

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



Propuesta de instalación de una planta productora de compost a partir de plumas de pollo en Lambayeque

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

AUTOR

Cecilia Jeraldine Sosa Rondoy

ASESOR

Diana Peche Cieza

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

Chiclayo, 2022

**Propuesta de instalación de una planta productora de compost a
partir de plumas de pollo en Lambayeque**

PRESENTADA POR
Cecilia Jeraldine Sosa Rondoy

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

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR

Evans Nielander Llontop Salcedo
PRESIDENTE

María Raquel Maxe Malca
SECRETARIO

Diana Peche Cieza
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por su fidelidad y amor incondicional para conmigo, brindándome en todo tiempo las fuerzas, capacidades y facultades necesarias para seguir adelante.

A mi madre Carmen Cecilia Rondoy Dávila y a mi padre Eduardo Manuel Sosa Siesquén por sus esfuerzos y sacrificios realizados para darme la oportunidad de tener un mejor futuro e incentivar me siempre a buscar a Dios.

Agradecimientos

A mis padres por su constante e incondicional apoyo durante el transcurso de mi carrera universitaria y la motivación brindada durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo por los conocimientos impartidos durante estos cinco años.

A la ingeniera Diana Peche Cieza por la paciencia y guía brindada durante el desarrollo de la investigación.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Revisión de literatura	9
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	32
Referencias	33
Anexos.....	38

Resumen

La presente investigación tiene por objetivo proponer la instalación de una planta productora de compost a partir de las plumas de pollo en la región Lambayeque. Los centros de faenado de pollo generaron durante el año 2020 un aproximado de 1 212 753,14 kg de plumas, las cuales ocasionan impactos negativos moderados en la alteración de la calidad del suelo, aire y propiedades físico-químicas del agua. Se diseñó una planta de compostaje mediante volteos que incluye las etapas de recepción, pesado, mezclado, compostaje tamizado, envasado y almacenado, obteniéndose finalmente como producto terminado los sacos de compost de 50 kg; con un requerimiento de 32,58 kg de plumas, 24,43 kg de estiércol y 24,43 kg de pajilla de arroz para la producción unitaria del producto. La demanda que cubrirá el proyecto será del 0,08% de la demanda nacional insatisfecha, lo cual no solo permitirá cubrir parcialmente la necesidad de dicho mercado, sino la reducción de los impactos ambientales ocasionados por estos residuos. La planta estará ubicada en la provincia de Chiclayo con un área total de 2 251,18 m², con un análisis de relación de beneficio costo de S/. 2 y un VAN de S/. 1 167 857,19; concluyéndose finalmente como un proyecto viable.

Palabras clave: Planta de compostaje, inversión, compostaje, plumas de pollo.

Abstract

The present research aims to propose the installation of a compost production plant from chicken feathers in the Lambayeque region. During the year 2020, the chicken slaughter centers generated an approximate of 1 212 753,14 kg of feathers, which cause moderate negative impacts on the alteration of the quality of the soil, air and physical-chemical properties of the water. A tumbling composting plant was designed that includes the stages of reception, weighing, mixing, composting, sieving, packaging and storage, finally obtaining the 50 kg sacks of compost as a finished product; with a requirement of 32,58 kg of feathers, 24,43 kg of manure and 24,43 kg of rice straw for the unit production of the product. The demand that the project will cover will be 0,08% of the unsatisfied national demand, which will not only partially cover the need of said market, but also reduce the environmental impacts caused by these wastes. The plant will be located in the province of Chiclayo with a total area of 2 251,18 m², the cost-benefit analysis of S /. 2 and a NPV of S /. 1 167 857,19; finally being concluded as a viable project.

Keywords: Composting plant, investment, composting, chicken feathers.

Introducción

El consumo y producción de carne de pollo a nivel mundial ha mostrado tendencias de crecimiento constantes; presentando durante el 2018 una producción de 95,5 millones de toneladas, esto es un crecimiento a una tasa anual de 2% [1]. En el caso de Latinoamérica la producción de pollos en el 2019 fue de 12 532,43 millones, esto debido a las producciones de países como Perú, Brasil, México, Argentina, Colombia y Chile, los cuales engloban el 88,8% de toda la producción registrada en América Latina y el Caribe [2].

Así pues, en Perú el consumo de pollo por persona al año es de 50,3 kg, cifra que se encuentra muy por encima del promedio de consumo latinoamericano, lo cual explicaría hasta cierto punto las cifras presentadas en el reporte del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) del año 2018, en el cual se muestra que el consumo de pollo evidenció una tendencia de crecimiento de alrededor del 7% en los últimos 18 años [3]. Asu vez, considerando que en la investigación de Florida-Rofner se calcula que el porcentaje de plumas representa el 5, 21%, se tiene que el total de desechos por parte de la industria avícola peruana es de alrededor de 90 642,6 miles de toneladas [4]. Para el caso de Lambayeque la cantidad de plumas generadas durante el 2017 fue de aproximadamente 1 029 246,79 kg; esto en base al último censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [5, p. 24], el consumo per cápita nacional y el porcentaje de participación de la región en la producción nacional de pollos.

Estos desechos son uno de los principales subproductos generados a lo largo de la cadena productiva de las industrias avícolas, representando el 39 % del total de desperdicios, los cuales terminan en botaderos informales o en cuerpos hídricos; esto debido a una falta en la fiscalización y reglamentación de países como Perú, que ocasionan que estos residuos se conviertan en contaminantes del medio ambiente provocando daños en los ecosistemas e impactos ambientales en el agua a causa de los vertimientos ocasionando la degradación de las aguas superficiales y subterráneas por incremento del nitrógeno y fósforo; así como en el suelo [4].

Teniendo en cuenta la gran cantidad que se desecha de plumas y los impactos ambientales que estos generan es que se ha hecho necesario empezar a utilizar este residuo para la obtención de otros productos, tales como la harina, utilizado en la alimentación de animales, y la fabricación de almohadas y cobertores [6]. Sin embargo, a pesar del uso que se le está dando a este residuo para la obtención de los productos mencionados anteriormente, los volúmenes de plumas son tales que diversos investigadores vienen buscando nuevas formas de darles un nuevo uso; como por ejemplo en la obtención de bioabono (compost) y detergentes, aunque en

el caso de este último las investigaciones siguen en curso, ya que aún no se ha podido llegar a los resultados esperados [7].

Según datos de las Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas (Trade Map), Perú importó 5 853 toneladas de abono de origen animal o vegetal durante el año 2019 [8], lo cual representaría el 1,2% de las importaciones mundiales. Dicha cantidad importada muestra la existente demanda nacional, así como también la escasa oferta de abonos orgánicos o abonos innovadores que aporten más nutrientes a los cultivos [9].

Ahora bien, los principales consumidores de este compost serían los de la producción orgánica, registrándose en el Perú en el año 2018 un total de 429 627,74 hectáreas, existiendo en Lambayeque 1 805,60 hectáreas de área orgánica, seguido de Cajamarca, Madre de Dios y Junín [10]. Este tipo de compost influiría positivamente en las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos; ya que funciona como un excelente sustrato en la preparación de compost, debido a que poseen en su composición 80,51% de proteínas, 12,66% de nitrógeno, 10,05% de fibra orgánica y 93% de materia orgánica, lo cual producen efectos importantes en los indicadores de fertilidad de los suelos [4]; factor de suma importancia para mejorar la productividad en la agricultura, el cual tiene repercusiones en el desarrollo de los agronegocios del país, una actividad muy dinámica en la economía peruana.

Por todo lo mencionado referente a la contaminación generada por el desperdicio de plumas de la industria avícola y su potencial uso en diferentes áreas de la industria, es que en la presente investigación se plantea la siguiente pregunta, ¿Cuál es la viabilidad de la propuesta de instalación de una planta productora de compost a partir de plumas de pollo? Con ello se tuvo como objetivo general proponer la instalación de una planta productora de compost a partir de las plumas de pollo en la región Lambayeque y como objetivos específicos se tuvieron los siguientes: diagnosticar la situación actual de los residuos generados en el faenado avícola en la región Lambayeque; realizar un estudio de mercado para determinar la demanda de compost; realizar un estudio técnico tecnológico para la instalación de una planta productora de compost y realizar el análisis económico financiero y ambiental de la propuesta.

