

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de instalación de una planta productora de compost en el
distrito de Pátapo para satisfacer la demanda**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Ricardo Erick Sales Fernandez

ASESOR

Diana Peche Cieza

<https://orcid.org/0000-0002-1787-9758>

Chiclayo, 2023

Propuesta de instalación de una planta productora de compost en el distrito de Pátapo para satisfacer la demanda

PRESENTADA POR:

Ricardo Erick Sales Fernandez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

Edith Anabelle Zegarra Gonzalez

SECRETARIO

Diana Peche Cieza

VOCAL

Dedicatoria

Primero a Dios y a la Virgen María que han guiado mi sendero para hacer posible que este proyecto de investigación se desarrolle y a la vez a mi familia, a mis tíos, a mis hermanos y especialmente a mis padres que me brindaron el apoyo emocional y económico para culminar esta etapa de mi vida profesional. También es grato mencionar a mis amigos de la universidad y de la infancia que desempeñaron un rol importante a impulsarme a seguir esforzándome y brindándome su apoyo en el transcurso de la etapa como estudiante de la carrera de ingeniería industrial.

Agradecimiento

Primero al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) que me ha brindado la oportunidad de poder cumplir uno de mis sueños que era ser profesional, seguido agradecer a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y a toda su plana docente de la Escuela de Ingeniería Industrial, especialmente al Ing. Lucio Antonio Llontop Mendoza y a la Ing. Diana Peche Cieza por todo los conocimientos impartidos a lo largo de cada asesoría, en el afán de seguir mejorando con la investigación. También es grado expresarle mi agradecimiento al Sr. Abraham Reyes Castillo.

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

6%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

5%

3

Submitted to Universidad Católica Santo
Toribio de Mogrovejo

Trabajo del estudiante

1%

4

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

7

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

ASTUDILLO ARIAS DANIA SOLEDAD. "PMR del
Distrito La Esperanza 2020-IGA0008172", O.M.
N° 012-2020-MDE, 2020

Publicación

<1%

Índice

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Resumen | 6 |
| Abstract | 7 |
| Introducción..... | 8 |
| Revisión de literatura | 9 |
| Materiales y métodos..... | 11 |
| Resultados | 12 |
| Discusión | 21 |
| Conclusiones | 22 |
| Recomendaciones | 22 |
| Referencias..... | 23 |
| Anexos | 25 |

Resumen

La presente investigación tiene como propósito elaborar un estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta productora de compost en el distrito de Pátapo, aprovechando los residuos orgánicos para satisfacer la demanda de abono orgánico, para ello se plantearon tres objetivos: evaluar la pre-factibilidad comercial, técnica y financiera. En base a ello, se obtuvo que para el año 2026 se tiene una demanda insatisfecha de 4 111 421 toneladas de abono orgánico, donde el precio de venta de los sacos de 50 kg de compost para ese mismo año sería de S/61,58. En relación al aspecto técnico, dicho distrito para el año 2026 estaría generando un total de 16 578,37 kg de residuos sólidos al día, de las cuales el 74,86% está representado por residuos orgánicos, para ello la planta requiere de un área total de 4 423,03 m² de acuerdo al Método de Guerchet y estaría ubicado en el mismo distrito, donde se estaría empleando un sistema de compostaje cerrado y la capacidad diseñada sería 31 sacos/h. Así mismo referente al aspecto financiero, se requiere una inversión total de S/ 7 097 607,70, de las cuales el 76,4% se estaría financiando y como indicador de rentabilidad presenta un VAN de S/ 4 181 709,36 mientras que en el costo beneficio sería que por cada S/1 invertido, se estaría ganando S/2,50. En síntesis, es viable la instalación la planta de acuerdo a sus tres aspectos evaluados, donde se estaría cumpliendo con el 8,15% de la demanda nacional insatisfecha para el año 2026.

Palabras claves

Compost, sistema cerrado, demanda, rentabilidad

Abstract

The purpose of this research is to prepare a pre-feasibility study for the installation of a compost production plant in the district of Pátapo, taking advantage of organic waste to meet the demand for organic fertilizer, for this, three objectives were proposed, which are to evaluate the commercial, technical and financial pre-feasibility. Based on this, it was obtained that for the year 2026 there is an unsatisfied demand of 4 111 421 tons of organic fertilizer, where the sale price of the 50 kg bags of compost for that same year would be S / 61,58. In relation to the technical aspect, said district by 2026 would be generating a total of 16 578,37 kg of solid waste per day, of which 74,86% is represented by organic waste, for this the plant requires an area total of 4 423,03 m^2 according to the Guerchet method and would be located in the same district, where a closed composting system would be used and the designed capacity would be 31 bags / h. Likewise, regarding the financial aspect, a total investment of S / 7 097 607,70 is required, in which 76,4% would be financed and as an indicator of profitability it presents a VAN of S / 4 181 709,36 while that the cost benefit would be S / 3,50. In summary, the installation of the plant is viable according to its three evaluated aspects, where it would be meeting 8,15% of the unsatisfied national demand by 2026.

Keywords

Compost, system closed, demand, cost effectiveness

Introducción

La creciente contaminación del medio ambiente está siendo impulsada hoy en día por la pronta urbanización y el constante crecimiento acelerado de la población, trayendo consigo un perjuicio en la salud y a su entorno del hombre. En efecto el Banco Mundial [1] enfatiza que sino se logra tener medidas urgentes para contrarrestar la creciente generación de residuos, para el año 2050, la cantidad de residuos generados crecerán en un 70% en comparación a los niveles actuales.

La cantidad de residuos generados no solo aqueja a las grandes potencias como es Alemania, Canadá y Australia, sino también a los países en vías de desarrollo. De acuerdo al Banco Mundial [2] sostiene que uno de los países que genera mayor cantidad de residuos es Estados Unidos, donde el índice de generación per cápita de residuos es de 1,50 kg por habitante en un día. A pesar que este país logra recuperar más de un tercio de sus residuos por medio de políticas de compostaje y reciclado, presenta una capacidad deficiente en comparación a la generación de sus residuos municipales, tóxicos, plásticos y alimentarios [3].

Ante este problema, Perú no es ajeno a ello, debido que en el 2020 se generó al día un aproximado de 19 mil toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales el 54% de dichos residuos fueron sólidos orgánicos y el 20% fueron sólidos inorgánicos valorizables, siendo la disposición final del 52% de los residuos un relleno sanitario y el 48% fueron arrojados a un botadero [4]. Al año 2020, Perú cuenta con 1 585 botaderos, 44 rellenos sanitarios, 8 rellenos sanitarios mixtos y 6 rellenos de seguridad, de los cuales solo 19 departamentos cuentan con un relleno sanitario [5].

En efecto, el distrito de Pátapo situado en la parte este de la provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, cuenta con un estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales [6], donde mediante 94 muestras, se obtuvo que el índice de generación per cápita (GPC) de residuos sólidos domiciliario es de 0,642 kg/hab*día, en las cuales el 74,68% son residuos orgánicos y el 10,69% son residuos inorgánicos. Al año 2020, se generó al día un total de 11 550,9 kg de residuos sólidos orgánicos y estos no están siendo aprovechados en su totalidad, debido a que según SIGERSOL [7] sostiene que dicho distrito solamente cuenta con una extensión de 760,50 m² para su tratamiento, donde solo se trabaja con 6 pilas de compostaje equipos insuficiente para el manejo de la misma, precisando que este tratamiento se da en el Estadio Municipal.

Por otro ámbito, Perú al año 2020 tuvo una demanda insatisfecha de abono orgánico de 3 484 777 toneladas, debido que la superficie sembrada de producción orgánica ha ido incrementando, llegando en dicho año a 436 823,62 hectáreas [8], donde para dicha superficie se requiere un total de 3 494 591 toneladas de abono orgánico, dado que según el Servicio Agrícola y Ganadera de Atacama [9] sostiene que se debe emplear en promedio 8 toneladas de abono orgánico por cada hectárea sembrada al año. Con respecto a la producción nacional de abono orgánico, de acuerdo a los Boletines Estadísticos Anuales [10] menciona que se produjo al año 2020 un total de 10 029 toneladas y se tuvo que importar 6 451 toneladas y exportar 6 666 toneladas [11].

Ante esta problemática se planteó la siguiente interrogante ¿Cuál es la pre-factibilidad de instalar una planta productora de compost en el distrito de Pátapo, aprovechando los residuos orgánicos para satisfacer la demanda de abono orgánico?, donde el objetivo general es elaborar un estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta productora de compost en el distrito de Pátapo, aprovechando los residuos orgánicos para satisfacer la demanda de abono

orgánico, para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos: evaluar la pre-factibilidad comercial para la instalación de una planta productora de compost, evaluar la pre-factibilidad técnica para la instalación de una planta productora de compost y finalmente evaluar la pre-factibilidad financiera para la instalación de una planta productora de compost en el distrito de Pátapo. La presente investigación pretende obtener un producto a partir de los residuos sólidos orgánicos del distrito de Pátapo, en las cuales estos residuos están siendo tratados pero en menor proporción con respecto a la generación diaria de residuos, para ello se plantea industrializar la producción de compost y demostrar que es factible la instalación de la planta de compostaje.

Revisión de literatura

Se conoce como residuos sólidos a aquellos productos o subproductos que se encuentran en estado sólido o semisólido y que de acuerdo a su forma o composición carecen de valor económico, dado que ya no se necesita, pero algunas veces pueden ser aprovechados y ambiguamente se le conoce como “basura”, ya que estos causan daños a la salud de la persona y al ambiente cercano a su disposición final [12]. Según su clasificación, de acuerdo al Ministerio del Ambiente [13] sostiene que los residuos sólidos pueden ser de acuerdo a su origen, a su gestión y a su peligrosidad; donde se resalta que de acuerdo a su gestión se tiene a los residuos de gestión municipal y estos residuos presentan un origen doméstico (papales, latas, restos de alimentos, entre otros), provenientes de la limpieza urbana (maleza, residuos de la limpieza de las diversas calles y vías públicas) y residuos perteneciente a la actividad comercial.

