producto de compostaje la norma establece dos criterios principales, los requisitos sanitarios y los requisitos físico – químicos.

Para los requisitos sanitarios todas las clases de compost deben cumplir la tolerancia que se menciona en la Tabla 41.

Tabla 41. Requisitos sanitarios

Tipo de microorganismo	Tolerancia
Coliformes fecales	< a 1000 NMP por gramo de compost, en base seca
Salmonella sp	Ausencia
Huevos de helmintos ova helmíntica	Ausencia
Virus MS-2	Densidad máxima < a 1 UFP por 4 g de compost, en base seca
Listeria monocytogenes	Ausencia
Clostridium perfringens	(10) 3 por gramo de compost
NMP = Número Más Probable. UFP = Unidad de formación de Placas.	

Nota. Adaptado de (Instituto Nacional de Normalización - Chile, 2003)

Para los requisitos físico – químicos en la norma técnica chilena NCH2880 se consideran 13 criterios de análisis, entre los criterios tenemos lo que pueden ser analizados dentro de las instalaciones de la planta como:

- Olor, el compostaje tiene que presentar un aroma a tierra humedad, cualquier otro olor es significativo de medidas correctivas.
- Humedad, este análisis se puede realizar mediante la técnica del puño, el cual consiste en sostener un puño de compost en la mano, si este tiene exceso de agua, la pila esta sobre humedecida, si al contrario cuando abres el puño este se desmorona, significa que la pila necesita ser hidratada.
- Tamaño de partículas, para realizar este análisis es necesario la adquisición de un tamizador graduado, en el cual, por pesos y muestras aleatorias, podemos saber el porcentaje de granulometría.
- Ph, para medir este parámetro, se ha sugerido la compra de un Ph digital.

A diferencia de los criterios mencionados anteriormente, estos necesitan de un laboratorio ya que se necesitan equipos más especializados.

- Capacidad de rehidratación.
- Metales pesados.
- Conductividad eléctrica.
- Relación carbono/nitrógeno (C/N).
- Materia orgánica.
- Toxicidad en plantas.
- Presencia de semillas viables de maleza.
- Impurezas.
- Contenido de nutrientes.

7.4 Protocolo de limpieza

Así mismo también es necesario establecer protocolos de limpieza con el fin de mantener la limpieza e inocuidad de las herramientas y área dentro de la planta piloto de compostaje, evitando así la formación de malos olores al finalizar el uso de las herramientas y el desorden que se genera en las áreas conforme se realizan los trabajos respectivos para los que fueron destinados.

7.4.1 Protocolo de limpieza de áreas

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 42.

Tabla 42. Protocolo de limpieza de las áreas

Formulación del protocolo de limpieza de las áreas			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Presentar las condiciones adecuadas de limpieza de las áreas de compostaje.		
Alcance	Formular procedimientos adecuados de limpieza de las áreas.		
Contenido	Se establecen los pasos para la correcta limpieza de las áreas de la planta piloto de compostaje.		
Limpieza de áreas			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Limpieza de las áreas de la planta piloto de compostaje.	La limpieza y barrido en las áreas de la planta piloto de compostaje se realizan con los elementos adecuados.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura	Verificar si se ha realizado una correcta limpieza de las áreas de la planta piloto de compostaje. Haciendo uso del Apéndice K. Check list para la limpieza de áreas
	Se debe limpiar las áreas libres entre cada pila de compostaje una vez concluida la formación de una nueva pila de compost o el volteo de pilas.		
	Colocar los desechos recolectados en el proceso de limpieza en los contenedores correspondientes.		

Cada contenedor debe tener una bolsa plástico para evitar derrames de los residuos.

Verificar la correcta distribución de los contenedores de residuos sólidos ubicados en la planta piloto de compostaje.

La recolección de los residuos según su tipología se debe realizar con la adecuada separación para evitar una contaminación cruzada.

7.4.2 Protocolo de limpieza de herramientas

Para esta operación se ha realizado el protocolo que se detalla en la Tabla 43.

Tabla 43. Protocolo de limpieza de las herramientas

Formulación del protocolo de limpieza y desinfección de las herramientas			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Ofrecer las condiciones adecuadas de limpieza de las herramientas que se utilizarán en el proceso de compostaje.		
Alcance	Formular procedimientos adecuados de limpieza de las herramientas que se utilizarán en el proceso de compostaje.		
Contenido	Se establecen los pasos para la correcta limpieza de que se utilizarán en el proceso de compostaje.		
Limpieza de las herramientas			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Limpieza de las herramientas	El personal que realiza la limpieza debe hacer uso de EPPs.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura	Verificar si se ha realizado una correcta limpieza de las herramientas a utilizar en el proceso de compostaje. Haciendo uso del Apéndice L. Check list para la limpieza de herramientas.
	Preparar la solución desinfectante de agua con cloro a 200 ppm para la limpieza de las herramientas según lo recomendado por el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.		
	Realizar la limpieza de las herramientas con un trapo humedecido con la disolución desinfectante.		
	La limpieza de las herramientas se realiza removiendo las impurezas con el trapo húmedo.		

Con un trapo seco se procede a dejar secas las herramientas para evitar la formación de hongos.

Proceder a realizar una segunda revisión con la finalidad de descartar residuos.

7.5 Protocolo de trazabilidad de muestras

El protocolo de trazabilidad es importante ya que permite conocer toda la transformación del producto desde su etapa inicial hasta su etapa final, además, cuando es necesario, la trazabilidad puede proporcionar una imagen de todo el flujo y el tiempo que tomo el proceso de dicho producto, evitando confusiones.

Un protocolo de trazabilidad sirve también para mantener ordenada cada operación del proceso productivo a fin de tener evidencia documentada y la información necesaria ante cualquier problemática, obteniendo un registro detallado del producto.

La trazabilidad es importante también porque permite obtener indicadores con los que se pueden evaluar el proceso como rendimientos, pérdidas y en base a estos datos poder evaluarlos en el futuro a manera de predecir el proceso y sus eventualidades.

Tabla 44. Protocolo de trazabilidad de muestras

Formulación del protocolo de trazabilidad de muestras			
Responsables	Voluntariado ambiental de la Universidad de Piura.		
Objetivo	Presentar las condiciones adecuadas para una correcta trazabilidad de muestras.		
Alcance	Formular procedimientos adecuados de la trazabilidad de muestras.		
Contenido	Se establecen los pasos para la correcta trazabilidad de muestras.		
Trazabilidad de muestras			
Actividad	Descripción del proceso	Cargo del responsable	Verificación
Trazabilidad de muestras	Tomar una muestra durante y al final del proceso de compostaje.	Personal perteneciente al voluntariado ambiental de la Universidad de Piura	Verificar si se ha realizado una correcta trazabilidad de muestras.
	Codificar cada muestra, relacionándola con cada proceso de compostación.		Haciendo uso del Apéndice M. Check

La codificación va dada por la palabra compost seguido de la fecha de elaboración, de la siguiente forma:

Compost + [Nombre de investigación] + Fecha.

Ejem.

Compost método Takakura
07/01/2022

list para la
trazabilidad de
muestras

Cada muestra será transportada al laboratorio según cada proceso lo requiera.

Las muestras que requieran ser almacenadas, serán colocadas en el almacén de producto terminado



Conclusiones

La utilización de la fracción orgánica de los residuos sólidos de la cafetería “Amarilla” de la Universidad de Piura (UDEP) permitirá que los voluntarios ambientales puedan darle un uso a dichos residuos para obtener como producto final el compost, de esta manera la universidad contribuye a que dichos estudiantes se preocupen por los problemas que generan dicha fracción orgánica y que se busque una alternativa de solución y se contribuya con el mantenimiento de sus áreas verdes contribuyendo con el ahorro de la adquisición de fertilizante para la Universidad y mejorando la calidad del suelo. Cuando la población estudiantil aumente, se tendrá una mayor cantidad de residuos sólidos a compostar y por ende se necesitarán más área de compostaje y equipos que puedan estar acorde a este ingreso de materia prima.

Las alianzas estratégicas son de vital importancia para hacer común la realización de compost en la sociedad por ello, todos los actores del proceso de compostaje: Estado, empresa privada y sociedad, deben trabajar en conjunto para lograr la integración de conocimientos, es decir que todos conozcan que métodos de compostaje se están realizando en la región y de esta forma poder optimizar y ser eficientes en el proceso de compostaje. Además, dentro de estas alianzas se pueden buscar cooperaciones entre las distintas plantas de compostaje cuando estas requieran de algún soporte.

Luego de realizar las distintas visitas a los centros de compostaje en la región y entrevistas a los encargados de estos centros, se puede notar el poco conocimiento respecto a alguna normativa que rige el compost, esto se debe a que el estado peruano no ha implementado una norma técnica como tal. Los actores que realizan el proceso de compostaje se rigen bajo la dirección del MINAN, OEFA que se basan en la Ley General del Ambiente, por ello es importante contar con esta normativa, ya que se pueden estandarizar los procesos, hacerlos más productivos y de mejor calidad. Hoy en día muchos procesos de compostaje son por conocimiento empírico y autodidacta.