Con los resultados de la presente investigación, se pretende darles un mejor uso a las plumas de pollo generadas en la región utilizándolas para la producción de compost, con lo cual no solo se estaría teniendo un beneficio en cuanto a la producción de un nuevo producto, sino que también se contribuiría a disminuir el impacto ambiental que este desecho está generando en el medio ambiente. Así mismo, la presente investigación servirá como referencia y antecedente a empresas locales dedicadas al rubro de la industria avícola, instituciones y otros investigadores que buscan un modelo de negocio similar, empresas que estén interesadas en generar una

economía circular con los desperdicios de la industria avícola o personas que se encuentren interesadas en realizar posteriores investigaciones que analicen a mayor profundidad cualquiera de las variables de estudio involucradas en esta investigación.

Revisión de literatura

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) define el proceso de faenamiento de aves como la disociación continua del cuerpo de un animal y otras partes comestibles y no comestibles, teniéndose como salidas del centro de faenamiento al pollo faenado entero o en porciones, al algunos desechos y subproductos como las plumas, sangre, vísceras no comestibles, ente otros [11].

En lo que concierne a las plumas, estas son estructuras epidérmicas compuestas de α - y β -queratinas; transpirables, impermeables y ligeras que permiten una combinación de rigidez, flexibilidad y aislamiento térmico para las aves; compuestas principalmente de dos partes: raquis (eje central rígido) y barbas (ramas laterales) [12]. Presentando como componentes más relevantes la materia orgánica (93%), proteína (80,51%) y el nitrógeno (12,66%); de los cuales las dos primeras conforman uno de los principales factores para su uso en la agricultura. Mientras que, en su composición química de minerales y aminoácidos, estas evidencias cantidades relevantes de aminoácidos; las cuales benefician su uso como pienso para cerdo [4].

Según Mosquera [13] los abonos orgánicos son obtenidos a partir de la degradación y mineralización de materiales orgánicos; estos son usado en los suelos agrícolas con el fin de aumentar la actividad microbiana de la tierra actuando esencialmente sobre 3 de sus propiedades (físicas, químicas y biológicas). El uso de este tipo de abonos ha ido en aumento a causa de su menor costo en comparación con los fertilizantes químicos y que cada vez presentan una mayor calidad; encontrándose como beneficios de su uso: la facilitación de la absorción de los nutrientes, mejorando la estructura y textura del suelo; el aumento de la permeabilidad de los suelos haciendo que se disminuya el uso de agua para riego, debido a que le brinda la capacidad a la tierra de retener mucha más agua, disminuyendo también la erosión causada por el agua o el viento; el incremento de la fertilidad de los suelos al mejorar el poder de absorción de este y reducir las variaciones de pH; así como el aumento del desarrollo de microorganismos beneficiosos para la degradación de la materia orgánica y el desarrollo del cultivo, favoreciendo también la oxigenación y aireación de la tierra.

Ahora bien, existen diferentes tipos de abonos orgánicos, entre los cuales se encuentran el fermentado de Bocashi, humus de lombriz, guano de isla y compost [13]. Siendo este último obtenido a través de un proceso de fermentación aeróbica en el cual se hacen uso de microorganismos como bacterias, hongos y lombrices para lograr la descomposición, teniendo

como materia prima en su mayoría de veces al guano y como ingredientes adicionales los restos de plantas u otros materiales orgánicos [14].

En el proceso de compostaje se reconocen tres principales etapas según la temperatura generada durante el proceso además de una última etapa de maduración. Se inicia con la fase mesófila en la cual la materia prima e insumos aumentan su temperatura hasta los 45°C en solo cuestión de días e incluso horas, esto debido a la actividad microbiana que utiliza las fuentes de carbono (C) y nitrógeno (N) para generar calor; tiendo un tiempo de duración de 2 a 8 días, para luego dar pase a la fase termófila o de higienización. Esta fase puede llegar a durar desde unos días hasta meses dependiendo de las condiciones climáticas, material de inicio, entre otros factores; en la que se alcanza temperaturas entre los 45°C y 60°C, lo cual permite la destrucción de bacterias y contaminantes; pasando así a ser reemplazados los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias por otros que se desarrollan a mayores temperaturas (bacterias) y facilitan la degradación de fuentes más complejas de carbono. La fase de enfriamiento o también conocida como mesófila II inicia cuando las fuentes de C y sobre todo las de N se agotan y la temperatura empieza a decrecer hasta los 40-45°C, llegando a aparecer algunas manchas blancas (hongos) en ciertas partes del compost debido a la degradación de formas más complejas; al encontrarse la temperatura menor a los 40°C se reinicia la actividad de los organismos mesófilos, pudiendo descender el pH un poco más. La última etapa del proceso es la fase de maduración, con un periodo de duración de varios mese a temperatura ambiente, tiempo en el cual se da el aspecto homogéneo y de color oscuro del compost [15].

Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [16, pp. 29-63] existen diversas técnicas de compostaje, en las cuales se debe tener en cuenta el control de ciertos parámetros, como la porosidad (cerca del 30%), humedad (45-60%), temperatura (50-65°C), oxígeno (oxígeno 15-21%), pH (4,5-8,5), relación carbono/nitrógeno (15:1–35:1), tamaño de partícula (5 a 30 cm) y los microorganismos adecuados. Estas técnicas se dividen en dos clases de sistemas; el sistema abierto o en pilas que se realiza al aire libre y es llevada a cabo cuando existe una cantidad variada y abundante de residuos orgánicos, a su vez esta puede contar con un sistema de aireación forzada (proporciona aire a través de canales construidos en el suelo), sistema de recolección de lixiviados o sistema de pilas con volteos mecanizados (utilizando volteador lateral de tornillo adaptado a tractor o una pala frontal). Mientras que los sistemas cerrados o en recipiente son usados mayormente a nivel familiar, este sistema permite en la mayoría de los casos tener un mejor control de los parámetros en el proceso, sobre todo cuando son llevados a cabo en reactores cerrados; sin embargo, su principal desventaja radica en los elevados costos de inversión en las instalaciones.

Por otro lado, en los últimos años se han venido desarrollando diversas investigaciones sobre este tema, como por ejemplo Florida-Rofner y Reategui [17], en su investigación titulada “Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*)”, tuvieron como objetivo evaluar la capacidad de las plumas de pollo para ser usadas como insumo y aumento de la calidad del compost en la empresa M&F orgánicos. Para ello, en el compostaje, se aplicó un proceso aeróbico, debido a los beneficios que presenta éste; así mismo se usó como metodología la instalación de cuatro pilas de compostaje que contenían estiércol de vacuno como componente principal (1 000 kg) con diferentes porcentajes de plumas en cada una de ellas (0%, 10%, 20% y 30 %), de las cuales se evaluaron parámetros de humedad y temperatura; y luego de 75 días se evaluó la caracterización química de cada uno de éstos. Los resultados obtenidos fueron evaluados con la ayuda de un software estadístico. Teniéndose que, la pila de compostaje que tenía el 30% de plumas contenía mucho más nitrógeno y materia orgánica que el resto de pilas, es decir que las plumas de pollo a esta proporción habían mejorado en gran manera el contenido de estos dos indicadores.

Por su parte Dueñas, Hornas y Salvador [18] evaluaron y compararon el método convencional del proceso de compostaje de plumas en relación a la aplicación de microorganismos benéficos (ME) durante el compostaje; esto en su investigación titulada “Eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de compostaje con residuos de pollos”, en la cual realizaron dos pilas de compost de 200 kg cada una a base de plumas de pollo, hojarasca y estiércol de vacuno; a una de las pilas se le aplicó ME durante el proceso de compostaje, mientras que la otra se compostó por el método convencional. Para el análisis de las dos pilas de compost se tomó como muestra 1 kg por cada pila, a las cuales se les evaluaron indicadores de materia orgánica (M.O), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de ME redujo el tiempo de compostaje, lográndose un aumento en la eficiencia del proceso del 13,9%; y en lo que concierne a los indicadores evaluados, estos presentaron mejores resultados en el compost con ME.