Para ello Kucbel et al. [14] en su investigación sostiene que la ciudad de Ostrava – República Checa presenta gran cantidad de residuos generados a partir de los alimentos domésticos y limpieza urbana, y que todo ello se puede tratar mediante algún tipo de tratamiento. Para dicha investigación se seleccionaron 10 familias para recoger sus desperdicios de alimentos y restos de los jardines durante 20 semanas, donde los residuos fueron trasladados a un compostador y se logró obtener compost en beneficio a la agricultura. Cabe mencionar que los resultados obtenidos fueron que la generación per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Ostrava es de $100,4 \pm 65,7$ kg/hab*año.

Partiendo de esto, para llevar a cabo el proceso de compostaje en su gran mayoría se requiere de materiales orgánicos provenientes de los residuos domésticos y residuos de la limpieza urbana, entre ellos tenemos a los restos orgánicos procedentes de las hortalizas, alimentos y frutas estropeadas, cáscara de huevos, restos de las infusiones, cáscaras de las frutas, restos de las cosechas o jardines y estiércol [15]. Cabe mencionar que el compostaje es un proceso metabólico que se da en condiciones aeróbicas (con presencia de oxígeno) para aprovechar el nitrógeno (N) y el carbono (C), todo esto se da también con presencia de microorganismos adicionales para generar el color y un sustrato sólido al compost, que de acuerdo a Cachay [16] sostiene que el compost es un producto que presenta propiedades y una apariencia muy parecida al humos, donde dicho proceso de descomposición genera amoníaco, dióxido de carbono y aumento de las sales minerales, y para que esto se lleva cabo, se debe controlar algunas variables.

De acuerdo a Tello et al. [17] sostiene que hay diversos parámetros de control que se debe considerar en el proceso de producción de compost, entre ellos tenemos a la relación de C/N y C/P, que es de suma importancia, debido a que el carbono cumple la función de fuente de energía y el nitrógeno es un elemento indispensable para la generación de la síntesis proteica, donde esta relación debe oscilar entre 20 a 30 para ser considerado dentro del valor apropiado; mientras que la relación de C/P debe oscilar entre 75 a 150. Otro parámetro a considerar es el

oxígeno, que la concentración de ello debe estar entre un 18 a 20%, ya que un adecuado nivel de concentración de oxígeno permite la respiración de diversos microorganismos. También la temperatura es una variable a controlar, dado que el incremento constante de la misma, permite la higienización del compost, en el sentido que logra eliminar la carga patógena, donde el valor oscila de acuerdo a la fase que se encuentra. Finalmente, las últimas variables a controlar es el pH que su valor adecuado debe estar entre 6,5 a 7,5, mientras que la humedad debe oscilar entre un 40 a 60%.

El compostaje es un proceso que se lleva a cabo mediante cuatro fases, para ello la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [18] sostiene que la primera fase es la mesófila, donde en esta fase inicial se da a temperatura generalmente ambiente y con el transcurrir de los días e incluso horas, esta se va incrementando hasta valores superiores a los 45°C, donde este ascenso de temperatura se lleva a cabo mediante la actividad microbiana, dado que en esta fase los microorganismos mediante sus fuentes de carbono y nitrógeno generan calor. La segunda fase es la termófila o también conocida como la fase de higienización, en esta fase el material a compostar se sitúa a una temperatura superior a los 45°C, donde los microorganismos que se lograron desarrollar a la temperatura media (microorganismos mesófilos) son sustituidos por los microorganismos que se empiezan a desarrollar a partir de una temperatura mayor a los 45°C y a su vez esos microorganismos cumplen el rol de facilitador de la degradación o disminución del carbono, logrando que el pH se incremente. La siguiente fase es la de enfriamiento o conocido como mesófila II, donde se da la degradación de las moléculas de celulosa y los microorganismos hacen que el pH descienda nuevamente y la temperatura disminuya hasta valores aproximados a los 40 – 45°C. La última fase es la de maduración, donde se dan reacciones secundarias de condensación y polimerización de todos los componentes carbonados para generar los ácidos húmico y fúlvicos.

Considerando el proceso y las variables a controlar, Cesaro et al. [19] exponen que el método más popular para la recuperación de los residuos sólidos urbanos es el del compostaje, donde dicho proceso se llevó a cabo durante 90 días y tuvo como objetivo evaluar la evolución de la madurez y control de los parámetros. Para ello se evidencia que la relación de C/N aumenta con el tiempo, en el sentido que después del día 15 aumentó de 4,4 a 22,4 y el contenido del nitrógeno promedio disminuyó de 8,2 a 3,3%, enfatizando también que el carbono aumento de 36,2 a 42%.

Para llevar a cabo el proceso de compostaje existen tres tipos de sistemas, entre ellos está el compostaje en hileras que consiste en colocar el material orgánico en pilas, donde el espacio acondicionado depende del área que se disponga. Para ello Tello et al. [17, p. 8] establecen que se debe considerar una base de 4 metros de ancho y una altura de 2 a 2,3 metros por cada hilera, mientras que el sistema de pilas aireadas se da a partir de una pequeña modificación en la inclusión de un sistema de difusores y tuberías que permite inyectar oxígeno a todo el sistema por el mecanismo de bombeo. Otro sistema que se está empleando es el compostaje en reactores, que consiste en colocar el material orgánico en un sistema cerrado que pueden encontrarse en movimiento (agitación) o estático, donde mediante reactores permite tener un menor tiempo de proceso.

Complementando la terminología descrita anteriormente referente a los sistemas de compostaje, en la investigación de García et al. [20] describen que en la Habana se estableció un área bajo techo de 50 m² para un sistema de compostaje mediante pilas de 3 metros de ancho, 5 metros de largo y 2 metros de alto para lotes de 12 000 ± 100kg de residuos sólidos orgánicos obtenido en diferentes lugares, para ello se realizaron dos tipos de tratamiento, donde el primer

tratamiento estaba conformado por pilas de 100% residuos orgánicos y el otro tratamiento estaba conformado por 80% residuos orgánicos y 20% de estiércol vacuno, concluyendo que el tratamiento mediante pilas de compostaje con estiércol presenta una mejora con respecto a su uniformidad y a la caracterización química y física. Otra investigación donde se describe los diversos tipos de sistemas de compostaje es la de Santiago et al. [21], que sostienen que hay diversos sistemas de compostaje, como es la de sistema abiertos (pilas) y cerrados (reactores). A partir de los dos tipos de sistemas, se realizaron pruebas técnicas para la instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, tanto en reactores como en pilas, obteniendo un resultado satisfactorio en relación a los reactores, donde la estimación de inversión utilizando los biorreactores es de \$ 838 863,44, mientras que la inversión mediante pilas de compostaje es de \$ 961 805,24; todo esto se debe que empleando los biorreactores presentan un ventaja en relación al área total a utilizar y a la calidad del producto.

En efecto, la selección del sistema de compostaje permite determinar la distribución de planta que de acuerdo a Arroyo y Torres [22] sostienen que la correcta ordenación física de las diversas áreas de trabajo, que involucran también a los equipos industriales, almacenamiento, administración, servicios, etc, permite obtener una mayor rentabilidad y una reducción de espacio. Para ello, para determinar la forma general del total del área requerida para la planta, está el Método de Guerchet, que consiste en la determinación del área en relación a los elementos que se van a distribuir.

Materiales y métodos

Para determinar la pre-factibilidad comercial del compost se realizó un estudio de mercado, basándose en la demanda insatisfecha, en la que se evaluó los datos anuales cuantitativos mediante la sumatoria del consumo nacional potencial y las exportaciones, seguido se restó la producción nacional e importaciones. Para ello se tuvo como fuente de información a la plataforma Trade Map [11, p. 7] para los datos anuales de las exportaciones e importaciones del periodo 2013- 2020, donde la partida arancelaria de abono orgánico corresponde a la 310 100; mientras que para los datos anuales de consumos nacional potencial y producción nacional de abono orgánico se tuvo como fuente de información a los Boletines Estadísticos Anuales de Producción Agrícola y Ganadera [10, p. 7] y a las Estadísticas de Producción Orgánica Nacional [8, p. 7] del mismo periodo. Seguido a ello se proyectó la demanda insatisfecha de compost por los próximos cinco años (2021- 2026) mediante el complemento del Excel denominado Crystal Ball, donde se evaluó el mejor método de proyección de acuerdo a los datos anuales, y entre los principales métodos se tiene a la tendencia deseada no estacional, Modelo Autorregresivo Integrado de Promedio Móvil (ARIMA) y al suavizamiento exponencial doble. También se evaluó la evolución histórica de los precios de los productos sustitutos, para luego proyectarlo, teniendo como fuente de información a los Boletines Estadísticos Anuales del periodo 2013 – 2020.

Con respecto a la pre-factibilidad técnica se realizó un análisis de los diferentes aspectos de la macro localización, teniendo como fuente de información al Mapa de Susceptibilidad Física de la Región de Lambayeque [23] y a los resultados del Censo 2017 [24] de la misma región; mientras que para el análisis de los diferentes aspectos de la micro localización se tuvo como fuente de información al Estudio de pre inversión a nivel de perfil de la construcción de pistas y veredas de dicho distrito [25], el Mapa del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de OSINERGMIN [26] y a los resultados del Censo 2017. Seguido de la definición de la ubicación de la planta, se realizó el diseño de la planta de compostaje, considerando la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados por día en el distrito de Pátapo, el estudio de la pre-

factibilidad comercial (demanda insatisfecha del último año proyectado), el proceso de producción y el balance de materia para obtener el compost.

Dentro del diseño de la planta, se solicitó las fichas técnicas de toda la maquinaria industrial necesaria para el proceso, donde posterior a ello se utilizó el método cuantitativo basándose en la Metodología de Guerchet [22, p. 10], que consiste en determinar de forma general el total del área requerida para la planta, considerando la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de circulación. Con respecto a la determinación del área de los servicios higiénicos y estacionamiento, se tuvo como fuente de información al Reglamento Nacional de Edificaciones [27] ; mientras que para el patio de maniobras en base al Manual de Carreteras [28].

Luego de obtener los espacios físicos por cada área que requiere la planta mediante el método Guerchet, se analizó la interacción de las áreas mediante la metodología de la Matriz de Relación Valor – Razón de Espacios y posterior a ello se realizó el Diagrama Relacional de Recorridos o Actividades [29]. Finalmente se tuvo la propuesta de la distribución de la planta y se pasó al software de diseño AutoCAD.

Por último, para determinar la pre-factibilidad financiera se consideró la metodología de Salvador et al. [30], que sostiene que para evaluar la rentabilidad de un proyecto se hace en base al cálculo e interpretación de indicadores financieros, como es el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y la relación costo/beneficio.