Luego de realizar la recopilación de información y su posterior análisis, no se han considerado las siguientes áreas: el área de lixiviado y el área de aseo. Para el área de lixiviado es necesario contar con un nivel de producción de compostaje alto. La planta piloto de compostaje al funcionar con una capacidad limitada no es necesaria la implementación de esta área. El área de aseo con duchas tampoco es considerada ya que no habrá personal que labore con un jornal diario, el personal que realizara operaciones

dentro de la planta piloto serán voluntarios de la universidad que operen en turnos intermitentes de forma esporádica, adicional a esto cerca de las instalaciones de la planta piloto se encuentra las duchas de la cancha deportiva que en caso ser necesaria se puede gestionar el uso para el personal de la planta piloto, no obstante si se está considerando un lavatorio dentro de las instalaciones.

La OEFA capacita a los encargados de la planta piloto de compostaje y les sugiere como método principal usar el Takakura, no siendo de uso obligatorio. Como se ha visto en las plantas visitas, existe una variedad de formas de aplicar el mismo método condicionado por el personal que dirige estas plantas, así como el método de compostaje lo adaptan a su contexto. La materia prima que usan se debe a la facilidad de recolección y disponibilidad, todos usan una relación de 1kg a 1kg en la región, y se debe a que de esta forma la relación carbono-nitrógeno es la ideal. La mayoría de entrevistados prefieren usar como materia seca estiércol debido a su gran aporte nutritivo para el compost, pero como este insumo tiene un costo elevado y escaso, optan por otros tipos de materia seca, como hojarasca, tierra fértil, podas de pastos, entre otros.

Un indicador puede definirse como: “Una medida utilizada para cuantificar la eficiencia y/o eficacia de una actividad o proceso” (Álvaro, 2000). Teniendo en cuenta esta definición según lo mencionado por los entrevistados podemos concluir que los indicadores usados no cuantifican la eficiencia y/o eficacia del proceso de compostaje; por lo tanto, estos se pueden adaptar como un indicador de la siguiente forma:

- Temperatura, se puede obtener directamente y establecer un rango relacionado a cada etapa de formación de compost, midiéndose en Celsius o Kelvin.
- Rendimiento, se puede calcular como el porcentaje de producto final en relación con la materia prima ingresada, se puede medir en porcentaje y tiene relación con la parte inicial y final de proceso.
- pH, se puede medir directamente y establecer un rango, el pH no tiene unidades, pero su valor va de 0 a 14 y está relacionada con la parte de formación de compost.

Mientras que los siguientes indicadores necesitan ajustarse o ser más específicos de acuerdo con la etapa del proceso que se desea medir:

- Cronograma, se puede reemplazar por un indicador que mida el tiempo de todo el proceso de compostaje, con la unidad de medida en días y que esté relacionada con todo el lead time del proceso, desde la recepción de la materia prima hasta su despacho del almacén.
- Objetivos, se puede reemplazar por cantidad de producto final esperado al término del proceso de compostaje. Se puede medir en kg esperados vs kg reales y sacar un porcentaje de cumplimiento.
- Humedad, se puede reemplazar por un indicador de 3 valores: Seco, ideal, sobre humedecido, de forma que cada vez que se realice la evaluación se asigne el valor que

corresponda y en caso este seco, se active una medida de control, lo mismo en caso este sobre humedecido.



Recomendaciones

Se sugiere la participación de los voluntarios universitarios en los siguientes puntos:

- La preparación y nivelación del terreno que se dispondrá para la planta piloto sea liderada por estudiantes de la Universidad de Piura, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en cada uno de los cursos de sus respectivas carreras académicas, de manera de fomentar la concientización activa del medio ambiente.
- Diseño de modelos de equipos necesarios para la planta piloto como por ejemplo la trituradora, sean realizados como trabajos de curso final por estudiantes de la Facultad de Ingeniería y posteriormente donados a la planta piloto de compostaje.

En caso se adquieran equipos de alto valor (triturador, generador, equipos digitales), se tendría que instalar una caseta con seguridad de material noble, en lugar de la planteada para el modelo 1 (caseta de triplay) para evitar cualquier robo o en su caso solicitar a la universidad un espacio dentro de sus instalaciones para su respectiva custodia cuando no se use en la planta piloto de compostaje.

Se recomienda que el Gobierno Regional genere capacitaciones al finalizar los periodos de cumplimiento de la meta 3, a manera de conversatorio en la cual además de intercambiar conocimiento se exponga, cómo cada municipalidad de la región ha cumplido con el objetivo de la meta, de esta manera se potenciaría el éxito que obtiene la región al cumplir el objetivo, no solo de esta meta sino de las demás. Como resultado de estos conversatorios, pueden surgir alianzas estratégicas entre municipalidades y actores directamente relacionados con el proceso como: asociaciones ganaderas, asociaciones agrícolas y demás voluntariados ambientales de la región.

A medida que la población estudiantil crece, la generación de residuos sólidos orgánicos también aumentará, por ende, se recomienda en un futuro considerar un área total mayor de la planta piloto de compostaje, para así atraer a más voluntarios que puedan participar del proceso de compostaje.

Se recomienda siempre realizar un tamizaje final ya que de esta forma se evita la presencia de agentes extraños en el producto final, además de ello, el compost aumenta su valor monetario si tiene un gramaje bajo.

Con el conocimiento adquirido, se recomienda que el voluntariado realice un conjunto de talleres de compostaje para colegios, familias y/o empresas, con la finalidad de que realicen compostaje en sus instalaciones, de esta forma se concientiza a la población en temas ambientales y se realice un efecto multiplicador; así mismo se replicaría casos de éxitos de otros países.



Referencias bibliográficas

- Agamez, M. (2006). *Determinación de los Parámetros Fisicoquímicos, Microbiológicos y de los Compuestos Orgánicos Volátiles presentes en un Proceso de Compostación*.
- Alvarez de la Puente, J. (2007). *Estudio de usos innovadores del compost en Europa*. España: Universidad de Huelva Spain.
- Álvaro, J. A. (2000). *Sistemas de indicadores para la mejora y el control integrado de la calidad de los procesos*. Universitat Jaume I, D.L.2000.
- Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. (2018). *Manual de producción de compost*. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf>
- Audor Ceron, L., & Ramos Calderón, E. (2015). *Estudio para la creación y puesta en marcha de una planta de compost a partir de los residuos orgánicos en el municipio de Suaza Huila*. Pitalito, Colombia.
- Balanza electronica. (2021). *Mercado Libre*. Recuperado el 2021, de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-445340841-balanza-de-acero-inoxidable-300kg-50gr-JM?variation=83702407868#reco_item_pos=6&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller-items-above&reco_id=5a3cc981-3c87-4
- Baldeón Jalca, Á. (2019). *Ecología y Medio Ambiente*. Obtenido de ECOTEC: https://www.ecotec.edu.ec/material/material_2019F1_AMB171_08_129656.pdf
- Beltrán Jaramillo, J. M. (s.f.). *INDICADORES DE GESTIÓN*. 3R Editores.
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2011). *PLAN BICENTENARIO*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Comision Nacional Ambiental del gobierno de Costa Rica. (2019). *Plan nacional de compostaje*. Obtenido de Universidad nacional de Costa Rica: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/10/15/un-total-de-20-composteras-en-las-sedes-de-la-ucr-logran-reducir-la-basura-en-un-50.html>
- Congreso de la Republica - Perú. (2000). *Ley General de los Residuos Sólidos*.
- Congreso de la Republica - Perú. (Abril de 2005). *Ley General del Ambiente*. Obtenido de Leyes Congreso: <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Congreso de la República. (15 de Octubre de 2005). *Ley General del Ambiente - Ley N° 28611*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Congreso de la República. (s.f.). *Código Penal - Delitos ambientales*. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/T%C3%ADtulo-XIII-del-C%C3%B3digo-Penal_-Delitos-Ambientales.pdf

- Congreso de la República. (s.f.). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446*.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental - Ley N° 27446*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27446.pdf>
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales-LEY N° 26821*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26821.pdf>
- Control Ambiental. (11 de Setiembre de 2010). *Control Ambiental*. Obtenido de <http://controlambientaluraba.blogspot.com/2010/09/>
- Cuadros, S. (2008). *Compostaje y Biometanización*. Escuela de Negocios.
- Cucharon. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432164944-cucharon-de-despacho-2-kg-_JM#position=16&type=item&tracking_id=5f0ddb9a-3217-4602-a826-0fd390682236
- Davila Caruajulca, E. (2019). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost en el distrito de Rioja*. Chiclayo, Perú.
- El Peruano. (2022). *Diario Oficial El Peruano*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-modifica-el-decreto-legislativo-n-1-decreto-legislativo-n-1501-1866220-2/>
- El Peruano. (s.f.). *Diario Oficial El Peruano*. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-modifica-el-decreto-legislativo-n-1-decreto-legislativo-n-1501-1866220-2/>
- El Tiempo. (20 de Marzo de 2019). *El tiempo - El diario de Piura*. Obtenido de <https://eltiempo.pe/no-mas-basura-municipalidad-promueve-reciclaje-en-piura-rv/>
- Evaluación y Gestión Ambiental - Evagam S.A.C. (2013). *Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y no Municipal 2013*.
- Fondo Nacional del Ambiente - Perú. (2017). *FONAM*. Obtenido de FONAM Web site: <https://fonamperu.org.pe/residuos-solidos/#:~:text=Se%20considera%20residuos%20s%C3%B3lidos%20Cualquier,%C3%BAltimo%20caso%2C%20su%20disposici%C3%B3n%20final%2C>
- Gavilanes Montoya, A. V. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de una planta de compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos del camal de la ciudad e Riobamba*. Riobamba.
- Gobierno del Perú. (2022). *Gobierno del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/51892-peru-limpio-en-el>
- Gobierno Regional de Piura. (2016). *ANÁLISIS PROSPECTIVO REGIONAL (2016-2030)*. Piura.
- Gordillo, F., & Chavez, E. (2017). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. Escuela superior politecnica del litoral centro de investigación científica y tecnológica, Guayaquil. Obtenido <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>
- Harir, A. I., Kasim, R., & Ishiyaku, B. (2015). Resource Potentials of Composting the Organic Wastes Stream from Municipal Solid Wastes Compositions Arising in Nigerian Cities. *Journal of Geoscience and Environment Pro-tecton*, 3, 10-15. doi:<http://dx.doi.org/10.4236/gep.2015.34002>