Asimismo, Florida-Rofner, Reategui y Pocomucha [19], en su investigación titulada “Caracterización del compost a base de plumas de pollos (*Gallus gallus domesticus*) y otros insumos”, identificaron como problemática la contaminación del Río Huallaga a causa de la disposición final que se le dan a las plumas. Planteándose como objetivo de investigación la caracterización química de un abono orgánico a base de plumas de pollo y su comparación con diferentes tipos de compost elaborados por la empresa M&F orgánicos. Para la metodología empleada se utilizaron cinco tipos de compost, los cuales contenían un 2% de microorganismos eficientes, estos fueron: escobajo de palma (CEP), pulpa de café (CPC), compost de estiércol

de vacuno (CEV), compost de cáscara de plátano (CCP) y compost a base de plumas (CP), el cual presentaba 485,2 kg de plumas de pollo, 320 kg de aserrín, 2 kg de material verde y 2% de microorganismos eficientes (20 litros). A cada uno de los diferentes tipos de compost se le registraron controles diarios de temperatura y luego de 90 días se le evaluaron distintos parámetros como pH, materia orgánica, entre otros. Teniéndose como resultado que cada uno de los compost analizados presentaron diferentes características químicas que se encontraban dentro del rango de un compost maduro. Los CPC y CCP aumentaron los niveles de P y K₂O, mientras que el CP mejoraba los niveles de N₂ y presentaba altos valores en MO.L.

Joardar y Rahman [20], en su investigación titulada “Poultry feather waste management and effects on plant growth”, identificaron como problemática la generación de plumas que son consideradas como desechos y su inadecuado manejo por parte de las industrias avícolas. Tuvieron como objetivo identificar un método viable para convertir las plumas de pollo en nutrientes para el suelo. La metodología usada fue, en primer lugar, la de tratar la mezcla de plumas de pollo mediante el compostaje de estas bajo un proceso aeróbico y otro anaeróbico, luego se aplicó esta mezcla al suelo en cuatro cantidades distintas por hectárea, las cuales fueron de 4, 8, 12 y 16 t/ha; los resultados de la mezcla fueron probados en la planta *Ipomoea aquatica*, de la cual se evaluaron indicadores como el rendimiento del crecimiento de la planta, entre otros. Obteniéndose que las plumas tratadas por los procesos aeróbicos y anaeróbicos que fueron usados en los suelos en una cantidad de 12 t/ha a más contenían mayor cantidad de materia orgánica y nitrógeno, generando resultados satisfactorios en los elementos nutritivos, así como el aumento de color verde, altura, número de hojas y peso en la planta (*Ipomoea aquatica*) de prueba.

Palomino, Vega, Coralí, Gomero y García [21], en su investigación titulada “Evaluación de cinco residuos avícolas como fuentes de nitrógeno mineral disponible”, identificaron como problemática la falta de fuentes nitrogenadas que cubran los requerimientos de los cultivos. Para lo cual tuvieron como objetivo analizar el potencial de cinco residuos avícolas como fertilizantes orgánicos. La metodología usada consistió en analizar distintas dosis de 0,33% (p/p) de cada tipo de residuo, estiércol con restos de pollo (ERP), estiércol de gallina reproductora (ER), estiércol de gallina ponedora (EP), lodo de flotación (LF) y harina de pluma (HP); en tubos que se mantuvieron incubados aeróbicamente durante 120 días, en los cuales se analizaba el N amoniacal y nítrico cada 30 días. Los resultados obtenidos mostraron que la harina de plumas era la que más contenido de nitrógeno mineral liberaba durante todo el periodo en comparación con los demás residuos, así también este presentó la más elevada mineralización de N orgánico; concluyéndose finalmente que tanto la harina de plumas como

el estiércol de gallina ponedora y reproductora presentaban un excelente potencial para su uso en abonos orgánicos.

Materiales y métodos

La investigación tuvo un alcance descriptivo con un diseño de investigación de tipo cuantitativa.

Para el diagnóstico de la situación actual de los residuos generados en el faenado avícola en la región Lambayeque se revisó la información proporcionada por la base de datos del SENASA, con lo cual se identificó la cantidad total de empresas dedicadas a este rubro, en cuanto a la cantidad de pollos faenados y los residuos generados (plumas, vísceras y sangre), se determinó en base al consumo per cápita, población y participación de la región en el mercado. Además de ello se identificó el impacto ambiental que genera el centro de faenado; para lo cual se determinaron las fases del proceso y a través de una matriz de importancia se midió cualitativamente el impacto, a partir de la caracterización del efecto y el grado de incidencia de la alteración generada. Los impactos fueron calificados teniendo en consideración once criterios: carácter de impacto (CI), intensidad (I), extensión (EX), sinergia (SI), persistencia (PE), efecto (EF), momento (MO), recuperabilidad (RB), periodicidad (PR), acumulación (AC) y reversibilidad (RV); calculándose mediante la ecuación $I = \pm(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RB)$. Finalmente, los resultados obtenidos de (I) fueron jerarquizados según la importancia del efecto: irrelevante o compatible ($0 \leq I < 25$), moderado ($25 \leq I < 50$), severo ($50 \leq I < 75$) y crítico ($I \geq 75$) [22].

Para el estudio de mercado se describió el producto a comercializar, analizándose la zona de influencia del proyecto, así como la situación de la demanda en el Perú, segmentando el mercado demográficamente (tomándose en consideración la superficie agrícola orgánica); así pues se analizó también la demanda histórica del año 2015 al 2019, demanda actual y proyectada (para los siguientes 5 años a partir del 2021); todo esto en base a investigaciones bibliográficas, consultándose las bases de datos del SENASA [23], TRADE MAP [24] y el MIDAGRI [25]. La situación de la oferta se analizó determinándose la oferta histórica comprendida entre los años 2015 - 2019, oferta actual y proyectada; así también se identificó la demanda insatisfecha mediante un balance de demanda-oferta. Seguido a ello, se calculó el precio del producto, teniéndose en cuenta el precio en el mercado de uno de los productos sustitutos y/o similares, evolución histórica del mismo y la proyección de este; todo ello a través del software Excel. Finalmente se realizó un plan de ventas a partir de los datos que se obtuvieron en los pasos anteriores.

El estudio técnico tecnológico inició con la determinación de la micro localización de la planta, analizado en las provincias de Lambayeque, mediante la comparación de nueve criterios (disponibilidad de mano de obra, agua, energía eléctrica, materia prima, aspectos geográficos, vías de comunicación y transporte y disponibilidad de terreno) a través del método de factores ponderados y una escala de calificación de bueno (3), regular (2) y deficiente (1); determinándose así la relación entre factor-factor. Todo ello haciendo uso de la información recolectada del INEI [5], Ministerio de energía y minas (MINEM) [26], Ministerio del Ambiente MINAM [27] y el Ministerio de Turismo y Comunicaciones (MTC) [28]. Luego de ello se estimó el plan de producción en base a la demanda del proyecto, con el objetivo de hallar las cantidades requeridas de materiales e insumos. Seguido a ello, se definió el proceso productivo, indicadores de producción, equipos y tecnología a usar. El diseño y distribución de planta se realizó con el método Guerchet, lo cual permitió conocer el dimensionamiento del mismo. Finalmente se precisó y determinó las funciones de los puestos de trabajos necesarios.