Resultados

Evaluación de la pre-factibilidad comercial

El producto a comercializar es el compost a partir de los residuos orgánicos generados en el distrito de Pátapo, donde comúnmente el producto también es conocido como abono orgánico y la presentación sería en sacos de 50 kilogramos, debido a que los productos sustitutos encontrados en el mercado nacional se comercializan en la misma cantidad. Para ello el producto debe presentar ciertas características físico-químicas, algunos parámetros de valor nutricional y de calidad, donde de acuerdo a Bio-orgánicos [31] y el Instituto Nacional de Normalización [32] exponen algunas de ellas.

Tabla 1: Ficha técnica del compost

| CARACTERÍSTICAS | DESCRIPCIÓN |
|------------------------|--|
| Producto | Compost |
| Color | Marrón oscuro |
| Olor | Tierra húmeda |
| | <i>Apariencia física</i> Polvo granulado |
| | pH 7 |
| Físico Químicas | Densidad 0,27 <i>g/ml</i> |
| | Relación C/N 15,50% |
| | Humedad 30-45% |
| | Nitrógeno 1,5% |
| Valor Nutricional | Fósforo 1,0% |
| | Potasio 1,0% |
| | Calcio 10,0% |

Fuente: Elaboración propia. En base a Bio-orgánicos 2016 e Instituto Nacional de Normalización 2003

El mercado de los fertilizantes orgánicos en el Perú ha ido incrementando paulatinamente, esto se debe que mediante el empleo del abono orgánico en las tierras agrícolas, se logra un beneficio

tanto en la estructura y en la salud del suelo, dado que se incorporan nutrientes, mejora la capacidad de absorción de agua, cuida y respeta al medio ambiente. Por tal razón, el producto está dirigido al mercado nacional, donde al 2020 el área sembrada de productos orgánicos fue de 436 823,82 hectáreas [8, p. 7] y considerando la dosificación de 8 toneladas compost por cada hectárea que sostiene el Servicio Agrícola y Ganadera de Atacama [9, p. 7], se requirió un total de 3 494 591 toneladas de abono orgánico. Del mismo modo con respecto a la producción nacional de abono orgánico para dicho año, se registró un total de 10 029 toneladas [10, p. 7], mientras que la exportación e importación fue de 6 666 y 6 451 toneladas respectivamente [11, p. 7], teniendo una demanda insatisfecha de 3 484 777 toneladas (ver Anexo 1) y enfatizando que la partida arancelaria corresponde a la 310 100. Seguido se evaluó la demanda insatisfecha del abono orgánico durante el periodo 2013 – 2020, para luego proyectar mediante Crystal Ball, en relación a los seis años posteriores al proyecto donde para el año 2026 presenta una demanda insatisfecha de 4 111 421 toneladas de abono orgánico (ver Tabla 2).

Tabla 2: Proyección de la demanda insatisfecha y precio del abono orgánico durante el periodo 2021 - 2026

| Año | Consumo Nacional Potencial (t) | Producción Nacional (t) | Importaciones (t) | Exportaciones (t) | Demanda Insatisfecha (t) | Precio (S/. por saco de 50 kg) |
|------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------|
| 2021 | 3 602 528 | 23 145 | 7 137 | 6 361 | 3 578 607 | 61,51 |
| 2022 | 3 710 358 | 22 138 | 7 768 | 5 649 | 3 686 101 | 61,51 |
| 2023 | 3 818 080 | 22 138 | 8 351 | 4 937 | 3 792 528 | 61,53 |
| 2024 | 3 925 694 | 22 138 | 8 888 | 4 225 | 3 898 893 | 61,58 |
| 2025 | 4 033 201 | 22 138 | 9 384 | 3 513 | 4 005 192 | 61,55 |
| 2026 | 4 140 600 | 22 138 | 9 842 | 2 801 | 4 111 421 | 61,58 |

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto importante a considerar dentro de la evaluación de pre-factibilidad comercial es la fijación del precio del bien, dado que el precio es el valor monetario que se le asigna al producto para poder ser adquirido o comprado por los demandantes [33]. En este caso se evaluó la fluctuación del precio de los productos sustitutos durante el periodo 2 013 al 2 020, donde de acuerdo al Boletín Estadístico Anual [10, p. 7] , se registra como producto sustituto al guano de isla, gallinaza y humus de lombriz. Sin embargo se seleccionó solo la evolución histórica del precio del guano de isla, teniendo como referencia que en el mercado nacional se está comercializando el abono orgánico en los supermercados a un precio similar al del guano de isla (ver Tabla 3). A partir de ello, se proyectó mediante el complemento Crystal Ball y como resultado se obtuvo que el precio va ir incrementando paulatinamente, llegando a los 61,58 nuevos soles por cada saco de 50 kg de compost durante el periodo 2026.

Tabla 3: Fluctuación histórica del precio promedio en soles del guano de isla

| Producto | Unidad de medida | Precio promedio (nuevos soles) | | | | | | | |
|---------------|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Guano de Isla | tonelada | 1 270 | 1 197 | 1 221 | 1 228 | 1 235 | 1 248 | 1 224 | 1 229 |
| Guano de Isla | 50 kg | 63,5 | 59,85 | 61,05 | 61,4 | 61,75 | 62,4 | 61,2 | 61,45 |

Fuente: Boletín Estadístico Anual [10]

Como resultado de la evaluación de pre-factibilidad comercial, se puede afirmar que es factible la propuesta de la instalación de una planta productora de compost por los siguientes motivos: primero que existe una demanda insatisfecha de abono orgánico en el país, dado la situación que el consumo potencial nacional excede a las cantidad de abono producido e importado; el

siguiente motivo es porque el precio del producto sustituto, como es el caso del guano de isla, presenta un incremento anual con respecto al precio por saco de 50 kg, siendo esto favorable para la comercialización del producto final obtenido en la planta productora de compost.

Evaluación de la pre-factibilidad técnica

Para una correcta evaluación en relación a la pre-factibilidad técnica, en primera instancia se evaluó los aspectos de macro y micro localización para definir la ubicación de la planta, donde es el departamento de Lambayeque el punto de análisis de la macro localización en relación a su tasa de crecimiento poblacional anual, población en edad de trabajar, el nivel de educación, estructura del poder vigente, abastecimiento de agua, nivel de servicios higiénicos, abastecimiento de suministro energético, abastecimiento de líneas de información y comunicación y red vial; teniendo como fuente de información los resultados del Censo 2017 [24, p. 10]. Sin embargo, uno de los puntos que más se destaca es que dicho departamento presenta un índice del 82,9% de la población en edad de laborar, mientras que el 30,8% presenta un nivel de educación superior universitaria y no universitaria.

En relación a los aspectos de infraestructura se tiene que el 82,3% de la población cuenta con el abastecimiento de agua y solo el 66,7% presenta una red de desagüe, mientras que el 91,7% dispone de suministro eléctrico y el 21,74% de toda la superficie de rodadura se encuentra pavimentada.

Con respecto al análisis de los aspectos de micro localización se tiene al distrito de Pátapo, que se encuentra ubicado en la parte sur de la provincia de Chiclayo y presenta un clima cálido en la mayor parte del año [25, p. 10], donde al 2017, el 86,26% de la población se encuentra en edad de laborar, y de estos el 10,85% presenta un nivel de estudio superior universitario y no universitario completo. En relación a los aspectos de infraestructura se tiene que el 77,93% de la población cuenta con una red abastecimiento de agua y solo el 74,18% presenta una red de desagüe, mientras que el 93,30% cuenta con suministro eléctrico y por ese mismo distrito pasa la línea de transmisión de 72,5 kV [26, p. 10].



Figura 1: Ubicación de la planta de compost

Fuente: Google Earth

Como punto de ubicación de la planta de compostaje, se tiene que se encontrará situada en la parte oeste del distrito (ver Figura 1), dado que cuenta con las condiciones óptimas y es factible para la instalación, esto es debido que cerca de la ubicación de la planta se sitúa la línea de transmisión del suministro eléctrico y del mismo modo también conecta con el recorrido final

de la unidad encargada de recoger los residuos orgánicos de dicho distrito (ver Anexo 2), teniendo como referencia al Plan de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales del Distrito de Pátapo [34].

Luego de definir la ubicación de la planta, se evaluó la selección del adecuado sistema de compostaje para así lograr un óptimo proceso de producción, un fácil control de los parámetros (humedad, pH, temperatura, relación C/N, entre otros), reducir los tiempos de proceso y del área requerida. De acuerdo a Negro et al. [35] sostienen que los sistemas de compostaje pueden ser mediante sistemas abiertos y cerrados, y esta selección depende de cantidad de residuos sólidos orgánicos generados por día, en este caso si la cantidad excede las 12 toneladas, se debe contar con un sistema cerrado. En relación a lo descrito anteriormente, al 2026 en el distrito de Pátapo se estaría generando un total de 12 410,56 kg (ver Tabla 4), donde la generación per cápita de residuos sólidos en dicho distrito es de 0,642 kg/hab*día, en los cuales el 74,86% representa a los residuos orgánicos (ver Anexo 3).

