

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**APROVECHAMIENTO DEL LODO DE LAS POZAS DE
ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DE LIMÓN PARA LA
ELABORACIÓN DE COMPOST EN UNA AGROINDUSTRIA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

JUNIOR ARTURO AMAYA AGUILAR

ASESORA

ING. MARÍA LUISA ESPINOZA GARCÍA URRUTIA

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios, por ayudarme a discernir durante todo el camino universitario y permitir culminar mis estudios.

A mis padres, por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo en los momentos más importantes de mi vida, por ayudarme y aconsejarme para ser una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre Esteban Amaya Benites y a mi madre Victoria Agilar López por su apoyo incondicional durante toda mi carrera universitaria y brindarme consejos que me ayudan a crecer como persona.

A mis docentes que me brindaron los conocimientos necesarios para culminar mi carrera, en especial a mi asesora, la Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia, por su tolerancia y el aporte de sus conocimientos para realizar este proyecto.

RESUMEN

El presente proyecto se ejecutó en una Agroindustria del departamento de Lambayeque, el cual tiene como uno de sus productos banderas al aceite esencial de limón, el mismo que durante su proceso de producción genera como residuo al jugo recocado de limón, el cual es llevado a unas pozas de almacenamiento en la comunidad de Cruz Verde con el fin ser evaporado, sin embargo esta actividad genera contaminación ambiental, puesto que el nivel de acidez del residuo es alto (2,3) e inutiliza las tierras. Así mismo la empresa percibe como uno de sus mayores gastos a la compra de abono por lo que se plantea la elaboración de compost a partir de dicho residuo con el fin de reducir los costos y el impacto ambiental, puesto que se tendrá un mayor control durante su emisión.

Se determinó las características del lodo de la poza de almacenamiento del jugo recocado del limón y su impacto ambiental, dándose a ver que el lodo por sí solo no cuenta con las características necesarias para ser compostable, pues tienen una humedad de 36,4% y un pH de 2,3 (ácido), además de ser sumamente contaminante al emitirlo al directamente al medio ambiente.

Para dar solución a este problema se planteó añadir otros componentes como hojas secas y aserrín, con el fin de cumplir con los parámetros del proceso de compostaje, así como el uso del método de aireación forzada.

Así mismo se diseñó el sistema de tratamiento de la poza de almacenamiento del jugo recocado de limón con el fin de disminuir la contaminación ambiental y elaborar compost cubriendo con la demanda requerida.

Posteriormente se realizó el costo-benéfico de la propuesta planteada, donde se obtuvo una ganancia de 0,24 céntimos por cada sol invertido, además de obtener un precio de producción de compost de S/ 20,31 durante el primer año, reduciendo los costos de la compra de abono en un 32,4%.

PALABRAS CLAVE: Compost, residuo, tratamiento, impacto ambiental.

ABSTRACT

The present project was executed in an Agroindustry of the department of Lambayeque, which has as one of its flags products the essential oil of lemon, the same that during its production process generates as residue the annealed juice of lemon, which is taken to some storage pools in the community of Cruz Verde in order to be evaporated, However, this activity generates environmental contamination, since the level of acidity of the waste is high (2,3) and makes the land useless. Likewise, the company perceives as one of its biggest expenses the purchase of fertilizer, so the elaboration of compost from said waste is proposed in order to reduce costs and environmental impact, since it will have greater control during its emission.

The characteristics of the mud of the storage tank of the annealed juice of the lemon and its environmental impact were determined, showing that the mud alone does not have the necessary characteristics to be compostable, since they have a humidity of 36.4% and a pH of 2.3 (acid), in addition to being highly polluting by emitting it directly into the environment.

To solve this problem, it was proposed to add other components such as dry leaves and sawdust, in order to comply with the parameters of the composting process, as well as the use of the forced aeration method.

Likewise, the treatment system of the storage tank of the lemon annealed juice was designed in order to reduce environmental pollution and compose compost covering the required demand.

Subsequently, the cost-benefit of the proposed proposal was made, where a profit of 0.24 cents was obtained for each sun invested, in addition to obtaining a price of compost production of S / 20.28 during the first year, reducing the costs of purchasing fertilizer by 32.4%.

KEYWORDS: Compost, waste, treatment, environmental impact.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	15
2.1. Antecedentes del problema.....	15
2.2.1. Residuos Orgánicos	19
2.2.2. Jugo recocido de limón.....	19
2.2.2.1 Características.....	19
2.2.2.2. Descripción del proceso.....	19
2.2.3. Pozas de almacenamiento	23
2.2.4. Compostaje	23
2.2.5. Fermentación	27
2.2.6. Impacto que genera los residuos sólidos	28
III. RESULTADOS	31
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL LODO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DEL LIMÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL.....	31
3.1.1. Descripción de la obtención del lodo a partir del jugo recocido	31
3.1.2. Análisis físico – químico del lodo del jugo recocido de la poza de almacenamiento.....	33
3.1.2.1. Proceso de la toma de muestra	33
3.1.2.2. Resultados.....	34
3.1.2.3. Neutralización del pH del lodo de la laguna de oxidación del jugo recocido de limón.....	35
3.1.3. Cuantificación del lodo a partir del jugo recocido	36
3.1.4. Impacto ambiental de la implementación de pozas de almacenamiento	39
3.2. DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO QUE SE DEBE REALIZAR AL LODO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DEL LIMÓN PARA OBTENER COMPOST.....	45

3.2.1 Matriz de Enfrentamiento de factores que determinan la viabilidad de un sistema de compostaje.....	45
3.2.2 Factores ponderados	47
3.3 DISEÑAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DE LIMÓN PARA HACER COMPOST	53
3.3.1 Composición de las muestras de compostaje (prueba piloto).....	53
3.3.1.1 Eficiencia del proceso de compostaje.....	54
3.3.2 Capacidad de planta.....	55
3.3.2.1 Proyección de abono.....	56
3.3.2.2 Proyección de la demanda de aceite esencial	58
3.3.2.3 Proyección de limón de requerido	59
3.3.2.4 Proyección del jugo recocido	60
3.3.2.5 Proyección de lodo generado en las pozas de almacenamiento	61
3.3.3 Requerimiento de insumos y materiales.....	63
3.3.3.1 Plan de producción	63
3.3.3.2 Requerimiento de materia prima	63
3.3.3.3 Requerimiento de insumos	64
3.3.4 Localización.....	65
3.3.4.1 Factores que determinan la localización de la planta	65
3.3.4.2 Macrolocalización	68
3.3.4.3 Aspectos geográficos.....	68
3.3.4.4 Microlocalización	71
3.3.5 Tamaño	73
3.3.5.1 Tamaño – Mercado.....	73
3.3.5.1 Tamaño – Tecnología	73
3.3.5.1 Tamaño – Materia prima	73
3.3.5.1 Tamaño – Financiamiento	73

3.3.6 Tecnología	78
3.3.6.1 Maquinaria.....	78
3.3.7 Distribución de planta.....	86
3.3.7.1 Método de Guerchet	91
3.3.8. Recursos humanos	97
3.3.7.1 Requerimiento de puestos de trabajo.....	97
3.3.7.2 Organigrama de la empresa	98
3.4 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO Y AMBIENTAL DE LA PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE COMPOST	99
3.4.1 Beneficios de la propuesta.....	99
IV. CONCLUSIONES	109
V. RECOMENDACIONES	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Características físico-químicas del jugo recocido de limón.....	19
Tabla 2- Composición estándar de compost.....	24
Tabla 3- Condiciones deseables durante el proceso de compostaje	27
Tabla 4- Características físico-químicas.....	34
Tabla 5- Condiciones deseables durante el proceso de compostaje	34
Tabla 6- Resultado del proceso de neutralización de pH	35
Tabla 7- Cantidad de limón procesado en el 2016 para el proceso de extracción de aceite esencial	36
Tabla 8- Cantidad de aceite esencial producido en el 2016	37
Tabla 9- Cantidad de jugo recocido obtenido en el 2016	38
Tabla 10- Cantidad de lodo generado en las pozas de almacenamiento en el año 2016.....	39
Tabla 11- Leyenda de la matriz Leopold.....	41
Tabla 12- Identificación de impactos por actividad	41
Tabla 13- Matriz de enfrentamiento-evaluación de factores	46
Tabla 14- Calificación del factor costo.....	47
Tabla 15- Costos de inversión por métodos de compostaje	48
Tabla 16- Calificación del factor tiempo en las etapas.....	49
Tabla 17- Tiempo de métodos de compostaje	49
Tabla 18- Calificación del factor Eficiencia.....	49
Tabla 19- Rendimiento anual por técnica de compostaje.....	50
Tabla 20- Calificación del factor área de ocupación	51
Tabla 21- Superficie total requerida según la técnica de compostaje.....	51
Tabla 22- Ponderación de los factores.....	52
Tabla 23- Composición de las pilas de compostaje sin soda caustica.....	53
Tabla 24- Composición de las pilas de compostaje con soda cáustica.....	54
Tabla 25- Resumen de eficiencias y pH obtenidos por pila de compostaje	55
Tabla 26- Costos y consumo de abono durante el año 2016	56
Tabla 27- Proyección de consumo de abono	57
Tabla 28- Demanda proyectada de aceite esencial de los años 2018-2027.....	59

Tabla 29- Demanda proyectada de limón requerido 2018-2027	60
Tabla 30- Proyección del jugo recocido de limón 2018-2027.....	61
Tabla 31- Proyección del lodo generado en las pozas de almacenamiento.....	62
Tabla 32- Capacidad de producción por año.....	63
Tabla 33- Cantidad de materiales necesarios para el proceso de compostaje	64
Tabla 34- Disponibilidad de Lodo residual	66
Tabla 35- Disponibilidad de agua en el departamento de Lambayeque.....	66
Tabla 36- Disponibilidad de resto de frutas.....	67
Tabla 37- Coordenadas del departamento de Lambayeque.....	69
Tabla 38- Ficha técnica del mini cargador frontal.....	80
Tabla 39- Ficha técnica de la balanza industrial.....	81
Tabla 40- Ficha técnica del tamiz rotatorio	82
Tabla 41- Ficha de la compresora de aire.....	83
Tabla 42- Ficha técnica del generador eléctrico	84
Tabla 43- Ficha técnica de la trituradora	85
Tabla 44- Ficha técnica del tanque de lixiviados	86
Tabla 45- Área de pozas de almacenamiento	88
Tabla 46- Dimensiones de la pila de compostaje	89
Tabla 47- Zonas de la planta de compostaje.....	92
Tabla 48- Área de recepción de materiales	92
Tabla 49-Área de producción	93
Tabla 50- Superficie total de la planta de compostaje.....	93
Tabla 51- Beneficios de la propuesta	99
Tabla 52- Inversión de bienes tangibles por áreas.....	100
Tabla 53- Requerimiento de combustible.....	101
Tabla 54-Resumen de gasto de bienes.....	102
Tabla 55-Costos de mano de obra y administrativos.....	102
Tabla 56-Costos de construcción.....	103
Tabla 57- Precio unitario	104
Tabla 58- Estado de resultados	105
Tabla 59-Flujo de caja.....	106
Tabla 60-Indicadores Económicos	107
Tabla 61-Composición química del aserrín.....	129

Tabla 62- Características físico-químicas del lodo	130
Tabla 63- Caracterización Físico Química de la cáscara de papaya.....	130
Tabla 64- Componentes en porcentaje de hojas secas.....	131
Tabla 65- Características físico químicas de las hojas secas.....	131
Tabla 66- Características de los materiales empleados para el proceso de compostaje	131
Tabla 67- Proporciones de los Residuos de acuerdo a su relación C/N de pila 1,2 y 3	135
Tabla 68- Proporciones de los Residuos de acuerdo a su relación C/N de pilas 4,5 y 6...	135
Tabla 69- Registro y evolución de la temperatura (C°).....	138
Tabla 70- Análisis de humedad	140
Tabla 71- Evolución de pH.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama de bloques del proceso de elaboración de aceite esencial.....	22
Figura 2- Diagrama de bloques del proceso obtención del lodo	32
Figura 3- Posición de donde se extrajeron las muestras de la laguna de oxidación	33
Figura 4- Matriz de Leopold de la implementación de pozas de almacenamiento	40
Figura 5- Proyección del consumo de abono.....	57
Figura 6-Proyección de la demanda de aceite esencial	58
Figura 7- Proyección de la disponibilidad de resto de frutas	67
Figura 8- Departamento de Lambayeque	70
Figura 9-Vista satelital de la ubicación de la planta.....	72
Figura 10- Diagrama de flujo del proceso de obtención de compost	76
Figura 11- Diagrama de operaciones del proceso de compostaje	77
Figura 12- Diagrama de análisis del proceso de compostaje.....	78
Figura 13- Distribución de las pozas de almacenamiento	88
Figura 14- Distribución de las pilas de compostaje.....	89
Figura 15- Distribución del área de recepción.....	95
Figura 16- Distribución del área de producción	95
Figura 17- Distribución de planta.....	96
Figura 18- Organigrama de la planta de compostaje.....	98
Figura 19-Informe del INACAL.....	116
Figura 20. Primera capa hojas	118
Figura 21- Segunda capa . Aserrín	118
Figura 22- Cuarta capa-Lodo residual	119
Figura 23-Poza de almacenamiento de jugo recocido de limón.....	123
Figura 24-Preparación de la mezcla	123
Figura 25-Disolución de la mezcla.....	124
Figura 26-Neutralización del pH	124
Figura 27- Diagrama de bloques del proceso para la elaboración mango en conserva....	127
Figura 28- Diagrama de bloques para la obtención de Madera.....	128
Figura 29- Proceso de compostaje.....	132
Figura 30- Evolución de la Temperatura.....	139

I. INTRODUCCIÓN

Anualmente en las industrias del mundo productoras de aceite esencial de limón se elaboran 3 600 toneladas aproximadamente. Sin embargo, el aceite esencial de limón ocupa el segundo lugar en producción, estando después del aceite esencial de la naranja dulce. Entre los mayores productores se encuentran Argentina, Estados Unidos e Italia; otros productores de menor importancia son Brasil, Costa de Marfil, Grecia, España, Israel, Australia, Perú, Guinea, Indonesia, Venezuela y Chile. En nuestro país las zonas productoras son: Tucumán, Corrientes, Entre Ríos, Misiones y Salta [1].

La emisión de residuos en una industria es casi inevitable, y las agroindustrias en el Perú no son la excepción. A lo largo de todo el proceso elaboración aceite a partir del limón, se emiten residuos como las cáscaras, pepas, vapor y jugo recocado; siendo este último el menos aprovechado ni tratado antes de su emisión, muchas veces arrojado directamente a los terrenos aledaños de sus fundos, no sólo generando un impacto negativo al ambiente, si no también gastos de transporte y posibles multas a las empresas.

En el departamento de Lambayeque existen varias empresas que se encargan de procesar limón para la elaboración de aceite esencial. Una de ellas se encuentra ubicada en el distrito de Motupe, siendo una de las principales empresas en todo el norte del Perú, por su gran producción, siendo de 365 693,43 kg en el año 2017, sin embargo para obtener esta cantidad de aceite se es necesario procesar 91 423 357,5 kg de limón como materia prima, emitiéndose casi el 30% de dicha cantidad como jugo recocado de limón, siendo este residuo el menos aprovechado y el que más contaminación genera al medio ambiente, al ser llevado a los fundos para atenuarla tierra y a las de las pozas de almacenamiento con la finalidad de evaporar el jugo y quede netamente lodo.

En el año 2017 la empresa emitió un total de 27 152 73 kg de jugo recocado, de los cuales el 10% fue llevado a los fundos con la finalidad de atenuar la tierra y el 90% restante fue trasladado a las pozas de almacenamiento, con el objetivo que se evapore el jugo y quede como sub producto lodo, siendo éste un total de 3 339 018.2 kg, el cual será cubierto con tierra al finalizar el ciclo de vida de las pozas de almacenamiento. Así mismo por cada kilogramo de jugo recocado de limón emitido, se obtiene 123 g de lodo con un pH de 3,6 siendo muy

perjudicial para el medio ambiente, ya que la elevada acidez bloquea la fertilidad de los suelos, así como los lixiviados generados por de las pozas de almacenamiento contaminan los terrenos aledaños.

Mediante la descomposición anaeróbica de residuos orgánicos se puede obtener productos como biogás y lodos activados, los cuales pueden ser aprovechados como fuente de energía y como base para abono, respectivamente. La obtención de lodos a partir de la sedimentación de del jugo recocado del limón en las pozas de almacenamiento pueden tener el mismo fin ya que es un producto orgánico con un gran contenido de carbono y nitrógeno.

La agroindustria en el año 2017 generó S/ 324 735,6 en consumo de abono, siendo uno de los gastos más significativos en lo que concierne a siembra y cosecha de sus alimentos.

El aprovechamiento del lodo de la laguna de oxidación del jugo recocado del limón tiene como finalidad reducir el impacto ambiental que genera al ser emitido cerca de terrenos agrícolas ya que inutiliza las tierras de futuros cultivos, mejorar la calidad de vida de los pobladores y reducir los costos que generan estos al ser transportados desde la empresa hacia las pozas de almacenamiento. Así mismo eliminar las multas y sanciones que pueda tener por parte de la Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental debido a que la emisión de este residuo ha contraído epidemias a la población y emana olores fuertes.

Por lo tanto, en la presente investigación se plantea la siguiente interrogante: ¿En qué medida se aprovechará el lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón en la elaboración de compost en una agroindustria? Considerándose como objetivo principal el: Aprovechamiento del lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón para la elaboración de compost en una agroindustria. Asimismo se han formulado los siguientes objetivos específicos: analizar las características físico-química del lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón, determinar el tratamiento que se debe realizar al lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón para obtener compost para posteriormente, diseñar el sistema de tratamiento del lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón para hacer compost; finalmente, realizar un análisis costo – beneficio económico y ambiental de la propuesta de elaboración de compost, para determinar la rentabilidad económica, la reducción de costos y la disminución de impacto de la propuesta planteada.

Así mismo se realizó una prueba piloto con la finalidad de determinar datos como la eficiencia y parámetros del proceso, además si la soda cáustica es indispensable para neutralizar el pH.

La finalidad de la investigación no sólo es analizar la viabilidad económica de la propuesta, si no también promover el desarrollo sostenible de la comunidad de Cruz Verde, mejorando la calidad de vida de los pobladores, eliminando la contaminación ambiental causada por las pozas de almacenamiento de jugo recocado de limón, así como también previendo el uso de abono orgánico en la región.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. Antecedentes del problema

Ramírez et al. [2] en su artículo “Compost a partir de pulpa de limón y cachaza” se describe la realización de compost teniendo como material orgánico al limón, para ello realizaron 3 muestras, elaborando 3 pilas con mezclas diferentes, donde la primera “K” estaba compuesta por se formuló con 50% de cachaza y 50% de pulpa, la segunda pila “H” estaba compuesta por 25% de pulpa, 25% de limones más restos de poda y 50% de cachaza y la tercera pila “P” se compuso de un 100% de pulpa; así mismo se realizó análisis químicos (carbono total, materia orgánica total, nitrógeno, relación C/N; fósforo total y potasio) de cada componente a mezclar, con el fin de determinar su composición y conformar las mezclas. Cada una de las mezclas fue monitoreada diariamente y analizada con el fin de determinar las características y tiempo de compostaje de cada una de estas, dando como resultado que el tiempo de compostaje de las tres pilas fue diferente. La pila K llegó a su maduración al cabo de doce semanas, mientras que la pila H lo hizo a las quince semanas. La pila P no alcanzó la temperatura óptima, ya que se mantuvo por debajo de los 45°C.

Bohórquez et al. [3] en su “Evaluación de la calidad de compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar” demuestra que se puede obtener compost a partir de los residuos y subproductos orgánicos obtenidos en el proceso de molienda de la caña de azúcar; para ello se establecieron 5 pilas de compostaje, las cuales estaban compuestas por 100% cachaza (T1), 75% cachaza y 25% bagazo (T2), 50% cachaza y 50% bagazo (T3), 25% cachaza y 75% bagazo (T4), y 100% bagazo (T5), todos suplementados con 2 m³ de vinaza.

Las variables de respuesta pH, conductividad eléctrica, humedad, cenizas, materia orgánica, retención de humedad, relación carbono– nitrógeno, carbono orgánico oxidable total, nitrógeno total, fósforo, calcio, magnesio, potasio, hierro, cobre, manganeso y zinc- se evaluaron al momento de montar las pilas, y a los 42, 51, 59, 73 y 90 días después de iniciado el proceso los resultados muestran que la relación carbono - nitrógeno inicial de las mezclas es fundamental para obtener una buena calidad del compost, dado como resultado a la pila T3 la que presentó mejor calidad con el mayor contenido de nutrientes. El tiempo de compostaje que asegura una adecuada maduración con máximo contenido de nutrientes en el compost fue 90 días; demostrando que el tiempo del proceso depende de los materiales a compostar.

Phillipe C. [4] durante su estudio de “Metanización y compostaje” Describe el proceso de Metanización como una alternativa para la obtención de compost, usando como principal componente a la vinaza; pues este proceso ayuda a remover el 90% de DBO y hasta un 70% de DBO. Así mismo connota que de dicho proceso se puede obtener biogás como subproducto con altas concentraciones de H_2S . Para una industria es beneficioso no sólo porque permite obtener ganancias económicas si no que permite registrar su proyecto como Mecanismo de Desarrollo Limpio-Protocolo de Kyoto.

Armegol et al. [5] en su estudio “Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas de vertisoles y en los rendimientos de la caña de azúcar” recomienda que la vinaza tras ser un residuo ácido (pH: 3-4) es un buen fertilizante para tierras con un alto contenido de minerales de arcilla expansiva, que forman profundas grietas en las estaciones secas, o en años secos, además de ser un recuperador de tierras, las cuales hayan perdido sus atributos por acción de las sales y el sodio. Así mismo la vinaza se puede considerar como un residuo similar en su composición al del jugo recocido de limón, puesto que tienen un elevado porcentaje de humedad (87%), son sumamente ácidos y tienen un alto contenido de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, azufre y fósforo.

Khan et al. [6] en su investigación “Response of Salt-Tolerant Rice Varieties to Biocompost Application in Sodic Soil of Eastern Uttar Pradesh” menciona que Los suelos sódicos tienen un inmenso potencial de productividad, si son manejados a través de intervenciones tecnológicas apropiadas. Biocompost se prepara por composting pressmud (un subproducto de la industria azucarera) obtenido de la filtración de zumo de caña y del lavado

recibido de destilerías a través de la descomposición aeróbica microbiana y se puede utilizar para recuperar suelos. Se llevaron a cabo experimentos de campo durante la temporada húmeda de 2011 y 2012 para estudiar el efecto de la incorporación de biocomposición en suelo sódico con cuatro tratamientos: T1-Control, T2-Biocompost a 2 t ha⁻¹, T3-Biocompost a 4 t ha⁻¹ y T4-Biocompost a 6 t ha⁻¹. Las dos variedades prometedoras de arroz tolerante a la sal, preferidas por los agricultores, Narendra usar 3 y NDR 359 fueron utilizados como cultivos de prueba, que pueden producir rendimientos que oscilan entre 2 - 4 t ha⁻¹ en suelo que tiene un intervalo de pH de 9,2 a 10,5. Entre las diferentes dosis de biocompost probado, la aplicación de biocompost a 6 t ha⁻¹ registraron los mayores rendimientos, permitidos por una mayor biomasa, la cultivadora de oído (EBT) y la fertilidad del grano en ambas variedades. Narendra usar 3 fue más sensible a los tratamientos, incluso a dosis más bajas de biocompost que NDR 359, pero NDR 359 producido un poco más alto que Narendra usar 3 en todos los tratamientos. También se mejoró la salud del suelo obteniendo una mejor fertilidad y bajo pH del suelo y EC en la cosecha. Por lo tanto, biocompost puede ser considerado como un commercial viable, ambientalmente aceptable y prácticamente aplicable para mejorar la productividad de los cultivos y el estado de fertilidad del suelo.

Cayuela et al. [7] en "Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes". Realizó 2 procesos de compostaje de residuos de molino de oliva en dos fases (TPOMW) mezclado con lechada de oveja y tallos de uva se realizó utilizando dos sistemas de aireación diferentes: aireación forzada y torneado de hileras. El objetivo era descubrir cuál de estas tecnologías era la más adecuada para el compostaje de estos materiales. La eficiencia de cada método de aireación se evaluó mediante el seguimiento de la evolución de parámetros tales como temperatura, biodegradación de fracciones de materia orgánica (carbohidratos, lípidos, fenoles, lignina, celulosa y hemicelulosa) y pérdida de nitrógeno. Además, se comparó la calidad de los compostes finales en función de sus principales características químicas (N total, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, P₂O₅, K₂O, pH, conductividad eléctrica, grado de polimerización, grado de humificación e índice de germinación) Grado de higienización (coliformes fecales y estreptococos fecales). El estudio reveló que la aireación forzada de la pila estática presenta varios inconvenientes para el compostaje de residuos de molino de oliva de dos fases debido a sus propiedades físicas. Se requirieron varias virtutas para evitar la formación de corrientes de paso de aire preferenciales, la compactación y el secado heterogéneo del material. Las pilas elaboradas por torneado de hileras mostraron una fase

termofílica más larga que conduce a una mayor degradación de las fibras y una mayor pérdida de nitrógeno. La calidad de los productos finales obtenidos por ambos métodos fue bastante similar, aunque la materia orgánica de los compost preparados por torneado de hileras tenía un grado de humificación más alto. Las virutas de las pilas de compostaje de TPOMW son necesarias para el desarrollo normal del proceso y la alta inversión necesaria para implementar la aireación forzada podría ser evitada. Los beneficios que la aireación forzada introduce mediante el control de la temperatura se pueden obtener optimizando el tamaño del pelo y la frecuencia de giro.

Fisher et al [8] en su estudio “Mycological control and surveillance of biological waste and compost” hace referencia que la recolección y reciclaje de biosólidos y la fracción orgánica de desechos sólidos municipales (MSW) es un factor importante para el éxito de la llamada «economía del círculo» como componente de la política moderna de gestión de residuos. El compostaje es uno de los principales procesos de tratamiento utilizados para transformar desechos biodegradables (cocina, jardín y residuos industriales y lodo de aguas residuales) en productos agrícolamente útiles. El compostaje tiene varias ventajas ecológicas y económicas: a) reciclaje de humígeno materiales, para compensar la importante pérdida de humus en los suelos agrícolas, b) reducción de costos de tratamiento, en comparación con la incineración de RSU, c) ganancia de energía (calor y electricidad), en el caso de pre-metanización, d) sustitución de la turba. El compostaje a escala industrial puede plantear problemas de seguridad en el trabajo, debido a la aparición de aerosoles que contienen sustancias alergénicas/microorganismos patógenos y toxinas. El compostaje industrial tiene que ser un proceso controlado, lo que lleva a una higienización óptima y degradación de los biorresiduos. Sin embargo, los procedimientos de compostaje (sistemas y gestión) varían mucho y tienden a ser altamente empíricos. En consecuencia, podrían ocurrir accidentes, que llevaría a rechazar el compostaje como un todo.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Residuos Orgánicos

Los residuos se pueden clasificar, según su naturaleza, en orgánicos e inorgánicos, destacando los orgánicos por su elevado volumen de producción y su fuerte impacto medioambiental. Existen tres grandes sectores productores de residuos [9]:

- a. Sector primario: Residuos agrícolas, ganaderos y forestales
- b. Sector secundario: Residuos industriales (agroalimentarios, textiles, etc.)
- c. Sector terciario: Residuos urbanos (RSU, lodos de depuración, etc.)

2.2.2. Jugo recocado de limón

Materia orgánica con gran porcentaje de humedad y acidez, obtenido como residuo de la evaporación de la emulsión de jugo-aceite durante el proceso de elaboración de aceite esencial de limón.