- INEI. (2017). *Compendio Estadístico - PIURA*. Piura : Institucion Nacional de Estadistica e informatica.
- Instituto de Estrategias del Medio Ambiente Global. (2010). *Programa para la reducción de residuos mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por el sistema KitaQ*. Obtenido de https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf
- Instituto Nacional de Normalización - Chile. (2003). *Compost - Clasificación y requisitos*. Obtenido de <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización. (Febrero de 2022). *INGEA - Ingeniería y Gestión Ambiental*. Obtenido de <https://www.ingeachile.cl/normativa.htm>
- Llive Patiño, P. D. (2017). *Formulación y obtención para aplicación del compost a partir de residuos de tallos y pétalos*. Quito.
- López Bravo, E., Andrade Rivera, A. J., Herrera Suárez, M., Gonzalez Cueto, O., & García de la Figal Costales, A. (2017). *Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la*. doi:<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n3/cag07317.pdf>
- Machete. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-444076486-machete-espada-con-mango-super-confort-ppn-de-24-bellota-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=945f2c95-be20-46a3-9e0a-c9f891df39a4
- Martines Suavis, M., & Pion Salas, C. (2010). *Diseño y plan de gestión para el montaje de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos en el relleno sanitario La Paz, ubicado en el municipio de Turbana*. Cartagena de Indias.
- Martinez Carbajal, A. (2004). *Planeacion estrategica de la planta*. San Nicolar de la Garza.
- Mendoza Juarez, M. A. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados por la Universidad de Piura*. Piura.
- Ministerio de Ambiente. (2016). *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016 - 2024*.
- Ministerio del Ambiente . (Mayo de 2020). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de Gob.Pe: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/579467-recomendaciones-para-el-manejo-de-residuos-solidos-durante-la-epidemia-de-covid-19>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de Accion Ambiental*. Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Módulo 2: Residuos y áreas verdes*. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Plan Nacional de Gestión Integral de residuos sólidos*. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-residuos-solidos>
- Municipalidad Provincial de Sullana. (2019). *ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. SULLANA*. Obtenido de <http://sialsullana.regionpiura.gob.pe/documentos/repositorio/phpIIXMe7.PDF>

- Muther, R. (1970). *DISTRIBUCION DE PLANTA*. Barcelona, España: Hispano Europea. Recuperado el enero de 2021
- Organización Panamericana de la Salud. (1999). *Manual para la elaboración de Compost - Bases conceptuales y procedimientos*. Recuperado el 14 de Setiembre de 2020, de <http://ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/compost.pdf>
- Palana. (2021). *Plaza Vea*. Obtenido de https://www.plazavea.com.pe/pala-recta-basica-53893/p?gclid=CjwKCAiAr6-ABhAfEiwAD04sfZV_I3UWK_u8Dv-bd916coyzotYSVeix-agxUge8n2eLmCLA07lMWxoC2loQAvD_BwE
- Peña, E., Carrión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2002). *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana*. La Habana, Cuba: INIFAT - Grupo Nacional de Agricultura Urbana.
- PH meter. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-442189417-medidor-4-en-1-conductividad-solidos-totales-ph-metro-temp-_JM#position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=a8418e1b-037c-40ec-8a2b-8bb530dd5bf8
- Pulverizador. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-440589813-pulverizador-rociador-fumigador-a-presion-3-litros-capacidad-_JM
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor - Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile, Chile.
- Salazar Arce, T. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, 84.
- SENACE. (2012). Decreto N° 016-2012-AG.
- Soto, G., & Muñoz, C. (2002). *Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica*. Costa Rica.
- Talledo, J. (2012). *Universidad de Piura*. Obtenido de Universidad de Piura: <https://www.udep.edu.pe/hoy/2012/05/iv-foro-de-universidades-sobre-gestion-ambiental-sera-en-la-udep/>
- Termocupla. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432414314-termocupla-tipo-t-con-mini-conector-t-_JM#position=5&type=item&tracking_id=533eff02-9ae4-46eb-81c0-4cdc55b347d4
- Torres, R., Acosta, Á., & Chinchilla, C. (2004). *Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera*. Quepos: PALMAS.
- Triturador manual. (2021). *Mercado Libre*. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-439351155-maquina-manual-picadora-d-papas-al-hilo-ollucos-y-rabanito-_JM#position=18&type=item&tracking_id=0388c971-e201-4dd7-9a98-1f2498a62477
- Universidad de Piura. (13 de Enero de 2021). *UDEP*. Obtenido de Universidad de Piura: <http://udep.edu.pe/conocelaudep/mision-vision/>
- Universidad de Piura. (Enero de 2022). *Weather Station at "Universidad de Piura", Piura, Perú*. Obtenido de <https://2020.udep.edu.pe/met/>
- Varela, S., & Basil, G. (2011). *Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales*, de Varela, S., Basil, G., 2011.

Apéndices



Apéndice A. Sesión de entrevista

I. Datos informativos

Área	Tesis “Diseño de una planta piloto de compostaje para el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en la Universidad de Piura”
Tesistas	Bach. Ayala Sullón, Bryan Luigi. Bach. Lachira Prado, Aileen Sofia.
Asesora	Mgtr. Fernández Curay, Roxana.
Nombre de la herramienta	Entrevista con expertos.
Título de la entrevista	Proceso de compostaje

II. Objetivo

General

La presente entrevista se realiza con la finalidad de poder obtener conocimientos que resulten de gran aporte para el desarrollo de la presente tesis, de manera que validen las hipótesis planteadas por los tesistas.

Específicos.

- Validación de la distribución de las áreas.
- Validación del flujo de proceso.
- Validación del proceso del compostaje.
- Validación de las características estructurales idóneas para cada área.
- Validación de la formulación de los protocolos.

III. Secuencia de la entrevista

Criterio de la entrevista	Preguntas/ objetivos	Tiempo
INICIO Proceso de compostaje	1. A través de su trayectoria profesional, ¿Puede hablarnos acerca de su experiencia en temas de compostaje? Objetivo: Analizar la trayectoria profesional de los entrevistados en temas de compostaje, según sus años de experiencia, nivel de estudios y ocupación actual. 2. ¿Nos puede explicar para Usted cómo define el proceso de compostaje? ¿Cuáles son sus etapas? Objetivo: Definir el proceso de compostaje usado en cada planta visitada, así como sus etapas, de manera que podamos compilar todo el proceso y obtener un modelo a replicar en la planta piloto de compostaje en la Universidad de Piura. 3. ¿Qué residuos orgánicos se pueden y no se pueden compostar? Objetivo: Clasificar los residuos sólidos orgánicos que mejor resultados brindan al momento de realizar compostaje, así como extraer de los entrevistados aquellos insumos perjudiciales para nuestro proceso de compostaje. 4. ¿Cuánto tiempo dura el proceso de compostaje, a su juicio dicho proceso de que parámetros depende? Objetivo: Determinar cuál es el tiempo y parámetros del proceso de compostaje de acuerdo con el método utilizado por cada entrevistado en base a su experiencia. 5. ¿A lo largo de su trayectoria profesional cuál es el método de compostaje que más ha utilizado indicando el porqué de su elección? Objetivo: Determinar cuál es el método de compostaje que más han utilizado los entrevistados en base a su experiencia y el porqué de su elección.	15 min