Tabla 4: Cantidad de residuos sólidos orgánicos generado en el distrito de Pátapo

| Año | Número de Habitantes | Generación Per Cápita (0,642 kg/hab*día) | Generación Diaria de RSO (74,86% de la GPC) | Generación Per Cápita Anual (t) | Generación Anual de RSO (t) |
|------|----------------------|--|---|---------------------------------|-----------------------------|
| 2015 | 22 392 | 14 375,66 | 10 761,62 | 5 247,12 | 3 927,99 |
| 2016 | 22 661 | 14 548,36 | 10 890,90 | 5 310,15 | 3 975,18 |
| 2017 | 23 208 | 14 899,54 | 11 153,79 | 5 438,33 | 4 071,13 |
| 2018 | 23 486 | 15 078,01 | 11 287,40 | 5 503,47 | 4 119,90 |
| 2019 | 23 768 | 15 259,06 | 11 422,93 | 5 569,56 | 4 169,37 |
| 2020 | 24 053 | 15 442,03 | 11 559,90 | 5 636,34 | 4 219,36 |
| 2021 | 24 342 | 15 627,56 | 11 698,79 | 5 704,06 | 4 270,06 |
| 2022 | 24 634 | 15 815,03 | 11 839,13 | 5 772,49 | 4 321,28 |
| 2023 | 24 930 | 16 005,06 | 11 981,39 | 5 841,85 | 4 373,21 |
| 2024 | 25 229 | 16 197,02 | 12 125,09 | 5 911,91 | 4 425,66 |
| 2025 | 25 526 | 16 387,69 | 12 267,83 | 5 981,51 | 4 477,76 |
| 2026 | 25 823 | 16 578,37 | 12 410,56 | 6 051,10 | 4 529,86 |

Fuente: Elaboración propia. En base a la Municipalidad Distrital de Pátapo 2019 [6, p. 7]

El proceso de compostaje estaría dado por un sistema cerrado, donde la primera etapa sería la del pesado de la materia orgánica proveniente del recojo diario en las unidades móviles y estas su vez ingresarán a una balanza industrial para luego ser registrado, descargado y almacenado en contenedores herméticos para evitar la propagación de malos olores. Una vez que los residuos orgánicos se encuentren en el almacén de materia prima, los contenedores mediante montacargas serán desplazados hacia una tolva de recepción y posterior a ello a unas fajas transportadoras para que inicie la operación de selección, donde los operarios realizaran la separación manual de materiales no orgánicos u otros residuos no compostables. Luego la materia prima seleccionada pasará por un pre tratamiento en una trituradora, con la finalidad de generar un residuo triturado y homogenizado con los diferentes insumos, para así poder introducirlo en el compostador.

En el reactor se inicia el proceso de descomposición y maduración de la materia orgánica, y esto se da de forma automática, debido que la maquina cuenta con un sistema de control de parámetros automatizado, donde mediante un panel de control y PLC se estaría controlando el pH, la relación C/N, la humedad y la temperatura de acuerdo a la fase de descomposición. Todo este proceso se llevará a cabo durante tres días y todos los olores provenientes del proceso de descomposición se irían a un sistema de ventilación incorporado mediante filtros, donde el valor emanado del proceso representa una pérdida del 20% del volumen de la masa compostada.

Una vez terminado dicho proceso, el producto obtenido del compostador pasa por un tamiz vibratorio con la finalidad de reducir la granulometría de 10 a 5 mm para su posterior envasado en sacos de 50kg. Donde el envasado se daría mediante una ensacadora semiautomática de acero inoxidable, para luego los sacos ser dirigidos mediante unos pallets al almacén de producto terminado. Cabe mencionar que durante todo el proceso de producción existe perdidasde materia durante los diferentes procesos, donde por cada 1 000 kg de residuos sólidos orgánicos que ingresan, solo se estaría obteniendo un aproximado de 778,4 kg de compost o loequivalente a 15,568 sacos de 50 kg (ver Figura 2).

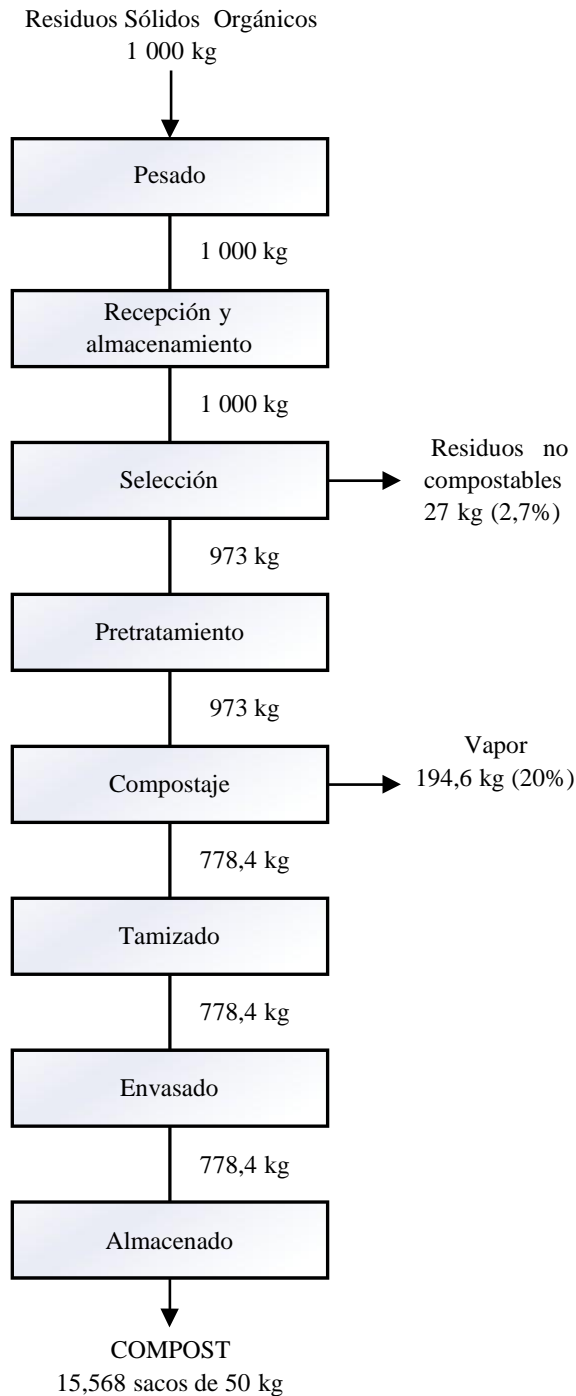


Figura 2: Balance de masa del proceso productivo del compost. En base al International Solid Waste Association [36]

Fuente: Elaboración propia

Definido el proceso de producción, se evaluó la cantidad de máquinas necesarias para la planta, considerando la generación diaria de residuos sólidos orgánicos en el año 2026 y los 288 días laborables divididos en los 6 días a la semana, las 4 semanas al mes y los 12 meses al año. A partir de ello se obtuvo que se requiere un total de 25 máquinas distribuidas entre los diversos procesos de producción, dado que la capacidad mínima de cada máquina debe ser de 1,55 t/h (ver Tabla 5). Cabe resaltar que se requiere un total de 21 reactores, debido que el distrito genera un total de 12 410,56 kg/día de residuos sólido orgánico o lo equivalente a 1 551,32 kg/hora y como la capacidad de cada compostador es de 1,8 t/h; entonces se requiere 7 por cada día, sin embargo como el proceso en dicha máquina demora tres día, por eso se triplica el número de máquina para evitar retrasos en la producción. En relación a lo descrito anteriormente, se precisó indicadores como el de producción, capacidad diseñada, capacidad real de la planta y la capacidad utilizada en función al último año proyectado que es el 2026 (ver Tabla 6).

Tabla 5: Requerimiento de maquinaria de producción

| Máquina | Capacidad (t/h) | | Cantidad |
|---------------------------|-----------------|-----------|----------|
| | Máquina | Requerida | |
| Tolva de recepción | 3,6 | 1,55 | 1 |
| Trituradora | 1,8 - 2,5 | 1,55 | 1 |
| Compostador industrial | 1,8 | 1,55 | 21 |
| Tamiz vibratorio | 0,05 - 5 | 1,55 | 1 |
| Ensacadora semiautomática | 15 | 1,55 | 1 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Indicadores

| Indicadores | Valor |
|---------------------|------------|
| Producción | 1,55 t/h |
| Capacidad Diseñada | 31 sacos/h |
| Capacidad Real | 30 sacos/h |
| Capacidad Utilizada | 96,77% |

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la distribución de la planta será por producto, dado que se pretende obtener altos volúmenes de producción, logrando disminuir los recorridos entre cada operación, para satisfacer la demanda existente mediante un producto estándar como es el compost. Para ello se utilizó en Método de Guerchet, donde la estimación de las dimensiones de cada área se da en relación a los elementos móviles y elementos fijos (estantería o máquinas), enfatizando que el valor de “k” está dado según el tipo de industria, en este caso se consideró un valor de 0,75. [22, p. 10]

En efecto, el área del almacén de materia prima, oficinas administrativas, comedor, laboratorio de calidad, área de mantenimiento y casetas de vigilancia está dado en relación al número de estantería (contenedores, sillas, escritorios, mesas, estantes); mientras que el almacén de producto terminado está en relación al número de pallets que se requiere. Por otro lado para el área de producción se consideró las dimensiones de la maquinaria que requiere la planta, obteniéndose un total de 1 494,46 m²; mientras que para el área de servicios higiénicos tanto de producción como el de administración, se consideró lo descrito en la Norma A.060 y A.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones [27, p. 11], que sostiene que el número de servicios higiénicos depende de número de ocupantes, en este caso el área de administración contará con 6 colaboradores mientras que el área de producción con 10 empleados.

Con respecto al patio de maniobras o patio de giro, se consideró un área total de 205,59 m² dado que según el Manual de Carreteras [28, p. 11] sostiene que dicha área debe estar en

relación al radio mínimo y máximo del vehículo que va a transitar, en este caso se consideró el largo de 5,165 m y ancho de 1,75 m del vehículo. A diferencia del estacionamiento, se basó en el artículo 66 de la Norma A.019 del Reglamento Nacional de Edificaciones, donde sostiene que por cada tres o más estacionamientos de uso público, debe tener un ancho de 2,5m y un largo de 5m; mientras que el artículo 21 de la Norma A.120 menciona que por cada 20 estacionamiento, se debe contar como mínimo un estacionamiento para persona discapacitada.

Como resultado del dimensionamiento de la planta de compost en relación al Método de Guerchet, se obtuvo un área total de 2 813,67 m^2 (ver Tabla 7). Seguido a ello se realizó la matriz de relación valor- razón de espacios y el Diagrama Relacional de Recorrido o Actividades, dado que Díaz et al. [29, p. 11] sostienen que esa matriz permite analizar la relación entre áreas con las finalidad de clasificar y representar tanto la cercanía e intensidad de cada área, clasificándolo en razón a los valores y razones de proximidad, para así lograr tener un ritmo de producción más fluido. Mientras que mediante el diagrama relacional de recorridos se aprecia de forma gráfica de todas las áreas de la planta en relación a los códigos de proximidades, como el objetivo de minimizar las distancias entre cada área de trabajo (ver Anexo 4).