En lo que respecta al análisis económico financiero de la propuesta, se llevó a cabo realizándose cotizaciones de los costos y gastos de las maquinarias, equipos, mano de obra, materia prima e insumos a utilizar. Con el uso de distintos recursos bibliográficos se determinó el tamaño de la inversión, calculándose así el punto de equilibrio y los indicadores de VAR y TIR junto con el periodo de recuperación de la inversión [29]. Para el análisis ambiental de la propuesta se hizo uso de una matriz de importancia [22], la cual midió cualitativamente el impacto, a partir de la caracterización del efecto y el grado de incidencia de la alteración generada por las actividades en planta, proponiéndose finalmente acciones de mitigación para los impactos.

Resultados y discusión

Diagnóstico de la situación actual de los residuos generados en el faenado avícola en la región Lambayeque

El Servicio Nacional de Seguridad Agraria, entidad encargada de la autorización de los establecimientos de faenado avícola, registró un total de 23 centros de faenamiento en la región Lambayeque ubicados en su mayoría en los distritos de La Victoria y José Leonardo Ortiz (Anexo 1). La cantidad de pollos faenados y subproductos generados durante el periodo 2017 y 2020 fueron determinados en base al último censo poblacional con una tasa de crecimiento del 1% [5, p. 24], el consumo per cápita nacional de carne de pollo obtenido de los boletines estadísticos mensuales de la producción y comercialización de productos avícolas presentados por el MIDAGRI [30]; y el porcentaje de producción cubierta por la región (30%) [31]; así

mismo se consideraron los porcentajes propuestos en la investigación efectuada por Florida-Rofner [4] para la determinación de subproductos generados, en la que menciona que las plumas representan el 5,21%, sangre 3,34% y viseras 7,27% (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de subproductos generados en el proceso de faenado periodo 2017-2020 (t) en Lambayeque

Año	Población (millones)	Consumo per cápita nacional (kg)	Cantidad anual consumida de pollo	Producción cubierta por Lambayeque 30%	Plumas	Sangre	Vísceras
					5,21%	3,34%	7,27%
2017	1 197 260	46,30	55 433	16 630	1 029	660	1 436
2018	1 270 295	50,30	63 896	19 169	1 186	761	1 655
2019	1 292 105	51,14	66 078	19 823	1 227	787	1 712
2020	1 310 785	49,83	65 316	19 595	1 213	777	1 692

Fuente: Elaboración propia, en base a INEI 2020:24, MIDAGRI [30] y Florida 2019:225-237

Para la cantidad en kg de plumas generadas en los próximos 5 años se aplicó el método de regresión lineal, con un coeficiente de determinación (R^2) igual a 0,69; presentando una tasa de crecimiento de 4,57% (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad pronosticada de plumas (t) generadas en los próximos 5 años

Periodo	Año	Producción Plumás (t)	Tasa de crecimiento (%)
1	2022	1 370,68	
2	2023	1 429,79	4,13
3	2024	1 488,89	3,97
4	2025	1 548,00	3,82
5	2026	1 607,10	3,68
Promedio			4,57

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al proceso de faenado, este cuenta con las zonas de: recepción y pesado, sacrificio, escaldado, pelado, eviscerado, lavado, enfriado y sala de empaques [32, p. 14]. La descripción de los mismos ha sido tomada en base a las investigaciones realizadas por Gonzales [33], Acosta [34] y Mestanza [35]; así mismo se detalla las entradas y salidas del proceso en el Anexo 2. Todo inicia con la recepción de materia prima, aquí los pollos son transportados en jabas a la zona de descarga (acción que es efectuada por la empresa proveedora); se continua con el pesado, el cual se realiza con la ayuda de unas balanzas. Luego los pollos son transportados al almacén en donde aguardan a la espera de ingresar a la zona de sacrificio, en el cual pasan por un adormecimiento, que se da por la intervención de una descarga eléctrica por medio de un cuchillo conectado a un electrodo con el cual son degollados al realizar un corte en la arteria carótida ubicada en la zona del pescuezo.

En el escaldado los pollos son bañados en agua caliente a una temperatura que oscila entre los 50 a 65 °C por un tiempo de 2 minutos, este proceso se realiza con el objetivo de extraer fácilmente las plumas en la etapa de desplumado, donde son pelados con la intervención de una peladora automática, teniéndose como salidas agua y plumas; siendo una fase crítica debido al riesgo de

contaminación por microorganismos fecales. Al llegar a la etapa de eviscerado se extraen, manera manual, las vísceras o menudencia que se encuentra en la cavidad gastrointestinal del ave. Acto seguido se pasa al lavado, con el fin de eliminar por completo la sangre y los desechos del eviscerado; para esto los pollos son transportados a un tanque de inmersión, el cual es un recipiente cilíndrico a base de acero inoxidable.

Para el proceso de enfriado los pollos son llevados a un estanque con agua a temperatura ambiente, para conservar su volumen y frescura. Finalmente, en el empaclado y pesado, son colocados en cubetas plásticas o jabas que luego serán pesadas y transportadas a los centros de ventas del departamento de Lambayeque.

Ahora bien, SENASA menciona que, en la etapa de sacrificio de aves, junto con la del escaldado y pelado son las que mayor contaminación generan; además de la evisceración, las cuales ocasionan la mayor dispersión de microorganismos [36]. Por otro lado, Acosta [34, p. 43] menciona que el proceso de faenamiento origina un consumo de agua de alrededor de 13,46 L/ave en un día; esto debido en gran parte a las etapas de escaldado y lavado. Así pues, debido a la significativa contaminación que presentan estos procesos, es que al disponer de estos residuos en el sistema de drenaje interior se suelen producir colapsos y atoros.

Además de los efluentes generados durante este proceso, existen otros residuos que actúan como potenciales contaminadores del ambiente, los cuales son mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Carga contaminante en los residuos en el proceso de faenado

Residuos	Sólidos Totales (%)	Sólidos Volátiles (%)	Nitrógeno Total (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)
Aves muertas	37	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Material de cama	52-81	61-65	3,2-5,7	N.R.	N.R.
Excretas	20-47	60-76	4,6-6,7	N.R.	1,5-2,1
Plumas	24,3	96,7	15	91	1-10
Sangre	22	91	7,6	98	2
Cabezas, patas, despojos	39	95	5,3	32	54

*N.R.: No Reportado

Fuente: Acosta 2016:44

Para la identificación del impacto ambiental se consideraron los componentes aire (Calidad del aire y ruido), agua superficial (caudal y calidad), suelo (calidad) y social (económico y salud); cada uno con sus respectivos factores ambientales, ya que estos pueden ser afectados de manera positiva o negativa por el desarrollo de las actividades que se dan en las plantas de faenado.

Identificándose así, en la matriz de valorización de impactos ambientales, que las plantas de beneficio generan casi en su totalidad efectos negativos sobre los diferentes componentes tomados en consideración, siendo la actividad económica (generación de empleo) el único efecto positivo. Se obtuvo un total de cinco impactos negativos compatibles, generados en su

mayoría por la actividad de recepción y pesado; ocho impactos negativos moderados, causado prácticamente en su totalidad por la actividad de desplumado y eviscerado; y dos impactos negativos severos causados por la actividad de lavado que se realiza en estas plantas causando mayor efecto en el consumo y calidad del agua (Anexo 3).

Tabla 4. Resumen de la matriz de valorización de aspectos e impactos ambientales

Actividades de faena	Aspectos ambientales	Impactos	Clasificación del impacto
Recepción y pesado	Generación de ruido	Contaminación acústica	Negativo compatible
	Generación de residuos (estiércol, plumas y aves muertas)	Afectación a la calidad del suelo	Negativo compatible
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
Sacrificio	Generación (sangre)	Alteración de las propiedades del agua y suelo	Negativo moderado
Escaldado	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	Negativo moderado
	Emisiones por utilización de gas propano	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
	Generación de agua residual	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua	Negativo moderado
Desplumado y Eviscerado	Generación de residuos (Plumas y vísceras)	Afectación al paisaje	Negativo compatible
		Alteración de la calidad del suelo	Negativo moderado
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	Negativo moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	Negativo moderado
	Generación de agua residual	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua	Negativo moderado
Lavado	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	Negativo severo
	Vertimientos de aguas de lavado con sedimentos	Afectación de la calidad del agua	Negativo severo
Económica	Contratación de personal	Generación de empleo	Impacto positivo

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de mercado

El compost como producto a comercializar se presentará al mercado en sacos de polipropileno de 50 kg, libre de patógenos, con un color marrón terroso y 100% natural. Este será obtenido mediante un proceso aeróbico del compostaje de plumas de pollo, pajilla de arroz, estiércol de vacuno y microorganismos eficientes; este último ayudará a la degradación de las plumas, disminuir el tiempo de compostaje y mejorar las características nutricionales [19].