	6. ¿Qué método exitoso aparte del que usted usa, conoce? ¿Este método podría dar resultado en su localidad, a que se debe su éxito en otros lugares y en Perú no? ¿Le gustaría que se investigue? Objetivo: Conocer cuáles son los métodos exitosos de compostaje que conocen los entrevistados, sus limitaciones y razones de éxito para poder tener una base de métodos a investigar en un futuro.	
Desarrollo Diseño de planta Parámetros Normativa Protocolos	7. ¿A su criterio si tuviera que diseñar una planta de compostaje, ¿cuáles son las áreas importantes que se deben tomar en cuenta en un proceso de compostaje? Por ejemplo: área de recepción, área de compostaje, área de trituración, etc. Objetivo: Analizar las áreas más importantes mencionadas por cada entrevistado de manera que podamos realizar una distribución de planta optima con las principales áreas adecuadas al espacio disponible. 8. ¿Cuál es el área que más atención requiere el proceso de compostaje? Objetivo: Conocer cuál es el área más importante dentro del proceso de compostaje ya que toda la distribución de la planta piloto de compostaje debe estar muy relacionada con esta área. 9. ¿Qué características estructurales debería tener una planta piloto de compostaje? Objetivo: Conocer cuáles son las características estructurales más importantes según el criterio de los entrevistados para poder considerar estas características en la planta piloto de compostaje 10. ¿Cuáles son las mayores incidencias del proceso de compostaje y cuáles son los pasos a seguir para solucionarla? Objetivo: Conocer cuáles han sido las mayores incidencias que han tenido los entrevistados durante el proceso de compostaje y cuáles pasos han seguido para solucionarlas, para poder realizar acciones preventivas ante cada situación. 11. ¿Cuáles son los indicadores de producción que manejan en el proceso de compostaje? Por ejemplo: rendimiento de la materia prima, tiempo de proceso, temperatura, olor, etc. Objetivo: Definir los indicadores de producción que maneja cada entrevistado en las distintas plantas de compostaje visitadas, de manera que podamos realizar los protocolos de producción necesarios. 12. ¿Cuáles son los parámetros de calidad en una evaluación de compostaje y cuál es el más importante para usted? Objetivo: Definir los parámetros de calidad usados por los entrevistados para poder realizar los protocolos de calidad y conocer la importancia de cada uno 13. ¿Conoce alguna normativa vigente para la calidad del compostaje? ¿Cuál? Objetivo: Obtener de cada entrevistado su conocimiento normativo respecto al compost y sus respectivos parámetros.	35 min

Cierre Contexto y situación	14. ¿Cuáles son los beneficios del compost a nivel ambiental, económico y agrícola? Objetivo: Conocer y clasificar los beneficios a nivel ambiental, económico y agrícola que a criterio de los entrevistados presenta el proceso de compostaje. 15. ¿Realizar compostaje podría ayudar a luchar efectivamente contra la contaminación ambiental? Objetivo: Determinar según el criterio de los entrevistados si el proceso de compostaje ayuda a luchar efectivamente contra la contaminación ambiental. 16. ¿Cuál es la predisposición de las autoridades y directivos de las empresas en temas de compost? Objetivo: Conocer la predisposición que tienen las autoridades y directivos de las empresas en temas del compostaje. 17. ¿Cuáles son las dificultades que encuentra en la sociedad peruana para realizar compost? Objetivo: Analizar las dificultades que presenta la sociedad peruana para realizar compost en base a la percepción de los entrevistados.	10 min
---	--	---------------



Apéndice B. Check List de separación de residuos sólidos

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO SEPARACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se han verificado los puntos de separación de los residuos sólidos dentro de la cafetería de la Universidad de Piura?				
2	¿Están los depósitos correctamente identificados con su respectivo color y leyenda?				
3	¿Los trabajadores de la cafetería relacionan el residuo con el depósito correspondiente?				
4	¿Se encuentran los residuos mezclados al momento de su recolección?				
5	¿Se realiza la separación de los residuos mediante bolsas plásticas?				
RECOMENDACIONES					
1					
2					
3					
4					

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice C. Check List de recolección de residuos sólidos orgánicos

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y DESINFECCIÓN DE VEHÍCULO	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se realiza la recolección de los residuos en los horarios establecidos?				
2	¿Los residuos sólidos están depositados correctamente?				
3	¿Se han sacado las bolsas plásticas que contienen los residuos sólidos orgánicos de los depósitos?				
4	¿Se han depositado las bolsas plásticas en los vehículos?				
5	¿Se han trasladado los residuos sólidos orgánicos por las rutas de transportes establecidas?				
6	¿Se realizó la limpieza y desinfección del vehículo de transporte?				
7	¿Se realizó el pesaje al momento de realizar la descarga?				
RECOMENDACIONES					
1					
2					
3					
4					

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice D. Check List de inspección de recepción

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO INSPECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA DE RECEPCIÓN	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se descarga correctamente los residuos sólidos orgánicos en la mesa metálica?				
2	¿Se identificaron residuos sólidos inorgánicos?				
3	¿Los residuos inorgánicos han sido pesados?				
4	¿Los residuos sólidos inorgánicos han sido segregados correctamente?				
5	¿Los residuos sólidos orgánicos continúan el flujo de proceso para su compostación?				
RECOMENDACIONES					
1					
2					
3					
4					

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice E. Check List de inspección de triturado

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO TRITURADO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Los residuos orgánicos tienen la dimensión necesaria para pasar por el triturador?				
2	¿Se hizo uso de un machete para dimensionar los residuos antes de pasar por la trituradora?				
3	¿Se realizó la trituración de los residuos sólidos orgánicos?				
4	¿Se inspeccionaron los residuos sólidos orgánicos para verificar la correcta trituración?				
5	¿Los residuos sólidos orgánicos fueron pesados posterior a la trituración?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice F. Check List para la disposición de los residuos triturados

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO DISPOSICION DE RESIDUOS TRITURADOS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se realizo el dimensionamiento del área donde se formarán el compostaje?				
2	¿Se inspecciono el área de compostaje antes de colocar los residuos sólidos orgánicos a compostar?				
3	¿Se colocaron correctamente los residuos sólidos orgánicos en el lugar de compostaje?				
4	¿Se realizo una correcta formación de las pilas composteras?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice G. Check List para el tamizaje del producto terminado

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO DISPOSICION DE RESIDUOS TRITURADOS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se ha realizado el método del puño en cada pila de compostaje?				
2	¿Se ha verificado culmino del proceso de compostaje en cada pila?				
3	¿Se ha retirado cualquier objeto extraño en el compost?				
4	¿Se ha preparado la malla de tamizaje de acuerdo con la granulometría deseada?				
5	¿Se ha tamizado el compost de acuerdo con la granulometría deseada?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice H. Check List para el almacenamiento del producto terminado

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO DE ALMACENAMIENTO	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se ha pesado el producto terminado para ser ingresado al área de almacenamiento?				
2	¿Se ha depositado el producto terminado en el contenedor adecuado?				
3	¿Se ha colocado el pallet en el primer nivel para evitar la contaminación cruzada?				
4	¿Se ha etiquetado cada contenedor con la fecha de elaboración y se ha realizado una correcta codificación?				
5	¿Se ha registrado el contenedor al momento de ingreso al área de almacenamiento?				
6	¿Se ha despachado lo contenedores que tiene mayor número de días de almacenamiento?				
7	¿Se ha realizado el registro de despachos?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice I. Check List para la toma de datos durante el proceso de compostaje

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO TOMA DE DATOS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se voltearon las pilas de compostaje?				
	COMENTARIO	RESPUESTA			Observaciones
2	¿Cada cuánto tiempo se voltean las pilas de compostaje?				
	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
3	¿Se irrigaron las pilas de compostaje?				
	COMENTARIO	RESPUESTA			Observaciones
4	¿Cada cuánto tiempo se irrigan las pilas?				
	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
5	¿Se extraen muestras durante el proceso de compostaje?				
	COMENTARIO	RESPUESTA			Observaciones
6	¿Cada cuánto tiempo se extraen las muestras?				
RECOMENDACIONES					
1					
2					
3					
4					

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice J. Chet list para el protocolo de seguridad

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO DE SEGURIDAD	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se compraron los EPP necesarios para cada operación del proceso de compostaje?				
	¿El personal usa EPP durante el proceso de compostaje como:				
2	• Guantes				
3	• Lentes				
4	• Mascarilla				
5	• Ropa gruesa (Pantalón jea y polera)				
6	• Zapatos cerrados.				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice K. Check list para la limpieza de áreas

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO LIMPIEZA DE ÁREAS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se limpiaron las áreas de la planta piloto de compostaje?				
2	¿se limpiaron las áreas libres entre cada pila de compostaje?				
3	¿Se ha realizado la correcta disposición de los desechos recolectados?				
4	¿Cada contenedor tiene una bolsa plástica?				
5	¿Cada contenedor esta se encuentra en su sitio?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice L. Check list para la limpieza de herramientas

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿El personal realiza la limpieza con los EPPs correspondientes?				
2	¿Se ha preparado la solución desinfectante?				
3	¿Se realizó la limpieza de las herramientas con un trapo humedecido?				
4	¿Se secaron las herramientas para evitar la formación de hongos?				
5	¿Se realizó una revisión visual de la herramienta para detectar residuos?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice M. Check list para la trazabilidad de muestras

"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ"	
PROTOCOLO LIMPIEZA DE TRAZABILIDAD DE MUESTRAS	
ENCARGADO	
FECHA	
N° DE PROTOCOLO	

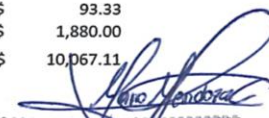
Item	COMENTARIO	Si	No	N/A	Observaciones
1	¿Se tomaron muestras durante y al final del proceso de compostaje?				
2	¿Se codifico cada muestra relacionada con cada proceso de compostaje?				
3	¿Se envió la muestra obtenida a analizar al laboratorio?				
4	¿Se guardaron las muestras en el almacén de producto terminado?				