2.2.2.1 Características

El jugo recocado de limón está compuesto por distintos compuestos (ver anexo 1), sin embargo, las principales características físico-químicas del jugo recocado de limón se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1- Características físico-químicas del jugo recocado de limón

<i>Sustancia</i>	<i>pH*</i>	<i>Densidad*</i>	<i>% de humedad</i>
Jugo recocado de limón	2,3	1 037 kg/ m ³	91,31

Fuente: Laboratorio INSPECTORADE, 2016

*Fuente: AgroIndustria

2.2.2.2. Descripción del proceso

La descripción del proceso de producción de aceite esencial viene dada por la misma empresa:

Recepción de la materia prima: El limón se descarga en bins y se almacena temporalmente en silos o se procesa directamente desde los bins. El limón a procesar proviene en mayor proporción de fondos y en una menor cantidad del área de frescos.

Lavado y enjuague: Para que el limón entre con la menor cantidad de impurezas a la siguiente etapa, se pre lava con duchas de agua a presión a lo largo del transportador llegando a una tina de lavado donde se usa agua con un nivel de cloro libre de 1,0 a 2,0 ppm. El cambio de agua en el proceso se da cada 2 o 3 horas, éste tiempo puede variar dependiendo del grado de suciedad del agua.

El enjuague se realiza en duchas de agua presión ajustando cada cierto tiempo las escobillas de modo tal que no lesionen las celdillas de aceite de los limones.

Prensado:

Por medio un tornillo transportador se lleva la materia prima del área de lavado hacia la prensa, donde se va a estrujar el limón haciendo estallas las celdas de aceite, separando al jugo de las pepas y cáscaras; siendo estas 2 últimas casi el 70% de toda la fruta.

Con el objetivo de obtener rendimientos óptimos con estándares ya establecidos por la empresa, se lleva una muestra con el fin de controlar el porcentaje de aceite en cáscara, el cual no debe ser menor de 0,05%, si es inferior a este límite deberá realizarse ajustes en la prensa.

Refinación:

Debido que el jugo no está totalmente limpio de impurezas pasa por una etapa de refinado, siendo ahí donde ocurre la separación casi total del jugo con los restos de pulpa y pepas.

Bombeado:

El jugo obtenido de este proceso es bombeado a los 10 evaporadores con el fin de elevarlo a 110 °C.

Evaporado:

La emulsión jugo aceite se envía a un evaporador en donde se inyecta vapor durante 2 horas para pre-calentarlo evitando la estratificación de la temperatura. La mezcla alcanza a llegar hasta los 110 °C, siendo ahí donde pasa a la etapa del destilado.

El residuo emitido durante este proceso de denomina jugo recocado de limón.

Condensación:

El vapor es llevado a condensadores, donde se destilará por arrastre de vapor durante 9 horas y se separará la sustancia acuosa (agua) de los aceites, estos últimos serán envasados en cilindros para su posterior exportación.

La fase líquida agua aceite se separa continuamente por decantación en un vaso florentino y la inferior de agua. Es conveniente ajustar el flujo del agua en el condensador de manera que la temperatura del condensado se mantenga entre 35 y 40°C.

Luego de haberse realizado la destilación, se procede a evacuar el jugo recocado, el cual queda en los evaporadores y es bombeado hacia una cisterna para su posterior transporte hacia las los fondos de la empresa y/o pozas de almacenamiento, con la finalidad que se evapore el jugo y quede netamente lodos activados.

Sólo se obtiene del 0,4% al 0,5% de aceite por cada lote de materia prima que ingresa al proceso (anexo 5).

En la figura 1, se muestra el diagrama de bloques de la obtención de aceite esencial de limón.

Realizado por: Junior Arturo Amaya Aguilar

Revisado por: Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia

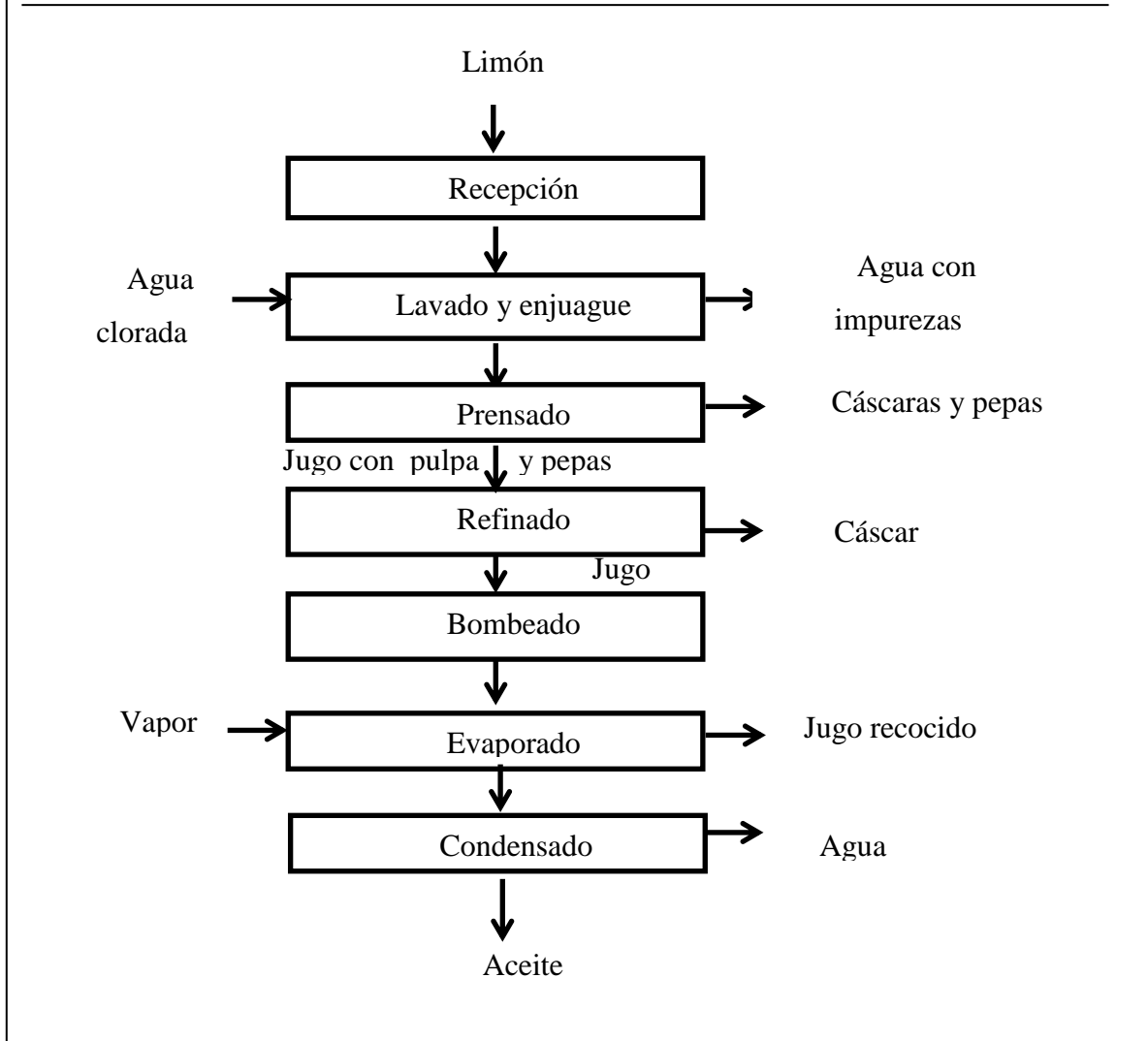


Figura 1- Diagrama de bloques del proceso de elaboración de aceite esencial

Fuente: Agroindustria

2.2.3. Pozas de almacenamiento

Las pozas de almacenamiento son excavaciones de poca profundidad en el cual se vierte material líquido o sólido con la finalidad de retenerlo para un posterior uso o tratamiento.

2.2.4. Compostaje

Fermentación aeróbica de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrientes, y con la intervención de bacterias, hongos y numerosos insectos detritívoros [10]

Existen tres aspectos del compost que lo convierten en un producto valioso [11]

- 1.** Mejora del suelo
- 2.** Control contra plagas
- 3.** Abono orgánico

El compost maduro tiene un efecto condicionador del suelo, mejorando su estructura, facilita la retención de agua y ayuda a la aireación del suelo. En caso de fuertes precipitaciones reduce la erosión y actúa contra el encharcamiento y la pérdida de nutrientes. El compost vuelve más ligeros los suelos pesados y más absorbentes los suelos arenosos.

La aplicación al suelo aporta un doble efecto, como enmienda orgánica muy lentamente biodegradable y como fertilizante con liberación lenta de nutrientes. También aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la capacidad tampón, manteniendo el pH más estable, y la actividad microbiológica, mejorando las características físicas y químicas del propio suelo.

Se reconoce que la utilización de un compost de calidad, suficientemente estabilizado y maduro, permite controlar diversa patologías vegetales con las mismas garantías que el uso de fungicidas, La higienización obtenida durante el proceso de compostaje permite eliminar patógenos, tanto de origen vegetal como animal, y crea condiciones en el medio que favorecen del desarrollo de microorganismos descomponedores en competencia con patógenos, que estarán menos adaptados. Finalmente, hay que valorar la producción de antibióticos en el proceso de compostaje, si los hongos se han desarrollado adecuadamente, se dificulta la proliferación posterior de patógenos. En general, el uso de compost de calidad se traduce en una reducción del consumo de insecticidas, fungicidas y pesticidas.

2.2.4.1. Beneficios del compost [12]

- Facilita el manejo del suelo para las labores de arado o siembra.
- Aumenta la capacidad de retención de la humedad del suelo.
- Reduce el riesgo de erosión.
- Ayuda a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica).
- Reduce la evaporación del agua y regulando la humedad.
- Aporta macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.
- Mejora la capacidad de intercambio de cationes.
- Aporta organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas.
- Mejora las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices).

2.2.4.2. Composición

La Organización Mundial de la Salud ha establecido rangos normales respecto a la composición de compost comercial, teniendo en cuenta los componentes de humedad, materia orgánica, materia inerte, pH (acidez) y otros.

Tabla 2- Composición estándar de compost

Componentes	Rango normal (%)
Contenido de humedad	30-50
Materia inerte	30-70
Materia orgánica	25-50
pH	6-9
Carbono	8-50
Nitrógeno	0,4-3,5
C/N	16-20
Fósforo	0,3-3,5
Potasio	0,5-1,8
Cenizas	20-65

Fuente: Altamirano, 2006

2.2.4.3. Técnicas de elaboración de compost

- a) Pilas estáticas: Se forman pilas, en un bote o caja metálica grande (mínimo 1m³., máximo 1.5 m³.) con tapa, colocando una capa gruesa (aproximadamente 6cm.) de aserrín o tierra y se deja sin movimiento, se vierte cada uno de los desechos orgánicos, para posteriormente cubrirse con otra capa de tierra, para que se mantenga la humedad se rocía con un poco de agua que resulta indispensable y se espolvorea con cal para evitar malos olores. Termina ventilándose naturalmente por un proceso de convección térmica natural. En este procedimiento no se tiene en cuenta la temperatura, pues los procesos son los naturales y enfriados temperatura ambiente. [13]

- b) Pilas Aireadas Forzadamente: La pila se construye sobre una red de tuberías, donde se suministra o extrae aire frecuentemente para proporcionar un medio aeróbico. Esta técnica es conocida también como técnica activa o caliente: se controla la temperatura para permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos y gérmenes, y así producir compost útil de forma rápida. Así mismo este sistema de compostaje requiere una serie de equipamiento (compresor, red de tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad), por lo que tiene un costo de inversión mayor. [14]

- c) Pilas de Volteos o en Hileras: Este sistema de compostaje es el más utilizado, y se realiza mediante un volteo manual o mecánico. En este método se amontona el material, se mezcla y voltea periódicamente, evitando así la compactación y entregando oxígeno al sistema. [14]

2.2.4.4. Fases

- a) Fase Mesófila: El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), 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). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). [12]

- b) 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. 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.

Esta fase es de gran importancia, pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado [12].

- c) Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en 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 [12].
- d) 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 [12].

2.2.4.5. Condiciones del proceso de compostaje

Durante el proceso de compostaje existen ciertos parámetros que deben ser controlados para que cada una de las etapas vayan por buen camino y por lo tanto tener un compost de buena calidad, a continuación, se presentan las condiciones necesarias que debe tener el proceso de compostaje.

Tabla 3- Condiciones deseables durante el proceso de compostaje

CARACTERÍSTICAS	RANGO	
	RAZONABLE	ÓPTIMO
Contenido de humedad	40-65%	50-60%
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor al 5%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Relación C/N	20:1 - 45:1	25:1 - 40:1
Temperatura	45-66	55-60

Fuente: Avendaño, 2003

2.2.5. Fermentación

Es un proceso de oxidación que comporta la combustión de un sustrato orgánico, en ausencia de oxígeno, con la liberación de electrones e hidrogeno, capaces de reducir una molécula orgánica. También se puede afirmar que es un proceso de obtención de energía, en el que el hidrogeno pasa a un aceptor orgánico y el oxígeno no interviene [15].

2.2.5.1 Tipos de Fermentación

- Fermentación Aeróbica; la fermentación aeróbica es un proceso de fermentación en el que las bacterias existentes en las basuras o en el suelo toman el oxígeno del aire y el carbono y el nitrógeno de la materia orgánica contenida en las basuras.
- Fermentación Anaeróbica; la fermentación anaeróbica es un proceso de fermentación con la única diferencia de que el oxígeno es tomado de las mismas basuras, producto de la digestión anaerobia.

Biogás: El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano y dióxido de carbono, pero también contiene diversas impurezas. La composición del biogás depende del

material digerido y del funcionamiento del proceso. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable.

Bioabono: Las características del bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

2.2.6. Impacto que genera los residuos sólidos

De una manera general los manejos de los residuos sólidos pueden producir impactos sobre las aguas, el aire, el suelo, la flora y la fauna.

1. Contaminación de los recursos hídricos: El vertimiento de residuos sólidos sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas usadas para el abastecimiento público, además de ocasionar inundaciones por obstrucción de los canales de drenaje y del alcantarillado.

La contaminación de los cursos de agua puede significar la pérdida del recurso para consumo humano o recreación, ocasionar la muerte de la fauna acuática y el deterioro del paisaje. Estos factores y las respectivas medidas de mitigación deben ser considerados en un plan de manejo eficiente de los residuos sólidos [16].

2. Contaminación atmosférica: Dentro de los principales impactos relacionados a la contaminación atmosférica son los malos olores en las proximidades de los sitios de disposición final y la de emisión de gases relacionados a la digestión bacteriana de la materia orgánica, y a la quema de los mismos

La quema al aire libre de los residuos o su incineración sin equipos de control adecuados, genera gases y material particulado, tales como, dioxinas y derivados organoclorados, problemas que se acentúan debido a la composición heterogénea de residuos con mayores tenores de plásticos [16].

3. Contaminación del suelo: La descarga y acumulación de residuos en sitios periurbanos, urbanos o rurales producen impactos estéticos, malos olores y polvos irritantes.

El volcamiento de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión puede ocasionar derrumbes de franjas de morros y residencias construidas en áreas de riesgo o suelos con pendiente.

Además, los desechos sólidos depositados en un botadero a cielo abierto o en un relleno sanitario, contamina el subsuelo con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos que están presentes al momento de los lixiviado de los desechos [16].

4. Amenazas a la flora y la fauna: Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes de la flora y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de construcción, y a la operación inadecuada de un sistema de disposición [16].

2.2.6.1. Método de evaluación de Impacto Ambiental.

Matriz de Leopold: La llamada matriz de Leopold fue el primer método que se estableció para las evaluaciones de impacto ambiental. La cual tiene como base del sistema a una matriz en que las entradas según filas son características del medio (factores ambientales) que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se pueden definir las interacciones existentes.

En primer lugar, para la utilización de la matriz de Leopold, se tiene que identificar las interacciones existentes, para lo cual se considerarán primero todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proyecto en cuestión. Posteriormente, y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales (filas) que pueden quedar afectados significativamente, trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez hecho esto para todas las acciones, tendremos marcadas las cuadrículas que representen interacciones (o efectos) a tener en cuenta. Después de haberse marcado todas las cuadrículas que representan impactos posibles se procede a una evaluación individual de los más importantes. Cada cuadrícula admite dos valores:

- **Magnitud:** según un número de 1 a 10, en el que el 10 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado y 1 a la mínima.

- **Importancia (ponderación):** que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto, o la posibilidad de que se presenten alteraciones.

Los valores de magnitud van precedidos con un signo + o con un signo -, según se trate de efectos positivos o negativos sobre el medio ambiente. La matriz reducida final nos presenta una serie de valores que indican el grado de impacto que una acción puede tener sobre un factor del medio. A pesar de hacer una ponderación o definición de la importancia de dicho factor, los valores de las 32 distintas cuadrículas de una misma matriz no son comparables ni, por supuesto, pueden sumarse o acumularse.

La evaluación de los parámetros "magnitud" e "importancia" ha de hacerse, en lo posible, sobre la base de datos, cuyo sistema de procesamiento o interpretación para llegar a definir los valores magnitud e importancia, debe ir acompañando a la matriz, con lo cual ésta se convierte en un mero resumen del texto o estudio de impacto ambiental adjunto. Por lo cual, la matriz es un resumen y el eje del estudio es la descripción detallada de los impactos expuestos en una investigación [17].

III. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL LODO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DEL LIMÓN Y SU IMPACTO AMBIENTAL

3.1.1. Descripción de la obtención del lodo a partir del jugo recocido

En el Perú el 90% de las exportaciones de limón se hacen como aceites y cáscaras, debido a su importancia en la industria alimentaria y cosmética, sin embargo las industrias productoras de aceite esencial del limón ubicadas en las regiones de Piura, Lambayeque y Lima (ADEX, 2009), tienen el mismo problema con uno de sus sub-productos, el jugo recocido de limón, ya que a pesar de no contener ninguna sustancia tóxica, no es tratado al ser emitido, generando un costo, así como su no aprovechamiento.

En una agroindustria en el departamento de Lambayeque, a lo largo de todo el proceso elaboración aceite esencial a partir del limón (figura N°1), se emiten varios residuos como las cáscaras, pepas, vapor y jugo recocido; sin embargo la mayor parte de estos son usados como materia prima para otros procesos, siendo uno de ellos el de la elaboración pectina ya que es muy usado para darle consistencia a las gelatinas, mermeladas, dulces, etc., sin embargo el jugo recocido no es aprovechado ni tratado antes de su emisión en las pozas de almacenamiento, no sólo generando impacto al medio ambiente, si no también gastos de transporte a la empresa. Debido a que el pH del jugo recocido es 2,3 (ácido) no se encuentra dentro de los LMP (límites máximos permisibles) para su emisión (pH 6,5 – 8,5) según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, por lo tanto no puede ser emitido por vía hídrica, ya sea por las alcantarillas o a ríos aledaños a la empresa.

Así mismo de este sub producto que es no menor a 1 984 500 kg mensuales (tabla N°29) el 10% de jugo emitido es llevado de la empresa hacia sus fundos ya que es utilizada para atenuar el polvo y la tierra, mientras que el 90% restante es llevado a sus pozas de almacenamiento con la finalidad de que el jugo como tal sea evaporado y sólo quede lodo como residuo, el cual será cubierto con tierra al cumplir con el límite de su capacidad.

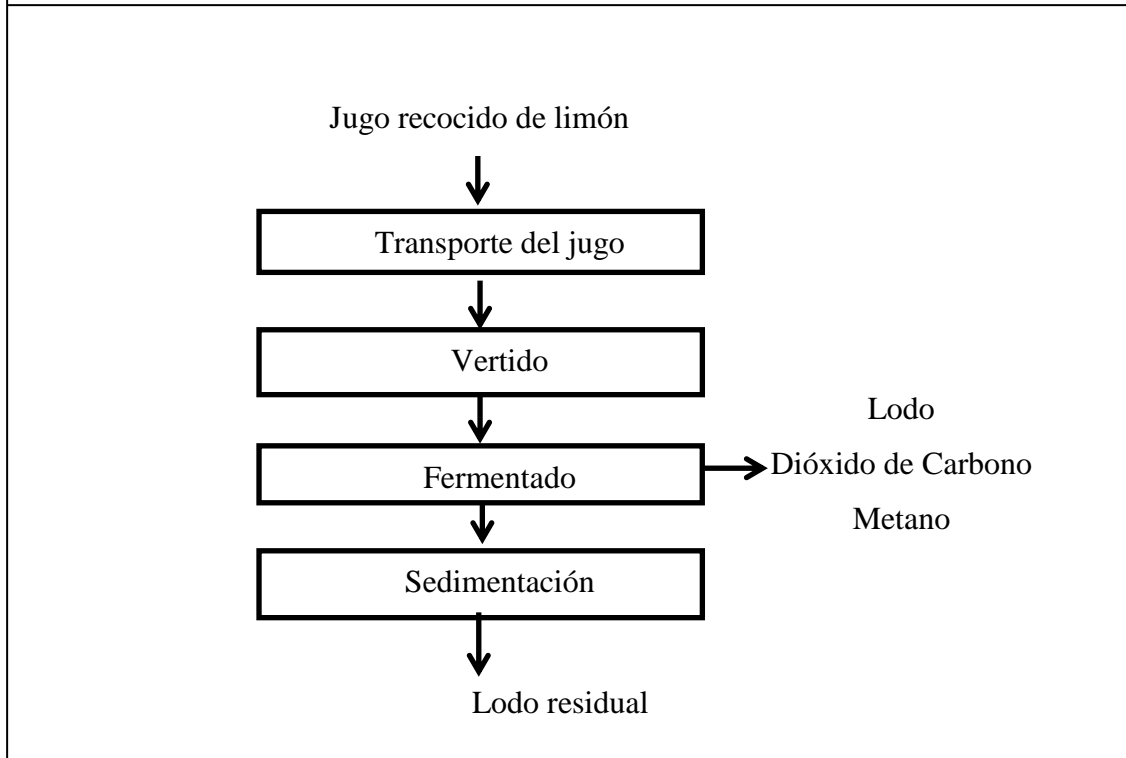


Figura 2- Diagrama de bloques del proceso obtención del lodo

Fuente: Agroindustria

A continuación, se describe cada una de las etapas del proceso de obtención de lodo residual:

Transporte: El jugo recocido del limón es llevado en cisternas hacia las pozas de almacenamiento ubicada en la comunidad de Cruz Verde.

Vertido: El jugo recocido es vertido a las pozas de almacenamiento con la finalidad de que la humedad sea evaporada.

Fermentado: El jugo recocido del limón ya vertido es puesto en reposo por tiempo indefinido, con la finalidad que sedimente los sólidos y se evapore la parte líquida, obteniéndose como sub productos vapor, metano, etanol y dióxido de carbono, como se afirma en una investigación donde se obtuvo dichos gases por la fermentación de aguas de lavado de cáscara de limón.

Sedimentación:

En esta etapa el porcentaje de humedad es mucho menor, debido que la parte líquida ya ha sido evaporada y otra parte de ella lixivía en las áreas aledañas. Es aquí donde se obtiene lodos, con un porcentaje de humedad de 36,4%.

3.1.2. Análisis físico – químico del lodo del jugo recocido de la poza de almacenamiento

3.1.2.1. Proceso de la toma de muestra

De acuerdo a la disponibilidad del investigador y de la empresa se tomaron 2 muestras de lodo proveniente de las pozas de almacenamiento según se muestra en la figura 4, dichas muestras se mezclaron y se colocaron en una bolsa de polietileno seco y se llevó en cooler el mismo día hacia el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se extrajo 800 gramos de lodo aproximadamente, sin embargo, el análisis físico químico se realizó a 500 gramos, de acuerdo a los requerimientos del Laboratorio. Se determinó los factores de humedad, pH y relación carbono/nitrógeno.



Figura 3- Posición de donde se extrajeron las muestras de la laguna de oxidación

3.1.2.2. Resultados

En la tabla 3 se muestra el resultado del análisis físico químico del lodo del jugo recocado de limón, en el anexo 2 se muestra los informes del análisis físico-químico del lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón.

Tabla 4- Características físico-químicas

<i>Sustancia</i>	<i>Cantidad de la muestra</i>	<i>pH</i>	<i>% de humedad</i>	<i>Relación C/N</i>
Lodo del jugo recocado de limón	500 g	2,98	36,4	6,9

Fuente: Jefatura del Laboratorio de Suelos de la UNPRG

Debido que el lodo generado en las pozas de almacenamiento proviene de una fuente ácida (jugo recocado del limón), éste también contiene un pH ácido, sin embargo, es menor al del jugo recocado, así mismo el lodo contiene una humedad del 36,4% y una relación C/N de 6,9; demostrando que existe una elevada cantidad de nitrógeno presente y poca energía.

Tabla 5- Condiciones deseables durante el proceso de compostaje

CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES RAZONABLE	CONDICIONES ÓPTIMO
Contenido de humedad	40-65%	50-60%
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor al 5%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Relación C/N	20:1 - 45:1	25:1 - 40:1
Temperatura	45-66	55-60

Fuente: Avendaño, 2003

Por lo que las características físico-químicas del lodo no se encuentran dentro de los rangos razonables ni óptimos (ver tabla 3) para un proceso de compostaje, se debe añadir algunos componentes con tal de neutralizar el pH y aumentar la relación C/N.

Así mismo por lo que el lodo tiene un pH sumamente ácido para un proceso de compostaje, se buscará neutralizar con soda cáustica.

3.1.2.3. Neutralización del pH del lodo de la laguna de oxidación del jugo recocado de limón

Para ajustar el pH del lodo, de ácido (2,98) a neutro (7) se realizaron análisis en el laboratorio de tres muestras de lodo de las pozas de almacenamiento, las cuales se extrajeron en 3 días distintos.

Para el análisis de dichas muestras se siguieron los siguientes procedimientos que se indican en el anexo 3

Este procedimiento se realizó en las 3 muestras de 20 g de lodo obtenido al 10% de concentración, añadiéndole 3 ml de la solución (al 5%) de soda cáustica a cada una de las mezclas con lodo con la finalidad de ver la variación de pH en cada una de las mediciones. Los resultados se presentan en la tabla N° 6.

Tabla 6- Resultado del proceso de neutralización de pH

N° de medición	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	Solución de soda caustica (ml)	pH	Solución de soda caustica (ml)	pH	Solución de soda caustica (ml)	pH
1	0	3	0	3	0	3
2	3	4	3	4	3	4
3	3	5	3	5	3	5
4	3	5	3	6	3	5
5	3	6	3	6	3	6
6	3	7	1	7	2	7
TOTAL	15	7	13	7	14	7

Después de haber combinado cada una de las mezclas, como se muestra en la tabla 6 se determinó que, para obtener un pH neutro del lodo del jugo recocado de limón, se es necesario agregar 14ml de una solución de soda cáustica al 5%, es decir, por cada 20g de lodo se agrega 0,72g de soda cáustica.

3.1.3. Cuantificación del lodo a partir del jugo recocido

Durante la producción de aceite esencial, es necesario insumos como agua y cloro en la operación de lavado, sin embargo, el limón es el principal ingrediente para que se complete el proceso, para ello se planifica la cantidad de limón que es necesario para cumplir con los pedidos.

Tabla 7- Cantidad de limón procesado en el 2016 para el proceso de extracción de aceite esencial

Mes	Cantidad de limón requerido(kg)
Enero	7 567 677
Febrero	8 263 300
Marzo	8 034 815
Abril	7 815 488
Mayo	8 261 347
Junio	7 919 327
Julio	7 847 003
Agosto	8 157 704
Septiembre	7 656 785
Octubre	6 681 818
Noviembre	7 262 882
Diciembre	6 896 323
TOTAL	92 364 468

Fuente: Agroindustria

Como se muestra en la Tabla N°7, para la producción de aceite esencial en el año 2016 se procesó 92 364 468 kg de limón, siendo aprovechado casi en su totalidad.

Tabla 8- Cantidad de aceite esencial producido en el 2016

Mes	Cantidad de aceite esencial (kg)
Enero	30 270,71
Febrero	33 053,20
Marzo	32 139,26
Abril	31 261,95
Mayo	33 045,39
Junio	31 677,31
Julio	31 388,01
Agosto	32 630,81
Septiembre	30 627,14
Octubre	26 727,27
Noviembre	29 051,53
Diciembre	27 585,29
TOTAL	369 457,87

Fuente: Agroindustria

En tabla N°8 muestra la producción de aceite esencial de limón en el año 2016, siendo un total de 369 457,87 kg. Así mismo se observa que los meses con mayor producción son los meses de febrero y mayo debido a que es un producto estacional.