Tabla 7: Resultado del Dimensionamiento de cada área

| ÁREAS DE LA PLANTA DE COMPOST | m^2 |
|---|-------------------------|
| Almacén de Materia Prima | 53,4 |
| Área de Producción | 1 494,46 |
| Oficinas Administrativas | 129 |
| Servicios Higiénicos para Administrativos | 3,038 |
| Servicios Higiénicos Producción | 18,475 |
| Comedor | 77,318 |
| Laboratorio de Calidad | 38,41 |
| Área de Mantenimiento | 24,338 |
| Almacén de Producto Terminado | 157,5 |
| Caseta de Vigilancia | 10,68 |
| Patio de Maniobras | 411,18 |
| Estacionamiento | 386,2 |
| Área de Residuos | 9,67 |
| Área Total en m^2 | 2 813,67 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se tiene que el almacén de materia prima debe estar cerca al área de producción, y esta al almacén de producto terminado, y a su vez el área administrativa debe presentar un proximidad cercana con el área de producción y con el laboratorio de calidad, dado que existe un contacto a través del papeleo e incluso comparten información con respecto al proceso de producción. En relación a las áreas que no es recomendable que tenga un cercanía es el área de residuos, ya que puede presentar molestia por causa de olores; mientras que tampoco es recomendable que área de mantenimiento este cerca al almacén de producto final y de la misma forma los servicios higiénicos tanto de producción y administración al comedor.

Luego de considerar todos los valores y razones de proximidad entre cada área, se propuso la distribución de la planta de compost (ver Anexo 5), donde se detalla la división y la proximidad entre cada área con su respectivo dimensionamiento.

Como resultado de la evaluación de la pre-factibilidad técnica, se tiene que el distrito de Pátapo presenta todas las condiciones óptimas para la instalación de la planta de compostaje, y esta se encontrará situada en parte oeste del distrito, cerca al recorrido final de la unidad recolectora de los residuos. Del mismo modo se requiere para la planta un área total 4 423,03 m^2 , donde el

área destinada para el almacén de materia prima, para el área de producción, entre otros, es de 2 813,67 m², mientras que el área restante es de veredas, zona asfaltada y áreas verdes.

En relación al número de maquinarias, se requiere un total de 25 máquinas, donde la producción sería de 1,55 t/h para así lograr procesar toda la cantidad de residuos orgánicos generados en un día en dicho distrito.

Evaluación de la pre-factibilidad financiera

Para evaluar la pre-factibilidad financiera primero se definió el plan de ventas del periodo 2022 al 2026, donde se consideró que el 5% de la producción anual va hacer destinada a la municipalidad del distrito, esto debido que de acuerdo a la Ley N°27314 “Ley General de Residuos Sólidos” [37] específicamente en el artículo 51, sostiene que la valorización de los residuos orgánicos municipales debe ejecutarse en beneficio de los parques y jardines de dicha comunidad, es por ello que al año 2026 solo se estaría comercializando 66 995 sacos de compost, obteniendo un total de ingresos de S/ 4 125 537 (ver Tabla 8)

Tabla 8: Plan de Ventas

| Año | Producción de Compost en saco 50 kg | Sacos de compost destinado a la municipalidad | Cantidad de sacos para su venta | Precio de Venta (S//saco) | Total de Ingresos (S/) |
|------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 2022 | 67 274 | 3 364 | 63 910 | 61,51 | 3 931 106 |
| 2023 | 68 082 | 3 404 | 64 678 | 61,53 | 3 979 636 |
| 2024 | 68 899 | 3 445 | 65 454 | 61,58 | 4 030 639 |
| 2025 | 69 710 | 3 485 | 66 224 | 61,55 | 4 076 101 |
| 2026 | 70 521 | 3 526 | 66 995 | 61,58 | 4 125 537 |

Fuente: Elaboración propia

A partir del plan de ventas, se obtuvo el porcentaje que se estaría cumpliendo con la demanda insatisfecha de abono orgánico, donde al 2022 se estaría satisfaciendo en un 8,67% mientras que al 2 026 con el 8,15% de la demanda nacional insatisfecha (ver Tabla 9).

Tabla 9: Demanda del Proyecto

| Año | Demanda (t) | Oferta (t) | Demanda del proyecto | % de participación |
|------|-------------|------------|----------------------|--------------------|
| 2022 | 3 686 101 | 3 364 | 3 196 | 8,67% |
| 2023 | 3 792 528 | 3 404 | 3 234 | 8,53% |
| 2024 | 3 898 893 | 3 445 | 3 273 | 8,39% |
| 2025 | 4 005 192 | 3 485 | 3 311 | 8,27% |
| 2026 | 4 111 421 | 3 526 | 3 350 | 8,15% |

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la inversión, se estimó una inversión total de S/ 7 097 607,7, donde el 76,4% o lo equivalente a S/ 5 423 026,6 está representado solo por los costos de maquinaria y estos serán financiados por el banco Interbank, donde su tasa anual es del 2,8% para un préstamo a más de 360 días (ver Anexo 6); mientras que el resto de la inversión será financiado por un grupo de socios.

Cabe precisar que en el monto de la inversión total está incluido un imprevisto del 5% (ver Tabla 10), la inversión tangible que comprende el terreno, infraestructura industrial, maquinaria de producción (ver Anexo 7), equipos de producción (ver Anexo 8), equipos de oficina (ver Anexo 9), unidades de transporte, y finalmente la inversión intangible que abarca los permisos

del municipio, certificado de defensa civil y otros estudios previos para la construcción (ver Anexo 10).

Tabla 10: Inversión Total para la planta de compostaje

| Descripción | Inversión Total S/ | | Socios S/ | | Financiamiento S/ |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------|---------------------|------------------------|
| CAPITAL DE TRABAJO | S/ | 55 337,07 | S/ | 55 337,07 | |
| <u>Inversión Tangible</u> | | | | | |
| Terrenos | S/ | 283 500,00 | S/ | 283 500,00 | |
| Infraestructura Industrial | S/ | 858 580,71 | S/ | 858 580,71 | |
| Maquinaria | S/ | 5 423 026,60 | | | S/ 5 423 026,60 |
| Equipo de Producción | S/ | 27 586,00 | S/ | 27 586,00 | |
| Equipos de Oficina | S/ | 37 966,00 | S/ | 37 966,00 | |
| Transporte | S/ | 44 180,00 | S/ | 44 180,00 | |
| Total Inversión Tangible | S/ | 6 674 839,31 | S/ | 1 251 812,71 | S/ 5 423 026,60 |
| <u>Inversión Intangible</u> | | | | | |
| Gastos Pre Operativos | S/ | 29 450,00 | S/ | 29 450,00 | |
| Total Inversión Intangible | S/ | 29 450,00 | S/ | 29 450,00 | |
| Imprevisto 5% | S/ | 337 981,32 | S/ | 337 981,32 | |
| INVERSIÓN TOTAL | S/ | 7 097 607,70 | S/ | 1 674 581,10 | S/ 5 423 026,60 |
| Porcentaje | | 100% | | 23,6% | 76,4% |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a Salvador et al. [30, p. 11] sostienen que para determinar la pre-factibilidad financiera de un proyecto, se debe calcular los indicadores de financieros. En el caso del Valor Actual Neto (VAN) es de S/ 4 181 709,36, en lo cual significa que es mayor que cero, por lo cual se dice que el proyecto es rentable y genera una diferencia positiva a favor de la instalación de la planta de compostaje; mientras que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es del 79,045% y la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) es del 7,53%, donde se puede afirmar que el proyecto es viable económicamente, dado que el TIR es mayor que el TMAR. Otros indicadores son: la relación costo beneficio que es de S/ 3,50 y se interpreta que por cada S/ 1 invertido, se estaría ganando S/ 2,50 (ver Tabla 11) y el punto de equilibrio que para el primer año se debería vender un total de 31 610 sacos de compost para cubrir los costos y gastos de ese mismo año (ver Anexo 11).

Tabla 11: Flujo de Caja

| ITEM | 0 AÑO | 1 AÑO | 2 AÑO | 3 AÑO | 4 AÑO | 5 AÑO |
|---|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| INVERSIÓN | | | | | | |
| Capital Social | S/ 1 674 581,10 | | | | | |
| Préstamo Bancario | S/ 5 423 026,60 | | | | | |
| TOTAL DE INVERSIÓN | S/ 7 097 607,70 | | | | | |
| INGRESOS | | | | | | |
| Ventas | | S/ 3 931 104,10 | S/ 3 979 637,34 | S/ 4 030 657,32 | S/ 4 076 087,20 | S/ 4 125 552,10 |
| TOTAL DE INGRESOS | | S/ 3 931 104,10 | S/ 3 979 637,34 | S/ 4 030 657,32 | S/ 4 076 087,20 | S/ 4 125 552,10 |
| EGRESOS | | | | | | |
| Costos de Producción | | S/ 664 044,85 | S/ 664 570,05 | S/ 665 111,00 | S/ 665 638,15 | S/ 666 175,20 |
| Gastos Administrativos | | S/ 347 668,00 | S/ 347 668,00 | S/ 347 668,00 | S/ 347 668,00 | S/ 347 668,00 |
| Gastos de Comercialización | | S/ 28 000,00 | S/ 28 000,00 | S/ 28 000,00 | S/ 28 000,00 | S/ 28 000,00 |
| Gastos Financieros | | S/ 1 240 246,18 | S/ 1 209 118,01 | S/ 1 177 989,84 | S/ 1 146 861,67 | S/ 1 115 733,49 |
| Depreciación | | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 |
| TOTAL DE EGRESOS | | S/ 2 911 831,70 | S/ 2 881 228,73 | S/ 2 850 641,50 | S/ 2 820 040,48 | S/ 2 789 449,36 |
| SALDO BRUTO (antes del impuesto) | | S/ 1 019 272,40 | S/ 1 098 408,61 | S/ 1 180 015,82 | S/ 1 256 046,72 | S/ 1 336 102,74 |
| Impuesto a la Renta (30%) | | S/ 305 781,72 | S/ 329 522,58 | S/ 354 004,75 | S/ 376 814,02 | S/ 400 830,82 |
| SALDO (después del impuesto) | | S/ 713 490,68 | S/ 768 886,03 | S/ 826 011,07 | S/ 879 232,70 | S/ 935 271,92 |
| Depreciación | | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 | S/ 631 872,67 |
| SALDO FINAL (Déficit/Superavit) | -S/ 1 674 581,10 | S/ 1 345 363,35 | S/ 1 400 758,70 | S/ 1 457 883,74 | S/ 1 511 105,37 | S/ 1 567 144,59 |
| UTILIDAD ACUMULADA | -S/ 1 674 581,10 | S/ 1 345 363,35 | S/ 2 746 122,05 | S/ 4 204 005,79 | S/ 5 715 111,16 | S/ 7 282 255,75 |
| CORRIENTE DE LIQUIDEZ NETA | | | | | | |
| | -S/ 1 674 581,10 | S/ 1 345 363,35 | S/ 1 400 758,70 | S/ 1 457 883,74 | S/ 1 511 105,37 | S/ 1 567 144,59 |
| Valor Actualizado Neto (VAN) | S/ 4 181 709,36 | | | | | |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 79,045% | | | | | |
| TMAR | 7,53% | | | | | |
| Beneficio costo | S/ 3,50 | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En la investigación de Kucbel et al. [14, p. 8] se evidenció que la generación per cápita de los residuos sólidos de la ciudad de Ostrava fue de $100,4 \pm 65,7$ kg/hab*año, para ello como fuente de recolección se seleccionaron a 10 familias; mientras que de acuerdo al Plan de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos del distrito de Pátapo, sostiene que la generación per cápita de los residuos sólidos en el distrito es de 0,62 kg/hab*día, donde se tuvo como referencia un total de 94 familias que conformaron la muestra, de las cuales el 74,86% de dicha generación representa los residuos orgánicos. Por otro parte, Thanh et al. [38] sostienen que en la ciudad de Hoi An al año 2019 se generó un total de 68,97 toneladas de residuos sólidos por día, donde el 38% representa a los desperdicios alimenticios y el 20% de los desperdicios del jardín provenientes de la misma ciudad que contaba con una población de 91 993 personas en dicho año.