RECOMENDACIONES	
1	
2	
3	
4	

FIRMA	
NOMBRE	

Apéndice N. Planta piloto de compostaje

PLANTA PILOTO DE COMPOSTAJE				
Presupuesto Obra				
Rubros	Unid	Cant	Precio Unitario	Precio Parcial
TRABAJOS PRELIMINARES				
LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	100	\$ 0.36	\$ 36.00
TRAZO, NIVELACIÓN Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	100	\$ 0.93	\$ 92.53
ESTRUCTURAS				
EXCAV. ZANJAS Y ZAPATAS Cap <=1.00 kg/cm2 H <=2.00 M	m3	10.74	\$ 12.50	\$ 134.29
ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	10.74	\$ 3.13	\$ 33.57
ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE ACARREADO	m3	10.74	\$ 6.40	\$ 68.71
OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
SOLADO e=4", 1:2 CEM/HORM	m2	0.9	\$ 9.73	\$ 8.75
CIENTOS CORRIDOS 1:0 + 30 % P.G. f'c >=100Kg/cm2	m3	6.24	\$ 70.71	\$ 441.21
CONTRAPISO DE 40 mm	m2	63.14	\$ 8.53	\$ 538.29
OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
ZAPATAS			\$ -	\$ -
ZAPATAS - CONCRETO f'c=210 Kg/cm2	m3	4.5	\$ 139.46	\$ 627.56
ZAPATAS- ACERO Fy=4200Kg/cm2	kg	75.73	\$ 1.59	\$ 120.16
SOBRECIMIENTO				
SOBREC. REF. CONCRETO Fc=175 kg/cm2	m3	3.27	\$ 134.46	\$ 439.49
SOBREC. REF. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	33.21	\$ 14.77	\$ 490.35
SOBREC. REF.- ACERO Fy=4200 kg/cm2	kg	483.06	\$ 1.59	\$ 766.45
COLUMNAS				
COLUMNAS - CONCRETO 210 KG/CM²	m3	1.57	\$ 139.46	\$ 218.95
COLUMNAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	25.2	\$ 17.69	\$ 445.87
COLUMNAS.- ACERO Fy=4200 kg/cm2	kg	333	\$ 1.59	\$ 528.36
ARQUITECTURA				
MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA			\$ -	\$ -
MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M:1:4 E=1.5 cm	m2	100.08	\$ 18.01	\$ 1,802.51
CARPINTERIA DE MADERA				
PUERTA 1x2.10 cm Pino Natural	u	1	\$ 48.00	\$ 48.00
PUERTA 2x2.10 cm Pino Natural	u	1	\$ 96.00	\$ 96.00
INSTALACIONES ELECTRICAS				
SALIDA DE TECHO (CENTRO DE LUZ)	pto	7	\$ 1.33	\$ 9.33
Pack x4 Focos LED Ecohome 12w E27 Luz Cálida	u	2	\$ 5.84	\$ 11.68
INTERRUPTOR DE 01 GOLPE	pto	7	\$ 5.14	\$ 36.01
CONDUCTOR TIPO NH-80 2-1x10 + 1x10(N) + 1x10(P.T.)	m	32.07	\$ 3.53	\$ 113.23
TUBERIA PVC-P 25mm	m	32.07	\$ 2.13	\$ 68.16
TABLERO Y CUCHILLAS				
T.G.	u	1	\$ 179.05	\$ 178.93
T.D	u	1	\$ 48.00	\$ 48.00
INSTALACIONES SANITARIAS				
APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS			\$ -	\$ -
SUMINISTRO E INSTALACION DE LAVADERO 1 POZA	u	1	\$ 24.00	\$ 24.00
SISTEMA DE DESAGUE				
SALIDA DE DESAGUE 4"	pto	1	\$ 22.95	\$ 22.95
TUBERIA PVC-SAL 4"	m	7.77	\$ 8.31	\$ 64.60
REGISTROS DE BRONCE DE 4"	pza	1	\$ 14.70	\$ 14.70
CAJA DE REG. 30x60 C/TAPA CONCRETO	u	1	\$ 18.53	\$ 18.53
SUMIDEROS DE C/ REJILLA DE 2"	pza	1	\$ 3.17	\$ 3.17
SISTEMA DE AGUA FRIA				
SALIDA DE AGUA FRIA PVC	pto	1	\$ 16.28	\$ 16.28
TUBERIA PVC CLASE 10 - 1"	m	13.58	\$ 2.51	\$ 34.11
CUBIERTA				
TECHO TRAPEZOIDAL PV4 1.05m X 3.60m 0.30 mm	u	11	\$ 26.64	\$ 293.04
BARRAS HUECAS DE SECCIÓN RECTANGULAR	u	12	\$ 26.67	\$ 320.00
MANO DE OBRA				
MAESTRO DE OBRA	u	1	\$ 32.00	\$ 32.00
OBREROS	u	5	\$ 18.67	\$ 93.33
DURACIÓN DE LA OBRA	u	15	\$ 125.33	\$ 1,880.00
COSTO TOTAL			\$ -	\$ 10,067.11


Mario Jean Marco Mendoza Casero
ARQUITECTO
CAP 24483

Anexos



10 Métodos de ensayos

10.1 Determinación de microorganismos contaminantes

La determinación de los microorganismos contaminantes incluidos en esta norma se debe efectuar de acuerdo a los métodos que se indican a continuación, teniendo en cuenta que los resultados se deben referir a valores totales en peso, base seca.

10.1.1 Preparación de muestras

Para la preparación de las muestras sólidas, previo a los análisis para coliformes, *salmonella*, huevos de helminto y virus MS-2, se debe aplicar el método establecido por FDA, Bacteriological Analytical Manual (BAM).

10.1.2 Análisis de coliformes fecales

Para los análisis de coliformes fecales se debe aplicar alguno de los métodos siguientes:

- a) NCh2313/22.
- b) NCh2313/23.

10.1.3 Análisis de *salmonella*

Para los análisis de *salmonella* se debe aplicar el método 9260 D. P.9-97 APHA. AWWA. WEF.

10.1.4 Determinación de huevos de helmintos

Para el análisis de huevos de helminto se debe aplicar el método EPA 600/1-87-014.

10.1.5 Determinación de virus

Para la determinación de virus MS-2 se debe aplicar el método ASTM D 4994.

10.2 Determinación de compuestos volátiles

10.2.1 Determinación de olores

Para la determinación de olores se debe utilizar el método TMECC 05.06.

10.3 Determinación de parámetros físico químicos

10.3.1 Determinación de humedad

Para la determinación del contenido de humedad se debe utilizar el método TMECC 03.09.

10.1.1 Determinación de la capacidad de humectación

Para la determinación de la capacidad de humectación del compost se debe utilizar el método establecido en Appendix D de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.2 Determinación de madurez del compost

Para la determinación de madurez del compost se debe aplicar el método 14, 8-15 establecido en Compost Science.

10.1.3 Determinación de impurezas

Para la determinación de impurezas tales como vidrios, metal y plásticos duros, se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

TMECC 03.06, 03-06-A, 03.05 y 03.05-A.

10.1.4 Determinación de tamaño de partículas

Para la determinación del tamaño de partículas se debe utilizar el método establecido en Appendix F de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.5 Determinación de conductividad eléctrica

Para la determinación de conductividad eléctrica se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

TMECC 04.10, TMECC 04.10-A 1:5 o TMECC 4.10-B 1:5.

10.1.6 Determinación de pH

Para la determinación del pH se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Suspensión y determinación potenciométrica. SW 846, Métodos 9040B y 9045C.

10.1.7 Determinación del contenido de materia orgánica

Para la determinación de materia orgánica se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

TMECC 05.07, TMECC 05.07-A, TMECC 05.07-B.

10.1.1 Determinación de Carbono Orgánico Total (COT)

Para la determinación del contenido de carbono orgánico total se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

SW-846 Método 9060. TMECC 04.01. TMECC 04.01-A.

10.2 Determinación de macronutrientes

10.2.1 Determinación de nitrógeno total

Para la determinación de nitrógeno total se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

ASA. *Methods of analysis*. ASA *Methods of soil analysis*. TMECC 04.02-D.

10.2.2 Determinación de nitrógeno disponible

Para la determinación de nitrógeno disponible se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

ASA. *Methods of analysis*. ASA *Methods of soil analysis*.

10.2.3 Determinación de fósforo total

Para la determinación de fósforo total se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

ASA. *Methods of analysis*. ASA *Methods of soil analysis*. TMECC 04.03-A.

10.2.4 Determinación de fósforo disponible

Para la determinación de fósforo disponible se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

Método 6.1 Sociedad Chilena de Ciencia del Suelo. ASA *Methods of analysis chemical and microbiological properties*.

10.2.5 Determinación de potasio disponible

Para la determinación de potasio disponible se debe utilizar alguno de los métodos siguientes:

Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Método 4.1. ASSA *Methods of soil analysis*. ASA.

Methods of analysis chemical and microbiological properties. TMECC 04.04-A total potassium.