En el proceso de producción de aceite esencial se emite como residuo al jugo recocado de limón, el cual es materia orgánica ácida que tiene como destino final los fondos de la empresa y las pozas de almacenamiento de las mismas.

Tabla 9- Cantidad de jugo recocido obtenido en el 2016

Mes	Cantidad de jugo recocido (kg)
Enero	2 247 600
Febrero	2 454 200
Marzo	2 386 340
Abril	2 321 200
Mayo	2 453 620
Junio	2 352 040
Julio	2 330 560
Agosto	2 422 838
Septiembre	2 274 065
Octubre	1 984 500
Noviembre	2 157 076
Diciembre	2 048 208
TOTAL	27 432 247

Fuente: Agroindustria

Como se muestra en la Tabla N°9 en los meses de febrero y mayo es donde más jugo recocido se emitió durante el año 2016 debido a que se trabaja con un producto estacional como es el limón.

Uno de los principales ingresos que tiene la agroindustria de Lambayeque, la exportación de aceite esencial de limón, el cual es usado como materia prima para las industrias de cosméticos y gelatinas.

Para poder determinar la cantidad de lodo generado en el año 2016 se halló mediante la siguiente formula:

$$\text{Lodo generado} = \frac{(\text{Cantidad de jugo})(1 - \% \text{ de humedad del jugo})(0,9)}{(1 - \% \text{ de humedad del lodo})}$$

Siendo el porcentaje de humedad del lodo y del jugo 36,4% y 91,31% respectivamente.

Tabla 10- Cantidad de lodo generado en las pozas de almacenamiento en el año 2016

Mes	Cantidad de lodo (kg)
Enero	276 391,2
Febrero	301 797,1
Marzo	293 452,3
Abril	285 441,9
Mayo	301 725,8
Junio	289 234,4
Julio	286 592,9
Agosto	297 940,5
Septiembre	279 645,6
Octubre	244 037,3
Noviembre	265 259,3
Diciembre	251 871,6
TOTAL	3 373 390,0

En la tabla N°10 se muestra que se ha generado en las pozas de almacenamiento del jugo recocido de limón un total de 3 373 390 kg de lodo, sabiendo que el 90% del jugo recocido de limón generado en el proceso, se vierte en las pozas de almacenamiento, mientras que el 10% restante es utilizado para atenuar las tierras en los fundos de la agro industria.

3.1.4. Impacto ambiental de la implementación de pozas de almacenamiento

Se elaboró una matriz de Leopold con la finalidad de evaluar cuantitativamente el impacto ambiental que genera la emisión del jugo recocido de limón, para ello se evaluaron los medios físicos, biológicos y socioeconómicos con respecto al transporte, remoción de tierra, vertido, sedimentación, tapado y el post cierre del manejo de este residuo.

A continuación, se presenta la matriz de Leopold, la cual indica el impacto generado por la implementación de pozas de almacenamiento.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTOS ACTUALES									TOTAL ARITMÉTICO	TOTAL PONDERADO	TOTAL POR SUBSISTEMA
				MANEJO DE RESIDUOS						TOTAL					
				Transporte del jugo recocido	Remoción de Tierra	Vertido	Sedimentación	Tapado	Post cierre						
Medio Físico	Físico	Aire	Levantamiento de Polvo	-2	-4	-5	-1	-2	-4	-5	-72	-214	-357		
			Generación de Ruido	-2	-3	-4	-2	-1	-4	-2	-32				
			Emissiones de gases	-6	-2	-4	-4	-5	-3	-2	-46				
			Olores	-2	-1	-2	-3	-4	-5	-4	-64				
		Suelo	Erosión			-6	-4	-3	-2	-8	-5			-80	-143
		Agua	Lixiviados				-3	-4	-2	-9	-6			-63	
		Medio Biológico	Ecosistema	Flora	Crecimiento de especies			-3	-4	-2	-4			-6	-4
Fauna	Migraciones de especies					-2	-1	-2	-2	-2	-2	-22			
Hábitat	Paisaje					-5	-4	-4	-3	-4	-4	-82			
Medio Socio-económico	Socio-económico	Social	Afectación de la población			-4	-3	-3	-2	-6	-5	-64	-142	-184	
			Alteraciones visuales			-4	-4	-4	-2	-6	-5	-90			
		Empleo	2	2	2		2	-2	-2	12					
	Socio-cultural	Humano	Salud	-2	-2	-1	-4	-1	-3	-3	-28	-42			
			Población			-2	-4	-2	-2	-2	-14				
			PROMEDIOS ARITMÉTICOS	-38	-146	-111	-115	-64	-235	-709	-709		-709		

Figura 4- Matriz de Leopold de la implementación de pozas de almacenamiento

Tabla 11- Leyenda de la matriz Leopold

ESCALA DE MAGNITUD		+	-
PUNTUAL	1 a 2		
PARCIAL	3 a 4		
INTERMEDIA	5 a 6		
EXTENSA	7 a 8		
TOTAL	9 a 10		

ESCALA DE IMPORTANCIA		+	-
MUY BAJA	1 a 2		
BAJA	3 a 4		
MODERADA	5 a 6		
ALTA	7 a 8		
MUY ALTA	9 a 10		

Tabla 12- Identificación de impactos por actividad

Actividad	Aspecto	Impacto
Transporte del jugo recocado	Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire
Remoción de tierra para la construcción	Levantamiento de polvo	Afectación a las vías respiratorias
	Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire
Sedimentación	Aparición de epidemias	Daños a la calidad de vida de los pobladores
	Emisión de Olores	Afectación a las vías respiratorias
Tapado	Emisión de gases de combustión	Contaminación del aire

- En el sub sistema físico se subdividió en los componentes aire, suelo y agua, a los cuales se le tomaron en cuenta los factores: Polvo, ruido, emisiones, olores, erosión y lixiviados, el sub sistema ecosistema se sub dividió en flora, fauna y hábitat, en los cuales se optó por evaluar los factores ambientales de migraciones, nuevas especies y paisajes; para el sub sistema socio-económico y socio cultural se creyó conveniente en evaluar los factores afectación de la población, alteraciones visuales, empleo, salud y población.
- Debido a que, en la etapa de transporte, la cual va desde la empresa hacia las pozas de almacenamiento de cierta cantidad de polvo durante todo el camino se considerado

evaluar con una puntuación de -2 en su magnitud y -4 de importancia debido a que no es muy perjudicial para el medio ambiente. Las cisternas durante esta etapa emiten sonidos propios de los automóviles por lo que se le ha considera -2 en su magnitud y -3 de importancia. Así mismo por lo mismo motivo que se transporta el jugo recocado a más de 100 °C y se emite monóxido y dióxido de carbono propio de la cisterna se ha considerado -6 en su magnitud y -4 de importancia en las emisiones y -2 en su magnitud y -1 de importancia en olores debido a que la contaminación es puntual. Se ha considerado una puntuación de 2 en su magnitud y 3 de importancia en empleo debido a que se necesita personal de transporte durante este proceso, se tiene una calificación de -2 en su magnitud y -2 de importancia ya que la población no está muy perjudicada debido a que en esta etapa la contaminación no es en un mismo lugar.

- La etapa remoción de tierra es la más perjudicial para el factor aire, debido que para la construcción de las pozas de almacenamiento se es necesario realizar zangas con la finalidad de retener el jugo recocado; por ello se ha considerado una calificación de -5 en su magnitud y -6 de importancia en el factor polvo porque su impacto sobrepasa al área afectada, -4 en su magnitud y -4 de importancia en el factor ruido, ya que para la elaboración de las zangas se es necesario maquinaria y personal, los cuales emitirán elevados decibeles durante la fabricación de estas, los olores ocasionados por esta etapa son lo mínimo perjudiciales por lo que se ha considerado -2 en su magnitud y -3 de importancia, así mismo en esta etapa se ha considerado una puntuación de -3 en su magnitud y -6 de importancia en el factor de nuevas especies, ya que afecta a gran parte de la flora del lugar cuando se remueve la tierra, una puntuación de -2 en su magnitud y -2 de importancia en la migración de las especies ya que no hay muchas especies de animales en la zona y una puntuación de -5 en su magnitud y -4 de importancia al paisaje debido a la destrucción de la corteza terrestre, quitando un relieve llano a la zona. Finalmente para esta etapa se considera una puntuación de -4 en su magnitud y -3 de importancia en la afectación de la población, debido a que la remoción de tierra afecta a las vías respiratorias de los pobladores y salud en general, sin embargo el factor empleo tiene una puntuación de 2 en su magnitud y 3 de importancia ya que durante esta etapa es necesaria mano de obra para poder culminarla.

- Durante la etapa de vertimiento del jugo recocido de limón existe un levantamiento leve de polvo en la zona, ya sea por el trabajo de la cisterna o por la acción propiamente dicha, es por ello que se ha considerado una puntuación de -1 en su magnitud y -2 de importancia; así mismo el motor de la cisterna emite sonidos por lo cual se le ha considerado una puntuación de -2 en su magnitud y -1 de importancia; el factor con más relevancia en esta etapa es el de las emisiones, pues el vertimiento de una sustancia completamente ácida como el jugo recocido de limón es perjudicial para los terrenos agrícolas, además que genera olores fuertes perjudiciales para los caseríos aledaños a la zona de influencia, es por ello que se le ha considerado a factor emisiones y olores una puntuación de -4 en su magnitud y -5 de importancia y -3 en su magnitud y -4 de importancia respectivamente; la generación de lixiviados en esta etapa es casi imposible pues la emisión de este residuo genera filtraciones en el área afectada, por ende se la considerado colocar una puntuación de -3 en su magnitud y - de importancia. Puesto que la flora, la fauna y el hábitat son los componentes más afectados debido a la composición del jugo recocido y al tamaño del área influenciada por dicho residuo es amplia, pues no sólo afecta al área de la laguna de oxidación si no también a los campos aledaños, impidiendo la fertilidad del suelo, por ello se le ha considera una puntuación de -4 en su magnitud y -4 de importancia, -1 en su magnitud y -2 de importancia y -4 en su magnitud y -5 de importancia respectivamente.
- El componente social es el tercer más afectado en esta etapa pues la emisión del jugo recocido afecta levemente a la salud de los pobladores por lo olores que emana, sin embargo lo que más perjudica son los paisajes, alterando la visión de los pobladores, por ello se le consideró una puntuación de -3 en su magnitud y -3 de importancia a la afectación de la población y de -4 en su magnitud y -4 de importancia a alteraciones visuales; debido a lo antes mencionado, por los olores y el polvo que genera esta etapa se le ha considera una puntuación de -1 en su magnitud y -3 de importancia al factor salud.
- A la etapa de sedimentación se le ha considerado una puntuación de -4 en su magnitud y -6 de importancia en el factor olores, debido a que el pH del juego es ácido y es un residuo orgánico, este emana olores fuertes llegando hasta los caseríos aledaños

a la zona afectada, se ha creído conveniente evaluar con un puntaje de -2 en su magnitud y -5 de importancia al factor nuevas especies debido a que esta etapa impide el crecimiento de plantas y destruye a las ya plantadas, con un puntaje de -2 en su magnitud y -4 de importancia en migraciones de la fauna del lugar ya que en la zona la única especie animal que existe son los nemátodos. Para el factor paisaje se ha considerado una puntuación de -4 en su magnitud y -5 de importancia debido que la destrucción de la zona se está haciendo más visible, no sólo afectando al medio ambiente si no a los pobladores de la zona por lo que se ha considerado una puntuación de -3 en su magnitud y -3 de importancia.

- Después de completar el ciclo de vida de las pozas de almacenamiento, ésta es tapada con tierra (la misma que se obtuvo al remover cuando se construyó) emitiendo gran cantidad de polvo y material particulado, así como gases contaminantes y ruido producto de la maquinaria que se utiliza para esta etapa, colocándose al factor polvo, ruido y emisiones una puntuación de -4, -4 y -3 en su magnitud y -5, -2 y -2 de importancia respectivamente.
- Para la etapa de pos cierre los factores más relevancia son los lixiviados y la erosión con una puntuación de -9 y -8 en su magnitud y -5 y -6 de importancia respectivamente, por la percolación del jugo recocado de limón, también se debe a que la consistencia y propiedades de la tierra de la zona afectada ha variado desde la emisión del jugo recocado, no permitiendo la fecundación de las semillas, considerando al factor de nuevas especies con una puntuación de -6 en su magnitud y -4 de importancia. Así mismo las alteraciones paisajísticas se han deteriorado, por ende se le consideró una puntuación de -6 en su magnitud y -5 de importancia, así como al factor empleo con una puntuación de -2 en su magnitud y -2 de importancia ya que las plantas no vuelven a crecer en el área afectada y la agricultura es un medio de ingresos para los pobladores de la zona.

Tras haber aplicado la matriz de Leopold para determinar cuál es el medio más contaminado al emitir el jugo recocado de limón, se puede ver que el componente aire y ecosistema son los más afectados pues tienen una puntuación de -214 y -168 respectivamente.

3.2. DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO QUE SE DEBE REALIZAR AL LODO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DEL LIMÓN PARA OBTENER COMPOST

Se realizaron matrices de enfrentamiento para priorizar el factor que tiene mayor incidencia en la elección del método de compostaje, posteriormente se realizará la metodología de factores ponderados, evaluando los métodos de aireación forzada, pilas estáticas y en hileras utilizando antecedentes, dándoles diferentes puntajes a cada una de ellas teniendo en cuenta varios factores como tiempo de maduración, impacto, costo y área de ocupación. Así mismo se determina que componente es el más efectivo para la reducción del pH del lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón de tal manera que no acabe con los nutrientes del suelo agrícola.

Se realizó una búsqueda de estudios anteriores, de tal manera que ayuden a encontrar la relación y proporción de componentes para un proceso de compostaje.

3.2.1 Matriz de Enfrentamiento de factores que determinan la viabilidad de un sistema de compostaje

Para la evaluación de factores que determinan el rendimiento económico del proyecto, se han determinado los puntos:

a) Costo: Debido a que el presente proyecto es de inversión, es importante escoger el método que más ahorro le produzca a la empresa y el que menos gasto genere en sus etapas de implementación y ejecución.

b) Tiempo de maduración: Este factor es determinante, puesto que los residuos que se emiten en la empresa son diarios, mientras el tiempo de compostaje sea el menor posible, mayor rotación le darán al compost y más ahorro económico se obtendrá al no comprar abono extra.

c) Eficiencia del proceso: La eficiencia del proceso de compostaje es importante, pues depende de ella la cantidad de compost que se genere por cada kilogramo de material puesto en pila, otra de las razones por la que se considera este factor es que la finalidad del proyecto es

sustituir el compost generado en el proceso de compostaje por el abono que compra la empresa para su uso.

d) Área de ocupación: Se considera al área de ocupación como un factor a evaluar propio del compostaje debido a que como en cualquier empresa es importante escoger aquel proceso que brinde mayor espacio y necesite de menos área de elaboración, ya que el tamaño va relacionado directamente con los costos de mantenimiento e instalación.

En la matriz de enfrentamiento se colocará una puntuación de 1 al factor que tenga más relevancia respecto a otro, teniendo en cuenta que su finalidad del proyecto es reducir costos y el impacto ambiental; así mismo se colocará una puntuación de 0,5 cuando ambos factores tengan la misma relevancia y cero si un factor es menos determinante que el otro.

Durante todo el proyecto los factores con mayor relevancia son el costo y tiempo, pues para la obtención de compost se es necesario encontrar el método con menor tiempo de compostaje, así como en cualquier proyecto de inversión, encontrar el método que genere menores costos.

Sin embargo, la eficiencia es un factor importante que se tomó en cuenta ya que determinará cuál es la cantidad de compost que se generará por kilogramo de materia orgánica.

Tabla 13- Matriz de enfrentamiento-evaluación de factores

Elección del mejor método de compostaje							
¿Qué factor determina la viabilidad de un sistema de compostaje?	Costo	Tiempo de maduración	Eficiencia	Área de ocupación	TOTAL	Prioridad	Porcentaje
Costo		0,5	0,5	1	2	1	33,3%
Tiempo de maduración	0,5		1	0,5	2	1	33,3%
Eficiencia	0,5	0		1	1,5	2	25%
Área de ocupación	0	0,5	0		0,5	3	8,3%
Total					6		100%

Después de haber realizado la matriz de enfrentamiento donde se quiere determinar que factor es el que más repercute a la viabilidad de un método de compostaje, se puede observar en la tabla N° 13 que es el factor tiempo de maduración y costo, con un 33,33% de repercusión,

mientras que los de menor implicancia son el factor impacto que generan y área de ocupación con un 8,3%.

3.2.2 Factores ponderados

Para esta metodología se establecieron ciertos parámetros de los factores, con la finalidad de evaluarlos de una manera cuantitativa y poder evaluarlos entre sí los distintos métodos, teniendo como resultado al más idóneo.

1. Factor costo

Para la calificación del costo, se identificó los criterios: Materiales, mano de obra, implementos y maquinaria, dónde se le otorgará una calificación de 4 a aquellos costos más accesibles y de 1 a aquellos costos más elevados; este factor ayudará a determinar el monto aproximado total de la implantación de un método de compostaje.

Tabla 14- Calificación del factor costo

Criterio	Calificación			
	4	3	2	1
Materiales (S/.)	1-1000	1 001-2000	2 001-3 000	3 010 a más
Mano de Obra-anual (miles S/.)	21-40	40,1-60	60,1-80	80,1 a más
Implementos (S/.)	100-200	201-400	401-600	601 a más
Maquinaria (miles S/.)	100-130	131-150	150-170	171 a más
Infraestructura (miles S/.)	100-200	201-300	301-400	401 a más

Para la evaluación de factor tiempo se acudió al siguiente antecedente:

Se evaluó la factibilidad económica de la instalación de una planta de compostaje a partir de desechos vegetales urbanos, con cada uno de los métodos, pilas hileras, pilas airadas y pilas con volteo, dando como resultado que el costo de inversión del método de pilas estáticas es la que mayor gasto genera. [18]

Tabla 15- Costos de inversión por métodos de compostaje

Costos de inversión (S./)			
	Pilas estáticas	Pilas aireadas	Pilas hileras
Infraestructura	573 056,37	232 731,67	316 073,41
Herramientas	688,26	688,26	688,26
Implementos	481,90	481,90	481,90
Instrumentos	3 917,67	3 917,67	3 917,67
Oficina	2 167,99	2 167,99	2 167,99
Maquinaria	165 303,37	189 466,42	165 303,37
Personal	64 703,04	64 703,04	64 703,04
Arriendo	93 324,29	93 324,29	93 324,29
TOTAL	923 642,89	607 481,25	666 659,93

Fuente: Córdoba Carolina, 2006 [18]

2. Factor tiempo

Para la calificación de los tiempos de cada una de las etapas, se tomó como referencia el artículo [3] el cuál menciona los tiempos requeridos por cada una de las etapas en donde se evaluó cuatro sistemas de compostaje durante 140 días para el tratamiento aeróbico del alperujo: T1 con pilas 100% alperujo y volteo manual, T2 con pilas 100% alperujo y aireación forzada, T3 con pilas 75% alperujo y 25% chips de poda y volteo manual, y T4 con pilas 75% alperujo y 25% chips de poda con aireación forzada combinada con volteo manual. Donde se dio diferencias entre los tratamientos, demostrando que el alperujo no puede ser tratado sólo con aireación forzada, sin embargo, este sistema facilita la compactación del residuo.

Tabla 16- Calificación del factor tiempo en las etapas

Etapa	Calificación			
	4	3	2	1
Mesófila I	2-3 días	4-5 días	6-7 días	7 días a más
Termófila	1-30 días	31-60 días	61-90 días	91 días a más
Mesófila II	1-2 semanas	3-4 semanas	5-6 semanas	6 semanas a más
Maduración	2-4 semanas	5-6 semanas	7-8 semanas	8 semanas a más

Así mismo para la identificación de los parámetros del tiempo por cada una de las etapas se acudió al Manual de Compostaje del Agricultor.

Tabla 17- Tiempo de métodos de compostaje

Método	Etapa			
	Mesófila I	Termófila	Mesófila II	Maduración
Pilas Estáticas	4 días	130 días	23 días	37 días
Pilas con Volteo	7 días	130 días	40 días	50 días
Pilas Airadas	4 días	30 días	23 días	37 días

3. Factor Eficiencia

Para la calificación del rendimiento se tuvo como referencia el artículo [18] donde se estima el rendimiento de cada método de compostaje según sus volúmenes netos mensuales y los volúmenes utilizados por cada pila, considerando el tiempo de fermentación y maduración.

Tabla 18- Calificación del factor Eficiencia

Factor	Calificación			
	4	3	2	1
Rendimiento (%)	34-25	24-15	14-5	Menor a 4

Fuente: Córdova Carolina, 2006 [18]

En la tabla 18 se muestra que se consideró una puntuación de 4 a las eficiencias que oscilan entre 34% a 25%, pues un proceso de compostaje no supera ese rango, mientras que se consideró como puntuación 1 a aquel proceso que tiene una eficiencia ,menor al 5%

Tabla 19- Rendimiento anual por técnica de compostaje

Características		Rendimiento (%)		
Técnica	Mes de duración	Año 1	Año 2	TOTAL
Pilas Estáticas	13	0	10,01	10,01
Pilas con Volteo	7	3,75	10,01	13,75
Pilas Airadas	6	5,83	10,01	15,84

Fuente: Córdoba Carolina, 2006 [18]

4. Factor área de ocupación

Para el análisis de este factor se acudió al antecedente [18] donde se dividió en dos áreas: La unidad de compostaje y área complementaria.

La unidad de compostaje, consiste en las superficies destinadas al proceso de ubicación de las pilas de fermentación y las pilas de maduración. De manera técnica se ha considerado la construcción de las carpetas del área de compostaje de hormigón, con un 3% de pendiente y 0,13 m de espesor de manera de generar un sistema de control de lixiviados que eviten la percolación de los líquidos al suelo y así impedir la contaminación de éste. El área complementaria se encuentra compuesta por: Superficie de acondicionamiento de residuos líquidos y secos, galpón de almacenamiento, galpón de máquinas, administración, caseta de portería, bodega de herramientas y zona de harneo.

Tabla 20- Calificación del factor área de ocupación

Etapa	Calificación			
	4	3	2	1
Área (Metros cuadrados)	1-5	5-10	10-15	15 a más

En la tabla 20 se muestra que se considerará con la mayor puntuación a aquel proceso que ocupe un área de 1 a 5 metros cuadrados, mientras que se le dará puntuación de 1 a aquella que tenga un área de ocupación mayor a los 15 metros cuadrados.

Tabla 21- Superficie total requerida según la técnica de compostaje

Superficie total requerida (m^2)			
Técnica	Unidad de compostaje	Área complementaria	Total
Hileras	6,55	1,326	7,876
Pilas estáticas	11,8	1,326	13,126
Pilas con aireación	5,05	1,326	6,376

Fuente: Córdoba Carolina, 2006 [18]

Luego de determinar la calificación para cada uno de los factores, se realiza un cuadro comparativo con cada uno de los procesos a analizar, encontrando de esta manera el proceso más óptimo para la investigación

Tabla 22- Ponderación de los factores

PROPUESTA	Aireación forzada	Pilas estáticas	Hileras
Factor 1: Costos	33,33%		
Materiales	4	4	4
Mano de Obra	2	2	2
Implementos	2	2	2
Maquinaria	1	2	2
Infraestructura	3	1	2
Total	12	11	12
Factor 2: Tiempo de Maduración	33,33%		
Mesófila I	3	3	2
Termófila	4	1	1
Mesófila II	3	3	2
Maduración	3	3	2
Total	13	10	7
Factor 3: Eficiencia	25%		
Eficiencia	3	2	2
Total	3	2	2
Factor 4: Área de ocupación	8,3%		
m ²	3	2	3
Total	3	2	3
PONDERADO TOTAL	9,32	7,67	7,08

Después de realizar la matriz de factores ponderados, se determinó que el método idóneo para el proceso compostaje es aireación forzada pues es el método que tiene menor costo, menor tiempo de compostaje, más eficiente y tiene una menor área de ocupación.

3.3 DISEÑAR EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA POZA DE ALMACENAMIENTO DEL JUGO RECOCIDO DE LIMÓN PARA HACER COMPOST

Para el diseño del tratamiento del lodo de la poza de almacenamiento del jugo recocado de limón se es necesario haber identificado el método de compostaje a utilizar, posteriormente se determinará la capacidad de planta de compostaje, la ubicación de la misma, su área, número de operarios, maquinaria e insumos necesarios, así como el proceso de compostaje, todo esto dependiendo de la cantidad de lodo que se obtendrá luego de la evaporación del jugo recocado.

3.3.1 Composición de las muestras de compostaje (prueba piloto)

Luego de obtener al método de compostaje de aireación forzada, se tomó como referencia al antecedente [2] y se realizó 3 muestras piloto de compostaje con lodo de la laguna de oxidación del jugo recocado de limón, aserrín, cáscara de fruta y hojas secas, así mismo se elaborará otras 3 muestra con los mismos componentes, añadiéndole 15ml de soda caustica (mezcla al 5%) por cada 20g de lodo de jugo recocado. (Ver Anexo 4)

Tabla 23- Composición de las pilas de compostaje sin soda caustica

Componentes	Masa (kg)	Equivalencia en (%)	Relación (C/N)	Relación C/N respecto a la masa
Lodo del jugo recocado de limón	50	71,4	6.9	4,92
Aserrín	3	4,28	500	21,4
Cáscara de fruta	7	10	15	1,5
Hojas secas	10	14,28	17	2,42
TOTAL	70	100		30,24

En la tabla 23 se muestra la composición que debería tener la pila de compostaje 1, 2 y 3 con la finalidad de cumplir con los parámetros establecidos de C/N para elaborar el compost.

Tabla 24- Composición de las pilas de compostaje con soda cáustica

Componentes	Masa (kg)	Equivalencia en (%)	Relación (C/N)	Relación C/N respecto a la masa	Solución de soda cáustica al 10 %(Litros)
Lodo del jugo recocido de limón	50	71,4	6,9	4,92	32
Aserrín	3	4,28	500	21,4	
Cáscara de fruta	7	10	15	1,5	
Hojas secas	10	14,28	17	2,42	
TOTAL	70	100		30,24	32

En la tabla 24 se muestra la cantidad de soda caustica (concentrada al 50%) que se le debe agregar a las pilas de compostaje 4, 5 y 6 para neutralizar el pH y mantener los parámetros de compostaje, así como también refleja su composición de cada una de ellas.

3.3.1.1 Eficiencia del proceso de compostaje

Después de transcurrir aproximadamente 4 meses y medio del proceso de compostaje de la prueba piloto se pasó a tamizar cada una de las pilas y a determinar su eficiencia.

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ de\ Compost\ obtenido\ (kg)}{Cantidad\ de\ material\ empleado\ (kg)} \times 100$$

Tabla 25- Resumen de eficiencias y pH obtenidos por pila de compostaje

N° Pila	Compost obtenido (kg)	Material empleado (kg)	Eficiencia (%)	pH
1(sin NaOH)	17,6	70	25,14	6
2 (sin NaOH)	19,4	70	27,71	6
3 (sin NaOH)	18,3	70	26,14	6
Promedio	18,43	70	26,32	6
4 (con NaOH)	19,7	70	28,14	7
5 (con NaOH)	18,8	70	26,85	7
6 (con NaOH)	20,5	70	29,28	7
Promedio	19,67	70	28,1	7

En la tabla 25 se observa que luego de haber realizado el proceso de compostaje de la prueba piloto de las 6 pilas, donde el lodo de jugo recocido de limón se usa como principal materia orgánica, se obtiene una eficiencia promedio de 27,21 %, así como el pH de cada una de ellas pues las que contenían soda cáustica mostraban un pH neutro, sin embargo a las que no les añadió la mezcla mostraron un pH de 6 estando aún dentro de los parámetros de compostaje propuestos.

Por lo tanto, se tendrá en cuenta la elaboración de las pilas de compostaje sin NaOH, pues el compost que se obtendrá tendrá un pH dentro de los parámetros.