En cuanto a las características del producto, éste contiene mayores cantidades de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N) a comparación de otros compost a base de diferentes materias primas; esto debido a que las plumas están compuestas de elevados porcentajes de proteínas, MO y N, lo que le permite ser una gran fuente de minerales, péptidos y aminoácidos. Las características se describen en el Anexo 4. Cabe resaltar que la cantidad de plumas de pollo que

contendrá la mezcla total será de un 40%, esto tomando en consideración la investigación realizada por Dueñas, Hornas y Salvador [18]; teniéndose que el producto se encuentra dentro de los parámetros de medición para ser considerado como compost de buena calidad. Considerando que en nuestro país no se encuentra con una normativa técnica del compost, se tomó como referencia de calidad los requisitos de la segunda actualización de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167, la misma que es utilizada por varias empresas peruanas [37, p. 79]. Ver Anexo 5.

El compost podrá ser usado en suelos agrícolas como fertilizantes de liberación semi – lenta o en cultivos que requieran cantidades menores pero constantes de nitrógeno, el cuál ayudará también al control de enfermedades [4]. Ahora bien, este producto además de ayudar a disminuir la contaminación ambiental, cuenta, por mucho, con mayores cantidades benéficas de MO y N. Sin embargo, existen otros productos similares en uso, entre los cuales se tiene al guano de isla, gallinaza y humus; de los cuales está compuesta principalmente la oferta de abonos en el país, que según el “Plan Nacional de cultivos - Campaña agrícola 2019-2020” [38] del total de productores agropecuarios solo el 62% (1 370 341 productores) este tipo de abono.

El factor en consideración para determinar el área de mercado está vinculado con la cantidad de agricultores y hectáreas dedicadas a la producción de cultivos orgánicos en Lambayeque. Entre los potenciales factores que limitarían la comercialización del producto se encontraría la falta de información acerca de los beneficios del producto, el modo de uso, la introducción al mercado nacional de algún competidor extranjero que influya sobre el precio o la falta de aceptación por incumplimiento de los requerimientos y expectativas del cliente.

En lo que respecta a las características de los consumidores, serían pequeños, medianos agricultores y empresas agroindustriales dedicados a la producción orgánica en la región, además de aquellos que buscan mejorar o mantener la fertilidad de sus suelos mediante el uso de abonos orgánicos.

El Perú presenta un gran potencial en estas áreas debido a sus favorables condiciones agroecológicas y mega diversidad, evidenciándose en los últimos años un crecimiento anual que genera no solo beneficios medioambientales al manejar mejor el consumo de agua, uso de suelo y diversidad biológica en general; sino también beneficios sociales y económicos al país. Así pues, durante el año 2019 la producción orgánica nacional se ha venido desarrollando en 22 departamentos, con un área total de 394 152 hectáreas [39]. En lo que concierne a la producción orgánica de Lambayeque esta se ha ido incrementando en comparación al año anterior, con un total de 5 177 hectáreas principalmente dedicadas al cultivo de café y banano. Ver Anexo 6. Cabe resaltar que el Perú se encuentra entre uno de los cuatro principales

exportadores de café orgánico en el mundo, con una exportación de 67 082 toneladas durante el año 2020 [40].

Dado el aumento de la producción orgánica de diversos cultivos en nuestro país, es que la demanda de abonos orgánicos ha venido en incremento, teniéndose que en promedio el 62% de los productores a nivel nacional hacen uso de algún tipo de abono orgánico, representando la costa el 64% de este [38].

Por otro lado, cabe resaltar que el MIDAGRI no ofrece datos sobre la oferta del compost a nivel de Lambayeque, por lo cual los datos considerados para las proyecciones de oferta y demanda fueron considerados a nivel nacional con el fin de poder realizar el posterior balance entre estos dos. La demanda histórica está en función al total de hectáreas orgánicas cosechadas a nivel nacional durante el periodo 2015-2019 y la cantidad de compost usado por hectárea, que de acuerdo a Borrero se utilizan 6 toneladas [41]. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Demanda histórica nacional, periodo 2015-2019 (t)

Año	Área Orgánica (ha)	Cantidad de compost utilizado (t)
2015	457 039,60	2 742 237,60
2016	395 561,54	2 373 369,24
2017	358 854,40	2 153 126,40
2018	429 627,74	2 577 766,44
2019	328 009,13	1 968 054,78

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la demanda proyectada se hizo uso del método de suavizamiento exponencial para un periodo de 5 años a partir del 2022, en el cual se tuvo en consideración la tendencia presentada por los datos, llegándose a pronosticar que para el 2026 el consumo será de 3 158 061,98 toneladas (Tabla 7).

Así mismo la oferta existente, a nivel nacional como regional está determinada casi en su totalidad por las importaciones que realiza el país, y a que la producción nacional de abono orgánico está principalmente referida al guano isla, cuya extracción está regulada por el Estado, con el fin de evitar su agotamiento [9]. Durante el 2019 el Perú realizó una importación de 5 853 toneladas de abono de origen animal o vegetal, lo cual representaría el 1,2% de las importaciones mundiales para este producto, presentando una tasa de crecimiento promedio de 19,09 %, lo que reflejaría que el país no puede satisfacer su demanda, y por ende tiene la necesidad de conseguirlo de otros países (Tabla 6).

Debido a la escasa información sobre la oferta de compost a nivel regional, la proyección de la oferta se hizo teniéndose en consideración los datos mostrados en la tabla anterior, para el cuál se utilizó el método de proyección lineal con $R^2 = 0.59$, mostrándose que para el año 2026 la oferta será de 49 005 toneladas (Tabla 7).

Tabla 6. Oferta total de abono de origen animal o vegetal, periodo 2016 – 2020 (t)

Año	Importación	Producción nacional de guano de isla	Oferta Total
2015	2 713	20 276	22 989
2016	3 061	28 395	31 456
2017	3 385	22 953	26 338
2018	4 692	25 542	30 234
2019	5 853	28 788	34 641

Fuente: Elaboración propia. En base a TRADE MAP 2021 [24] y MIDAGRI 2021 [25]

Para la demanda insatisfecha se tomó en consideración la diferencia existente entre la demanda y oferta proyectada a nivel nacional. De esta forma la demanda del proyecto está definida por el porcentaje a cubrir de la demanda insatisfecha nacional, la cual fue determinada en función a la generación de plumas en la región.

Tabla 7. Demanda insatisfecha y porcentaje a cubrir

Año	Demanda proyectada (t)	Oferta proyectada (t)	Demanda insatisfecha (t)	Porcentaje a cubrir (%)
2022	2 722 079,38	40 173	2 681 906,78	0,08%
2023	2 831 075,03	42 381	2 788 694,23	0,08%
2024	2 940 070,68	44 589	2 895 481,68	0,08%
2025	3 049 066,33	46 797	3 002 269,13	0,08%
2026	3 158 061,98	49 005	3 109 056,58	0,08%

Fuente: Elaboración propia.

En Lambayeque la venta de compost es principalmente realizada por menudeo, encontrándose en el mercado con un precio menor al de los fertilizantes inorgánicos. De acuerdo a la disponibilidad de información del MIDAGRI, no se cuenta con una data histórica sobre los precios de compost, por lo cual para determinar el precio del producto a comercializar se tomó como referencia los precios promedios por tonelada a nivel nacional de la gallinaza y guano de isla, uno de los abonos orgánicos más utilizados, teniéndose como precios históricos los datos encontrados durante el periodo 2016 – 2020 (Tabla 8).