10.1 Determinación de elementos menores

10.1.1 Determinación de calcio total

Para la determinación del contenido de calcio total se debe utilizar el método establecido en Appendix C de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.2 Determinación de magnesio total

Para la determinación del contenido de magnesio total se debe utilizar el método establecido en Appendix C de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.3 Determinación de sodio total

Para la determinación del contenido de sodio total se debe utilizar el método establecido en Appendix C de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.4 Determinación de boro total

Para la determinación del contenido de boro total se debe utilizar el método establecido en Appendix C de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.5 Determinación de magnesio total

Para la determinación del contenido de magnesio total se debe utilizar el método establecido en Appendix C de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.2 Determinación de compuestos

10.2.1 Determinación de carbonatos

Para la determinación del contenido de carbonatos totales se debe utilizar el método establecido en Appendix G de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.3 Determinación de metales pesados (arsénico, cadmio, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, plomo y zinc)

Para determinar metales pesados se debe utilizar NCh2746, o equivalente.

10.1 Otros métodos

10.1.1 Determinación de toxicidad en plantas

Para la determinación de la toxicidad a las plantas se debe usar alguno de los métodos siguientes:

OECD Growth test 208. Appendix E de *Australian Standard Compost, Soil Conditioners and Mulches*.

10.1.2 Determinación de germinación de malezas

Para la determinación de germinación de malezas se debe aplicar método aprobado por el Servicio Agrícola Ganadero.

Nota. Adaptado de (Instituto Nacional de Normalización - Chile, 2003)

Anexo B. Recomendaciones para el manejo de residuos sólidos durante operaciones y procesos de residuos sólidos

5.1 Recomendación para la recolección y transporte de residuos sólidos

Las operaciones de recolección y transporte de los residuos sólidos deben cumplir con lo establecido en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento.

A. Acciones previas a la recolección y transporte de residuos sólidos

- Las municipalidades o EO-RS deben implementar prácticas preventivas para evitar la transmisión del COVID-19 en su personal. Dichas prácticas se presentan en el Anexo del presente documento.
- Las municipalidades o EO-RS deben identificar y evaluar aquellos horarios y frecuencia de recojo de residuos sólidos domiciliarios, comerciales, especiales, entre otros, a fin de que la operación de recolección y transporte de residuos sólidos no se dificulten con los horarios de restricción establecidos por el Gobierno Nacional. De presentar inconvenientes, dichos horarios y frecuencia deben replantearse, siempre que las municipalidades o las EO-RS cuenten con capacidad operativa para hacerlo, debiendo realizar una campaña de difusión para comunicar a los vecinos sobre dicho cambio.
- Las municipalidades o EO-RS a cargo de las operaciones deben designar a un responsable para la dotación de los EPP y su recambio cuando sea necesario.
- Para el desarrollo de las operaciones se debe verificar que se cuenta con:
 - (i) herramientas (escoba de paja, metálica y/o lampa) y mantas (si fuera necesario) u otros que faciliten la operación de recolección;
 - (ii) EPP; e,
 - (iii) insumos de limpieza y desinfección personal por cada vehículo de recolección.
- Todos los materiales deben ser requeridos con anticipación y contar con un inventario en el almacén (kardex); esta verificación deberá quedar consignada en un documento de registro. La entrega de estos materiales deberá ser consignada en un documento de registro, de uso exclusivo del personal asignado, este registro debe estar actualizado y debidamente llenado, bajo responsabilidad.
- Las municipalidades que cuentan con instalaciones o espacios (lugar donde se resguardan las unidades) para el lavado de sus vehículos, deben verificar que se encuentren implementados⁹ (camión cisterna o hidro-lavadora o mochilas pulverizadoras, entre otros), operativos y contar con insumos de limpieza (agua, detergente, entre otros); además de incluir el proceso de desinfección de las unidades vehiculares con solución de hipoclorito de sodio (lejía) diluida al 1%¹⁰, esta labor debe ser realizada usando EPP, tales como guantes de jebe, mascarillas, lentes, protectores faciales, botas de jebe de caña alta e indumentaria impermeable apropiada.
- Asimismo, se debe verificar que en el lugar donde se resguardan las unidades vehiculares de recolección, se cuente con herramienta (escobillón), equipamiento (camión cisterna o hidro-lavadora o mochilas pulverizadoras) e insumos de limpieza (agua, detergente y solución de lejía al 1%) para realizar el lavado y desinfección de las unidades vehiculares que se utilicen en la recolección y transporte. Es importante que la lejía deba contar con autorización sanitaria de DIGESA. Esta labor debe ser realizada usando EPP, tales como, guantes de jebe, mascarillas, lentes, protectores faciales, botas de jebe de caña alta e indumentaria impermeable apropiada. Los implementos deben ser requeridos con antelación al desarrollo de las actividades, y ser almacenados en cantidades suficientes para evitar alguna interrupción del servicio. En caso de que el servicio de lavado y desinfección sea brindado por un tercero, la autoridad local debe verificar que se realice adecuadamente.

Se deben conformar los equipos de trabajo (operarios y conductores), los cuales deben ser capacitados para el correcto uso de sus EPP, así como en las medidas de prevención durante la recolección y cumplir con lo dispuesto en el artículo 60 del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Cabe precisar que el equipo de trabajo deberá

- contar con vacunas en caso de neumonía e influenza y otras requeridas para el tipo de trabajo a realizar.
- La municipalidad o EO-RS debe brindar un espacio con las condiciones mínimas necesarias para que el equipo se limpie y desinfecte antes y después de la jornada laboral.

A. Medidas durante la recolección y transporte de residuos sólidos

- Se debe verificar que los operarios y conductores cuenten con las herramientas, EPP, insumos de limpieza y desinfección personal en cada unidad vehicular, antes de iniciar sus labores en la zona de recolección. Además, se debe comprobar previamente que el vehículo cuente con el lavado y desinfección, tanto del exterior (carrocería), incluyendo la tolva o caja de compactación, como de su interior (cabina).
- Durante toda la operación en las zonas de trabajo, los operarios y conductores deben evitar tocarse los ojos, la nariz, la boca y el rostro. Los operarios deben recoger y mover las bolsas de residuos sólidos hacia el vehículo de recolección, pudiendo utilizar como ayuda una manta, a fin de evitar el contacto directo con los residuos.
- Los operarios deben minimizar la generación de polvo alrededor del residuo o suelo contiguo, y deben abstenerse en todo momento de abrir o romper la bolsa que contiene los residuos con el fin de prevenir la dispersión del COVID-19 por aerosoles. Los residuos que generen lixiviados deben ser recogidos cuidadosamente para evitar que los líquidos entren en contacto con los operarios o sean derramados en la vía.
- En caso de contar con un vehículo de compactación, se debe reducir al máximo el número de operaciones de compactación dado que estas pueden generar aerosoles y fluidos con presencia del COVID-19. Antes de realizar las actividades de compactación, el conductor debe dar aviso al resto de personal para que éste se aleje del vehículo por lo menos cinco (05) metros y permanezca a dicha distancia por un lapso de dos (02) minutos. Luego de la compactación, se debe proceder con la aplicación de solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 1% de dilución, o de acuerdo con la indicación del etiquetado del producto para desinfección, sobre la tolva del camión.
- En caso de realizar la recolección en vehículos como camiones baranda, volquetes¹¹, entre otros que no cuenten con el sistema de compactación, se deberá priorizar la disposición de personal adicional para realizar la recepción y acondicionamiento de las bolsas de residuos dentro de este. Se debe evitar en todo momento romper las bolsas y/o dispersar los residuos en la tolva del camión, con la finalidad de evitar el contacto directo con los residuos. Luego proceder con la aplicación de solución de hipoclorito de sodio al 1% de dilución, o de acuerdo con la indicación de desinfección del etiquetado del producto, sobre la tolva del camión cuando esta se encuentre a la mitad y totalidad de su capacidad.
- Concluida la recolección en las zonas de trabajo y antes de subir a la cabina del vehículo, los operarios deben aplicarse los insumos de limpieza y desinfección personal en los guantes, para no favorecer el surgimiento de una cadena de transmisión. Debe continuarse con el uso del EPP durante el transporte de los residuos sólidos hacia la planta de transferencia o lugar de disposición final. Ningún operario debe viajar en la tolva del vehículo.
- Asimismo, el personal debe cumplir con las disposiciones de seguridad, salud e higiene establecidas por el titular de la infraestructura donde se transfiere o disponen los residuos. Cabe precisar que, solo el personal necesario accederá al frente de trabajo de la infraestructura. Sin perjuicio de ello, se debe mantener el distanciamiento social y reducir al mínimo las interacciones con el personal de la infraestructura.
- Finalmente, la municipalidad o EO-RS a cargo de las operaciones coordinará con el titular de la infraestructura para que las boletas de pesaje generado en las citadas infraestructuras de residuos se remitan digitalmente, a fin de evitar la propagación del COVID-19.