3.3.2 Capacidad de planta

Para determinar la capacidad que debe tener la planta de compostaje, primero se debe pronosticar el consumo de abono de la empresa, así mismo es necesario calcular la demanda de aceite esencial, pues de eso depende la cantidad de limón que se requerirá para cumplir con dicha demanda, para posteriormente hallar la cantidad de jugo recocido de limón que emitirá el proceso con la finalidad de saber la cantidad de lodo que se obtendrá después de la evaporación del mismo.

Cabe recalcar que se ha pronosticado los próximos 10 años (2018-2027) bajo una data histórica de 5 años.

La agroindustria en el departamento de Lambayeque, cuenta con fundos, con el fin de abastecer su producción de frutas y verduras para posteriormente exportarlas

Para una mejor calidad de frutos en sus fundos la empresa adquiere cierta cantidad de abono mensual para sus más de 85 hectáreas de terreno destinado a la cosecha de limón, palta, mango, ají piquillo y arándano

Tabla 26- Costos y consumo de abono durante el año 2016

Mes	kg	Gasto de abonos (S/)
Enero	49 824	29 894
Febrero	47 132	28 279
Marzo	39 560	23 736
Abril	42 620	25 572
Mayo	34 752	20 851
Junio	30 036	18 022
Julio	45 324	27 194
Agosto	51 068	30 641
Septiembre	35 256	21 154
Octubre	38 568	23 141
Noviembre	45 988	27 593
Diciembre	47 476	28 486
TOTAL	507 604	304 562

La agroindustria de Lambayeque durante el año 2016 adquirió 507 604 kg de abono para agregar nutrientes a los suelos de sus fundos, sabiendo que cada quintal de abono cuesta S/30,00; tienen unos costos de S/ 304 562 durante dicho año.

3.3.2.1 Proyección de abono

Para determinar cuánto compost se necesitará para los fundos de la empresa se realizó mediante el método de regresión lineal, tenido la data histórica del consumo de abono desde el 2013 hasta el 2017.

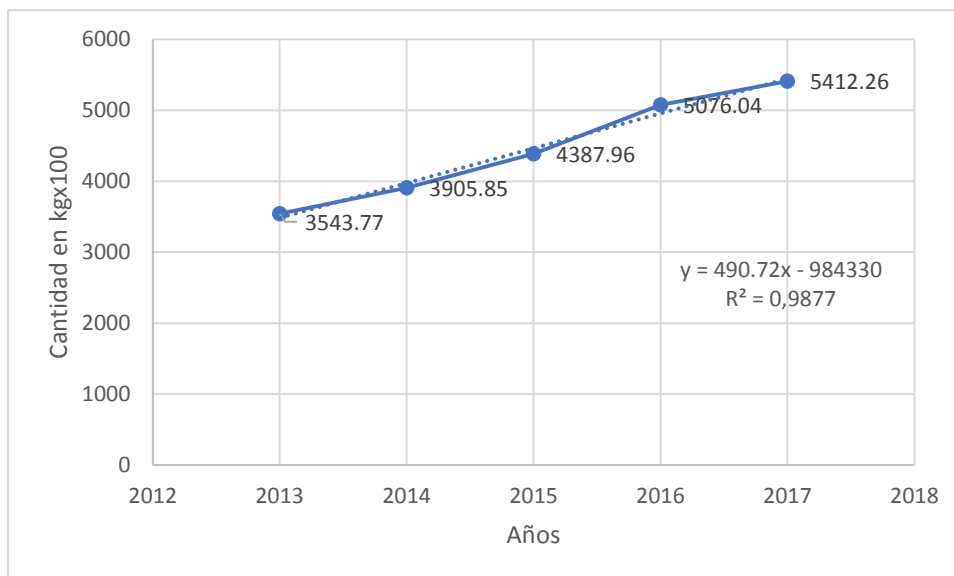


Figura 5- Proyección del consumo de abono

El método de regresión lineal arroja un coeficiente de correlación de 0,9877 lo que significa que las variables de consumo y años evaluados tienen un alto grado de asociación.

Una vez obtenido la ecuación del consumo de abono, se pronosticaron los siguientes 10 años.

Tabla 27- Proyección de consumo de abono

Años	Consumo (kg)
2018	594 296
2019	643 368
2020	692 440
2021	741 512
2022	790 584
2023	839 656
2024	888 728
2025	937 800
2026	986 872
2027	1 035 944

Durante los próximos 10 años, la industria requerirá de más de 594 toneladas de abono anuales para distribuirlas a todos sus fundos.

Luego de determinar que la eficiencia del proceso de compostaje es de 27,21% (tabla 25) y la proyección de la demanda de compost de la industria, se procedió a determinar la cantidad de materia orgánica necesaria para las pilas de compostaje, de tal manera que se pueda cumplir con la cantidad de compost demandado por la Agroindustria de Lambayeque. Posteriormente se determinará el tamaño de la planta de compostaje, con la finalidad que pueda satisfacer la producción estimada

3.3.2.2 Proyección de la demanda de aceite esencial

Debido a que se tiene la data histórica desde el año 2013 hasta el 2017, por medio de la herramienta regresión lineal se pudo determinar la cantidad de aceite esencial demandado en los próximos 10 años, por lo consiguiente, obteniendo dicho resultado se puede hallar la cantidad de limón que se requerirá para la producción del mismo.

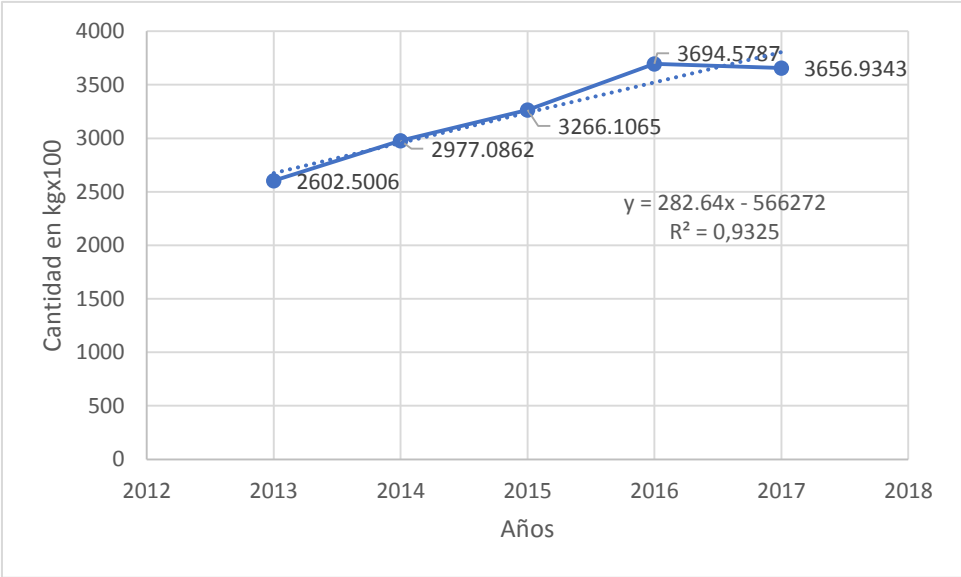


Figura 6-Proyección de la demanda de aceite esencial

El método de regresión lineal arroja un coeficiente de correlación de 0,9325 lo que significa que las variables de cantidad y años evaluados tienen un alto grado de asociación.

Una vez obtenido la ecuación de la demanda, se pronosticaron los siguientes 10 años.

Tabla 28- Demanda proyectada de aceite esencial de los años 2018-2027

Año	Demanda (kg)
2018	409 552
2019	437 816
2020	466 080
2021	494 344
2022	522 608
2023	550 872
2024	579 136
2025	607 400
2026	635 664
2027	663 928
TOTAL	6 059 592

En la tabla N°28 se observa la cantidad de aceite esencial demandado durante los próximos 10 años, siendo un total de 6 059 592 kg de aceite a producir.

3.3.2.3 Proyección de limón de requerido

El limón es el insumo principal en la producción de aceite esencial, por lo que se es necesario saber la cantidad que se necesitará para la elaboración del mismo; sabiendo que el 0,4% (ver anexo 5) del limón requerido se convierte en aceite esencial, a partir de ello se determinará la cantidad de jugo recocado de limón que sale del proceso:

Tabla 29- Demanda proyectada de limón requerido 2018-2027

Año	Cantidad (t)
2018	102 388
2019	109 454
2020	116 520
2021	123 586
2022	130 652
2023	137 718
2024	144 784
2025	151 850
2026	158 916
2027	165 982

En el gráfico N°29 se observa la cantidad de limón requerido para la producción de aceite esencial durante los próximos 10 años, siendo un total de 1 514 898 toneladas.

3.3.2.4 Proyección del jugo recocido

Se sabe que, durante el proceso de producción de aceite esencial, el 29,7% del limón que ingresa al proceso, se convierte en jugo recocido (ver anexo 5), siendo además este último, el que más gasto le genera a la empresa.

Tabla 30- Proyección del jugo recocido de limón 2018-2027

Año	Cantidad (t)
2018	30 409,236
2019	32 507,838
2020	34 606,440
2021	36 705,042
2022	38 803,644
2023	40 902,246
2024	43 000,848
2025	45 099,45
2026	47 198,052
2027	49 296,654

En la tabla N°30 se refleja la cantidad de jugo recocido que se emitirá en los próximos 10 años, durante la producción de aceite esencial.

3.3.2.5 Proyección de lodo generado en las pozas de almacenamiento

Después de determinar la cantidad de jugo emitido durante el proceso, se es necesario saber cuánto lodo generará durante la evaporación del jugo, dicha cantidad se pudo determinar por la siguiente fórmula:

$$Lodo\ generado = \frac{(Cantidad\ de\ jugo)(1 - \% \text{ de humedad del jugo})(0,9)}{(1 - \% \text{ de humedad del lodo})}$$

Tabla 31- Proyección del lodo generado en las pozas de almacenamiento

Año	Cantidad (kg)
2018	3 739 475,4
2019	3 997 544,0
2020	4 255 612,7
2021	4 513 681,3
2022	4 771 750,0
2023	5 029 818,6
2024	5 287 887,3
2025	5 545 956,0
2026	5 804 024,6
2027	6 062 093,3

La cantidad de lodo que se generarán durante los años 2018-2027, servirá como materia prima para la producción de compost en la agroindustria, con la finalidad de reducir sus costos.

Una vez determinado la cantidad de abono requerido para los próximos 10 años, es necesario saber la proporción de materiales que se necesitarán para la elaboración de compost y si la empresa cuenta con los mismo.

3.3.3 Requerimiento de insumos y materiales

3.3.3.1 Plan de producción

El plan de producción de la empresa viene dado por la cantidad de abono proyectado que requerirá la empresa en los próximos 10 años.

Así mismo, la capacidad de planta estará determinada por el consumo de abono pronosticado para el 2027, la cual es de 76 sacos al día, sabiendo que se trabajarán 300 días al año con un turno de 8 horas al día, además se sabe que la eficiencia de las máquinas es del 90% según el Valores World Class.

Tabla 32- Capacidad de producción por año

Años	Plan de producción (kg)	Producción en sacos (50 kg)	Capacidad de planta (+10%)
2018	594 296	11 886	13 075
2019	643 368	12 867	14 154
2020	692 440	13 849	15 234
2021	741 512	14 830	16 313
2022	790 584	15 812	17 393
2023	839 656	16 793	18 472
2024	888 728	17 775	19 553
2025	937 800	18 756	20 632
2026	986 872	19 737	21 711
2027	1035 944	20 719	22 791
TOTAL	8 151 200	163 024	179 326

3.3.3.2 Requerimiento de materia prima

Para la producción de compost serán necesarios 4 tipos de materiales: Jugo recocido de limón, aserrín, cáscara de frutas y hojas secas, siendo en su gran mayoría emitidos por la misma empresa durante sus procesos productivos.

Se usaron cada uno de los materiales en distintas proporciones (Tabla 24) debido a su proporción carbono nitrógeno, la cual no debe pasar el rango óptimo (25-40).

En la tabla 33 se muestra la cantidad anual necesaria de materia prima para los años comprendidos entre 2018-2027.

Tabla 33- Cantidad de materiales necesarios para el proceso de compostaje

Años	Cantidad de abono requerido (kg)	Cantidad de materiales empleados para el proceso de compostaje			
		Lodo de jugo recocido de limón (kg)	Aserrín (kg)	Cáscara de frutas (kg)	Hojas secas (kg)
2018	594 296	1 571 583	94 207	220 110	314 317
2019	643 368	1 701 351	101 986	238 284	340 270
2020	692 440	1 831 119	109 765	256 459	366 224
2021	741 512	1 960 887	117 543	274 634	392 177
2022	790 584	2 090 655	125 322	292 809	418131
2023	839 656	2 220 424	133 101	310984	444 085
2024	888 728	2 350 192	140 880	329 159	470 038
2025	937 800	2479 960	148659	347 333	495 992
2026	986 872	2 609 728	156 437	365 508	521 946
2027	1 035 944	2 739 496	164 216	383 683	547 899
TOTAL	8 151 200	21 555 396	1 292 116	3 018 963	4 311 079

Por medio de la tabla 32 se puede verificar que la cantidad de lodo de jugo recocido de limón requerido para el proceso de compostaje es mucho menor al que se presenta en la proyección de la demanda del mismo (ver tabla 31), por lo que si se podrá cumplir con el abastecimiento del compost previsto en los próximos años.

3.3.3.3 Requerimiento de insumos

Los insumos a considerar dentro del proceso de elaboración de compost será el agua proveniente de una quebrada cercana a la zona y los sacos que se usarán para el envase del producto terminado.

Una vez hallada la capacidad de planta de compostaje, es necesario determinar su localización y su posterior distribución.

3.3.4 Localización

Para la localización de la planta se tomarán distintos factores a evaluar, de acuerdo a la necesidad de compost que se desea producir.

3.3.4.1 Factores que determinan la localización de la planta

A lo largo de todo un proyecto de inversión se es necesario tomar decisiones que permitan reducir costos, es por ello que para la localización de la planta se tomaron distintos factores que ayudaron a influir en la elección final de la ubicación de la planta de compostaje.

- **Cercanía a fuentes de abastecimiento de insumos:** La disponibilidad de agua e insumos es vital para el proceso de compostaje, por lo que se ha elegido dicha ubicación debido a la cercanía que se tiene a una quebrada donde por la que fluye agua todo año, así mismo el jugo recocado de limón contiene un gran porcentaje de agua por lo que se puede usar para humedecer las pilas.
- **Disponibilidad de las materias primas e insumos:** Otro de los factores que se tomó en cuenta es la disponibilidad de materia prima, siendo el lodo que se encuentra en las pozas de almacenamiento, por lo que se plantea que la construcción de la planta sea en el poblado de Cruz Verde, en el distrito de Motupe-Departamento de Lambayeque, así mismo se analizará la disponibilidad de agua, resto de frutas provenientes de la agroindustria y hojas secas.

Sabiendo que el lodo es el principal material que se usará para el proceso de compostaje, en los primeros años se usará el lodo que ya se encuentra en las pozas de almacenamiento, pues se necesita cierto tiempo para que el jugo recocado de limón se evapore y se convierta en lodo.

La masa aproximada de las pozas de almacenamiento se calculó después de determinar el área y alto de las mismas y de la densidad del lodo. Esto se dio mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Masa} = \text{Densidad del lodo} \times \text{Volumen del poza de almacenamiento}$$

Tabla 34- Disponibilidad de Lodo residual

Poza	Área x Altura	Densidad (kg/m ³)	Contenido (t)
1	900 m ² X 2m	1 100	1 980
2	700 m ² X 2m	1 100	1 540
3	1100 m ² X 2m	1 100	2 420
TOTAL	2700 m ² X 2m		5 940

La cantidad actual disponible de lodo es 5 940 000 kg, las cuales servirán para abastecer la producción del compost de los primeros 3 años aproximadamente, pues en esos años se es necesario 5 104 053 de lodo

Tabla 35- Disponibilidad de agua en el departamento de Lambayeque

CUENCA	ÁREA DE CUENCA (km ²)	LONGITUD	MASA MEDIA ANUAL
Cascajal	5350	154,80	22,60
Olmos	3505	116,80	13,70
Motupe	2356	73,30	34,40
La Leche	1304	51,80	201,40
Lambayeque	2380	133,60	886,70

Fuente: Plan de Desarrollo del gobierno Regional de Lambayeque

Teniendo la data histórica de los años 2015, 2016 y 2017, por medio de la herramienta de regresión lineal se determinó la disponibilidad de resto de frutas como palta, mango y granada, las cuales se emiten en el proceso de producción en la agroindustria, en los próximos 10 años, los cual cuales se usarán como componente para el proceso de compostaje.

Figura 7- Proyección de la disponibilidad de resto de frutas

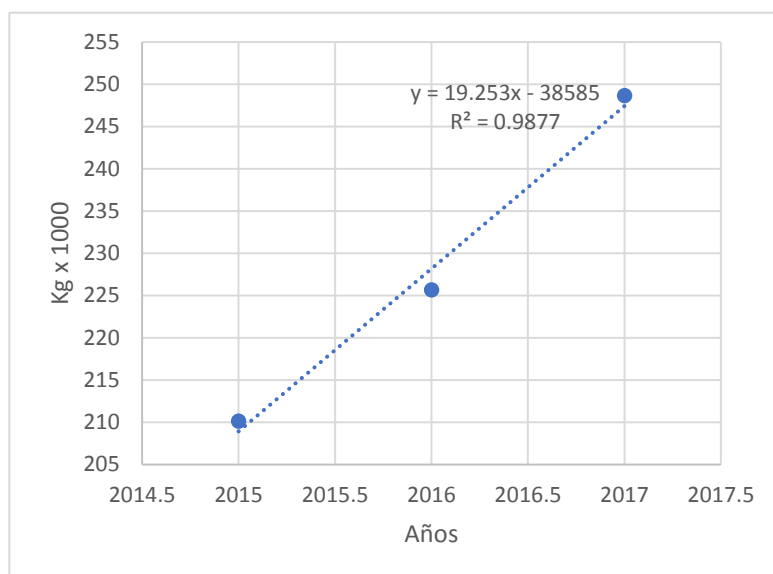


Tabla 36- Disponibilidad de resto de frutas

Años	Resto de frutas (kg)
2018	267 554
2019	286 807
2020	306 06
2021	325 313
2022	344 566
2023	363 819
2024	383 072
2025	402 325
2026	421 578
2027	440 831
TOTAL	3 541 925

El tabla N°36 muestra que en los años 2018-2027 se cumplirá con el total de restos frutales requeridos mostrados en la tabla 24. Así mismo los restos de hojas secas se recopilarán de los fundos de la misma empresa y de parcelas aledañas.

- **Disponibilidad y costo de la mano de obra:** Debido que no es necesario contar con mano de obra calificada para las labores de compostaje, en el poblado de Cruz Verde se encuentra el personal necesario que aporte en el proceso de compostaje, pues mucho de ellos se dedican a la agricultura, teniendo conocimientos empíricos de compostaje.
- **Cercanía del mercado:** Ya que el compost producido tendrá uso para la misma empresa, se ha elegido el distrito de Motupe como locación para la planta de compostaje debido a que la mayor parte de los fundos y plantaciones de la agroindustria se encuentran en dicho distrito; siendo la misma empresa la que usará el compost.
- **Medios y costos de construcción:** Uno de los factores que se tomó en consideración fue el costo de construcción pues es el que más egreso le genera a la empresa, pues en la locación que se propone para la planta de compostaje se ahorraría la compra del terreno ya que la empresa cuenta con 3 hectáreas y medias disponibles, siendo ahí donde se encuentran las pozas de almacenamiento.

3.3.4.2 Macrolocalización

Debido a que las pozas de almacenamiento se encuentran en el distrito de Motupe, la instalación de la planta se realizará en el departamento de Lambayeque, situado en la parte noroccidental del Perú.

El departamento de Lambayeque se divide 3 provincias: Chiclayo, Lambayeque y Ferreñafe, siendo la primera la capital del departamento y sede del gobierno regional.

3.3.4.3 Aspectos geográficos

Los aspectos geográficos del departamento de Lambayeque que se describen por parte del Instituto Nacional de Estadística e Informática son: la superficie del territorio, la ubicación, relieve y la hidrología.

a) Superficie

La superficie territorial del departamento de Lambayeque es el segundo más pequeño de la República del Perú, después del Departamento de Tumbes. Este integrado por un sector

continental y un sector insular. La superficie del sector mide 14 231 km² y está conformada por las tres provincias de la Región. De ellos corresponden 3 161,48 km² a la Provincia de Chiclayo, 1 705,19 km² a la Provincia de Ferreñafe y 9 346,63 km² a la Provincia de Lambayeque.

b) Ubicación

El departamento de Lambayeque está situado en la costa norte del Perú, a 765 kilómetros de la ciudad de Lima (capital del Perú). El departamento de Lambayeque presenta los siguientes límites:

-Limita por el norte con las provincias de Sechura, Piura, Morropón y Huancabamba, del departamento de Piura.

-Limita al este con las provincias de Jaén, Cutervo, Chota, Santa Cruz y San Miguel, del departamento de Cajamarca.

-Al oeste es ribereño con el Océano Pacífico.

-Limita al sur con la provincia de Chepén, del departamento de La Libertad.

Tiene como puntos extremos las coordenadas siguientes

Tabla 37- Coordenadas del departamento de Lambayeque

Orientación	Norte	Este	Sur	Oeste
Latitud Sur	05°28'37"	06°46'30"	07°10'27"	06°22'12"
Longitud Oeste	79°53'48"	79°07'09"	79°41'18"	80°37'24"
Lugar	Punto en el C° El Duque, cerca de las nacientes de las Odas. El Salado y El Duque.	C° Colpayaco, entre los CC.PP. La Central, el Cedro, La Chapa y El Lloque.	Punta de Cherrepe en el litoral sobre el Océano Pacífico.	Cabo Verde en el litoral sobre el Océano Pacífico.

Fuente: Gobierno Regional de Lambayeque

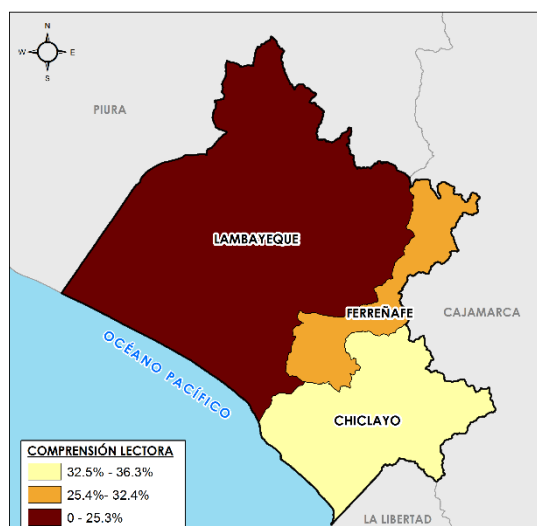


Figura 8- Departamento de Lambayeque

Fuente: MINEDU

c) Relieve

Lambayeque tiene un relieve poco accidentado, en otras palabras, se ubica en la llanura costera, con pequeñas lomas y planicies elevadas (pampas), donde se combinan las zonas desérticas, ricos valles y bosques secos.

Aproximadamente el 95% del territorio lambayecano corresponden a la región Costa y Yunga, mientras el otro 10% a la región Sierra, (Cañaris e Incahuasi); la mayoría de su territorio se halla en la costa ya que por eso Lambayeque es eminentemente costero.

La Costa o Chala, comprenden entre los cero metros hasta los 500 m.s.n.m.; está constituida por extensas planicies aluviales, unas surcadas por ríos y otras cubiertas de arena, estas planicies son mucho más extensas que la de los departamentos del Sur, se ven interrumpidas por cerros rocosos sin vegetación.

d) Clima

Por estar Lambayeque situado en una zona tropical, tiene un clima sub. Tropical, seca, sin lluvias, con fuertes vientos denominados ciclones. Periódicamente, cada 7, 10, 15, años se presentan temperaturas elevadas, con lluvias regulares, aumento extremado del caudal de los

ríos y con extremadas lluvias, las cuales siempre han causado destrozos en los cultivos, las viviendas, caminos, puentes, y han acabado con la vida de animales y personas.

La temperatura en verano fluctúa entre 20°C como mínimo y 30°C como máximo; cuando el clima se tropicaliza, cada ciertos años, la temperatura fluctúa entre 30-35°. En invierno la temperatura mínima es de 15° y máxima de 24°. Por lo general a medida que se aleja de la orilla del mar avanzando hacia el este hasta los 500 m.s.n.m. la temperatura se va elevando, sintiéndose principalmente a medio día un calor sofocante, como se puede apreciar en Pucalá, Zaña, Chongoyape, Oyotún, Nueva Arica; este fenómeno se explica porque la tierra y los cerros áridos que rodean a estas zonas refractan el calor y porque los vientos que soplan del mar a la tierra llegan débiles.

e) Hidrología

En la región se encuentra principalmente en los ríos, el mar, y las corrientes subterráneas. Las aguas de los ríos, cubren más del 95 % del agua utilizada en la agricultura, industria y uso doméstico. El agua subterránea es abundante pero poco empleada por el alto costo y la falta de planificación de los cultivos.

Los principales ríos son:

Río Chancay, también conocido con el nombre de río Lambayeque, es el más importante del departamento. A la altura de Racarumi, capta sus aguas para llevarlas al reservorio de Tinajones, a donde vierte las aguas a su lecho. En la Puntilla hay una obra que divide las aguas en dos partes, la del Río Reque o Eten, y la de Lambayeque (canal Desaguadero).

3.3.4.4 Microlocalización

La planta de compostaje estará situada en el distrito de Motupe, específicamente en el poblado de Cruz Verde, debido a que es en este lugar donde se encuentran las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón, siendo estas la principal fuente de abastecimiento de lodo residual para el proceso de compostaje.

La planta se encontrará en un lugar estratégico para el ahorro de costos; ya que en lo que respecta a la materia prima e insumos, ésta estará cerca de una quebrada por donde el flujo de agua es constante en la mayor parte del año y a pocos kilómetros de la misma empresa y fundos, donde se usará los restos de frutas y plantas respectivamente, minimizando de esta forma costos de transporte.

El terreno propio de la empresa se encuentra ocupado por 3 pozas de almacenamiento, las cuales tienen un área de 900, 1 100 y 700 metros cuadrados cada una, aproximadamente.

La disponibilidad de recursos como agua y energía eléctrica son inmediatas por la cercanía a fuentes naturales de agua, ya que cerca de la zona hay una quebrada y el poblado cuenta con energía eléctrica.

La disponibilidad de mano de obra es accesible, ya que se encuentra situado en el distrito de Motupe, donde la mayor parte de sus pobladores se dedica a la siembra y cosecha de frutos como la palta, limón y mango.

Con respecto al transporte, las vías de acceso hacia las pozas de almacenamiento se encuentran asfaltadas

En la figura N° 6 se muestra la ubicación para la planta de compostaje, la cual estará ubicada en el poblado de Cruz Verde, siendo el mismo territorio que comprenden las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón.



Figura 9-Vista satelital de la ubicación de la planta
Fuente: Google Earth 2018

3.3.5 Tamaño

3.3.5.1 Tamaño – Mercado

Debido a que la producción de compost es para la auto satisfacción de la misma agroindustria, la cantidad de compost viene dada por la proyección del consumo del mismo (ver tabla 27)

3.3.5.1 Tamaño – Tecnología

Esta relación está definida por la capacidad de producción de los equipos y maquinarias, las cuales serán el tamíz rotatorio, las fajas transportadoras y la ensacadora.

3.3.5.1 Tamaño – Materia prima

La materia prima que se requerirá son los lodos provenientes de las pozas de almacenamiento de jugo recocado de limón, así mismo las cáscaras de frutas y restos de podas serán proporcionadas por la misma empresa, los cuales provienen de sus procesos de producción y de los fondos, sin embargo, el aserrín que será necesario durante el proceso será comprado a un aserradero de la zona.

Por otra parte, la capacidad máxima de la planta viene dada por el consumo de abono pronosticado para el 2027, siendo de 76 sacos de compost/día, pues se necesita producir para dicho año 70 sacos/día.