Tabla 8. Precio minorista del guano de isla a nivel nacional (soles)

Año	Precio por t		Precio por saco de 50 kg		Precio promedio total por saco de 50 kg
	Guano de isla	Gallinaza	Guano de isla	Gallinaza	
2016	1 225,00	354	61,25	17,70	39,48
2017	1 235,00	368	61,75	18,40	40,08
2018	1 248,00	381	62,40	19,05	40,73
2019	1 223,30	410	61,17	20,50	40,83
2020	1 228,79	433	61,44	21,65	41,54

Fuente: Elaboración propia. En base a MIDAGRI [25]

Dado que la economía regional, nacional y mundial se encuentran en constantes cambios, la proyección de precios que se realizó estará sujeta a los mismos; lo cual hace que esta no sea del todo estable. Considerando que no se cuenta con referencias exactas sobre el precio de compost

en el mercado, se tuvo en consideración ciertos factores para fijar el precio del producto a comercializar, entre los cuales se encuentra los gastos indirectos de producción, el margen de ganancia que se desea como empresa, entre otros; presentándose así una tasa de crecimiento de 1,12%.

Con respecto al plan de ventas este fue determinado para el periodo 2022-2026, en base al precio del compost para presentaciones de 50 kg por saco y el porcentaje de la demanda insatisfecha que se cubrirá (0,08%). Tabla 9.

Tabla 9. Plan de ventas del proyecto

Año	Demanda del proyecto (t)	Cantidad de sacos de 50 kg	Precio por saco (S/.)	Total (S/.)
2022	2 103,57	42 071	39,48	1 787 565,24
2023	2 194,27	43 885	40,08	1 886 131,22
2024	2 284,98	45 699	40,73	1 986 473,84
2025	2 375,68	47 513	40,83	2 088 593,08
2026	2 466,39	49 327	41,54	2 192 488,96

Fuente: Elaboración propia.

Así pues, la comercialización del producto se dará por el modelo más tradicional de comercio, es decir la venta directa; en la cual no se contarán con intermediarios, sino que este será vendido directamente a los potenciales consumidores, entre los cuales se encuentran los pequeños, medianos agricultores y empresas agroindustriales en la región Lambayeque; dándose así una relación fabricante-consumidor. Todo esto con el fin de disminuir costos y que la relación vendedor-consumidor sea mucho más personalizada, cabe resaltar que se tomará como punto de venta, en una primera instancia, el mismo centro de producción. Al mismo tiempo se tendrá como estrategia de comercialización la difusión a través de los medios de comunicación más accesibles para el público objetivo (internet y/o radio).

Estudio técnico tecnológico para la instalación de una planta productora de compost

Macro y micro localización

Para la macro localización del proyecto se determinó específicamente la región de Lambayeque, esto debido a que las plumas utilizadas para la producción del compost serán obtenidas de los centros de faenamiento de la región. Así pues, la región Lambayeque se encuentra ubicada en la costa norte del territorio peruano, limitando por el norte con el departamento de Piura, con el departamento de Cajamarca por el este, Libertad por el sur y con el Océano pacífico por el oeste; contando con una altitud entre 1 y 4 mil msnm. Conformada por tres provincias (Chiclayo, Ferreñafe y Lambayeque) y 38 distritos, llegando a representar el 1,1% de la superficie nacional, es decir una extensión superficial de 14 231,30 km²; teniendo como capital a la ciudad de Chiclayo [5].

En cuanto a la micro localización se han considerado nueve factores para la evaluación por provincia en Lambayeque (disponibilidad de mano de obra, agua, energía eléctrica, materia prima, factores geográficos, vías de comunicación y transporte y disponibilidad de terreno) los cuales fueron sometidos a una comparación utilizándose el método de factores ponderados, determinándose así que el factor con mayor relevancia es la disponibilidad de materia prima con un peso de 23,81%, seguido por la disponibilidad de terreno y mano de obra, ambas con 19,05%. Es así que, el terreno seleccionado se encuentra ubicado en la provincia de Chiclayo, distrito de la Victoria, ya que es donde se concentra el mayor número de centros de faenado. Así pues, las coordenadas del terreno son -6.8101417 de latitud y -79.8501138 de longitud, ubicada a 190,18 m del molino de arroz “Molino Lirio” y a 171,65 m del Establo lechero Sevayta (empresa dedicada a la cría de ganado bovino y búfalos), empresas de las cuales se puede obtener la pajilla de arroz y estiércol necesarios para el compostaje. (Anexo 7).

Cabe mencionar que el terreno seleccionado se encuentra dentro de las zonas destinadas a la expansión urbana e industrial identificadas por el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) en el Mapa de zonificación ecológica económica del departamento de Lambayeque [42]

Especificaciones del proceso

Para el plan de producción se tuvo en consideración el plan de ventas y los cinco años de proyección, el cual inicia en el 2022 y finaliza en el 2026, llegando a determinarse una producción de 42 071 sacos de compost para el primer año y 49 327 unidades para el último año. Así mismo, se considera que no existe inventario inicial ni final debido a que solo se cubrirá una pequeña parte de la demanda insatisfecha, además de que el producto requiere de un proceso de compostaje de 75 días para poder obtenerse [17], así mismo se asume la total comercialización de las unidades producidas.

Con el fin de lograr que el compostaje sea desarrollado correctamente, evitando que el proceso sea más lento y permitiendo que el producto final sea de calidad, se tuvo en consideración el equilibrio que debe de existir entre los distintos nutrientes, sobre todo la existente entre el nitrógeno y carbono. Así pues, teniendo en consideración que los microorganismos utilizan entre 15 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno, la proporción ideal de Carbono-Nitrógeno (C/N) inicial se encontraría alrededor de 25 y 35, esto según las investigaciones de Frioni [43] y Soliva [44], citado por Riera [45]. Para este caso la relación C/N del compost se ajustó mezclando las plumas de pollo con residuos de características complementarias, obteniéndose finalmente una relación C/N inicial de 26,4:1; lo cual significaría que existen 26,4 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno en la sustancia,

valor que se encuentra dentro del rango óptimo. Por ende, para la producción de un solo saco de compost de 50 kg, se requiere de 32,58 kg de plumas; 24,43 kg de estiércol de vacuno y pajilla de arroz en la misma cantidad (Anexo 8).

Tabla 10. Requerimiento anual de materia prima e insumos, t/año

Materia prima e insumos	2022	2023	2024	2025	2026
Plumas de pollo	1 370,77	1 429,88	1 488,98	1 548,09	1 607,19
Estiércol de vacuno	1 028,08	1 072,41	1 116,74	1 161,07	1 205,39
Pajilla de arroz	1 028,08	1 072,41	1 116,74	1 161,07	1 205,39
Total	3 426,94	3 574,70	3 722,46	3 870,22	4 017,98

Fuente: Elaboración propia.

Los insumos necesarios para la elaboración del producto serán obtenidos del Establo Lechero Sevayta E.I.R.L., la cual se dedica a la cría de ganado bovino y búfalos en la provincia de Chiclayo; en lo que concierne al suministro de pajilla de arroz, Lambayeque ha presentado un incremento en cosechas y mejores rendimientos de 86,4% durante el 2020 [46], ubicándola entre una de las principales regiones con mayor cosecha de este cereal; lo que significaría la disponibilidad de este recurso para el proyecto, así pues cerca al terreno seleccionado se encuentra un molino de arroz del cuál la empresa podría obtener el insumo necesario.

En lo que respecta al proceso de compostaje, este puede darse de tres formas (automatizada, manual o mecanizada), sin embargo, la elección del método a utilizar dependerá, entre otros factores, de la disponibilidad de materia prima con la que se cuente; así pues, el método seleccionado fue el compostaje mecanizado. El cuál inicia con la recepción la materia prima e insumos, es decir las plumas provenientes de los centros de faenado, estiércol de vacuno y pajilla de arroz; los cuales serán pesados en una balanza eléctrica con el fin de conocer la cantidad que ingresa al proceso. Las plumas recolectadas vendrán ya lavadas, esto con el fin de eliminar cualquier residuo de sangre o trozos de carne que pudieran encontrarse en ellas; quitándose así cualquier residuo que pueda pudrirse durante el proceso de compostaje.