De lo antes mencionado, se puede evidenciar que el distrito de Pátapo presenta un gran porcentaje de material orgánico en relación al índice de generación per cápita de residuos sólidos, donde al año 2021 se estaría generando un total de 12 410, 56 kg de residuos orgánicos. Precizando que las investigaciones descritas anteriormente proponen que a partir de la generación de sus residuos orgánicos se brinde un tratamiento para obtener compost mediante un sistema abierto por pilas.

Sin embargo, la presente investigación utilizó el sistema cerrado mediante reactores, dado que Negro et al [35, p. 14] sostienen que se debe utilizar dicho sistema para una generación diaria mayor a las 12 toneladas de residuos orgánicos. Para ello Santiago et al. [21, p. 10] en su investigación realizaron una comparación desde el punto de vista económico entre el uso del sistema abierto mediante pilas y el sistema cerrado mediante reactores, donde se concluyó que se requiere una inversión total de \$ 838 863,44 para una planta de generación de compost en Jalisco utilizando reactores, mientras que la inversión empleando pilas de compostaje es mayor al otro sistema, dado que presenta un inversión total de \$ 961 805,24.

En relación a la propuesta de la instalación de planta productora de compost en el distrito de Pátapo, se requiere una inversión total de S/ 7 097 607,70, afirmando que se empleó el sistema cerrado mediante reactores, dado la ventaja económica que presenta la misma en relación al otro tipo de sistema.

Conclusiones

Es viable la propuesta de instalar una planta productora de compost en el distrito de Pátapo de acuerdo al aspecto comercial, técnico y financiero, donde mediante esta propuesta se estaría cumpliendo con el 8,15% de la demanda nacional insatisfecha de abono orgánico al año 2026.

Con respecto a la pre-factibilidad comercial se afirma que es factible la instalación de la planta productora de compost, debido que existe una demanda nacional insatisfecha de abono orgánico y el precio del producto a comercializar presenta un incremento anual en relación a la evolución histórica, siendo esto favorable para el proyecto.

En relación a la pre-factibilidad técnica se afirma que es factible la instalación de la planta productora de compost, dado que presenta todas las condiciones favorables tanto en el micro y macro entorno, y la planta estará situada en el mismo distrito. Con respecto al área y sistema de producción, la planta requiere un total de 4 423,03 m^2 y 21 compostadores de sistema cerrado, donde mediante la capacidad diseñada permitirá procesar el total de residuos sólidos orgánicos que se genera al día en dicho distrito.

Del mismo modo, en la pre-factibilidad financiera se concluye que es factible la propuesta de instalar la planta de compostaje, dado que todos los indicadores para evaluar la rentabilidad del proyecto presentan valor positivos favorables, como es el caso del VAN, TIR, TMAR y beneficio/costo, donde se resalta que el TIR es mayor al TMAR y que por cada S/1 invertido, se estaría ganando S/2,5. Precizando que para la instalación de la planta, se requiere una inversión total de S/ 7 097 607,7.

Recomendaciones

Evaluar la propuesta de instalar una planta de compost mediante el uso de sistemas abiertos, para así generar una comparación en relación a la pre-factibilidad técnica y financiera del sistema cerrado mediante reactores.

Realizar investigaciones para evaluar la pre-factibilidad comercial, técnica y financiera del aprovechamiento de los residuos orgánicos para generar biomasa.

Realizar investigaciones para evaluar la pre-factibilidad comercial, técnica y financiera del aprovechamiento de los residuos sólidos para la obtención de energía eléctrica.

Referencias

- [1] Banco Mundial, *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*, Washington, 2018.
- [2] World Bank Group, *WHAT A WASTE 2.0 : "A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050"*, Washington, 2018.
- [3] BBC News Mundo, *"Crisis mundial de la basura: 3 cifras impactantes sobre el rol de Estados Unidos"*, Washington, 2019.
- [4] Ministerio del Ambiente, *Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2020*, Lima, 2020.
- [5] Ministerio del Ambiente - Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, *Mapa Nacional de Infraestructura de Disposición Final*, Lima, 2019.
- [6] Municipalidad Distrital de Pátapo, *Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales*, Pátapo, 2019.
- [7] Ministerio del Ambiente, *Consulta de Datos SIGERSOL Municipal 2008 - 2018*, 2018.
- [8] Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, *Estadísticas de Producción Orgánica Nacional 2013 - 2020*, Lima, 2020.
- [9] Servicio Agrícola y Ganadero Región de Atacama, *Pauta Técnica para la Aplicación de Compost*, Atacama, 2017.
- [10] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, *Boletín Estadístico Anual " EL AGRO EN CIFRAS"*, 2020.
- [11] Centro de Comercio Internacional, *Trade Map Importación y Exportación de Abono Orgánico en el Perú*, 2020.
- [12] Ministerio del Ambiente, *Aprende a prevenir los efectos del mercurio: "Residuos y áreas verdes"*, Lima, 2016.
- [13] Ministerio del Ambiente, *Guía de Capacitación a Recicladores para su inserción en los Programas de Formalización Municipal*, Lima: Super Gráfica E.I.R.L., 2010.
- [14] M. Kucbel, H. Raclavská, J. Ruzicková, B. Svědová, J. Sassmamova y K. Raclavsky, *Properties of compost form household food waste produced in automatic composters*, Ostrava, Poruba, 2019.
- [15] Ministerio de Agricultura y Riego, *Manual de Compostaje del Agricultor*, 2013.
- [16] C. K. Cachay Gonzales, *Proyecto de Instalación de una Planta Industrial productora en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos municipales*, Chiclayo, 2018.
- [17] P. Tello Espinoza, D. Campani y D. Rosalba Sarafian, *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*, Proper Mx, 2018.
- [18] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, *Manual para Compostaje*, 2013.
- [19] A. Cesaro, A. Conte, V. Belgiorno, A. Siciliano y M. Guida, *The evolution of compost stability and maturity during the full-scale treatment of the organic fraction of municipal solid waste*, Naples, 2019.
- [20] C. García Ramos, N. Arozemena Daza, F. Martínez Rodríguez, M. Hernández Guillén y J. Á. Pascual Amaro, *Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios*, La Habana, 2019.

- [21] N. Santiago Olivares, S. Iñiguez Gómez, J. I. Contreras Ocho y G. J. Hernández Hernández, *Propuesta de diseño de una planta industrial para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para el Municipio de Arandas, Jalisco*, Jalisco, 2018.
- [22] M. Arroyo Ulloa y J. Torres Benavides, *Organización de Planta Industriales*, 2012.
- [23] Dirección General de Ordenamiento Territorial del Departamento de Lambayeque, *Mapa de Susceptibilidad Física de la Región de Lambayeque - Insumo para la Evaluación del Riesgo de Desastres ante Eventos Externos*, Lambayeque, 2016.
- [24] Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, *Resultados Definitivos del Censo 2017 del Departamento de Lambayeque*, Lima, 2018.
- [25] Municipalidad Distrital de Pátapo, *Estudio de Pre Inversión a Nivel de Perfil: "Construcción de pistas y veredas en las calles de Pósope Alto, Distrito de Pátapo-Chiclayo-Lambayeque"*, Pátapo, 2016.
- [26] División de Supervisión de Electricidad - OSINERGMIN, *Mapa del Sistema Eléctrico Interconectado*, 2019.
- [27] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima, 2006.
- [28] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2*, 2018.
- [29] B. Díaz, B. Jarufe y M. T. Noriega, *Disposición de Planta*, Lima: Universidad de Lima, 2013.
- [30] L. Salvador Pérez, R. Jurado Zurita, P. Rodriguez Salazar, R. Revelo Oña y E. Haro Haro, *Diseño y Evaluación de Proyectos de Inversión*, 1era ed., Quito: Coleccion Empresarial, 2017, pp. 118-121.
- [31] Bio-orgánicos S.A., *Ficha técnica del compost*, Antioquia, 2016, pp. 1-2.
- [32] Instituto Nacional de Normalización, *Norma Técnica del Compost - Clasificación y requisito*, 2003, pp. 11-14.
- [33] E. Velasquez Velasquez, *Mercadotecnia de Bienes y Servicios*, Primera ed., México: RED TERCER MILENIO, 2012, p. 63.
- [34] Municipalidad Distrital de Pátapo, *Plan de Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales del Distrito de Pátapo*, Pátapo, Chiclayo, 2020, p. 13.
- [35] M. Negro, F. Villa, J. Aibar, R. Alarcón, P. Ciria, M. Cristóbal, A. De Benito, A. García Martín, G. García Muriedas, C. Labrador, C. Lacasta, J. Lezaún, R. Meco, G. Pardo, M. Solano, C. Torner y C. Zaragosa, *Producción y Gestión del Compost*, Valladolid, 2018.
- [36] International Solid Waste Association, *Technical Guidance on the operation of organic waste treatment plants*, 2016.
- [37] Ministerio del Ambiente, *Ley N°27314 "Ley General de Residuos Sólidos"*, Lima, 2016.
- [38] L. T. Thanh Loan, T. Yoshifumi, H. Nomura y M. Yabe, *Modeling home composting behavior toward sustainable municipal organic*, 2018.
- [39] Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, *Tasa de Interés Promedio del Sistema Bancario*, 2020.