3.3.5.1 Tamaño – Financiamiento

La agroindustria no recurrirá al financiamiento; debido a que la inversión para la puesta en marcha de la planta es factible por parte de la empresa misma; se sabe que la empresa quiere remediar los impactos negativos al medio ambiente que vienen generando por la emisión de jugo recocado por lo que la realización de una planta responsable con el medio ambiente sería factible y aún más si ayuda a reducir los costos de compra de abono.

3.3.4 Ingeniería

A lo largo de todo el proceso de elaboración de compost a partir de lodo de las pozas de almacenamiento de jugo recocado de limón se construirán, las cuales serán hechas de concreto, con la finalidad de evitar las filtraciones al suelo, por lo consiguiente su contaminación, así mismo tanto para su extracción como para el proceso de compostaje por aireación forzada se usará maquinaria, a continuación, se describe el proceso que se realizará para la obtención de compost.

1. Descarga del efluente

Las cisternas que contienen el jugo recocido de limón, el cuál es llevado de la agroindustria hacia la planta de compostaje; lo evacuarán en las pozas de almacenamiento cubiertas con geo membrana para evitar los lixiviados al suelo, se dejará en reposo para su posterior evaporación y sedimentación quedando como producto final al lodo.

2. Evaporación del jugo recocido de limón

Una vez recepcionado el jugo recocido, este se evapora quedando como producto al lodo, siendo este el que se usará como principal componente en el proceso de compostaje.

3. Extracción de lodos

Cuando los lodos de las pozas de almacenamiento se encuentren completamente secos, se introduce un cargador de ruedas para la recolección de los mismos, el cargador debe remover y extraer el lodo necesario para el proceso de compostaje.

4. Obtención de compost

Como se mencionó anteriormente, la metodología a usar para la elaboración de compost es por aireación forzada, teniendo en cuenta los factores de costo, tiempo, área de ocupación y eficiencia. El proceso de compostaje que se describe a continuación se realiza después de haber acondicionado el área de compostaje con la red de tuberías

- **Recepción y pesado de materiales:** En primera instancia los materiales secundarios como son los restos de frutas y hojas secas, se pesarán y recepcionarán en un área específica, así mismo el aserrín será almacenado en una tolva, siendo usados cada vez que se requiera, así mismo el lodo extraído será puesto a disposición en el área de compostaje.

- **Triturado:** Debido a que ingresarán materiales de un tamaño considerable para el proceso de compostaje, como son el caso del lodo y cáscaras de frutas; éstas serán trituradas con el fin de agilizar el proceso de descomposición.

- **Construcción de pila:** Los materiales serán puestos por capas, encima de la red de tuberías, con la finalidad de empezar el proceso de compostaje como tal, una vez construida la pila, se tomará la medición de pH, humedad y temperatura.

- **Compostaje:** El proceso de descomposición aeróbica durará de 3 a 4 meses aproximadamente, en el cuál el porcentaje másico se reducirán hasta en un 28%. Durante este proceso se evaluarán los factores de pH, humedad, eficiencia y temperatura. Así mismo aquí es donde se evalúan las etapas mesófila, termófila y la de maduración.

- **Tamizado:** El tamizado se realiza para separar o retirar los sólidos, en esta etapa se utiliza un cilindro rotatorio con un tamaño de orificio de 3 a 10 mm. Se realiza con la finalidad de obtener un material homogéneo, para posteriormente envasar

- **Envasado y Almacenamiento:** El proceso se realizará manualmente, en el cual el compost obtenido será puesto en sacos para su posterior distribución hacia los fundos de la misma empresa.

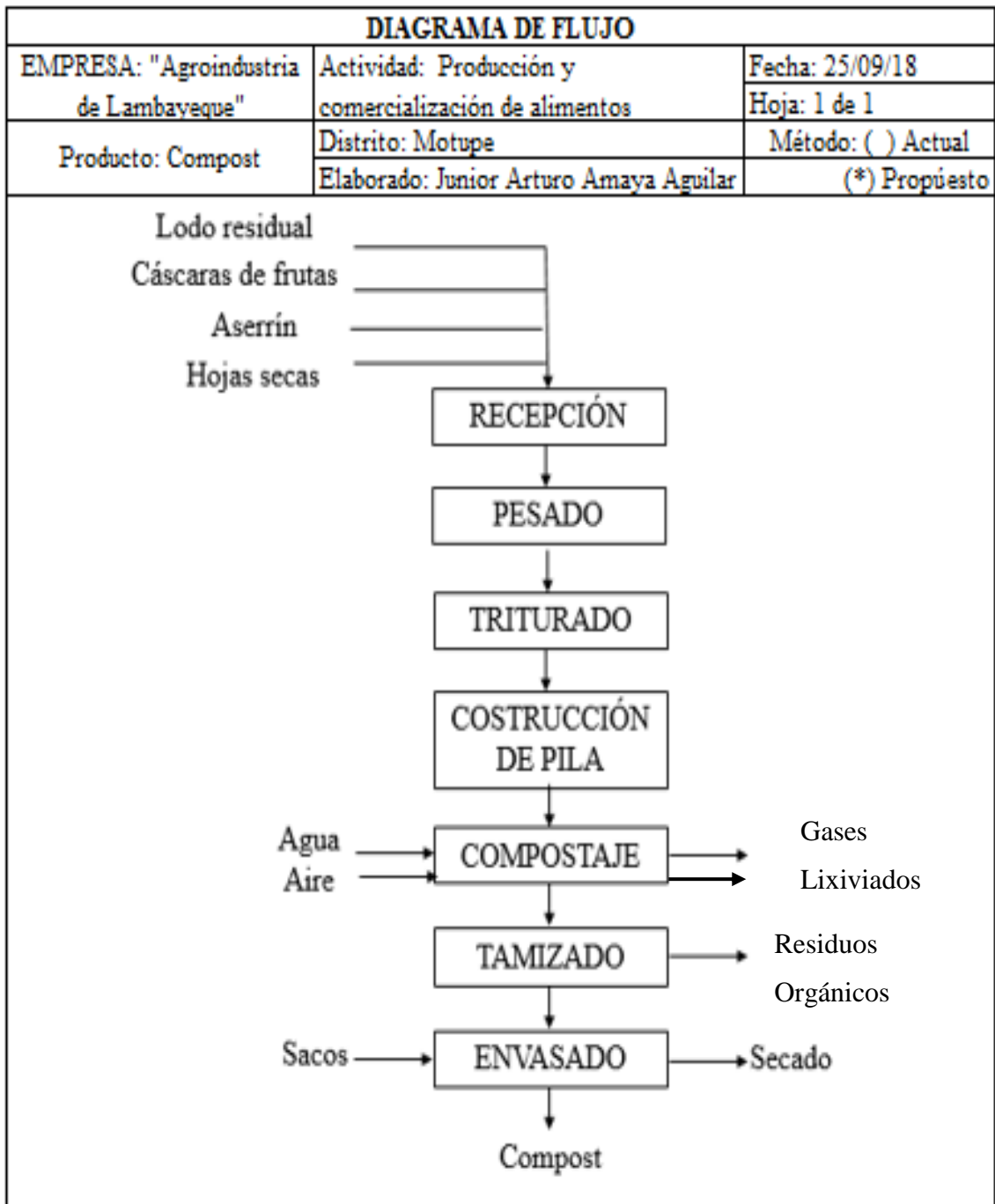


Figura 10- Diagrama de flujo del proceso de obtención de compost

Así mismo durante el proceso de producción de compost existirán operaciones secundarias, las cuales complementarán todo el sistema. En la figura 12 se muestra el resumen de las operaciones que se realizarán para producir 76 sacos al día de compost, proveniente de del proceso de compostaje, el cuál debería haber empezado con 12 963 kg de materia orgánica, pues el proceso tiene una eficiencia del 27,21%.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO					
		Resumen:			
EMPRESA:		○	Operación:		6
" Agroindustria de		□	Inspección:		1
Producto: Compost		⊗	Operación- Inspección:		1
N°	Tiempo (días)	○	□	⊗	Descripción de la actividad
1	0,63	●			Recepción de materia prima e insumos
2	0,83	●			Extracción del lodo del jugo recocado de limón
4	0,31	●			Triturado
3	0,042			●	Construcción de pila de compostaje
4	120	●			Descomposición aerobia
5	0,02		●		Inspección del proceso
6	0,23	●			Tamizado
7	0,25	●			Envasado

Figura 11- Diagrama de operaciones del proceso de compostaje

El proceso de elaboración de compost contará con las operaciones de recepción, extracción del lodo, triturado, compostaje, tamizado y envasado, así mismo se hará una inspección durante la operación de la construcción de la pila de compostaje, pues se es necesario medir los parámetros a analizar y la cantidad de material.

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO								
			Resumen:					
EMPRESA: " Agroindustria de Lambayeque "			○	Operación:		6		
			□	Inspección:		1		
Producto: Compost			◻	Operación- Inspección:		1		
			⇒	Transporte:		3		
			▽	Almacén:		1		
Nº	0,63	Tiempo (días)	○	□	◻	⇒	▽	Descripción de la actividad
1	-	0,063	●					Recepción de materia prima e insumos
2	0,042	0,83	●					Extracción del lodo del jugo recocado de limón
3	120	0,042				●		Transporte de materiales e insumos hacia la trituradora
4	0,02	0,31	●					Triturado
5	0,23	0,042				●		Construcción de pila de compostaje
6	0,25		●					Descomposición aerobia
7		0,02				●		Inspección del proceso
8	15	0,16				●		Transporte al tamizado
9	-	0,23	●					Tamizado
10	-	0,25	●					Envasado
11	8.5	0,042				●		Transporte al almacén
12	-	0.028					●	Almacenado

Figura 12- Diagrama de análisis del proceso de compostaje

3.3.6 Tecnología

A lo largo de todo el proceso de producción de compost se pretende realizar las operaciones en el menor tiempo posible, por lo que será necesario el uso de materiales y maquinaria para cumplir con los objetivos planteados.

3.3.6.1 Maquinaria

La tecnología a usar está dada por el tipo de proceso que se ha designado para el proyecto, que es el sistema de compostaje por hileras o pilas de volteo. Para la selección de maquinaria se debe tener en cuenta ciertos criterios como por ejemplo la capacidad de la planta, tecnología, los costos y proveedores.

- **Costos**

La minimización de costos en cualquier empresa es lo primordial, por lo que dicho factor debe ser relacionado con la adquisición de la maquinaria, el personal que se encargará sobre el funcionamiento de la misma, los materiales a necesarios para la producción de compost y todo lo involucrado a la instalación de la planta.

- **Proveedores**

Este punto hace referencia los posibles proveedores de la maquinaria a adquirir, siendo el elegido por medio de una cotización de costos y características de la maquina, además de su buena reputación en el mercado.

- **Maquinaria**

Con respecto a la maquinaria, este factor es sumamente importantes, pues depende la elección de características como: la vida útil de la maquinaria, la versatilidad, modularidad y facilidad de uso.

- Vida útil: Se refiere al tiempo estimado de durabilidad que tendrá el equipo, siendo este relacionado al tiempo de duración del proyecto.
- Versatilidad: La maquinaria debe tener 2 o más funciones, de tal manera que reduzca espacios, tiempo y costo de adquisición.
- Modularidad: Se relaciona a la capacidad de cambio de la maquinaria tras haber una variación en el volumen de producción o capacidad de planta.
- Facilidad de uso: Mientras la maquinaria sea lo más manejable posible, permite que cualquier operario pueda manipularla, sin una intensa preparación, ahorrando muchas veces costos de capacitación.

La maquinaria que se usará durante todo el proceso de compostaje y su cotización (Ver anexo 6-11) se describe a continuación:

✓ **Mini cargador frontal Bobcat S650**

El mini cargador se encargará de extraer el lodo de las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón para llevarlo a las pilas de compostaje. Así mismo facilitará el transporte del compost desde la tamizadora hacia la ensacadora.

Este medio de transporte agilizará el proceso por su versatilidad en su uso, estos equipos son los más solicitados por las empresas, debido a que es un equipo de gran ayuda para realizar tareas de excavación, demolición, fresado de pavimentos, carga de camiones, nivelación de terrenos, limpieza de parcelas, traslado de materiales, retiro de escombros, entre otras.

Tabla 38- Ficha técnica del mini cargador frontal

Característica	Descripción
Marca	Bobcat S650
Modelo	D24
Carga Nominal	1 253 kg
Motor	Kuvota
Potencia	61 HP
Peso	3 657kg
Velocidad de desplazamiento	11,4 km/h
Altura operativa	4,26 m
Longitud con cuchara estándar	3,47 m
Anchura de cuchara estándar	1,89 m
Radio de giro	2,11 m
Precio	\$ 22 000



Fuente: Bobcat
Cotización: Anexo 6

✓ **Balanza Industrial Valdox**

Este instrumento ayudará a pesar la cantidad de cada material que se tendrá que añadir a la pila de compostaje, así mismo se usará durante el proceso de ensacado, donde se medirá el peso de cada saco de compost obtenido.

Tabla 39- Ficha técnica de la balanza industrial

Característica	Descripción
Marca	Valtox
Modelo	A25-600
Carga Nominal	600 kg
Duración de la batería	72 horas
Energía	220 V
Tamaño de la plataforma	0,6 x 0,8m x 1,5m
Precio	S/. 490



Fuente: Balanza de Ryusac

Cotización: Anexo 7

✓ **Tamiz vibratorio Yinaho**

El tamiz permitirá obtener compost más fino y con distinto tamaño de partículas, pues su variación en el tamaño en los agujeros de sus mallas y la velocidad al girar sus tambores hace que el proceso de tamizado se más efectivo y quede menos material orgánico por comportar.

La elección del tamiz viene dado por su capacidad de material a tamizar, el cual debe ser mayor o igual a la cantidad de 14 074 kg al día, pues la capacidad de planta es de 76 sacos/día.

A continuación se describe la ficha técnica del tamiz vibratorio con tambores rotatorios.

Tabla 40- Ficha técnica del tamiz rotatorio

Característica	Descripción
Marca	Yinhao
Tipo	Circular/ tambor rotatorio
Lugar de procedencia	China
Potencia	3,5 HP
Peso	1 200 kg
Alimentación	Monofásica
Dimensiones	3m x 1,4m x 2m
Tamaño de mallas	1 a 30 mm
Precio	S/. 8 340



Fuente: Bussines Tipe


Cotización: Anexo 8

✓ **Compresora de aire**

La compresora permitirá inyectar aire por medio de la red de tuberías a las pilas de compostaje, de tal manera que acelere el proceso de descomposición, obteniendo compost en el menor tiempo posible.

Tabla 41- Ficha de la compresora de aire

Característica	Descripción
Marca	Daewoo
Modelo	DAC 100 C
Potencia	2 HP
Capacidad	100 L
Presión	8 bar
Alimentación	Monofásica
Dimensiones	0,9m x 0,43m x 0,7m
Precio	S/. 1 390




Fuente: Sodimac
Cotización: Anexo 9

✓ **Generador eléctrico**

Debido a que en el lugar donde se situará la planta de compostaje con cuenta con una fuente directa de energía, será necesario la adquisición de un generador eléctrico con el cuál hará funcionar al tamiz rotatorio, a la compresora de aire y a la balanza electrónica; por lo que su elección fue determinada por su potencia; es decir su potencia del generador debe ser mayor o igual a la suma de los equipos que se desea hacer funcionar.

Tabla 42- Ficha técnica del generador eléctrico

Característica	Descripción
Marca	GENPACK
Modelo	GF-20
Clasificación Mínima	23 HP
Clasificación máxima	26,82 HP
Voltaje	220-380 voltios
Frecuencia	50 Hz o 60 Hz
Velocidad	1.500 o 1.800 RPM
Combustible	Diésel
Precio	S/. 13 470




Fuente: Edipesa
Cotización: Anexo 10

✓ **Trituradora**

Debido a que se es necesario tener materiales con el menor tamaño posible, con la finalidad de acortar el tiempo de compostaje, se usará una trituradora con el fin de disminuir las dimensiones de los residuos frutales y de obtener el lodo en tamaños pequeños.

Tabla 43- Ficha técnica de la trituradora

Característica	Descripción
Marca	JENZ
Modelo	AZ 30
Número de martillos	22
Potencia	7,4 HP
Peso	7 500 kg
Capacidad	60 m ³ /h
Dimensiones	8,1m x 2,13m x 2,8m
Combustible	Diésel
Precio	S/. 33 500

A photograph of a green JENZ AZ 30 shredder machine. The machine is a trailer-mounted unit with a hopper at the front and a conveyor belt at the back. The hopper has a red and white striped border and the JENZ logo. The machine is parked on a concrete floor in front of a grey wall.

✓ **Tanque de rotoplás**

Este instrumento permitirá almacenar a los lixiviados de cada una de las pilas de compostaje, los cuales serán enviados por medios de tuberías.

Tabla 44- Ficha técnica del tanque de lixiviados

Característica	Descripción
Marca	Rotoplás
Material	Polietileno
Capacidad	2500 L
Presión	8 bar
Dimensiones	1,55 m de diámetro x 1,65 de altura
Precio	S/. 880



Fuente: Sodimac

Cotización: Anexo 11

3.3.7 Distribución de planta

La distribución de la planta de compostaje permitirá determinar y conocer el área necesaria para la producción de compost a partir de lodo proveniente de las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón, dicho cálculo mediante el método de Guerchet, el cual tiene en cuenta el área estática, el área necesaria para trabajar y el área de evolución.

Así mismo la planta de compostaje contará con las zonas de compostaje, área de recepción de materiales, pozas de almacenamiento, laboratorio, almacén de producto terminado, servicios higiénicos, oficina administrativa, zona de residuos sólidos y de lixiviados.

- **Pozas de almacenamiento**

En esta área se encontrarán las pozas a construir y las pozas de almacenamiento ya existentes, de las cuales se extraerá el lodo ya formado, que en un futuro al terminar el lodo contenido se convertirán en las pozas construidas con geo membranas, las cuales evitarán los lixiviados del suelo.

Para determinar el área total de las pozas de almacenamiento, primero se halló la cantidad de jugo recocido de limón que se debe almacenar para la producción del lodo residual. Dicha cantidad de jugo recocido de limón se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Lodo necesario (2027)} = \frac{(\text{Cantidad de jugo})(1 - \% \text{ de humedad del jugo})}{(1 - \% \text{ de humedad del lodo})}$$

$$2\,739\,496 \text{ kg} = \frac{(\text{Cantidad de jugo})(1 - 0,9131)}{(1 - 0,364)}$$

$$\text{Cantidad de jugo recocido} = 20\,049\,706,1 \text{ kg}$$

Luego de determinar la cantidad de jugo necesario, se procede a hallar el área de las pozas de almacenamiento, sabiendo que cada una debe tener 2,5 metro de alto y la densidad del jugo es de 1037 kg/ m³

$$\text{Área de la poza} = \frac{\text{Cantidad de jugo}}{\text{Densidad del jugo} \times \text{Altura de la poza}}$$

$$\text{Área de la poza} = \frac{20\,049\,706.1 \text{ kg}}{(1\,037 \text{ kg/ m}^3) \times 2,5 \text{ m}}$$

$$\text{Área de la poza} = 7\,733,7 \text{ m}^2$$

Si bien el área destinada a las pozas de almacenamiento del año 2027 es de 7 733,7 m², a ésta se le agrega el área de las 3 pozas actuales, pues de ahí se extraerá el lodo para los primeros 3 años, donde al culminar su ciclo de vida, se reemplazarán por pozas de almacenamiento construidas con geomembrana.

Tabla 45- Área de pozas de almacenamiento

Poza	Largo	Ancho	Área	Cantidad	Total (m ²)
Con geomembrana	27	18	486	16	7 776
1 (existente)	-	-	900	1	900
2 (existente)	-	-	700	1	700
3 (existente)			1 100	1	1 100
TOTAL				19	10 476

En la tabla 35 se observa que para la construcción de las 16 pozas de almacenamiento se necesitan 7 776 metros cuadrados disponibles, sin embargo, añadiéndole el área de las 3 pozas existentes asimétricas, se destinará un total de 10 476 metros cuadrados para las pozas de almacenamiento. Además, entre cada 4 pozas, existirá un espacio de 4,5 m puesto que el radio de giro del cargador frontal es de 2,11 m.

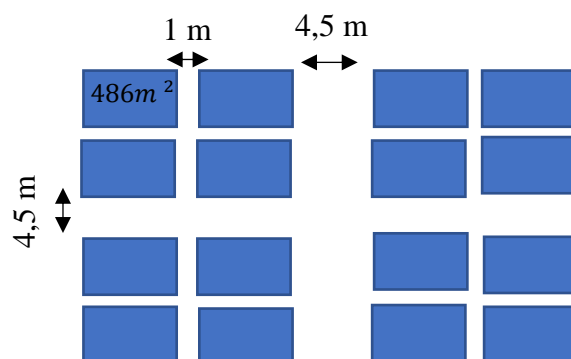


Figura 13- Distribución de las pozas de almacenamiento

$$\text{Área total de pozas de almacenamiento} = 10\,476 + (4,5 \times 110)^* + (4,5 \times 74)**$$

$$\text{Área total de pozas de almacenamiento} = 11\,304 \text{ m}^2$$

*Largo del espacio entre cada 4 poza de almacenamiento

**Ancho del espacio entre cada 4 poza de almacenamiento

- **Área de compostaje**

En esta área se elaborarán las pilas por aireación forzada, a las cuales se le inyectará aire por medio de un compresor.

Según el manual de compostaje del agricultor, la altura de una pila de compostaje es de 1,5 a 2m, dependiendo de la cantidad de compost que se desee obtener, a partir de este enunciado se obtendrá el valor del área necesaria para las pilas de compostaje; sabiendo que la densidad de la pila de compostaje es de $317,24 \text{ kg/ m}^3$ ver nexos

Se tiene que tener en cuenta que se toma como último periodo a las 2/3 partes del año, puesto que cada proceso de compostaje dura 4 mes.

$$\text{Área de la pila} = \frac{\text{Cantidad de material a compostar del ultimo periodo}}{\text{Densidad de la pila} \times \text{Altura de la pila}}$$

$$\text{Área de la pila} = \frac{2\,557\,886.7 \text{ kg}}{317,24 \text{ kg/ m}^3 \times 2 \text{ m}}$$

$$\text{Área de la pila} = 4031.46 \text{ m}^2$$

Tabla 46- Dimensiones de la pila de compostaje

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Cantidad	Total (m ²)
36	3.5	2	32	4032

Al igual que en las pozas de almacenamiento existirá una distancia de $4,5 \text{ m}^2$ entre cada 4 pilas de compostaje, la distribución se ve en la figura 12.

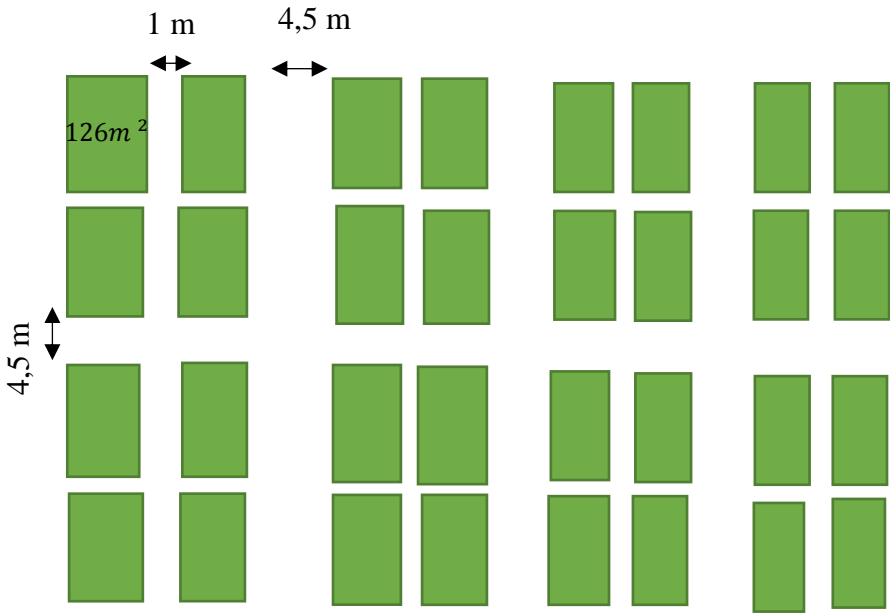


Figura 14- Distribución de las pilas de compostaje

$$\text{Área total de compostaje} = 4\,560 + (4,5 \times 157,5)^* + (4,5 \times 40,5)^{**}$$

$$\text{Área total de compostaje} = 5\,448,7 \text{ m}^2$$

*Largo del espacio entre cada 4 pila de compostaje

**Ancho del espacio entre cada 4 pila de compostaje

- **Área de recepción de materiales**

En esta área se realizará la recepción de todos los materiales a usar en la pila de compostaje, en esta área maniobrará el volquete y un cargador frontal, el cual llevará los materiales hacia las pilas de compostaje, por lo que se considera un área 90 m^2

- **Laboratorio**

En el laboratorio se medirán los parámetros del compostaje, con el fin de tener controlado el proceso y ver la calidad del compost obtenido. Para el funcionamiento del laboratorio se necesitará 1 mesa y un estante.

El área a considerar para el laboratorio es de 40 m^2

- **Almacén de producto terminado**

En el almacén se mantendrán los sacos de compostaje sobre pallets, puesto que se debe proteger de la humedad, sabiendo que la medida de un pallets es de $80 \times 120 \text{ cm}$ y cada pallets podrá contener hasta 15 sacos de compost, además que en el último año se deben producir un promedio de 76 sacos al día; y se almacenarán los sacos de compost hasta de 6 días; el almacén contará con 35 m^2 .

- **Zona de residuos**

Esta zona sólo contará con 3 contenedores, los cuales estarán destinados para la recepción de residuos en la planta, así mismo se encontrará el tanque de almacenamiento de lixiviados, por lo que se prevé que tendrá un área de 25 m^2 .

3.3.7.1 Método de Guerchet

Mediante el método de cálculo de superficies Guerchet se determinó los requerimientos de espacio en base a la suma de tres superficies parciales, obteniendo una aproximación del área requerida.

a) Área Estática

Es la superficie donde se colocan los objetos que no tienen movimiento como máquinas, equipos y muebles [16]

$$S_s = L * A$$

Donde:

L=largo

A=Ancho

b) Área de Gravitación

Es el espacio que necesita el operario para el desempeño de su trabajo (para atender su máquina). No interviene en almacenes. [16]

$$S_g = S_s * N$$

Donde:

N=número de lados de operación de la máquina

c) Área de Evolución

Es el espacio que necesita para la circulación, movimiento de materiales y servicios. [16]

$$S_e = (S_s + S_g) * K$$

Donde:

K = constante del proceso productivo (está entre 0,05 y 3)

$$K = APO / 2 (AME)$$

Donde:

APO = altura promedio de los operarios.

AME = altura media de maquinaria o muebles.

d) Área total

Es la suma de las áreas estáticas, de gravitación y de evolución

$$St = Ss + Sg + Se$$

En la tabla N°37 se muestra las zonas con las que contará la planta de compostaje según normativas legales del Perú, para posteriormente calcular la maquinaria requerida en cada una de las zonas y por ende, la superficie total de la planta.

Tabla 47- Zonas de la planta de compostaje

Zona de compostaje	Almacén de producto terminado
Zona de recepción de materiales	Servicios higiénicos
Pozas de almacenamiento	Oficina administrativa
Laboratorio	Zona de residuos sólidos

- Determinación de la superficie del área de recepción**

Tabla 48- Área de recepción de materiales

Elementos	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	K	SE	S total
Elementos móviles										
Encargados de recepción	2				0.5		1.7			
Elementos fijos										
Volquete	1	2	3.3	2.6	8.58	17.16	3.5	0.32	8.237	33.98
Cargador frontal	1	2	3.47	1.8	6.246	12.492	3.15	0.54	10.12	28.86
Espacios de recepción	3	4	1.5	2.5	3.75	15	2.1	0.45	8.438	27.19
									Superficie total m2	90.02

Como se mencionó anteriormente, el área de recepción contará con 90 m² debido a que ahí circulará y maniobrarán los carros que ingresen y el cargador frontal, así mismo 2 de los operarios se encargarán de la recepción de materia prima e insumo

a) Determinación de la superficie del área de producción

Si bien en esta área se debe encontrar las pilas de compostaje, se ha creído conveniente evaluarlas por separado, pues en el área de compostaje no circularán operarios si no también maquinaria pesada.