Luego, las plumas lavadas junto con el estiércol de vacuno y la pajilla de arroz serán mezclados en proporciones adecuadas, esto es 40% y 30% para los dos últimos respectivamente; considerándose que el tamaño de las partículas de los materiales a compostar se encuentran dentro del rango ideal (5 a 30 cm) según la FAO [16], no se hace necesario el proceso de trituración que normalmente se realizan en las plantas de compost de residuos sólidos. Las pilas de composta estarán formadas por 3 capas sucesivas de estiércol y plumas de pollo, teniendo como base una capa de pajilla de arroz; a las que se les aplicarán 1 L de microorganismos eficientes (ME) por cada tonelada de peso total.

Los ME serán agregados con el fin de ayudar a la descomposición de las plumas, mejorar la calidad del compost y reducir el tiempo de obtención del mismo. Para que los ME puedan ser

usados tendrán que activarse, es decir que se mezclará melaza (5%) con agua limpia (90%) y ME (5%); cuya mezcla será vaciada y cerrada herméticamente en un depósito, el cual permanecerá en reposo en un ambiente bajo sombra por un total de 7 días [18].

Durante la etapa de compostaje se realizarán los volteos periódicos de las pilas con la ayuda de una volteadora, según los niveles de temperaturas alcanzados (65-70°C) hasta llegar a alcanzar la estabilización de la temperatura de las pilas (aproximadamente 35°C); con un número mínimo de volteos de una vez a la semana, liberándose durante el proceso un aproximado del 38% de lixiviados.

Finalmente, después del periodo de compostaje el producto terminará con un porcentaje de humedad entre el 30% y 40%, con el fin de obtenerse un producto más homogéneo los materiales compostados serán pasados por un proceso de tamizado, para posteriormente ser envasados en sacos de propileno de 50 kg; los cuales serán cocidos y llevados al almacén (Anexo 9).

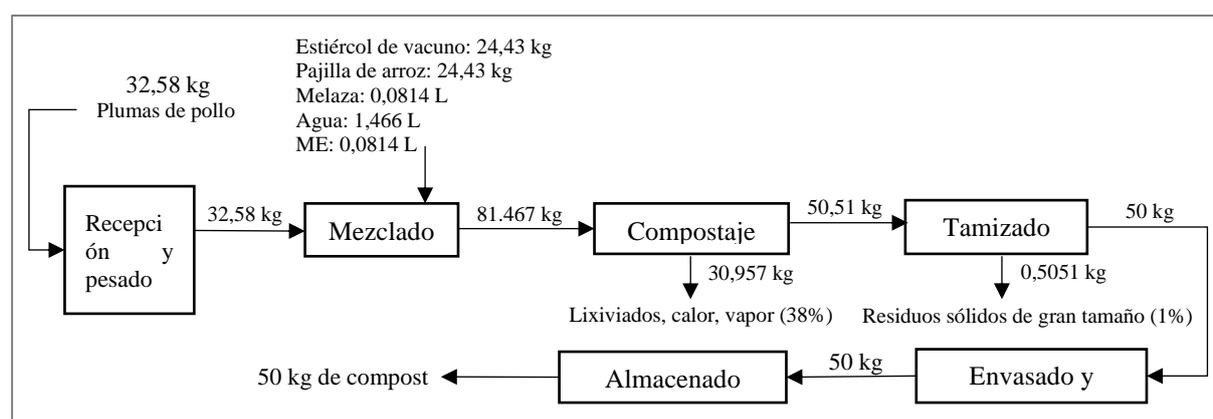


Figura 1. Balance de masa

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la capacidad de planta o diseñada fue determinada en función a la mayor demanda a cubrir para los cinco periodos proyectados, esto es para el año 2026 un total de 49 327 sacos de 50 kg; así mismo se consideró 1 turno de 8 horas al día, 26 días/mes y 12 meses al año; obteniéndose como resultado una capacidad de 19 sacos/h. De la misma forma la capacidad real fue determinada en base al mismo periodo de jornada y el primer año de la demanda del proyecto (42 071 unidades), resultando una capacidad de 16 sacos/h. De modo que la capacidad utilizada fue de 84,2%.

En lo que concierne a los indicadores de producción se tuvieron en consideración la productividad del proceso (61,4%) y la productividad por hora-hombre (2,82 sacos/h-hombre), los cuales son de relevancia para evaluar el rendimiento y la eficiencia.

A fin de poder elegir la maquinaria necesaria en la producción de compost se evaluaron aspectos como dimensiones, potencia, capacidad y precio para la elección de la tecnología a

usar; eligiéndose un total de 7 maquinarias (Tabla 11). Las capacidades mínimas de las mismas estuvieron sujetas a los requerimientos de MP e insumos (ver Tabla 10) para la producción diaria de compost (158 sacos/día). Así mismo cabe señalar que el cuello de botella está determinado por el proceso de compostaje propiamente dicho, es decir, la descomposición de los desechos (75 días); debido a que es la etapa de mayor duración.

En el Anexo 10 se detallan las herramientas y equipos necesarios para el desarrollo de las diferentes actividades en planta que será realizadas por 7 operarios con un tiempo disponible operativo de 480 min/día.

Tabla 11. Maquinaria

Maquinaria	Unid.	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)	Capacidad	Fuente de energía
Volteadora	1	74 385	74 385	1200 m ³ /h	Potencia del motor
Minicargador	1	58 792,16	58 792,16	3,5 t	Potencia del motor
Balanza plataforma industrial	2	600	1 200	5 t	Batería recargable
Camión	1	126 877,34	126 877,34	6 t	Potencia del motor
Tamiz	1	39 303	39 303	10 - 80 t/h	Potencia del motor
Báscula electrónica	2	256,59	513,18	60 kg	Batería recargable
Cosedora de sacos	1	265,85	265,85	20 cm/seg	Potencia del motor

Fuente: Elaboración propia. En base a Alibaba [47]

Distribución de planta

Para la determinación de la distribución de planta se tomó en cuenta las 14 áreas con las que contará la empresa, la minimización del recorrido a fin de hacer los procesos más eficientes, garantizando que cada área cuente con los m² necesarios según el nivel de producción que se espera obtener, así como el cumpliéndose del área mínima requerida según el Reglamento Nacional de Edificaciones y los cálculos hallados por el método Guerchet; resultando un total de 2 251,18 m².

El área de recepción de materia prima (MP) e insumos fue determinada considerándose los equipos de pesaje, el volumen de los desechos a descargar (5,15 t/día de plumas, 3,86 t/día de estiércol y 3,86 t/día de pajilla de arroz), el radio de giro del camión, traslado de los operarios y las herramientas utilizadas por los mismos en dicha área. Cabe mencionar que la recolección de los insumos será tercerizada, así como el lavado de la materia prima (plumas), con lo cual la empresa solo se encargará del recojo de las plumas lavadas que serán recolectadas en sacos.

En el área de almacén de MP se realizará el acopio temporal de las plumas, para el dimensionamiento del área se tuvo en consideración la densidad del residuo (103 kg/m³) y la cantidad diaria a recolectarse, la cual es de 5,15 toneladas, que serán recolectadas de

aproximadamente 6 centros de faenado, esto considerándose que cada centro de beneficio avícola se genera alrededor de 900 kg diarios de plumas.

El cálculo del área de almacenamiento de insumos se realizó bajo la misma metodología que el área anterior, considerándose que el almacenamiento de los residuos de alta degradabilidad no debe ser superior a los 3 días y que la capacidad máxima de almacenamiento, para afrontar posibles situaciones de emergencias que se puedan suscitar, no deberá superar el triple de la capacidad diaria prevista; determinándose así el volumen ocupado por los mismos en base a la cantidad diaria de acopio (3,86 t/día de estiércol y 3,86 t/día de pajilla de arroz) y sus densidades (730 kg/m³ y 640 kg/m³).