A. Medidas para la limpieza y desinfección del equipamiento y vehículo

- Culminada la labor, el equipo de trabajo designado debe realizar el lavado con detergente y desinfección de las herramientas, equipamiento de las unidades vehiculares en el lugar donde se resguardan dichas unidades de recolección. En esta actividad, deben ser utilizados los productos antes mencionados, así como el EPP apropiado. La cabina del vehículo debe ser lavada y desinfectada usando paños de tela. En caso, que el lavado y desinfección sea tercerizado, la municipalidad debe verificar que se realice adecuadamente (tanto en la parte interna como externa del vehículo). Es importante que, para garantizar la adecuada desinfección, se realice previamente el correcto lavado de las unidades y la remoción de materia orgánica.
- Los operarios, conductores y el equipo de trabajo deben depositar los EPP de un solo uso en una bolsa de plástico, amarrarla con doble nudo y rociarla con una solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 0.5% de dilución o de acuerdo con la indicación de desinfección del etiquetado del producto, para su posterior disposición final. Por ningún motivo se deberán abrir las bolsas.
- Cabe precisar que, en la zona donde el personal realice su cambio, se tendrá habilitado un contenedor plástico con tapa donde se dispondrán las bolsas con los EPP de un solo uso.

5.2 Recomendaciones para el manejo de residuos sólidos durante la disposición final

Las operaciones de disposición final de los residuos sólidos deben cumplir con lo establecido en la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento.

A. Acciones previas a la disposición final de residuos sólidos

- Para realizar las operaciones referidas a la disposición final de los residuos sólidos en infraestructuras de disposición final como rellenos sanitarios, se deben considerar las orientaciones presentadas en el apartado A del numeral 5.1 del presente documento.
- Se debe verificar que no existan recicladores ni personas extrañas en la zona del relleno sanitario, caso contrario se deberá solicitar que se retiren.
- Se debe verificar que se cuenta con:
 - i) Herramientas (si fuera necesario) u otros que faciliten o complementen la operación de disposición final;
 - ii) Equipamiento mecanizado (tractor oruga, cargador frontal, camión volquete, entre otros);
 - iii) EPP, tales como, guantes, mascarillas con filtro de gases y vapores, casco, lentes de seguridad, calzado e indumentaria de trabajo apropiado; y
 - iv) Otros insumos, repuestos y accesorios, necesarios para realizar la operación continua, permanente y regular en el relleno sanitario.
- Todos los implementos y equipos deben ser requeridos con antelación o contar con un inventario en el almacén o mantenimiento del equipo. Esta verificación deberá quedar consignada en un documento de registro.
- Se debe cotejar que se cuente con insumos de limpieza y desinfección personal (solución de alcohol al 70% o alcohol gel al 70%), herramientas (escobillón, trapeadores, paños, entre otros), equipamiento (camión cisterna o hidro-lavadora o mochilas pulverizadoras u otros) e insumos de limpieza (agua, detergente y solución de hipoclorito de sodio al 1%) para realizar el lavado y desinfección de las superficies de las áreas, espacios e instalaciones, equipamiento, herramientas u otros que se utilicen para atender la demanda de residuos sólidos a disponer.
- El responsable de la dotación de los EPP también deberá coordinar la limpieza y desinfección de los diferentes ambientes del relleno sanitario.

Se deben identificar las vías, espacios, áreas e instalaciones de alto tránsito o concentración de personas, a fin de establecer el horario y frecuencia de la limpieza y desinfección de las mismas, tales como áreas administrativas, caseta de vigilancia, balanza o plataforma de pesaje, patio de maniobras, taller de maquinaria, entre otros. Se sugiere

- que la limpieza y desinfección se realice de forma diaria al finalizar las labores. Adicionalmente, se debe colocar señalética relacionada al uso obligatorio de EPP, aforo y distanciamiento social de dos (02) metros para evitar la propagación del COVID-19 de persona a persona, para lo cual se debe capacitar al personal para el correcto uso de sus EPP.
- Por otro lado, se debe conformar equipos de limpieza y desinfección de los ambientes, maquinaria, herramientas, entre otros. Esta labor debe ser realizada usando EPP, tales como, guantes de jebe, mascarillas, lentes, protectores faciales, botas de jebe de caña alta e indumentaria impermeable apropiada. En caso de que el servicio de lavado y desinfección sea brindado por un tercero, la autoridad local debe verificar que se realice adecuadamente.
- Asimismo, se debe capacitar a todo el personal en las medidas de prevención y propagación del COVID-19, durante el ingreso y recepción de los vehículos de recolección de residuos sólidos, la atención de personal externo al relleno sanitario, las labores en el frente de trabajo en la celda de disposición final.
- Es importante que se incida en evitar en todo momento el saludo por contacto físico, el contacto de las manos con los ojos, la nariz y la boca durante la prestación del servicio. Adicionalmente se recomienda no vestir o llevar puestos objetos como relojes, joyas, entre otros, porque facilitan la transmisión del virus; también es necesario que los operarios minimicen el uso de su celular durante la jornada de trabajo.
- De igual manera, la infraestructura debe contar con un ambiente destinado al vestuario del personal, para que el equipo se limpie y desinfecte antes y después de la jornada laboral, así como con servicios higiénicos.
- Cabe precisar que, todo el personal que labore en el relleno sanitario deberá contar con vacunas contra la neumonía e influenza.

A. Medidas para la limpieza y desinfección del equipamiento y vehículo

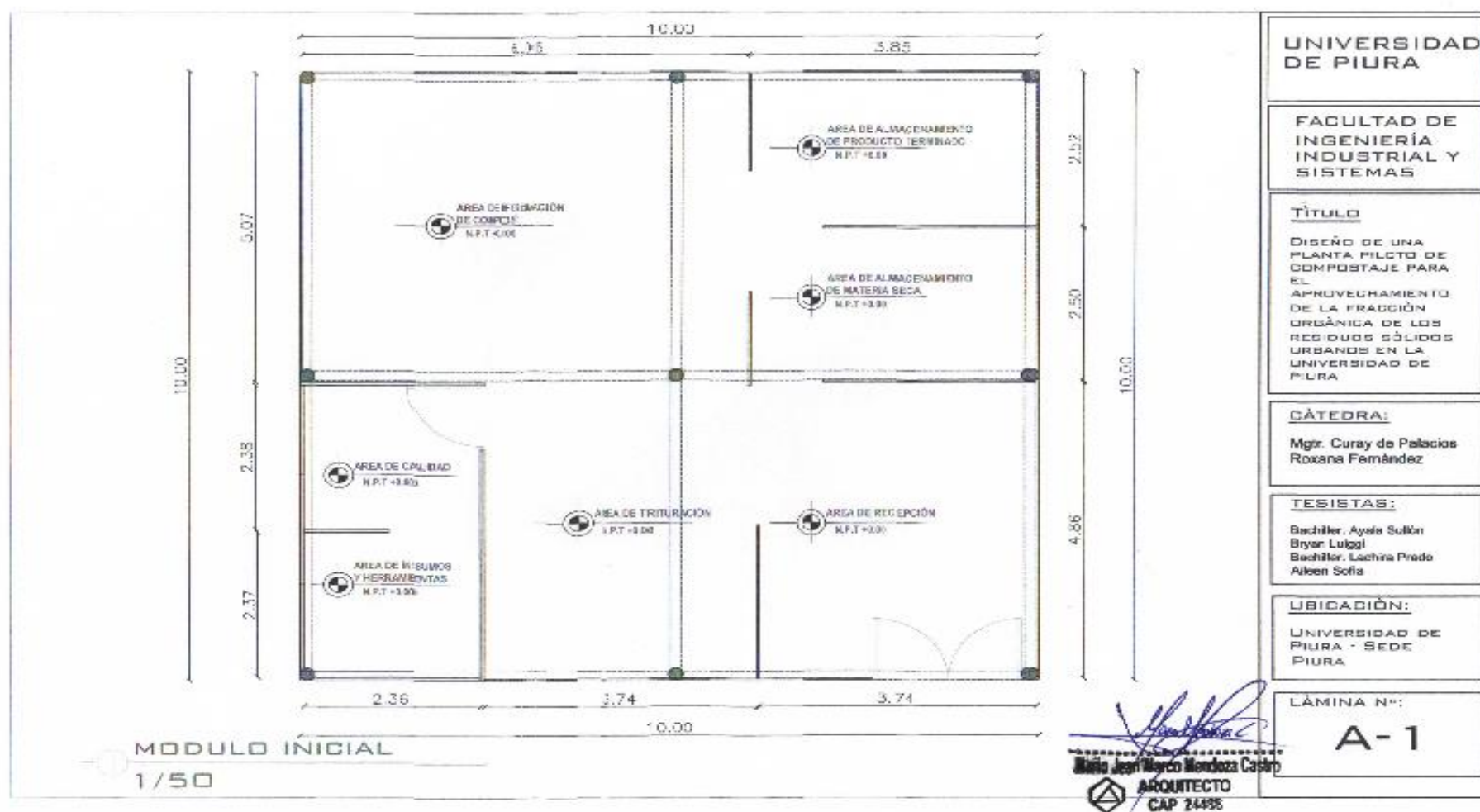
- Culminada la labor, el equipo de trabajo designado para realizar la operación de disposición final debe lavar el equipamiento, maquinarias (tanto la parte interna como externa) y herramientas utilizadas, con agua y detergente en la zona de lavado del relleno sanitario, para luego proceder con la desinfección de estos con solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 1%, la cual debe contar con autorización de la DIGESA.
- Se debe tener especial cuidado en el lavado del tren de rodamiento del camión oruga empleado para compactar o las llantas de los vehículos. De igual manera, se deberá proceder con la limpieza y desinfección de la cabina del vehículo, con especial énfasis en las zonas de contacto con los residuos, respetando los tiempos de contacto del desinfectante con la superficie. En esta actividad deben ser utilizados los EPP apropiados.
- Posteriormente, al final de la jornada se debe proceder con la higiene del personal operativo en el área habilitada para tales fines. En caso de no contar con dicho espacio, la municipalidad o la EO-RS, según sea el caso, deberá habilitar un ambiente especial para ello.
- Se procederá con el lavado y desinfección de los EPP reutilizables, empleando solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 0.5%; luego lavar con abundante agua para evitar que el hipoclorito residual debilite el material. En caso de que los EPP sean de un solo uso, los trabajadores deben depositarlos en una bolsa de plástico, amarrarla con doble nudo y rociarla con una solución de hipoclorito de sodio (lejía) al 0.5% de dilución o según con la dilución de desinfección del etiquetado del producto, para su posterior disposición final. Por ningún motivo se deberán abrir las bolsas.
- Cabe precisar que, en la zona donde el personal realice su cambio, se tendrá habilitado un contenedor con tapa donde se dispondrán las bolsas con los EPP de un solo uso.