Tabla 49-Área de producción

Elementos	n	N	Largo (L)	Ancho (A)	SS	SG	Altura (h)	K	SE	S total
Elementos móviles										
operarios de producción	3				0.5		1.7			
Elementos fijos										
Volquete	1	2	3.3	2.6	8.58	17.16	3.5	0.32	8.237	33.98
Cargador frontal	1	2	3.47	1.8	6.246	12.492	3.15	0.54	10.12	28.86
Balanza industrial	2	3	0.6	0.8	0.48	1.44	1.5	1.13	2.17	4.09
Tamiz vibratorio	1	1	3	1.4	4.2	4.2	2	0.85	7.14	15.54
Compresora de aire	3	3	0.9	0.43	0.387	1.161	0.7	2.42	3.746	5.29
Generador eléctrico	1	2	1.8	0.8	1.44	2.88	1.3	1.3	5.616	9.94
Trituradora	2	3	0.6	0.8	0.48	1.44	1.5	0.45	0.864	2.78
									Superficie total m2	100.48

En esta área básicamente se triturará, tamizará y se embazará el producto, ocupando un área total de $100,5 m^2$ en las cuales laborará 3 operarios, los cuales se encargará de controlar el proceso de compostaje.

Tabla 50- Superficie total de la planta de compostaje

	ÁREA
ÁREA ADMINISTRATIVA	
Oficinas administrativas	20 m ²
Laboratorio	40 m ²
ÁREA OPERATIVAS	
Área de recepción	90 m ²
Áreas de producción	100,48 m ²
Pozas de almacenamiento	11 304 m ²
Área de compostaje	5448,7 m ²
Área de almacén	35 m ²
Área de SS.HH	24 m ²
Zona de residuos	25 m ²
TOTAL	17 087,18 m²

Para la distribución de planta se consideró la maquinaria y equipos a usar, determinándose un área total de la planta de compostaje de 17 087,18 m². Cabe resaltar que la distribución de planta se realizó de manera estratégica, de tal manera que se reduzcan las distancias recorrida entre cada una de las áreas.

A continuación, se muestra el plano principal y la distribución del área de recepción y producción.

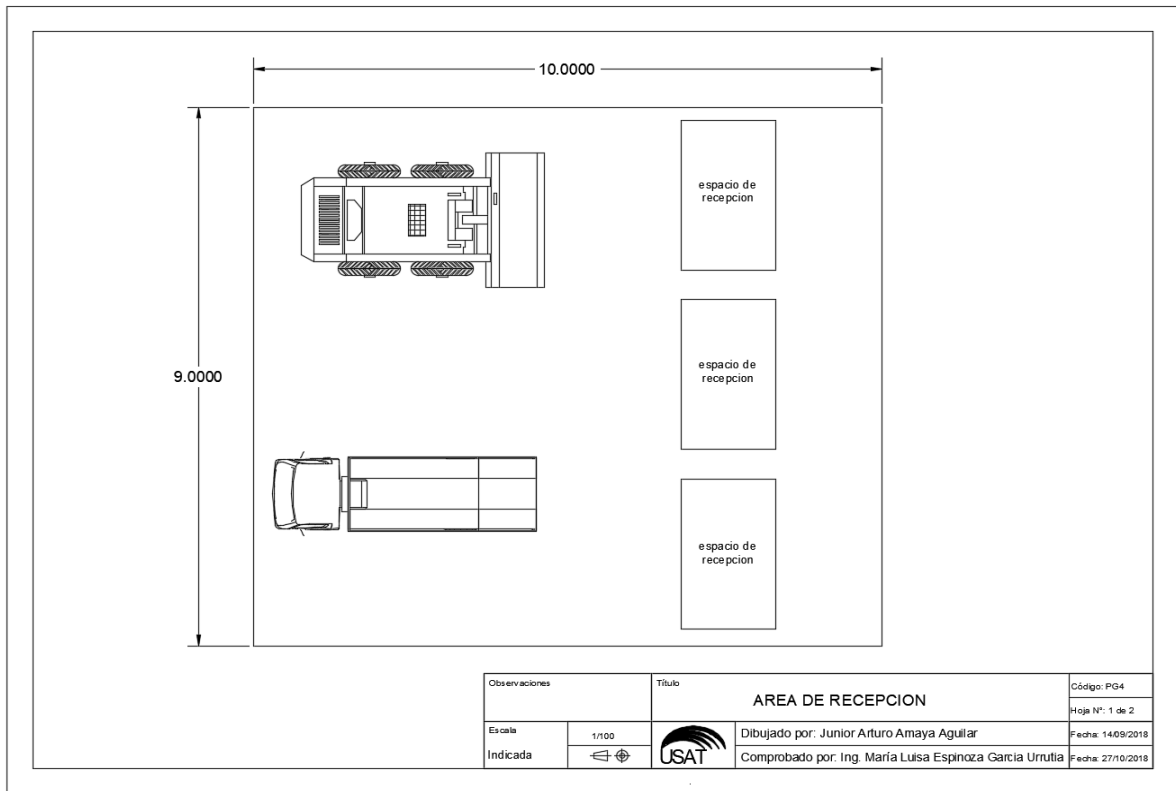


Figura 15- Distribución del área de recepción

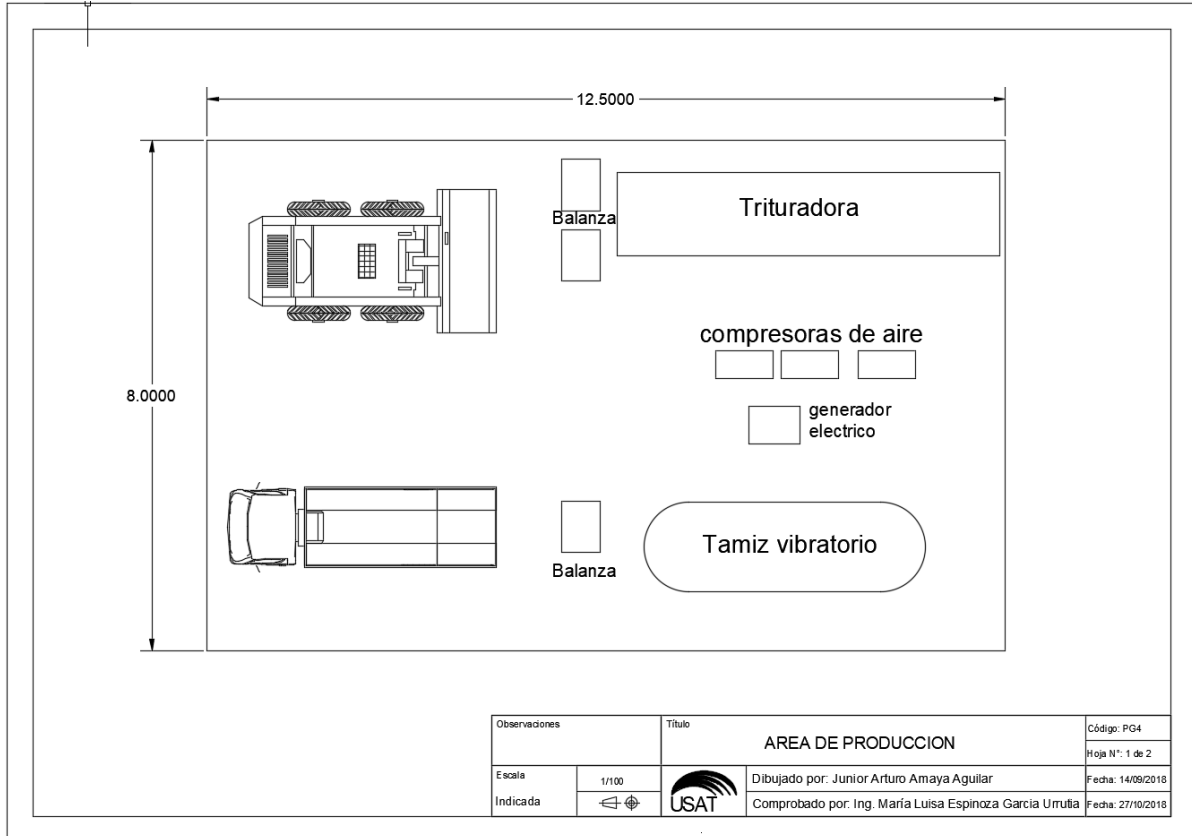
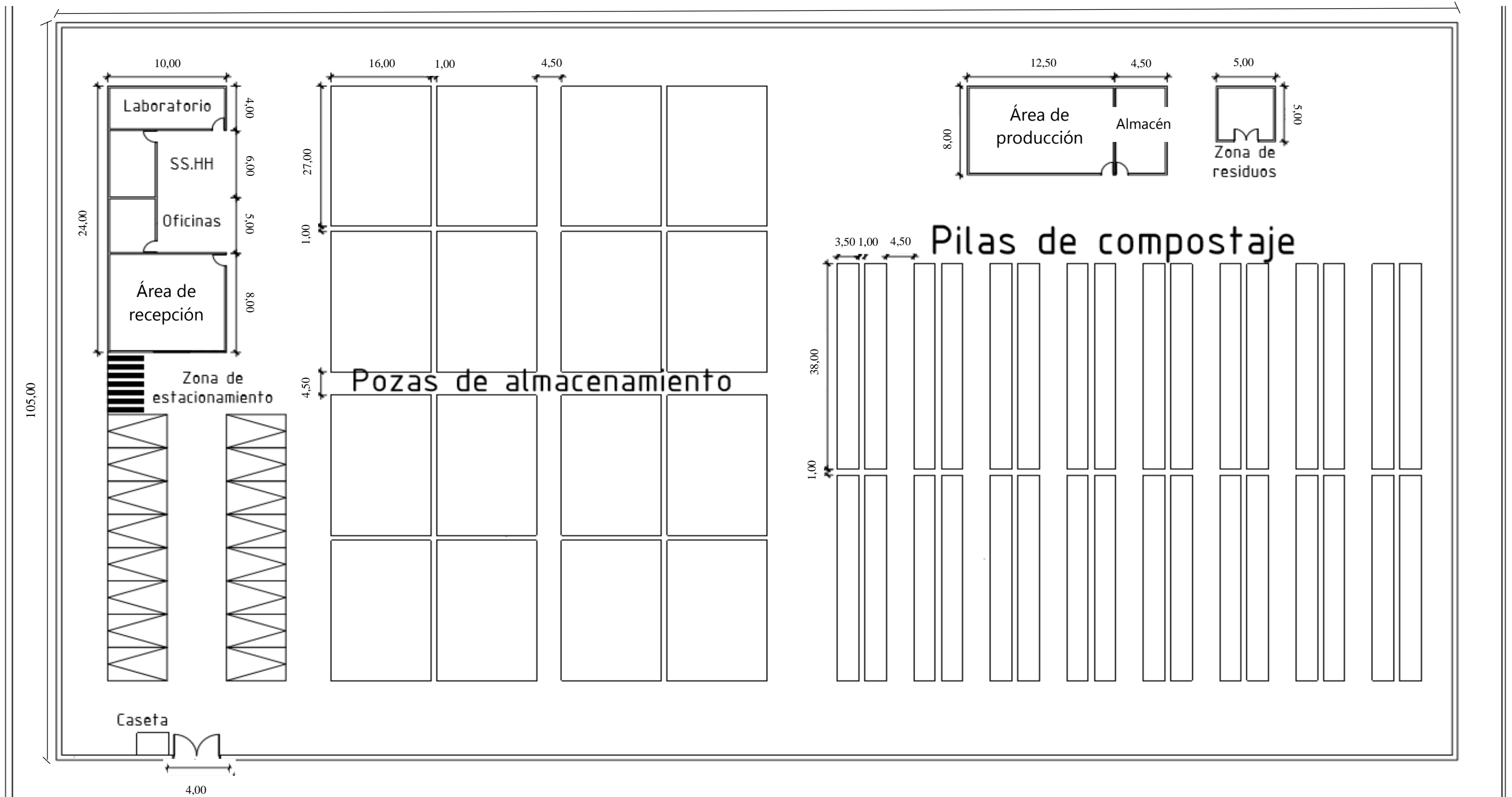


Figura 16- Distribución del área de producción





Observaciones		Título		Código: PG4
		PLANTA DE COMPOSTAJE		Hoja N°: 1 de 1
Escala	1/100		Dibujado por: Junior Arturo Amaya Aguilar	Fecha: 14/09/2018
Indicada			Comprobado por: Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia	Fecha: 27/10/2018

Figura 17- Distribución de planta

3.3.8. Recursos humanos

Como en cada una de la empresa, el capital humano es sumamente importante pues de él depende el funcionamiento de la misma, por ello se requerirá la mano de obra necesaria para cumplir con los objetivos trazados.

3.3.7.1 Requerimiento de puestos de trabajo

- **Jefe de Producción**

Las operaciones y actividades de elaboración de compost estarán dirigidas y controladas por el jefe de producción, quien será el responsable de asegurarse que los planes y programas de producción se realicen adecuadamente de acuerdo a la demanda. La persona que ocupe este puesto deberá tener conocimientos en el área química para controlar los parámetros del proceso de compostaje, así como en la planificación de la producción. Por lo que es recomendable que sea egresado de las carreras de Ingeniería Agrícola o Ingeniero Industrial. Así mismo debe contar con experiencia el proceso productivo de compost, humus o abono; tener facilidad para el manejo de personal a cargo, siendo dicha experiencia no menor a 5 años.

Características deseables o esenciales: Iniciativa, liderazgo, creatividad, proactividad y salud física.

- **Operarios de producción**

Son las personas que tendrán contacto directo con el producto, aquellas que se encargarán de la manipulación de la maquinaria, volteo de las pilas y envasado del compost, así como de realizar las mediciones básicas como son los de temperatura y pesado.

Para ocupar este puesto de trabajo no se requiere de estudios profesionales, sin embargo, sí debe de contar con secundaria completa y se recomienda que tenga conocimientos básicos en el proceso de compostaje. La experiencia mínima en puestos similares es de 4 meses.

Características deseables o esenciales: Buen estado físico

- **Operadores de maquinaria pesada**

Este operador será los encargados de manipular el mini cargador frontal, el cual llevará los materiales de un área a otra, así como también se encargará de la extracción de lodo residual proveniente de las pozas de almacenamiento.

Para laborar en este puesto de trabajo debe contar con estudios técnicos en la manipulación de maquinaria pesada y contar con una experiencia mínima de 1 año y medio.

Características deseables o esenciales: Buen estado físico

3.3.7.2 Organigrama de la empresa

El correcto funcionamiento de la planta de compostaje estará a cargo del jefe de producción, así mismo se contará con operarios del proceso y un operador de maquinaria pesada. El organigrama de la planta se ve reflejado en la figura 18.

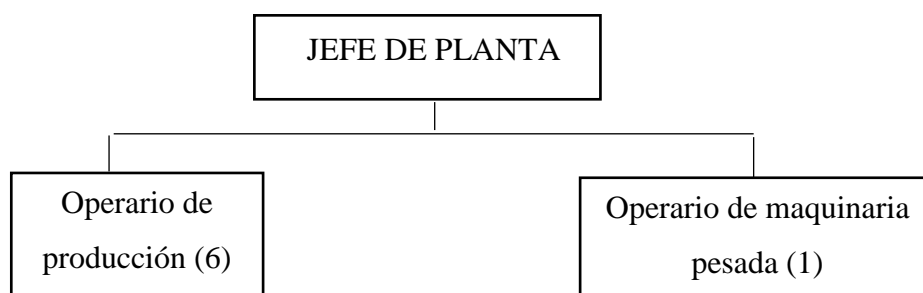


Figura 18- Organigrama de la planta de compostaje

3.4 ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO Y AMBIENTAL DE LA PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE COMPOST

3.4.1 Beneficios de la propuesta

La propuesta de elaboración a partir de lodo proveniente de las pozas de almacenamiento de jugo recocado de limón obtendría beneficios tanto económicos para la empresa, como ambientales para la comunidad, los cuales se detallan la tabla 51.

Tabla 51- Beneficios de la propuesta

Beneficios para la empresa	Beneficios Ambientales
<ul style="list-style-type: none">• La empresa reducirá los costos de compra de abono.• Se evitará las posibles multas por contaminar el medio ambiente• Disposición inmediata de compost para sus fundos• Utilización de un residuo• Posible incursión en la venta de compost a al mercado lambayecano	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de la contaminación ambiental al verter jugo recocado de limón a las pozas de almacenamiento• Mejorará de la calidad de vida de la comunidad de Cruz Verde• Reducción de la proliferación de moscos y vectores• Se evitará la inutilización de tierras

3.4.2 Inversión para la producción de compost

Para la implementación de los planes propuestos se necesitará invertir en lo siguiente.

Tabla 52- Inversión de bienes tangibles por áreas

ZONA DE COMPOSAJE			
EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Mini cargador frontal	1	S/68 000,00	S/68 000,00
Tamiz rotatorio	1	S/8 300,00	S/8 300,00
Compresora de aire	3	S/1 390,00	S/4 170,00
Balanza industrial	2	S/490,00	S/980,00
Generador eléctrico	1	S/24 000,00	S/24 000,00
Trituradora	1	S/33 500,00	S/33 500,00
Tubos de 2"	448	S/9,00	S/4 032,00
Rastrillo	4	S/250,00	S/1 000,00
Pala	4	S/130,00	S/520,00
Cosedora manual	1	S/375,00	S/375,00
Equipos de protección personal	10	S/79,00	S/790,00
Baldes de agua	4	S/8,00	S/32,00
TOTAL			S/145 699,00

ZONA DE RESIDUOS SÓLIDOS			
EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Tubos de 2"	120	S/9,00	S/129,00
Tanque para lixiviados	1	S/880,00	S/880,00
Contenedores	3	S/80,00	S/240,00
TOTAL			S/1249,00

ZONA DE RECEPCIÓN DE MATERIALES			
EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Contenedores de materiales	2	S/120,00	S/240,00
Palana	2	S/20,00	S/40,00
TOTAL			S/280,00

ZONA DE SERVICIOS HIGIÉNICOS

EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Inodoro	2	S/109,00	S/218,00
Lavatorio	2	S/31,00	S/62,00
Urinario	1	S/109,00	S/109,00
Ducha	2	S/34,00	S/68,00
Colgador	2	S/20,00	S/40,00
Banca	1	S/35,00	S/35,00
TOTAL			S/532,00

OFICINA ADMINISTRATIVA			
EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Escritorio	1	S/160,00	S/160,00
Silla	3	S/45,00	S/135,00
Estante	1	S/45,00	S/45,00
Escoba	1	S/8,00	S/8,00
Extintor	1	S/145,00	145,00
Tacho de basura	1	S/12,50	S/12,50
Recogedor	2	S/7,00	S/14,00
TOTAL			S/520,50

LABORATORIO			
EQUIPO	CANTIDAD(UND)	PRECIO(S/.)	TOTAL (S/.)
Tiras de pH	12	S/2,60	S/31,20
Silla	1	S/4,00	S/45,00
Mesa	1	S/230,00	S/230,00
Placas Petri	1	S/8,00	S/8,00
Termómetro	2	S/59,00	S/118,00
Horno microondas	1	S/200,00	S/200,00
Vasos de precipitación	3	S/12,50	S/37,50
Agitadores	2	S/4,50	S/9,00
TOTAL			S/678,70

En la tabla 52 se muestra a detalle, la inversión que se generará al comprar cada uno de los materiales necesarios para cada una de las áreas de la planta de compostaje

Tabla 53- Requerimiento de combustible

REQUERIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO (soles/mes)	TOTAL (S/.)
Gastos de combustible (GALÓN-DIESEL)	45,00	S/. 11,00	S/ 5 940,00
Gastos de mantenimientos	12	S/578,96	S/ 6 947,5
TOTAL			S/ 12 887,50

Como la empresa requerirá de un generador eléctrico para el funcionamiento de sus máquinas, ésta funcionará por medio de petróleo (DIESEL), por ello se describe los gastos generados por dicho generador y para el funcionamiento del cargador frontal.

Tabla 54-Resumen de gasto de bienes

Maquinaria	S/138 950,00
Equipo de producción	S/6 749,00
Materiales y útiles de oficina	S/3 404,20

Luego se halló los costos de la mano de obra directa e indirecta, la cual se determinó mediante la cantidad necesaria de personas para la manipulación de la maquinaria: Pesado (1), recepción de materiales (1), Tamiz rotatorio (1), Compresoras de aire y controladores de pilas (2), generador eléctrico (1) y cargador frontal (1).

Tabla 55-Costos de mano de obra y administrativos

SALARIOS DE MANO DE OBRA DIRECTA				
Colaboradores	Cantidad	Salario s/.	Sub total	Total anual / op
Operario de compostaje	6	S/930,00	S/5 580,00	S/368 280,00
TOTAL				S/368 280,00
MANO DE OBRA INDIRECTA				
Colaboradores	Cantidad	Salario s/.	Sub total	Total anual / op
Jefe de producción	1	S/2300,00	S/2300,00	S/27 600,00
Conductor del cargador frontal	1	S/1300,00	S/1300,00	S/15 600,00
TOTAL				S/15 600,00
SUELDO ADMINISTRATIVO				
Colaboradores	Cantidad	Salario s/.	Sub total	Total anual / op
Vigilante	1	S/930,00	S/930,00	S/11 160,00
TOTAL				S/11 160,00

Para el funcionamiento de la planta de compostaje se tendrá que contratar a 6 operarios, los cuales se encargarán de la recepción de materia prima, volteo y control de las pilas de compostaje, además de un jefe de producción, el cual tendrá como labor principal cumplir con la demanda proyectada y el buen funcionamiento del proceso de producción.

Tabla 56-Costos de construcción

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN				
ACTIVIDAD A REALIZAR	PRECIO	UND	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Despalme y limpieza del terreno con arbustos	S/2.40	m2	17088	S/41 011,20
Falso piso de concreto	S/49.83	m2	209	S/10 414,47
Paredes externas (cercado)	S/208.29	m	33	S/6 873,57
Paredes internas	S/10.43	m	47	S/490,21
Columnas + encofrado	S/215.39	columna	6	S/1292,34
Techo aligerado	S/192.31	m2	209	S/40 192,79
Fachada	S/18.00	m	17088	S/307 584,00
Geomembranas	S/6.00	m2	13566	S/81 396,00
TOTAL				S/489 254,58
Gastos pre operativos				S/1 213,00

Estos costos de construcción se tomaron como referencia de los Valores Unitarios Oficiales de Edificación publicados en el diario El Peruano.

Tabla 57- Precio unitario

	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO
<i>Costo de Producción</i>										
Materiales Directos	26 857,8	29075,5	31293,2	33510,8	35728,5	37946,2	40164,0	42381,7	44599,2	46816,9
Mano de obra directa	178 560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0	178560,0
Mano de obra indirecta	15 600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0	15600,0
COSTO VARIABLE TOTAL	S/221 017,81	S/223 235,51	S/225 453,25	S/227 670,77	S/229 888,50	S/232 106,24	S/234 323,96	S/236 541,68	S/238 759,21	S/240 976,93
<i>Gastos de operación</i>										
Gastos operativos	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70
COSTO FIJO TOTAL DE PRODUCCIÓN	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN ANUAL	S/241 377,51	S/243 595,21	S/245 812,95	S/248 030,47	S/250 248,20	S/252 465,94	S/254 683,66	S/256 901,38	S/259 118,91	S/261 336,63
PRECIO UNITARIO	S/20,31	S/18,93	S/17,75	S/16,72	S/15,83	S/15,03	S/14,33	S/13,70	S/13,13	S/12,61
AHORRO TOTAL	S/115 200,10	S/142 425,59	S/169 651,06	S/196 876,74	S/224 102,20	S/251 324,67	S/278 33,15	S/305 778,63	S/333 004,29	S/360 229,77

En la tabla 57 se determinó el costo que costará cada saco según el año de producción, reflejando que, desde el primer año, el costo de cada saco será menor al precio de compra actual de la empresa (S/30,00), obteniendo un ahorro de S/115 200,10 en la compra de abono.

Tabla 58- Estado de resultados

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS										
	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO
DINERO NO DESEMBOLSADO	S/356 77,60	S/386 020,80	S/415464,00	S/444 907,20	S/474 350,40	S/503 793,60	S/533 236,80	S/562 680,00	S/592 123,20	S/621 566,40
COSTOS DE PRODUCCIÓN	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87	S/241 059,87
UTILIDAD BRUTA	S/115 200,10	S/144 643,30	S/174 086,50	S/203 529,70	S/232 972,90	S/262 416,10	S/291 859,30	S/321 302,70	S/350 745,70	S/380 188,90
Gastos Administrativos	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20,359.70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70	S/20 359,70
Depreciación	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31,306.79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79
UTILIDAD OPERATIVA	S/63 533,61	S/92 976,81	S/122 420,01	S/151 863,21	S/181 306,41	S/210,749.61	S/240 192,81	S/269 63,01	S/299 079,21	S/328 522,41
UTILIDADES NETAS	S/64 232,42	S/92 976,81	S/122 420,01	S/151 863,21	S/181 306,41	S/210,749.61	S/240 192,81	S/269 636,01	S/299 079,21	S/328 522,41

Debido a que la empresa no venderá el compost producido, en cambio lo usará para autosatisfacerse y percibir un ahorro por compra del mismo (dinero no desembolsado), los “ingresos” totales será el costo actual del saco de compost (S/.30, 00) por la cantidad de sacos de compost que estaría dejando de comprar.

El estado de resultados muestra las utilidades netas que obtendrá la empresa en cada uno de los años de inversión.

Tabla 59-Flujo de caja

FLUJO DE CAJA											
DESCRIPCION	AÑO 0	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO
INGRESOS											
Utilidad neta		S/63 533,61	S/92 976,81	S/122 420,01	S/151 863,21	S/181 306,41	S/210,749.61	S/240 192,81	S/269 63,01	S/299 079,21	S/328 522,41
Depreciación		S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31,306.79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79	S/31 306,79
INVERSION	-S/ 637 105,64										
TOTAL INGRESOS		S/94 840,4	S/24 283,6	S/153 726,8	S/183 170,0	S/ 212 613,2	S/242 056,4	S/271 499,6	S/300 942,8	S/330 386,0	S/359 829,2
EGRESOS											
Maquinaria											S/138 950
Equipo de pro.						S/5 959,00					S/5 959
Equipo de of.						S/3 259,70					S/3 259,7
TOTAL EGRESOS						S/9 218,70					S/148 168,7
SALDO	-S/ 637 423,28	S/94 840,4	S/24 283,6	S/153 726,8	S/183 170,0	S/ 203 394,5	S/242 056,4	S/271 499,6	S/300 942,8	S/330 386,0	S/211 660,5
FLUJO DE CAJA ACUMULADO		-S/ 542 582,89	-S/ 418 299,29	-S/ 264 572,50	-S/ 81 402,50	S/ 121 992,00	S/ 364 048,39	S/ 635 547,99	S/ 939 490,78	S/ 1 266 876,78	S/ 1 478 537,27

En la tabla 59 se determinó que el proyecto empezará a recuperar lo invertido y por ende a presentar utilidades a partir del quinto año de haber iniciado sus operaciones.