Anexos

Anexo 1

Tabla 12: Demanda insatisfecha de abono orgánico durante el periodo 2013 - 2020

| Año | Consumo Nacional Potencial (t) | Producción Nacional (t) | Importaciones (t) | Exportaciones (t) | Demanda Insatisfecha (t) |
|------|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 2013 | 1 847 490 | 23 604 | 2 001 | 12 615 | 1 834 500 |
| 2014 | 2 650 293 | 17 519 | 1 971 | 9 809 | 2 640 612 |
| 2015 | 3 656 317 | 20 276 | 2 713 | 6 391 | 3 639 719 |
| 2016 | 3 164 492 | 28 395 | 3 061 | 10 368 | 3 143 404 |
| 2017 | 2 870 835 | 22 953 | 3 385 | 9 751 | 2 854 248 |
| 2018 | 3 437 022 | 25 542 | 4 692 | 7 826 | 3 414 614 |
| 2019 | 3 358 326 | 28 788 | 5 853 | 10 433 | 3 334 118 |
| 2020 | 3 494 591 | 10 029 | 6 451 | 6 666 | 3 484 777 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3

Tabla 13: Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales 2019

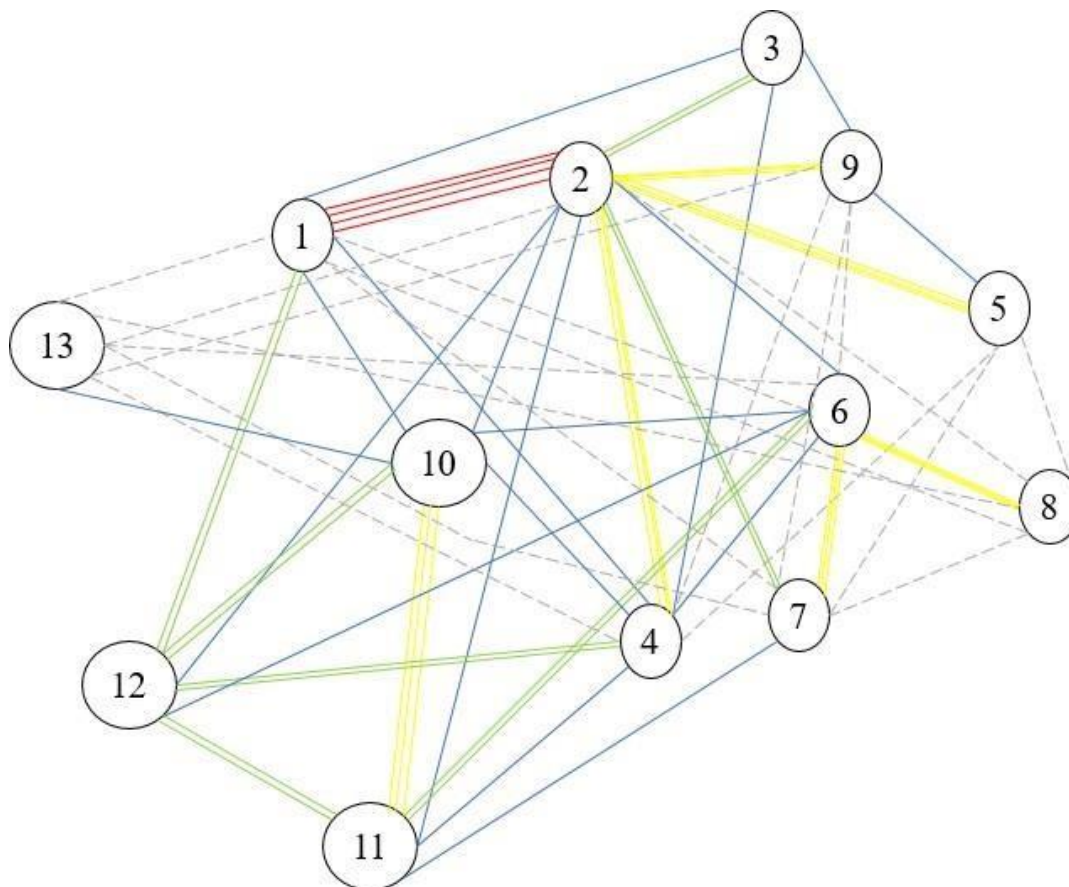
| ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES | |
|--|---------------------------|
| Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos | |
| Ordenanza | 019-2019-MDP/AC |
| Duración | 5 años |
| Responsable | Ing. Elva Vásques Sánchez |
| Elaboración | 2019 |
| Número de muestras | 94 |
| GPC Municipal (kg/hab*día) | 0,51 |
| GPC Domiciliario ((kg/hab*día) | 0,642 |
| Composición Física de los Residuos Sólidos | |
| 1. Residuos Aprovechables | 85,54% |
| 1.1. Residuos Orgánicos | 74,86% |
| Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares) | 52,58% |
| Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass y otros similares) | 10,21% |
| Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares) | 12,06% |
| 1.2. Residuos Inorgánicos | 10,69% |
| 2. Residuos No Aprovechables | 14,46% |
| TOTAL | 100,00% |

Fuente: Elaboración propia. En base a la Municipalidad Distrital de Pátapo 2019 [6, p. 7]

Tabla 16: Tabla de códigos de proximidades

| Código | Proximidad | Color | N° de líneas |
|--------|--------------------------|----------|------------------|
| A | Absolutamente necesario | Rojo | 4 rectas |
| E | Especialmente importante | Amarillo | 3 rectas |
| I | Importante | Verde | 2 rectas |
| O | Normal | Azul | 1 recta |
| U | Sin importancia | --- | --- |
| X | No deseable | Plomo | 1 recta punteada |

Fuente: Díaz et al. [29, p. 11]

**Figura 4: Diagrama relacional de recorridos de la planta de compostaje**

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6

Tabla 17: Tasa de Interés Promedio del Sistema Bancario

| Tasa Anual (%) | BIF | BBVA | Scotiabank | Interbank | Satander |
|-----------------------------|------|------|------------|-----------|----------|
| Grandes Empresas | 5,05 | 3,93 | 3,09 | 3,33 | 4,45 |
| Descuentos | 5,41 | 7,37 | 4,1 | 4,83 | 4,89 |
| Préstamos hasta 30 días | 7,3 | 5,1 | 4,49 | 6,28 | 4,16 |
| Préstamos de 31 a 90 días | 5,3 | 2,78 | 2,61 | 1,93 | 4,71 |
| Préstamos de 91 a 180 días | 4,76 | 4,35 | 3,03 | 1,9 | 4,78 |
| Préstamos de 181 a 360 días | 3,59 | 1,6 | 0,97 | 0,35 | 5,29 |
| Préstamos a más de 360 días | 4,5 | 3,73 | 3,64 | 2,87 | 4,12 |

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP [39]

Anexo 7

Tabla 18: Inversión en la maquinaria de producción

| MAQUINARIA | Cantidad (Unid) | Precio (S/) | TOTAL S/ |
|---------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| Balanza Industrial | 1 | S/ 19 000,00 | S/ 19 000,00 |
| Tolva de recepción | 1 | S/ 57 834,00 | S/ 57 834,00 |
| Faja transportadora | 14 | S/ 750,00 | S/ 10 500,00 |
| Trituradora | 1 | S/ 49 140,00 | S/ 49 140,00 |
| Compostador industrial | 21 | S/ 250 000,00 | S/ 5 250 000,00 |
| Tamiz vibratorio | 1 | S/ 4 422,60 | S/ 4 422,60 |
| Ensacadora semiautomática | 1 | S/ 32 130,00 | S/ 32 130,00 |
| TOTAL | | | S/ 5 423 026,60 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8

Tabla 19: Inversión en los equipos de producción

| MAQUINARIA | Cantidad (Unid) | Precio (S/) | TOTAL S/ |
|--------------------------|-----------------|-------------|---------------------|
| Cosedora | 1 | S/ 370,00 | S/ 370,00 |
| Contenedores | 4 | S/ 250,00 | S/ 1 000,00 |
| Pallets | 13 | S/ 1 500,00 | S/ 19 500,00 |
| Medidor de humedad | 1 | S/ 1 450,00 | S/ 1 450,00 |
| Analizador C/N | 1 | S/ 200,00 | S/ 200,00 |
| Fotómetro | 1 | S/ 3 300,00 | S/ 3 300,00 |
| pHmetro | 1 | S/ 200,00 | S/ 200,00 |
| Casco Blanco 3M | 18 | S/ 46,00 | S/ 828,00 |
| Guardapolvo | 2 | S/ 45,00 | S/ 90,00 |
| Tapones reutilizables 3M | 18 | S/ 21,00 | S/ 378,00 |
| Mascarillas descartables | 10 | S/ 27,00 | S/ 270,00 |
| TOTAL | | | S/ 27 586,00 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9

Tabla 20: Inversión en los equipos de oficina

| MAQUINARIA | Cantidad (Unid) | Precio (S/) | TOTAL S/ |
|----------------------|-----------------|-------------|---------------------|
| Laptop | 10 | S/ 2 500,00 | S/ 25 000,00 |
| Impresora | 4 | S/ 650,00 | S/ 2 600,00 |
| Sillón de escritorio | 8 | S/ 250,00 | S/ 2 000,00 |
| Silla | 33 | S/ 32,00 | S/ 1 056,00 |
| Escritorio | 9 | S/ 350,00 | S/ 3 150,00 |
| Mesa | 8 | S/ 400,00 | S/ 3 200,00 |
| Estante | 4 | S/ 240,00 | S/ 960,00 |
| TOTAL | | | S/ 37 966,00 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10