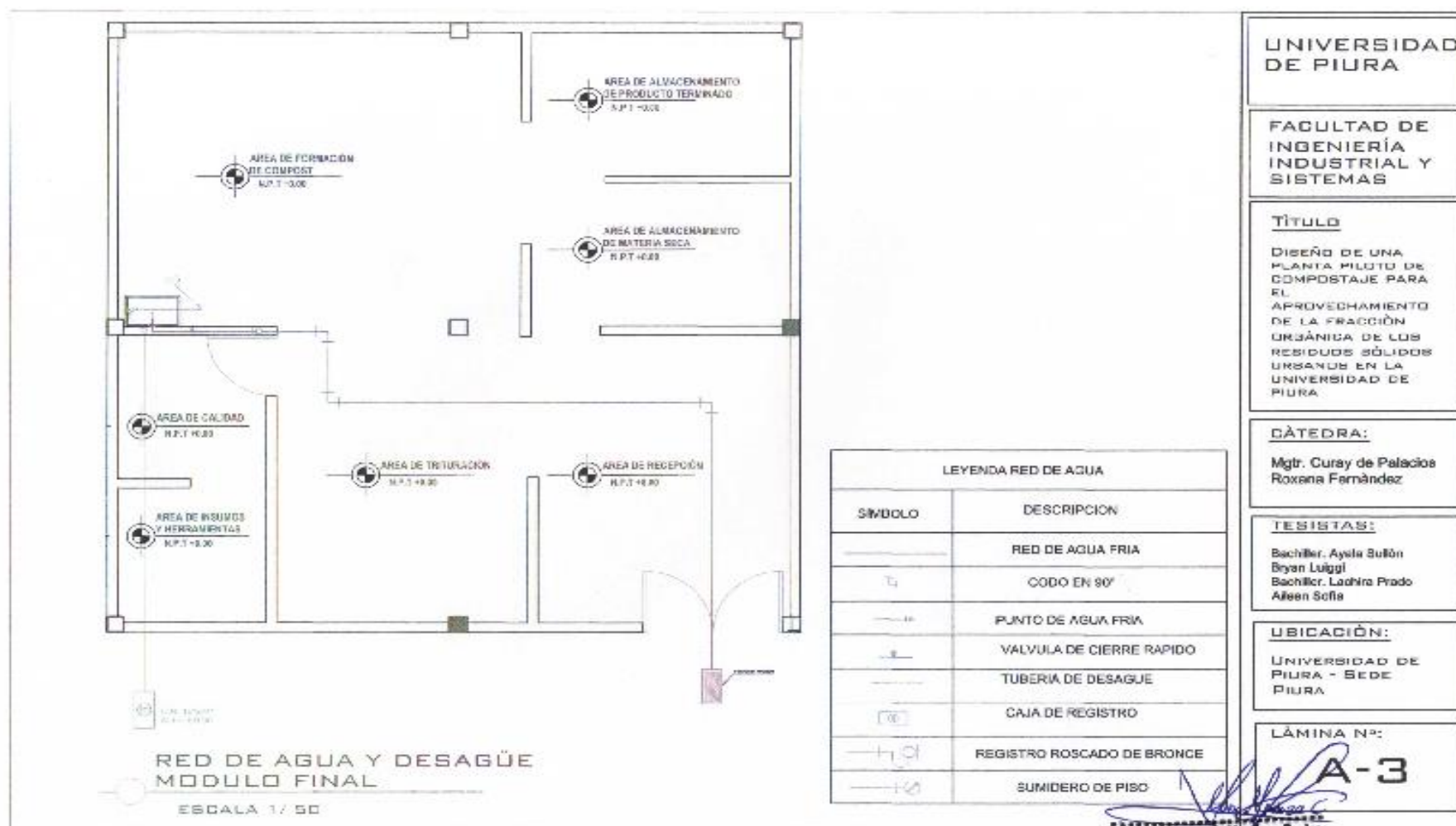
Nota. Adaptado de (Ministerio del Ambiente , 2020)

Planos



Plano A. Plano de la planta piloto de compostaje





UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE
INGENIERÍA
INDUSTRIAL Y
SISTEMAS

TÍTULO

DISEÑO DE UNA
PLANTA PILOTO DE
COMPOSTAJE PARA
EL
APROVECHAMIENTO
DE LA FRACCIÓN
ORGÁNICA DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN LA
UNIVERSIDAD DE
PIURA

CÁTEDRA:

Mgtr. Cury de Palacios
Roxana Fernández

TESTISTAS:

Bachiller, Ayala Sullón
Bryan Luiggi
Bachiller, Lashira Prado
Aileen Sofía

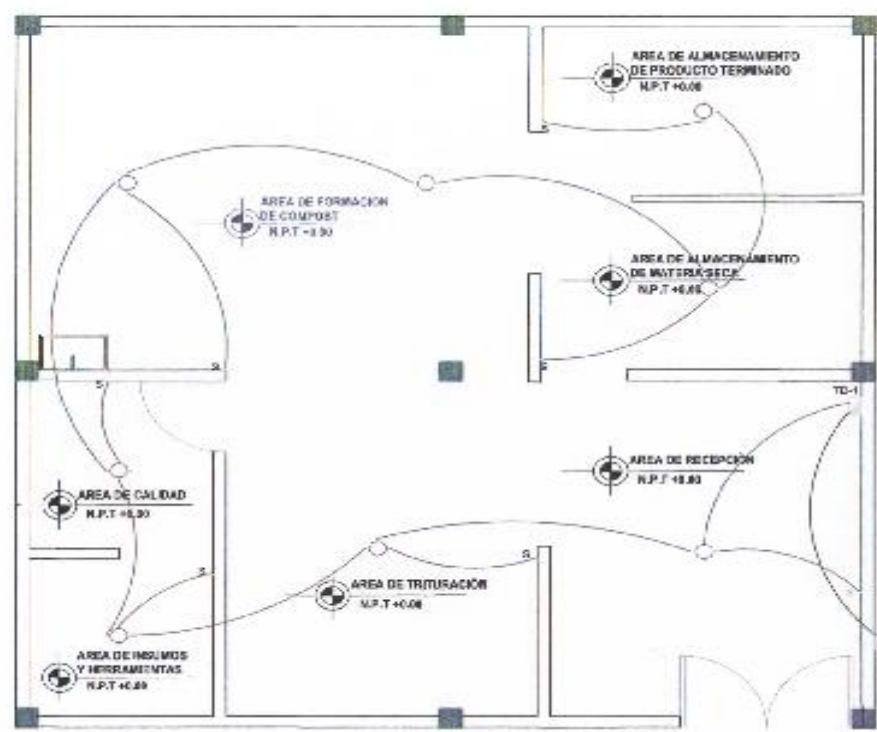
UBICACIÓN:

UNIVERSIDAD DE
PIURA - SEDE
PIURA

LÁMINA Nº:

A-3

Mario Jean Marco Mendoza Castro
ARQUITECTO
CAP 2448



RED DE ELECTRICIDAD
MODULO FINAL

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCION
	INTERRUPTOR EMPUJABLE POR TECHO Y/O PARED Y/O FISO (ENERGIA)
	CENTRO DE LUZ (BANCO O GENERAL)
	TAQUERO DE DISTRIBUCION ELECTICA
	UNIDAD PARA MEDICION DE LA RED

Mano Juan Marco Mendoza Castro
ARQUITECTO
CAP 24488

UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE
INGENIERÍA
INDUSTRIAL Y
SISTEMAS

TÍTULO
DISEÑO DE UNA
PLANTA PILOTO DE
COMPOSTAJE PARA
EL
APOVECHAMIENTO
DE LA FRACCIÓN
ORGÁNICA DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN LA
UNIVERSIDAD DE
PIURA

CÁTEDRA:
Mgr. Curay de Palacios
Roxana Fernández

TESISTAS:
Bachiller. Ayala Sullón
Bryan Lukgal
Bachiller. Lechira Prado
Alison Sofia

UBICACIÓN:
UNIVERSIDAD DE
PIURA - SEDE
PIURA

LÁMINA N.º:
A-4