Tabla 60-Indicadores Económicos

VAN	S/928 660,87
TIR	24,0%
TMAR	0.05
Relación Costo Beneficio $\frac{\text{Ahorro promedio percibido}}{\text{Inversión total}}$	$\frac{S/.889\ 221,82}{S/637\ 423,28}=1,4$
Reducción de costo $\frac{\text{Precio actual} - \text{Precio de producción} \times 100}{\text{Precio actual}}$	$\frac{30-20,31}{30} \times 100=32\%$

- Según el análisis mostrado en la tabla 60 muestra que el valor actual neto de la inversión es de S/916 252,28; al ser positivo la inversión es aprobada, sí mismo se muestra que la tasa interna de retorno es de 24,0% demostrando que al ser positivo es proyecto es viable.
- El análisis costo-beneficio muestra que por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 0,4 céntimos.
- La empresa percibirá un ahorro del 32% con respecto a la compra de abono.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTOS DESPUÉS DE LA PROPUESTA									TOTAL ARITMÉTICO	TOTAL PONDERADO	TOTAL POR SUBSISTEMA
				MANEJO DE RESIDUOS						TOTAL					
				Transporte del jugo recogido	Remoción de Tierra	Vertido	Sedimentación	Tapado	Post cierre						
Medio Físico	Físico	Aire	Levantamiento de Polvo	-2	-5	-1		-4					-39	-130	-149
			Generación de Ruido	-3	-4	-1		-3					-32		
			Emissiones de gases	-2	-4	-1		-2					-30		
			Olores	-6	-4	-4		-3					-29		
		Suelo	Erosión	-2	-2	-1		-2			-2		-29		
			Lixiviados	-1	-2	-3	-3				-4		-17		
		Agua			-1					-2	-2		-2		
Medio Biológico	Ecosistema	Flora	Crecimiento de especies		-3	-4	-2	-4	-3			-30	-85	-85	
			Migraciones de especies		-2	-1	-2	-2	-2	-4					-22
		Hábitat	Paisaje		-2	-2	-4	-2	-2	-2					-33
Medio Socio-económico	Socio-económico	Social	Afectación de la población		-4	-3	-3	-2	-3			-23	-35	-58	
			Alteraciones visuales		-4	-1	-2	-2	-2	-4	-1				-32
		Empleo	2	2			2	-2				20			
	Socio-cultural	Humano	Salud		-4	-4	-4	-2	-4			-13			
			Población	-2	-2	-1	-4	-1	-3			-23			
				-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		-10			
PROMEDIOS ARITMÉTICOS				-18	-74	-51	-55	-37	-57			-292	-292	-292	

Como se puede observar en la nueva matriz de Leopold, el impacto generado en cada uno de los sistemas ha disminuido considerablemente, puesto que ahora existirá al momento de construir las pozas de almacenamiento, un recubrimiento con geomembranas, el cual ayudará a evitar los lixiviados y proliferaciones en el suelo y medio ambiente. Así mismo la contaminación visual disminuirá puesto que no se contaminarán los suelos, además de que la comunidad de Cruz Verde evitará las epidemias.

IV. CONCLUSIONES

- Se concluye que el lodo proveniente de las pozas de almacenamiento tras contar con un pH ácido (2,98), una humedad de 36,4% y una relación C/N de 6,9 no es compostable por sí solo, por lo que se requerirá añadir más materiales como hojas secas, resto de frutas y aserrín, con el fin de cumplir con los parámetros establecidos. Así mismo se determinó que los componentes más contaminados al emitir el jugo recocido de limón son el aire y ecosistema pues tienen una puntuación de -214 y -168 respectivamente en la matriz de Leopold.
- Se determinó por medio de una matriz de enfrentamiento donde se evaluaron distintos factores del proceso de compostaje que método de compostaje más óptimo es el de aireación forzada, pues es el que reduce el tiempo de descomposición y es el más eficiente, sin embargo, es el que más costos genera por la compra de instrumentos.
- El proceso de elaboración de compost se desarrollará en un área de 17 087,18 metros cuadrados, con 32 pilas de compostaje y 19 pozas de almacenamiento con la finalidad de cumplir con la demanda pronosticada, así mismo tras haber elaborado la pila de compostaje por aireación forzada de manera casera, se pudo determinar que el compost obtenido tiene un pH de 6, llegando a la conclusión que no se es necesario añadir soda cáustica a la pila pues durante el proceso de descomposición el nivel de acidez va desapareciendo.
- La empresa debe invertir en el proyecto, puesto que producir 1 bolsa de compost le cuesta S/.20, 31 el primer año, siendo menor al costo de compra actual (S/30,00), percibiendo un ahorro del 32,4% el primer año además la agroindustria presentará rentabilidad desde el quinto año de inversión. Así mismo se redujo el impacto tanto en el medio físico, como en el biológico y socioeconómico.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Agroindustria trabajar de la mano con los agricultores de la comunidad de Cruz Verde, con el fin de que ambos puedan retribuirse, de tal manera que los agricultores les brinden los materiales de compostaje necesarios como son las hojas secas y el estiércol de ganado y la empresa les pueda brindar compost para sus cultivos.

Por último, se recomienda a la empresa abrir una línea de producción de compost a partir de lodo proveniente de las pozas de sedimentación, puesto que se obtiene más lodo del que se pueda consumir para la autosatisfacción de compost.


V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Cerutti y F. Neumayer, «Introducción a la obtención de aceite esencial de limón,» *Redalyc*, vol. 7, nº 12, pp. 149-155, Junio 2004.
- [2] P. Albornoz, M. Ramirez y H. Rojas, «"Compost a partir de pulpa de limón y cachaza",» *Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres*, 2012.
- [3] A. Bohorquez, Y. Puentes y J. Menjivar, «"Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de la caña de azúcar",» *Scielo*, vol. 15, nº 1, pp. 73-81, Junio 2014.
- [4] P. Conill, «"Manejo de Vinazas: Metanización y Compostaje, Aplicaciones Industriales",» *Nota Técnica*, Marzo 2011.
- [5] J. Armegol, R. Lorenzo y N. Fernández, «"Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas de vertisoles y en los rendimientos de la caña de azúcar",» *Redalyc*, vol. 24, nº 3, pp. 67-71, 2013.
- [6] A. Khan, A. Singh, S. Singh, N. Zaidi, U. Singh y S. Haefele, «"Response of Salt-Tolerant Rice Varieties to Biocompost Application in Sodic Soil of Eastern Uttar Pradesh",» *Scientific Research*, vol. 5, pp. 7-13, Enero 2014.
- [7] M. Cayuela, M. Sánchez y A. Roing, «"Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes",» *Science Direct*, vol. 41, nº 3, pp. 616-623, Marzo 2006.
- [8] F. Staib, J. Fischer, T. Beffa, P. Lyon, P. Gumawsky, O. Marfenina, F. Georgen, R. Roch-Susuki, L. Gallaz y J. Latgé, «"Mycological control and surveillance of biological waste and compost",» *Medical Mycology*, vol. 36, nº 1, pp. 137-145, 1998.
- [9] S. Varela y G. Basil, «"Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales",» *INTA*, nº 4, p. 3, 2011.
- [10] J. Labrador, A. Guiberteau, L. López y J. Reyes, *La materia orgánica en los sistemas agrícolas. Manejo y utilización*, vol. 3, Madrid: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 1994.
- [11] X. Elías, *Tratamiento y valoración energética de residuos*, Madrid: Días de Santos, 2005.

- [12] P. Román, M. Martínez y A. Pantoja, Manual de compostaje del agricultor, Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
- [13] S. Honour, «Ecoamérica: Tecnologías limpias para el nuevo milenio,» 2001.
- [14] Intec, Compostaje, Santiago de Chile: Corporación de investigación tecnológica de Chile, 1999.
- [15] E. Quaia, «E.Quaia. Reducción de la carga orgánica de las aguas de lavado de cáscaras del limón por fermentación con levaduras y obtención de alcohol etílico,» Tucumán, 2011.
- [16] Banco Interamericano de Desarrollo, «Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales,» 1997.
- [17] C. Pinto, Valoración de Impactos Ambientales, Sevilla: INERCO, 2007.
- [18] A. Córdova, «Estudio de factibilidad técnico-económico para instalar una planta de compostaje, utilizando desechos vegetales urbanos,» Santiago, 2006.


VI. ANEXOS

Anexo 1: Resultados de análisis físico-químico del jugo recocido de limón



INSPECTORATE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° ACO-8671

Pag. 1 / 2

Cliente	: AGROINDUSTRIAS AIB SA		
Dirección	: AV. RICARDO PALMA NRO. 894 LIMA - LIMA - MIRAFLORES		
Producto	: INSUMOS		
Numero de muestras	: 01 muestra x 500g aprox.		
Presentación	: Bolsa de polietileno		
Procedencia de la muestra	: Muestra proporcionada por el cliente.		
Referencia del Cliente	: Fecha de Muestreo: 26.09.2016		
Fecha de recepción de las muestras	: 30/09/2016		
Fecha de inicio de análisis	: 30/09/2016		
Fecha de término de análisis	: 12/10/2016		
Orden de Trabajo (OT)	: 50482		

Código de Muestras	Li mg/kg	B mg/kg	Be mg/kg	Al mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	1.99	12.32	0.07	2637.55
Limite de Cuantificación	0.09	0.12	0.05	2.00

Código de Muestras	P mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Cr mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	2189.62	85.75	< 0.50	< 0.08
Limite de Cuantificación	1.85	0.30	0.50	0.08

Código de Muestras	Mn mg/kg	Co mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	39.72	0.98	1.66	12.66
Limite de Cuantificación	0.70	0.03	0.07	0.23

Código de Muestras	Zn mg/kg	As mg/kg	Se mg/kg	Sr mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	21.05	1.52	< 0.09	15.53
Limite de Cuantificación	0.50	0.50	0.06	0.30

Código de Muestras	Mo mg/kg	Ag mg/kg	Cd mg/kg	Sn mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	0.32	< 0.06	0.08	0.71
Limite de Cuantificación	0.05	0.06	0.05	0.08

Código de Muestras	Sb mg/kg	Ba mg/kg	Ce mg/kg	Hg mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	0.27	13.74	3.34	< 0.03
Limite de Cuantificación	0.07	0.05	0.06	0.03

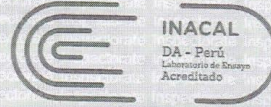
Código de Muestras	Tl mg/kg	Pb mg/kg	Bi mg/kg	Th mg/kg
2- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	0.06	4.80	0.04	0.71
Limite de Cuantificación	0.04	0.50	0.04	0.13

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 <Valor> significa no cuantificable debajo del limite de cuantificación indicado.
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
 Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



INSPECTORATE

Registro N° LE - 031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° ACO-8671

Pag. 2 / 2

Código de Muestras	U mg/kg	Na mg/kg	Mg mg/kg	K mg/kg
2.- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	0.19	568.08	1455.01	9832.92
Limite de Cuantificación	0.03	6.00	2.00	2.00

Código de Muestras	Ca mg/kg	Fe mg/kg
2.- LODO JUGO RECOCIDO DE LIMÓN	2612.96	3560.12
Limite de Cuantificación	4.50	2.00

Métodos:
Metales por ICP-MS EPA 6020A 2007, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante.

Callao, 18 de octubre de 2016

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

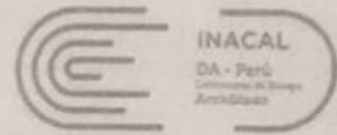
Evelyn Quispe Loroña
C.I.P. 98232
LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
"valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado.
A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
Este tiempo variará desde 7 días hasta 6 meses como máximo.

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax: (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 031



Registro N° LE - 031

INSPECTORATE

INFORME DE ENSAYO N° AGO-43909

Pag. 1 / 1

Cliente : AGROINDUSTRIAS AIB SA
 Dirección : AV. RICARDO PALMA NRO. 894 LIMA - LIMA - MIRAFLORES
 Producto : MIRAFLORES
 Número de muestras : JUGO RECOCIDO DE LIMÓN
 Presentación : 01 Muestra
 Procedencia de la muestra : Frasco (s) de vidrio
 Referencia del cliente : Muestra proporcionada por el cliente.
 Fecha de recepción de las muestras : MEMORÁNDUM: 57-2016/AC
 Fecha de inicio de análisis : 31/10/2016
 Fecha de término de análisis : 31/10/2016
 Orden de Trabajo (OT) : 07/11/2016
 : 51919

Código de Muestras	Grasa g/100g	Proteína g/100g	Humedad g/100g	Carbohidratos g/100g
Identificación: Fecha de muestreo: 29/10/2016	2.25	0.99	91.31	5.24

Código de Muestras	Cenizas g/100g	Fibra Cruda g/100g
Identificación: Fecha de muestreo: 29/10/2016	0.32	0.35

Métodos:
 Grasa: NAM - F - 427 - 1982 Alimentos. Determinación de grasa
 Proteína: ISO 5963-2:2009 (Block digestor)
 Humedad: NOM-116-SXA1-1994 Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico: método por arena o gasa
 Carbohidratos: Por Cálculo
 Cenizas: AOAC 940.26 Ash of Fruits and Fruit Products
 Fibra Cruda: AOCS Ba E - 84 8th Edition 2005. Crude Fiber

Callao, 12 de noviembre de 2016

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

ING. LORENA MOCHIZUKI CÁCERES
C.I.P. 185599
JEFE DE LAB. ORGANICA

Anexo 2: Resultados de análisis físico-químico del lodo residual

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMIA
Oficina de Administración

ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE LODO

SOLICITANTE : JUNIOR ARTURO AMAYA AGUILAR

**PROCEDENCIA : LAGUNA DE OXIDACION DE JUGO RECOCIDO DE LIMON DISTRITO
MOTUPE- PROVINCIA LAMBAYEQUE-REGION LAMBAYEQUE**

MUESTREO : FECHA: Lunes 18 de Septiembre del 2017

**ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE UNA MUESTRA DE LODO TRAIDA POR
EL INTERESADO AL LABORATORIO DE SUELOS**

Muestra N°	Ph	Humedad %	Relación C/N %
Lodo	2.98	36.4	6.9



Jefatura Del Laboratorio De Suelos

Figura 19-Informe del INACAL

Anexo 3: Procedimiento de neutralización de pH

Procedimiento:

1. Determinación de pH en la muestra al 10%

1. Pesar 20g de lodo proveniente de las pozas de almacenamiento del jugo recocado de limón
2. Añadir 180g de agua destilada
3. Agitar la mezcla por 10min
4. Dejar reposar por 30 min
5. Realizar la medición de pH

Mezcla: Agua destilada (solvente) -lodo de jugo recocado (soluto) al 10%

$$\frac{20g \text{ de lodo}}{200ml \text{ de agua destilada} + 20g \text{ lodo}}$$

2. Neutralización de la mezcla

1. Preparar 100ml de solución de soda caustica al 5%. La fórmula está dada por:

Solución: Agua destilada (solvente) – soda cáustica (soluto) al 5%

$$\frac{5g \text{ de soda cáustica}}{100 \text{ ml de solución}}$$

2. Añadir 3ml de la solución de soda caustica (concentrada al 5%) a la mezcla preparada en el procedimiento 1 y agitar
3. Medir el pH de la mezcla resultante
4. Repetir el mismo procedimiento hasta obtener el pH 7

Anexo 4: Construcción de pilas de compostaje



Figura 20. Primera capa hojas

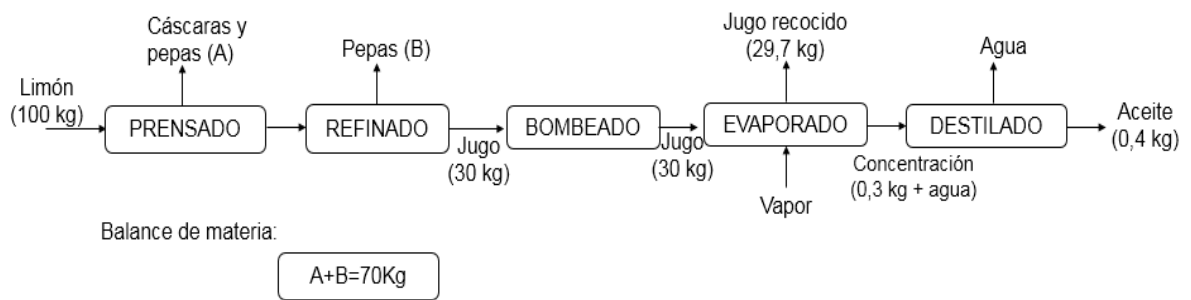


Figura 21- Segunda capa . Aserrín



Figura 22- Cuarta capa-Lodo residual

Anexo 5: Balance de materia del proceso de elaboración de aceite esencial



Anexo 6: Cotización de mini cargador frontal Bobcat S650

The screenshot shows a product listing on Mercado Libre. At the top, there's a search bar with the text "Buscar productos, marcas y más...". Below it, navigation links include "Categorías", "Ofertas de la semana", "Tiendas oficiales", "Tu historial", "Tus compras", and "Vender". A promotional banner for "CyberDays hasta 50% dscto." is visible. The main content area features a large image of a white Bobcat S650 mini loader with red wheels. To the right of the image, the product title is "Minicargador Bobcat S650-" and the price is "U\$S 22.000". Below the price, it offers "12 cuotas de \$/ 6.178³³ sin interés" and lists payment methods: VISA, Mastercard, and Mercado Pago. There's also a link for "Más información sobre Mercado Pago". The seller is "Plura" and the delivery is "Entrega a acordar con el vendedor". A blue "Comprar" button is prominent. At the bottom, there's a "Compra Protegida" badge.

Anexo 7: Cotización de balanza Valdox

The screenshot shows the Valdox website. The header includes the logo "KG BALANZAS UNA DIVISION DE BYUSAC" and a search bar. Navigation links are "PRODUCTOS", "SERVICIO AL CLIENTE", and "NOSOTROS". The breadcrumb trail is "INICIO / BALANZAS DE PLATAFORMA". The main product is "BALANZA DE PLATAFORMA 600KG / 200GR - PLATAFORMA [45X60CM] CON TORRE" priced at "S/490.00". The description states it's a platform scale for commercial or industrial use. There are icons for "CALIBRACIÓN PRECISA" and "MANUAL DESCARGAR". A "Hay existencias" message is followed by a quantity selector set to "1" and an "AÑADIR AL CARRITO" button. At the bottom, there's a "Presupuesto solo para Empresas" and a "DESCARGAR PRESUPUESTO" button. The left sidebar contains filters for "REFINAR POR:", "ORDEN", "CATEGORIA", and "MARCA".


Anexo 8: Cotización del tamiz vibratorio

Alibaba.com Global trade starts here™ Soluciones de abastecimiento Servicios y suscripción Comunidad y ayuda Una solicitud, múltiples... Obtener la aplicación Español

Categorías Productos

Mi Alibaba 14 Pedidos Favoritos

casas > All Industries > Machinery > Energy & Mineral Equipment > Mining Machinery > Vibrating Screen (170186197) Español



De alta calidad tamiz vibratorio/industrial compost tambor giratorio tamiz

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

US \$1,000-2470 / Set | 1 Set/s (min. Order)

Chatear

Pago: [VISA](#) [TT](#) [e-Checking](#) [Pay Later](#) More

Envío: Servicio de envío marítimo de Alibaba.com desde China hasta los EE.UU. [Obtener cotización de envío](#)

Henan Yin hao Machinery Equipment Co., Ltd.

4 YRS CN

Fabricante, Empresa de Trading

Proveedor Gold

Verificación In Situ

1.0 / 5 Muy insatisfecho 1 Reseñas

Nivel de transacción: ♥♥♥♥

1 Transacciones \$ 5,000+

Tiempo de respuesta <24h

Tasa de respuesta 89.2%

[View Company Profile](#)

Ver imagen más grande

Detalles del producto **Perfil de la empresa** Reportar actividad sospech...

Información básica Capacidad de comercio

Anexo 9: Cotización de compresora de aire Daewoo

SODIMAC Homecenter | Constructor


Categorías Campañas e Ideas Mi cuenta

¡LLEGÓ! CYBERSODIMAC del 26 al 28 de noviembre [ver más >](#)

[Volver a resultados](#) | Sodimac.com.pe > Construcción y Acabados > Pinturas > Herramientas y complementos para pintar > Compresoras y Accesorios > Daewoo Compresora 2 HP 100 L

Compresora 2 HP 100 L Daewoo

MODELO: DAC 100C | SKU 227987-8 | ★★★★★ [Compartir](#)



S/ 1,389.90 C/U

Acumulas: 1.389 CMR Puntos

Cantidad

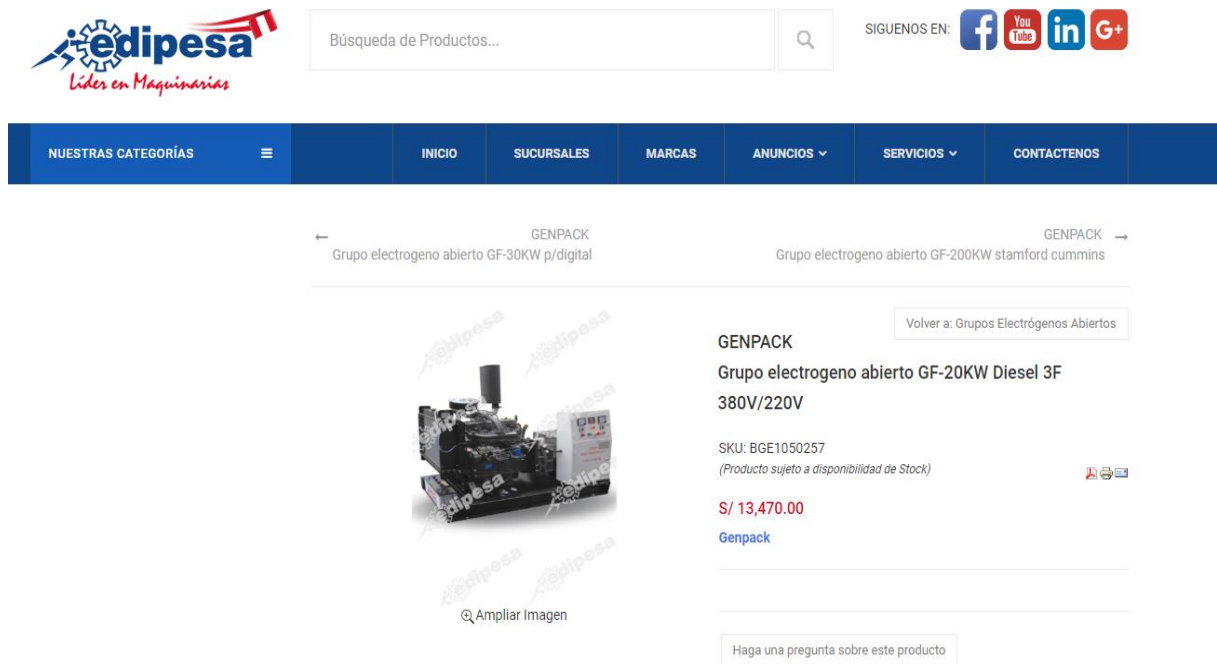
REVISLA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:

Disponible para despacho a domicilio [Simular costo de despacho](#)

Disponible para retiro en tienda [Ver tiendas disponibles](#)

Stock disponible en tiendas [Ver stock](#)

Anexo 10: Cotización del generador eléctrico



Edipesa
Líder en Maquinarias

Búsqueda de Productos...

SIGUENOS EN: [f](#) [YouTube](#) [in](#) [G+](#)

NUESTRAS CATEGORÍAS INICIO SUCURSALES MARCAS ANUNCIOS SERVICIOS CONTACTENOS

GENPACK Grupo electrogeno abierto GF-30KW p/digital GENPACK Grupo electrogeno abierto GF-200KW stamford cummins

Volver a Grupos Electrógenos Abiertos

GENPACK
Grupo electrogeno abierto GF-20KW Diesel 3F
380V/220V

SKU: BGE1050257
(Producto sujeto a disponibilidad de Stock)

S/ 13,470.00
[Genpack](#)

Ampliar Imagen

Haga una pregunta sobre este producto

Anexo 11: Cotización de tanque de Rotoplas



SODIMAC
Homecenter | Constructor

¿Qué estás buscando?

Categorías Campañas e Ideas

LIMA

LLEGÓ! CYBERSODIMAC del 26 al 28 de noviembre [ver más >](#)

Volver a resultados | Sodimac.com.pe > Gasfitería y Electricidad > Gasfitería > Tanques, fosas y cisternas > Rotoplas Tanque de Agua 2500 L

Tanque de Agua 2500 L Rotoplas
SKU 140644-2 | ★★★★★ Compartir

Precio corresponde a tienda: SODIMAC SAN MIGUEL.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

CYBER SODIMAC
S/ **880** C/U
Acumulas: 880 CMR Puntos

Cantidad: 1 [+](#) [-](#) [Agregar al carro](#) [Agregar a mi lista](#)

REVISLA LA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:

- Disponible para despacho a domicilio [Simular costo de despacho](#)
- Disponible para retiro en tienda [Ver tiendas disponibles](#)
- Stock disponible en tiendas [Ver stock](#)

Imagen

Anexo 11: Pozas de almacenamiento



Figura 23-Poza de almacenamiento de jugo recocido de limón

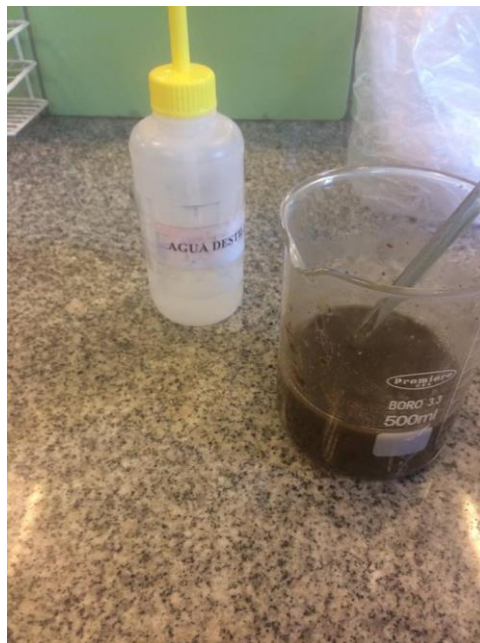


Figura 24-Preparación de la mezcla



Figura 25-Disolución de la mezcla



Figura 26-Neutralización del pH

Anexo 12: Informe del proceso de compostaje

OBJETIVOS

Objetivo General

1. Elaborar compost con la metodología de aireación forzada, utilizando como insumo principal, lodo proveniente de las pozas de almacenamiento del jugo recocido de limón

Objetivos Específicos

2. Determinar la eficiencia del proceso de elaboración de compost
3. Evaluar la evolución de temperatura, humedad, pH y densidad del compost.
4. Determinar si la soda caustica es un factor que influye en la elaboración de compost

1. MATERIALES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

1.1 Materias Primas

1.1.1 Cáscara de Frutas

Desecho Orgánico: Los desechos orgánicos que se utilizaron fueron la cáscara de palta y mango, las cuales para la planta piloto se obtuvieron como restos caseros y de juguerías, sin embargo, para la elaboración de la planta de compostaje, éstas serán proporcionadas en las etapas de pelado y selección de la producción de palta y mango en conserva, los mismos que serán exportados al culminar el proceso.

Proceso industrial para obtener cáscaras de frutas

1. PESADO.

Es importante para determinar rendimientos y calcular la cantidad de los otros ingredientes que se añadirán posteriormente.

2. SELECCIÓN:

Durante esta etapa la fruta recepcionada es seleccionada de forma manual, eliminando o separando la palta o mango con desperfectos como golpes, putrefacción o falta de maduración.

3. CALIBRADO

La fruta pasa por una máquina calibradora, la cual separa en 5 tamaños distintos a la palta y mango.

4. LAVADO.

Se realiza con la finalidad de eliminar cualquier tipo de partículas extrañas, suciedad y restos de tierra que pueda estar adherida a la fruta. Esta operación se realiza por inmersión en agua, la cual contiene una solución desinfectante.

Las soluciones desinfectantes mayormente empleadas están compuestas de hipoclorito de sodio (lejía) en una concentración 0,05 a 0,2%. El tiempo de inmersión en estas soluciones desinfectantes no debe ser menor a 15 minutos. Finalmente la fruta deberá ser enjuagada con abundante agua.

5. PELADO.

El pelado se puede hacer en forma manual en caso del mango, debido a que se producen conservas, empleando cuchillos. En el pelado se elimina **la cáscara**, el corazón de la fruta.

6. CORTADO

Consiste en obtener la pulpa de la fruta, libres de cáscaras y pepas. Esta etapa también se realiza de forma manual, aquí el mango es cortado en forma de media luna para su posterior envase en conservantes.

7. ESTEILIZADO

Durante 15 min son ingresado a un equipo esterilizador UV.