Tabla 21: Inversión en los gastos pre operativos

| GASTOS PRE OPERATIVOS | TOTAL S/ |
|---|---------------------|
| Permiso del Municipio | S/ 150,00 |
| Planos (arquitectura, señalización, estudios) | S/ 20 000,00 |
| Certificado de Defensa Civil | S/ 3 800,00 |
| Movilización | S/ 3 500,00 |
| Comunicaciones | S/ 2 000,00 |
| TOTAL | S/ 29 450,00 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11

Tabla 22: Punto de Equilibrio

| ÍTEM | 1 Año | 2 Año | 3 Año | 4 Año | 5 Año |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <u>Costos de Producción</u> | | | | | |
| Materiales Indirectos | S/ 44 184 | S/ 44 709 | S/ 45 250 | S/ 45 777 | S/ 46 314 |
| Mano de Obra Directa | S/ 277 236 | S/ 277 236 | S/ 277 236 | S/ 277 236 | S/ 277 236 |
| Gastos Generales de Fabricación | S/ 342 625 | S/ 342 625 | S/ 342 625 | S/ 342 625 | S/ 342 625 |
| COSTO VARIABLE TOTAL | S/ 664 045 | S/ 664 570 | S/ 665 111 | S/ 665 638 | S/ 666 175 |
| <u>Gastos de Operaciones</u> | | | | | |
| Gastos Administrativos | S/ 347 668 | S/ 347 668 | S/ 347 668 | S/ 347 668 | S/ 347 668 |
| Gastos de Comercialización | S/ 28 000 | S/ 28 000 | S/ 28 000 | S/ 28 000 | S/ 28 000 |
| Gastos Financieros | S/ 1 240 246 | S/ 1 209 118 | S/ 1 177 990 | S/ 1 146 862 | S/ 1 115 733 |
| COSTO FIJO TOTAL | S/ 1 615 914 | S/ 1 584 786 | S/ 1 553 658 | S/ 1 522 530 | S/ 1 491 401 |
| COSTOS TOTALES | S/ 2 279 959 | S/ 2 249 356 | S/ 2 218 769 | S/ 2 188 168 | S/ 2 157 577 |
| VENTAS TOTALES | S/ 3 931 104 | S/ 3 979 637 | S/ 4 030 657 | S/ 4 076 087 | S/ 4 125 552 |
| PUNTO DE EQUILIBRIO (económico) | S/ 1 944 356 | S/ 1 902 487 | S/ 1 860 697 | S/ 1 819 691 | S/ 1 778 602 |
| PUNTO DE EQUILIBRIO (unidades) | 31610 | 30920 | 30216 | 29564 | 28883 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2

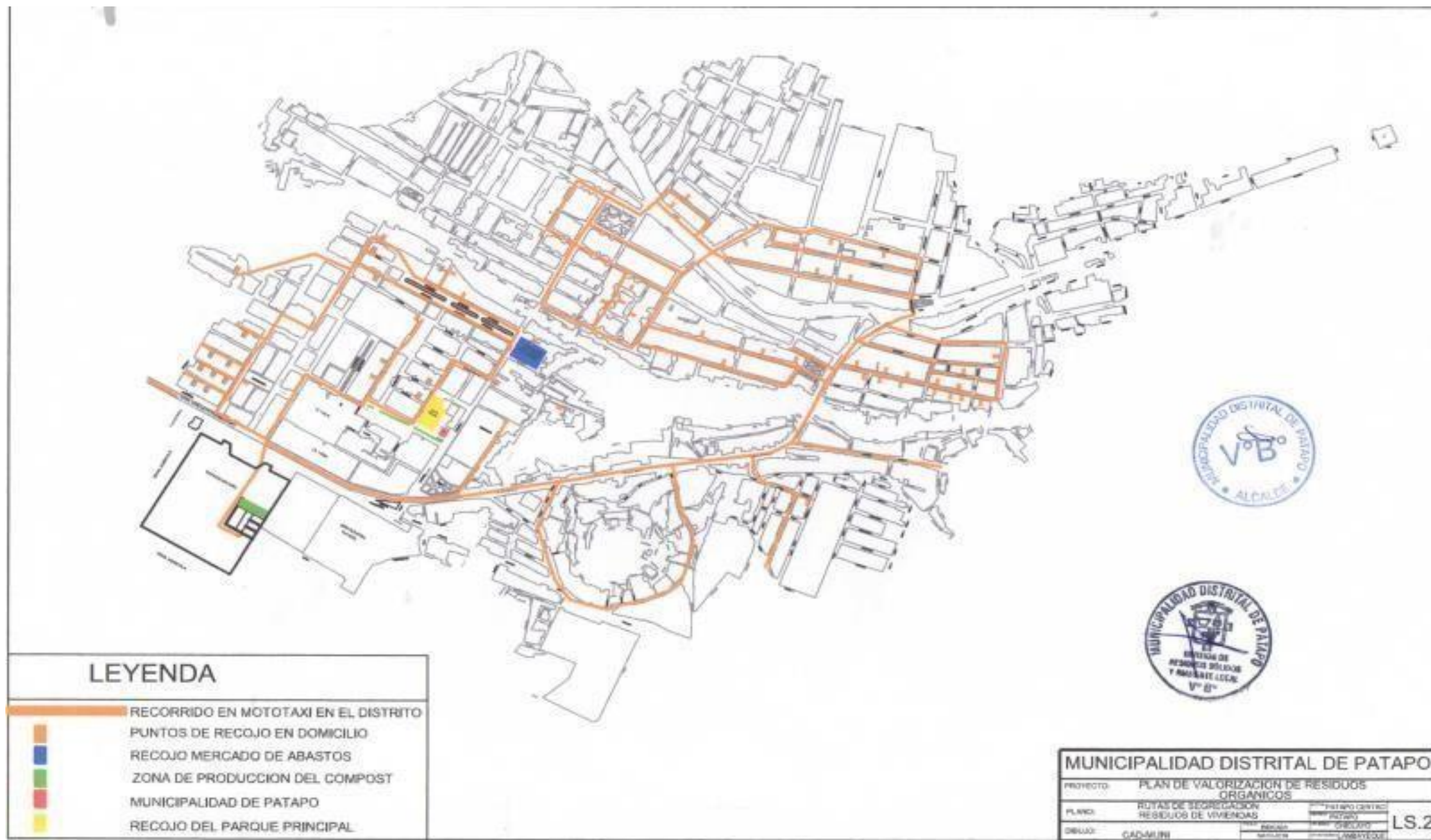


Figura 5: Rutas de recojo de los residuos sólidos orgánicos

Fuente: Municipalidad Distrital de Pátapo

Anexo 5

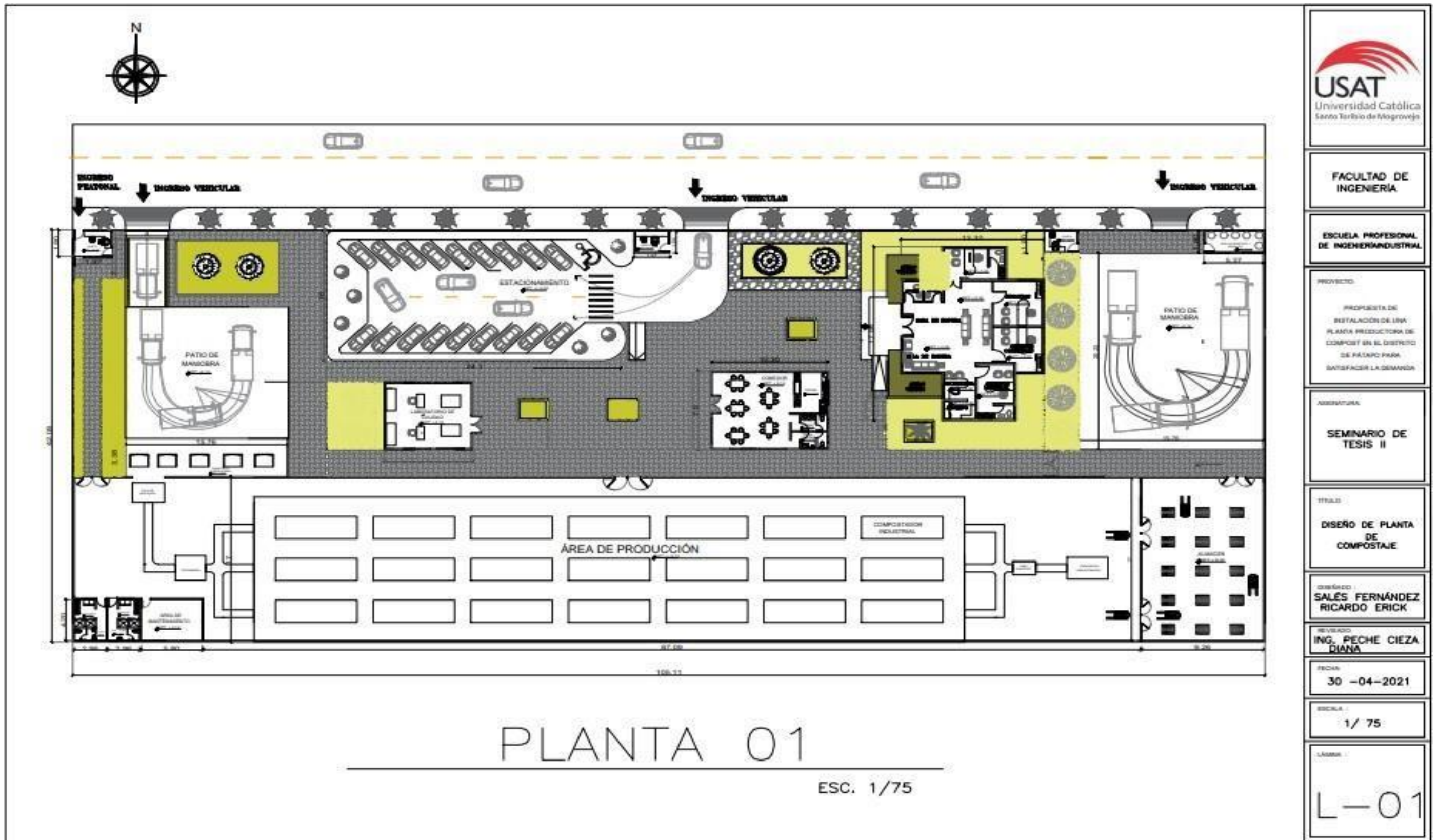


Figura 6: Plano de Distribución de la Planta de Compost