8. PREPARACIÓN DE ALMIBAR DE LLENADO

En una marmita se prepara el almíbar de 35° Brix, mezclando agua y azúcar y calentando hasta 90 °C para que todo el azúcar se disuelva. Se necesitan aproximadamente 2 Kg. de azúcar por cada 5 litros de agua. Se revisa la concentración del almíbar y de ser necesario se agrega un poco más de azúcar.

9. ENVASADO

Los trozos de mango se colocan en las latas procurando la mayor parte de ellos entre en el recipiente, siempre y cuando cuente con el peso establecido. Se agrega el almíbar en caliente

hasta la boca -- de la lata. Se dejan en reposo por 5 min. para que la temperatura se equilibre con la temperatura del ambiente y, se eliminen las burbujas de aire. La relación de llenado debe ser 60% mango y 40 % almíbar. Luego se cierra herméticamente.

La Palta después de ser calibrada es envasada en cajas según el calibre que les corresponda

10. ETIQUETADO

El etiquetado constituye la etapa final del proceso de elaboración de mango en conservas. En la etiqueta se debe incluir toda la información sobre el producto.

11. ALMACENADO

El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización.

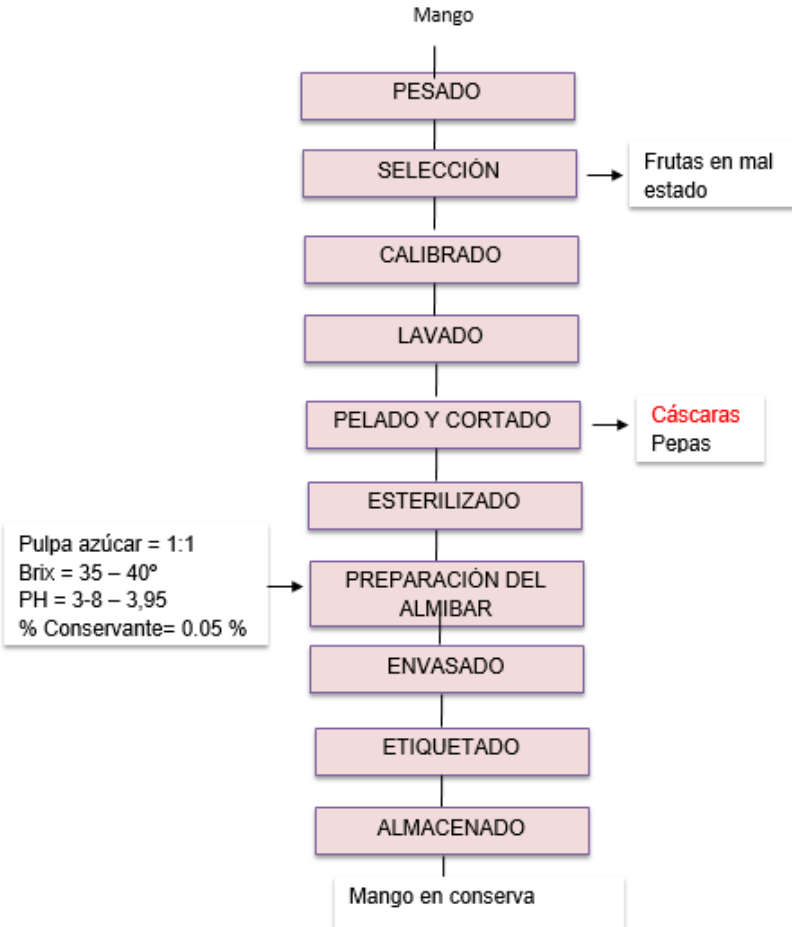


Figura 27- Diagrama de bloques del proceso para la elaboración mango en conserva

1.1.2 Lodo de las pozas de almacenamiento del jugo recocido de limón

Producto orgánico con una gran acidez y 36.4% de humedad proveniente de la sedimentación en las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón.

1.1.3 Aserrín

Fuente Fibrosa: A pesar que estuvo en menor cantidad, el aserrín obtenido de un aserradero tiene una de las cantidades más elevadas de relación carbono/nitrógeno (ver tabla 8), así mismo está compuesta por celulosa, un polisacárido estructural formado por glucosa que forma parte de la pared de las células vegetales, sirviendo como parte de los tejidos de sostén en las plantas.

El serrín o aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. El aserrín de madera se compone principalmente de fibras de celulosa unidas con lignina. Según análisis, su composición media es de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y un 2% de nitrógeno (N) asociado a otros elementos. En la Figura N° 28. Se puede observar el diagrama de obtención de la Madera.

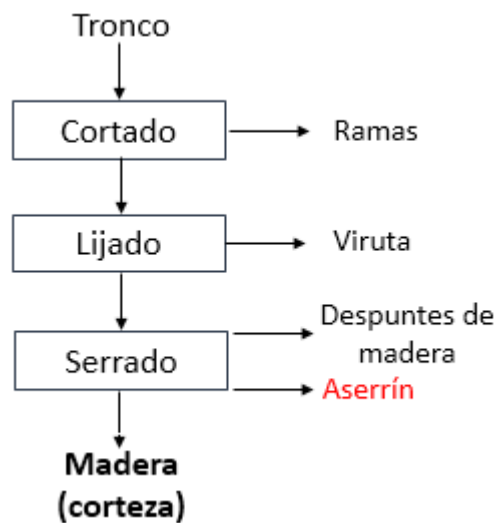


Figura 28- Diagrama de bloques para la obtención de Madera

Fuente: Elaboración propia

1.1.4 Hojas secas

Se ha utilizado hojas secas, debido que son de difícil descomposición, además tiene un alto contenido de proteínas. Las hojas secas tienen hasta dos veces la cantidad de minerales que tiene el estiércol que sirven como alimento para microorganismos que ayudan a acelerar el proceso.

1.2 Agregados

1.2.1 Soda Cáustica

Es una sustancia corrosiva que puede destruir o dañar irreversiblemente otra superficie o sustancia con la cual entra en contacto. A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio o soda cáustica es un sólido blanco cristalino sin olor que absorbe la humedad del aire, muchas veces utilizado para neutralizar el pH de sustancias sumamente ácidas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

1. Aserrín

Tabla 61-Composición química del aserrín

Componentes	Porcentaje (%)
Carbono	50%
Hidrógeno	6%
Oxígeno	42%
Nitrógeno	2 %

Fuente: Manual de Lombricultura 2006

2. Lodo proveniente de las pozas de almacenamiento del jugo recocido de limón

Tabla 62- Características físico-químicas del lodo

Lodo jugo recocido de limón	
Nitrógeno (mg/kg)	1,66
Fósforo P (mg/kg)	2 189,62
Sodio (mg/kg)	568,08
% humedad	36,4
C/N	6,9

Fuente: Inspectorade

3. Cáscaras de frutas

Composición C/N: 15/1

Tabla 63- Caracterización Físico Química de la cáscara de papaya

Componentes	Unidad de Medida	Madura
Valor energético	Cal	32,0
Componentes mayores		
Humedad	%	90,7
Proteína	G	0,5
Grasa	G	0,1
Carbohidratos Totales	G	8,3
Minerales		
Calcio	Mg	20,0
Fosforo	Mg	13,0
Hierro	Mg	0,4
Vitaminas		
Caroteno (A)		110,0
Tiamina (B1)	Mg	0,03
Ácido Ascórbico (C)	Mg	46,0
Niacina (B5)	Mg	0,3

Fuente: Cambero, Fernández, 1998

3.4. Hojas Secas

Composición C/N: 17/1

Tabla 64- Componentes en porcentaje de hojas secas.

Constituyente	Porcentaje
Carbono	47,8
Oxígeno	38
Hidrógeno	6
Nitrógeno	3,4
Azufre	0,3
Cenizas	4,5

Fuente: Tchobanoglous, 1998

Tabla 65- Características físico químicas de las hojas secas

	Hojas	Tallos
Materia seca (%)	89,6	88,87
Proteína (%)	24,99	4,22
Grasa bruta (%)	4,62	2,05
Fibra cruda (%)	23,6	41,9
Cenizas (%)	10,42	4,38
Extracto no nitrogenado (%)	36,37	33,45
Energía digestible (Mcal/KgMS)	2,81	1,99

Fuente: Universidad de Tolima

2.5. Resumen de materiales empleados

Tabla 66- Características de los materiales empleados para el proceso de compostaje

Material	C/N
Lodo del jugo recocido de limón	6,9:1
Aserrín	500:1
Cáscara de fruta	15:1
Hojas secas	17:1

Fuente: OrganicSa

12. PROCESO DE COMPOSTAJE

1. Marco Teórico

1. Compost

Debido a que el compostaje es una descomposición biológica y estabilización de un sustrato orgánico, bajo parámetros que permitan el desarrollo de microorganismos, para producir un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y que pueda ser aplicado al suelo de manera beneficiosa.

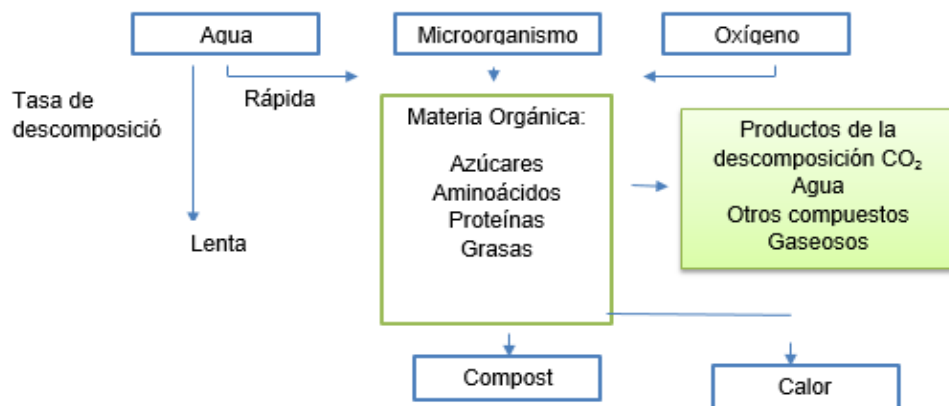


Figura 29- Proceso de compostaje

Fuente: Castells (2005)

1. Proceso de compostaje por aireación forzada

Por ser el proceso más óptimo de los evaluados, se realizó la metodología de proceso de compostaje por aireación forzada, en la cual se utilizó materiales extras, a los de la pila de compostaje como: Tubos de 2 ½ pulgada y 1 compresor de aire de 2HP.

Al igual que en otros métodos de compostaje, este distingue en una pila dos regiones o zonas:

1. **Zona central o núcleo de compostaje:** La que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes.
2. **Zona cortical:** Es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

2. Pasos para la elaboración de pilas por aireación forzada

1. Recopilación de los materiales:

Los materiales fueron obtenidos de distintas maneras, el lodo se extrajo de las pozas de almacenamiento de jugo recocido de limón, ubicadas en el distrito de Motupe-Lambayeque, el aserrín fue proporcionado por aserradero, las hojas secas se recopilaron de parques, quintas y universidades, mientras que las cáscaras de frutas fueron obtenidas como residuos caseros y de juguerías y por último la soda cáustica que fue adquirida en una ferretería.

2. Acondicionamiento de la zona de compostaje:

Un factor muy importante es el lugar donde se elaboran las pilas de compostaje, puesto que, al ser un lugar muy soleado o ventilado, los hongos y microorganismos no encontrarán un lugar húmedo para desarrollarse, y al ser un lugar con poca aireación generará un ambiente de anaerobiosis y hará que los materiales se compacten.

Por lo tanto, se construyó un ambiente con ventilación y techado para evitar el acumulamiento de agua en lluvias, posteriormente se elaboró una red de tuberías de 2 ½ pulgadas por donde pasará el aire proporcionado por el compresor a las 6 pilas de compostaje.

3. Elaboración de Pilas:

Luego de haber construido la red de tuberías, se colocó encima de ellas a los 4 materiales por capas:

1. Primera capa: Como base de la pila se colocaron 10kg de hojas secas (esto sirvió para favorecer así al proceso aeróbico y el aporte de carbono), seguidamente se empezó a separar cualquier objeto extraño que estas tuvieran y se humedecieron ligeramente para mantener la humedad adecuada de los materiales.

2. Segunda capa: Para esta capa se agregó el primer residuo húmedo, las cáscaras de frutas que son los que le aportarán el nitrógeno necesario al compostaje y tienen la descomposición más rápida.

En esta etapa se agregó 7kg de cáscaras de frutas.

3. Tercera capa: Esta fue conformada por el segundo material seco, que tiene una descomposición más lenta el aserrín, el cual fue esparcido y humedecido de manera uniforme con el mismo fin de mantener la aireación.

En esta etapa se agregó 3kg de aserrín.

4. Cuarta capa: En esta última capa se aplicó 50kg de lodo jugo recocido de limón para obtener la flora bacteriana inicial necesaria para iniciar el compostaje.

***Las 6 pilas de compostaje fueron divididas en 6 espacios, con la finalidad de distinguir el proceso de las 3 pilas con los materiales sin agregar la solución al 5% de agua destilada con soda cáustica (las cuales se denominarán 1,2 y 3) con la de las 3 pilas que sí contenían (pilas 4,5 y 6).**

4. Inyección de aire

Las pilas fueron airadas por medio de un compresor de aire, cada 4 o 7 días según la temperatura que mostraba, así mismo se daba volteo manualmente si se requería.

3.2.2. Proporciones de los Residuos de acuerdo a su relación C/N:

Debido a que carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos. El carbono fijado por la biomasa proviene del CO₂ atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis por las plantas, y suele oscilar en torno a un 50-60% de la materia orgánica. Sin embargo, el porcentaje de nitrógeno es muchísimo menor que el porcentaje de carbono. Debido a este y a la competencia que ejercen los distintos seres vivos para la obtención del elemento, puede ser un factor limitante. La relación C/N se utiliza para medir la biomasa y la evolución de la materia orgánica en los estudios de fertilidad del suelo.

La proporción de los residuos están en función a la relación C/N y es muy importante ya que determina el tiempo en que los residuos se descompondrán para poder lograr un compost adecuado en poco tiempo.

Después de haber neutralizado el nivel de acidez del lodo del jugo recocido, es importante encontrar el nivel óptimo de relación C/N durante el proceso, es por ello que se adicionará al proceso los siguientes materiales

Los componentes de las pilas 1, 2 y 3 son: Lodo jugo recocido de limón, hojas secas, cáscaras de frutas y aserrín, cuya proporción de C/N se puede apreciar en la Tabla N° 67.

Tabla 67- Proporciones de los Residuos de acuerdo a su relación C/N de pila 1,2 y 3

Componentes	Masa (Kg)	Equivalencia en (%)	Relación (C/N)	Relación C/N respecto a la masa
Lodo del jugo recocido de limón	50	71,4	6,9	4,92
Aserrín	3	4,28	500	21,4
Cáscara de fruta	7	10	15	1,5
Hojas secas	10	14,28	17	2,42
TOTAL	70	100		30,24

Los componentes de las pilas 4, 5 y 6 son: Lodo jugo recocido de limón, hojas secas, cáscaras de frutas y aserrín, cuya proporción de C/N se puede apreciar en la Tabla N° 67

Tabla 68- Proporciones de los Residuos de acuerdo a su relación C/N de pilas 4,5 y 6

Componentes	Masa (Kg)	Equivalencia en (%)	Relación (C/N)	Relación C/N respecto a la masa	Mezcla de soda caustica (Litros)
Lodo del jugo recocido de limón	50	71,4	6,9	4,92	32
Aserrín	3	4,28	500	21,4	
Cáscara de fruta	7	10	15	1,5	
Hojas secas	10	14,28	17	2,42	
TOTAL	70	100		30,24	32

3.2.3. Fases presentes en la elaboración de compost:

Durante los meses que evaluaron las 6 pilas se pudieron distinguir las fases de compostaje, donde se evaluaron los factores de temperatura, humedad y pH.

1. Fase Mesófito

Es la etapa inicial, donde es considerada la conformación de la pila hasta que se constaten incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial.

Esta etapa se pudo reflejar al quinto día de preparada las 6 pilas de compostaje, de las cuales las que no se añadió soda caustica, presentaban una temperatura de 38°C, 38°C y 35°C y las que, si se añadió, presentaron una temperatura de 35°C, 37°C y 36°C.

El pH mostrado en esta etapa para las pilas 1,2 y 3 fueron de 4, mientras que en las pilas 4,5 y 6 mostraron un pH de 6.

1. Fase termófila

Debido a que durante esta etapa se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas y elementos biológicos indeseables, las temperaturas en las pilas 1, 3 y 5 alcanzaron los 42°C, mientras que en la pila 2, 4 y 6 alcanzaron los 45°C. Así mismo esta etapa se llevó a cabo de 24 días para las pilas 1,3 y 5, mientras que para las pilas 2, 4 y 6 se determinó al cabo de 31 días. Así mismo las pilas 1 y 3 presentaron una humedad de 35%, en las pilas 2, 4 y 6 se mostraron una humedad de 47% y en la pila 5 una humedad 42%. Así mismo durante los picos de humedad presenciados, se llevó a cabo la inyección de aire, con la finalidad que la humedad llegue a los parámetros establecidos (40-65%).

Al igual que en la etapa anterior pH mostrado para las pilas 1,2 y 3 fueron de 4, mientras que en las pilas 4,5 y 6 fue de 6.

2. Fase mesotérmica 2:

Durante esta etapa se presencié la baja de temperatura en todas las pilas de compostaje, la pila 1 y 3 presentaron una temperatura de 34°C, la pila 2 y 5 mostraron una temperatura de 35°C y las pilas 4 y 6 alcanzaron una temperatura de 37°C.

Al haber transcurridos 2 meses desde la construcción de las pilas de compostaje, el pH que mostraron las pilas 1,2 y 3 fueron de 5 y las pilas a las cuales se le agregó la mezcla de soda cáustica fueron de 7,5. Así mismo las pilas 1 y 3 presentaron una humedad de 45%, en las pilas 2, 4 y 6 se mostraron una humedad de 47% y en la pila 5 una humedad 38%.

3. Fase de Maduración (5-6)

La temperatura durante esta etapa descendió paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente (25°C aproximadamente).

3.2.4. Condiciones del compostaje

- 1.** El área y altura de cada una de las pilas dependió del manejo y de la cantidad de residuos orgánicos a disposición, en este caso, al ser una planta piloto, la proporción fue baja por lo que estas medidas no fueron muy altas: 1,1m de altura, y aproximadamente un metro cuadrado de área, medidas que facilitan las tareas de volteo.
- 2.** Como se mencionó anteriormente, la pila se confeccionó en capas con dos tipos de materiales: Materiales secos y leñosos (como las hojas y el aserrín), materiales húmedos o frescos (como las cáscaras de frutas y lodo jugo recocido de limón)
- 3.** Se está evitando el secado o deshidratado de las pilas de compostaje, humedeciéndolas cuando lo amerita, evitando también el exceso de humedad mediante la inyección de aire con un compresor.
- 4.** Las pilas se encuentran sobre un plástico y sobre una red de tuberías, las cuales harán más eficiente el proceso de compostaje.

1. RESULTADOS PARCIALES

1. Evolución de la Temperatura

Los datos del registro de la temperatura, se obtuvieron por medio de la medición con un termómetro. En la Tabla N° 69 se pueden ver el seguimiento de esta temperatura durante el proceso de compostaje.

Tabla 69- Registro y evolución de la temperatura (C°)

DIA	FECHA	TEMPERATURA (°C)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Día 1	29/04/2018	28	29	27	25	27	27
Día 5	03/05/2018	38	38	35	35	37	36
Día 11	09/05/2018	35	35	32	32	35	34
Día 19	17/05/2018	37	34	36	34	36	36
Día 29	27/05/2018	42	40	42	41	42	40
Día 35	30/05/2018	43	45	43	45	42	45
Día 42	06/06/2018	38	40	38	39	39	38
Día 49	13/06/2018	36	36	36	35	35	36
Día 56	22/06/2018	36	34	35	36	35	35
Día 64	28/06/2018	34	35	34	37	35	37
Día 73	02/07/2018	34	35	33	33	33	34
Día 86	10/07/2018	35	34	35	34	36	35
Día 96	18/07/2018	29	28	29	28	28	29
Día 110	26/07/2018	26	26	27	26	27	28

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°69 se puede observar las temperaturas (C°) en los distintos días que realizó las mediciones durante el proceso de compost. Se puede apreciar que la máxima temperatura registrada fue de 45°C, la cual corresponde a los días 31 de las pilas 2,4 y 6 habiéndose hallado durante la etapa termófila.

Otro detalle que se puede verificar es que la temperatura durante el proceso muestras no ha sido uniforme para todas las pilas, sobre todo en el primer mes del proceso de compostaje.

Es importante analizar la temperatura debido a que la evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de humedad, pH o C/N. [16]

Según fuentes y estudios previos, en el proceso de descomposición aeróbica se dan tres fases: fase mesófila inicial ($T < 45$ °C); al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45$ °C); y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de

nuevo la temperatura inicial, contrastando con los datos recolectados. Podemos observar que los datos del proceso coinciden ligeramente con los señalados por la teoría.

En el Figura 30 se aprecia cómo ha ido evolucionando la temperatura:

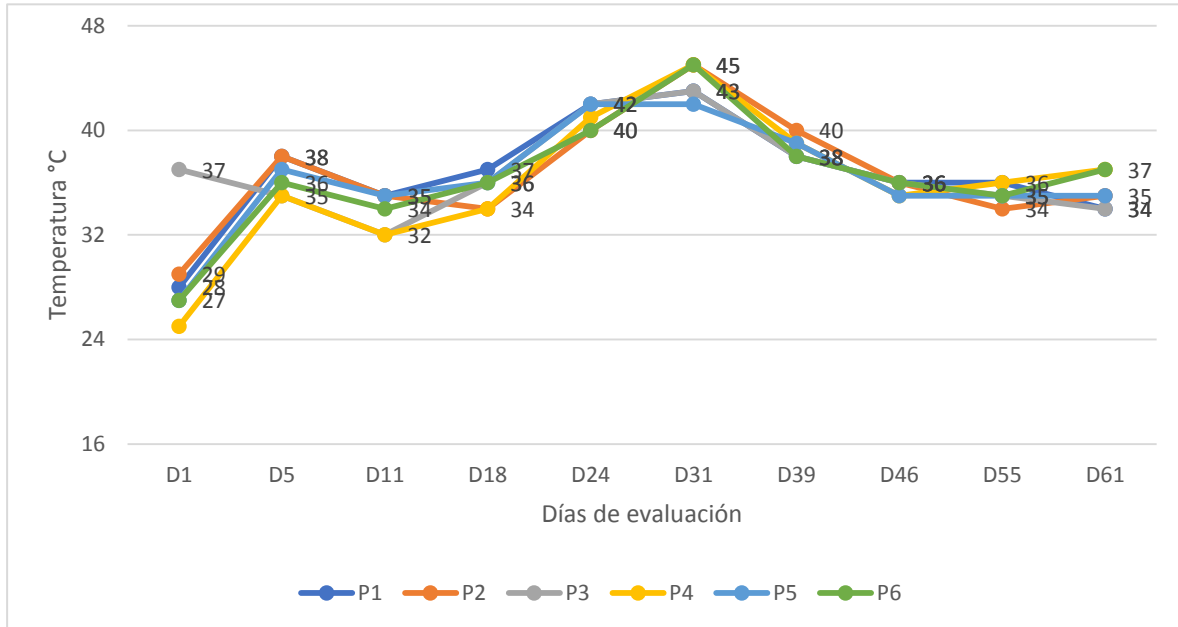


Figura 30- Evolución de la Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

2. Evolución de la Humedad

Para determinar la humedad del compostaje se tomaron unas muestras de 100 gramos de cada una de las pilas, las cuales fueron depositadas y pesadas. Posteriormente se las coloco en el microondas con el fin de eliminar la mayor cantidad de humedad posible a las muestras repitiendo el proceso hasta que el peso de las muestras no cambie. La tabla N°70 refleja la humedad presentada durante los 2 primeros meses de compostaje.

Tabla 70- Análisis de humedad

Día del muestreo	Residuo húmedo (20g)	Residuo después de secado I (g)	Residuo después de secado II(g)	Residuo después de secado III (g)	Humedad (%)
Día 31	Pila 1	83	75	75	35
	Pila 2	64	53	53	47
	Pila 3	82	75	75	35
	Pila 4	69	53	53	47
	Pila 5	73	58	58	42
	Pila 6	64	53	53	47
Día 61	Pila 1	69	55	55	45
	Pila 2	66	53	53	47
	Pila 3	65	55	55	45
	Pila 4	68	53	53	47
	Pila 5	78	62	62	38
	Pila 6	64	53	53	47

Fuente: Elaboración propia

El peso dejó de variar al tercer secado, tomando los valores que se muestran en la tabla 8.

La humedad que se muestra es la indicada, respecto a la teórica, puesto que se humedecían las 6 pilas cada 7 días aproximadamente, además de la aireación que se brindaba por medio del compresor de aire.

3. Evolución del pH

El pH del compost se determina en base a una muestra tomada de 10 g por cada una de las pilas. Se colocó la muestra de compost en un recipiente y luego se añadió 90 mL de agua.

Se agitó durante 10 minutos. Después, se dejó en reposo durante 30 minutos. Pasado ese tiempo, se coloca la tira de pH durante 3 segundos y luego se retira.

Tabla 71-Evolución de pH

Día del muestreo	Residuo húmedo (10g)	pH
Día 5	Pila 1	4
	Pila 2	4
	Pila 3	4
	Pila 4	6
	Pila 5	6
	Pila 6	6
Día 61	Pila 1	4
	Pila 2	4
	Pila 3	4
	Pila 4	6
	Pila 5	6
	Pila 6	6
Día 31	Pila 1	5
	Pila 2	5
	Pila 3	5
	Pila 4	7,5
	Pila 5	7,5
	Pila 6	7,5
Día 31	Pila 1	5
	Pila 2	5
	Pila 3	5
	Pila 4	7,5
	Pila 5	7,5
	Pila 6	7,5

Fuente: Elaboración Propia

El pH es una medida numérica de la acidez o alcalinidad del suelo. La escala de pH va de 0 a 14 con un pH 7 o que indica neutralidad. La mayoría de compost tiene un pH entre 6 y 8. Los

productos derivados de los residuos de madera o turba puede tener valores de pH tan bajos como 4,5, mientras que los abonos son frecuentemente alcalina (pH 8,0 a 8,5).

Como se muestra en la tabla nueve, el nivel de acidez de las pilas de compostaje fue disminuyendo, es decir empezaron a volverse más alcalinas, sin embargo las pilas a las que se le agregó la mezcla al 5% de agua con soda cáustica, en su mayoría mostraron un pH más alcalino que el resto.

4. Color, textura y olor

Dentro del proceso de compostaje se pueden detectar diferentes factores que indiquen si el proceso va por buen camino o si se debe de mejorar en algún aspecto, se pueden detectar factores como: Color, textura, olor.

Un buen compostaje no huele, necesita aire y los microorganismos comen los residuos y los convierten en compost, hasta la fecha actual, nuestro compost no presenta de malos olores.

Las características del compost varían según el material que se va a emplear para su elaboración. Sin embargo pueden identificarse algunas características comunes.

Al comenzar a realizar el compost, se colocaron las diferentes capas con los residuos orgánicos expuestos anteriormente, estos presentaban su olor característico, debido a que aún no comenzaba el proceso de su descomposición.

Color

Luego de unos días, al realizar la primera medición, después de haber colocado las capas de los diferentes residuos orgánicos, se pudo apreciar que los residuos iban tomando un color más oscuro en el caso de las cáscaras de frutas y un color más amarillo en lo que se refiere a las hojas seca, sin embargo, aún se podía identificar algunos residuos. Además, se apreció la aparición de insecto u otro animal producto en su mayoría del lodo.

Textura

En su mayoría, los residuos orgánicos presentaban su textura originaria, sin embargo, el lodo jugo recocado de limón presente en las pilas se iba compactando de manera tenía un aspecto arenoso y granulado.

Olor

Ninguna de las pilas de compostaje presentó malos olores, ni olor a humedad, presenta un olor a tierra y al olor del lodo jugo recocado de limón.