En lo que concierne al área destinada a las pilas de compostaje se tuvo en cuenta el dimensionamiento y radio de giro de la maquinaria necesaria (minicargador y volteadora), el espacio para el tanque de recojo de lixiviados y el número de pilas con el que contará la planta. El número de pilas fue determinado según la metodología presenta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) [16, p. 49] en el “Manual de compostaje del agricultor”, necesitándose así total de 8 pilas de 2,6 m de ancho, 20 m de largo y 1,3 m de alto con un volumen de 67,6 m³ por cada una, medida aproximada en base al volumen de un paralelepípedo. las dimensiones de las pilas fueron halladas en base a los requerimientos de MP e insumos del último año del plan de ventas, densidad de los mismos (1 473 kg/m³) y el volumen de cada pila. El requerimiento de metros cuadrados para el área de tamizado y envasado fue establecido en base al dimensionamiento de la maquinaria (tamiz vibratorio y balanza), espacio mínimo entre estas, personal y área necesaria para el manejo de las mimas.

En el área de control de calidad se analizarán las muestras tomadas de las diferentes etapas en las que se desarrolla el compost llevándose a cabo las mediciones de los parámetros necesarios para controlar el proceso y obtener un producto de calidad, el área de almacenamiento de producto terminado contará con el espacio suficiente para el correcto apilamiento de los sacos de 50 kg obtenidos al final de la producción. En cuanto al área de herramientas manuales, este será el espacio destinado donde se hallarán las diferentes herramientas necesarias en el proceso.

En el área de oficinas administrativa se encontrarán tanto la oficina del gerente general como la del jefe de producción; así mismo se contará con un área de servicios higiénicos para el personal administrativo y otra para los operarios. En el dimensionamiento de los SSHH y área de vestidores se tuvo en consideración el requerimiento mínimo de servicios sanitarios en las plantas industriales, según la Norma IS.010 de instalaciones sanitarias para edificaciones [48, p. 118]. Finalmente, la planta contará con un área destinada para vigilancia y otra para área

verde, la cual según la Norma A.010 debe ser el 30% del área total de la planta. Los metros cuadrados necesarios por área son mostrados en el Anexo 11.

Recurso humano

La planta procesadora de compost, tendrá la estructura organizacional que se presenta a continuación: El Gerente General, será el responsable de supervisar, dirigir y controlar las diferentes áreas que presenta la empresa, así como las principales actividades dentro de ella, procurando el posicionamiento de la misma en el mercado. El Jefe de Producción, será la persona encargada de organizar y planificar la producción en la empresa, además de asegurar la calidad del producto. Los 7 operarios, serán los encargados de realizar las distintas actividades de producción, los cuales de preferencia deberán tener conocimientos básicos sobre el compostaje. Cabe señalar que además de ello se contará con un ayudante de recolección de MP y un chofer que será el encargado manejar el camión que recogerá la MP de los centros de faenado. En lo que respecta al personal de vigilancia, este deberá contar con educación secundaria completa y una experiencia mínima de 1 año. En el Anexo 12 se detalla el personal requerido.

Análisis económico financiero y ambiental de la propuesta

Análisis económico financiero

En lo que respecta a la inversión tangible se tuvo en consideración el valor del terreno a comprar, con un costo de S/. 163,52 el m², esto es un total de S/. 340 095,32. Así mismo se consideraron los costos de construcción en base a los valores unitarios de edificación proporcionados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [49], obteniéndose una inversión de S/. 623 174,14 para infraestructura, el costo de las instalaciones de eléctricas y sanitarias (S/. 83,69 el m²), el costo total de maquinaria (S/. 41 282,03), equipos de producción (S/. 4 494,83), oficina (S/. 11 637,80) y transporte (S/. 260 054,50); resultando un total de S/. 1 465 737,53 como inversión tangible. La inversión intangible estuvo en base a los estudios (S/. 5 000), gastos pre operativos (S/. 18 325,32) en los cuales se consideraron la licencia de funcionamiento (S/. 384), inscripción en registros públicos (S/. 472), licencia de edificación (S/. 1 130,50), entre otros; además de las capacitaciones (S/. 1 000), teniéndose un total de S/. 24 374,86 como inversión intangible. Cabe mencionar que el porcentaje que se tomó para los imprevistos de la inversión fue de un 5%, con lo cual la inversión total fue de S/. 1 768 556,06, siendo esta asumida en un 25% mediante financiamiento, el 35% por el socio estratégico y el 40% por el promotor.

El capital de trabajo fue hallado para una proyección de 5 años, evidenciándose un superávit en cada uno de ellos (S/. 776 393,57 para el primer año y S/. 1 116 912,16 para el año 2026),

lo cual indicaría que los ingresos obtenidos serán mayores que los egresos durante ese periodo, sin embargo, el capital de trabajo con el que se trabajará será el del primer trimestre, ya que es el tiempo aproximado en el que se percibirá los ingresos por las ventas del producto. Tabla 12.

Para el cálculo de este capital se tuvieron en cuenta los costos de producción (S/. 720 242,81 para el año 2022 y S/. 808 798,05 para el año 2026), es decir, los costos de los materiales por unidad de venta por los requerimientos de materia prima e insumos anual, más la mano de obra directa e indirecta (a la cual se les añadió como beneficio el 51% de su salario), más los suministros de combustible (S/. 16,23 el galón) y energía por máquina (S/. 0,52 por kW/h); más los gastos de administración, esto es los sueldos del personal administrativo con la asignación del 51% de beneficios, más los materiales y útiles de oficina (S/. 274 al mes), el consumo de luz eléctrica, agua, teléfono e internet; a lo cual se le adicionan los gastos de comercialización (S/. 300 al mes por manejo de página web, más la promoción y gastos de papelería) y gastos de financiamiento, en el que se consideran los intereses y amortizaciones (en este caso en base a la tasa efectiva anual del banco (13,5%) [50], con un periodo de recuperación de 10 años).

Tabla 12. Capital de trabajo (S/.)

Ítem	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Ingresos	1 787 565,24	1 886 131,22	1 986 473,84	2 088 593,08	2 192 488,96
Egresos					
Costos de Producción	720 242,81	742 381,62	764 520,43	786 659,24	808 798,05
Gastos Administrativos	169 231,17	169 231,17	169 231,17	169 231,17	169 231,17
G. de Comercialización	16 600,00	16 600,00	16 600,00	16 600,00	16 600,00
Gastos Financieros (Interés + amortización)	105 097,69	99 060,17	93 022,64	86 985,11	80 947,58
Total Egresos	1 011 171,67	1 027 272,95	1 043 374,23	1 059 475,52	1 075 576,80
Saldo (Deficit/Superavit)	776 393,57	858 858,27	943 099,60	1 029 117,57	1 116 912,16
Utilidad Acumulada	776 393,57	1 635 251,84	2 578 351,44	3 607 469,01	4 724 381,17

Fuente: Elaboración propia.

Fueron evaluados también los ingresos mínimos con los que debería contar la empresa para no presentar pérdidas, determinándose así para el primer año un punto de equilibrio económico de S/. 487 251,37, esto es 11 468 unidades; y para el quinto año S/. 422 716,85, que vendrían a significar la venta de 9 511 unidades.

En base al flujo de caja obtenido se observó que desde el primer año de funcionamiento el proyecto presentará un saldo final positivo (superávit) de S/. 685 930, llegando a ser para el quinto año un monto de S/. 907 387; sin embargo, es en el segundo año que se podrá recuperar la inversión realizada. A fin de analizar la evaluación económica financiera del proyecto se determinó el TMAR global, considerándose un porcentaje de inflación del 2,14% según el reporte de inflación presentado por el Banco Central de Reserva del Perú, el porcentaje de ganancia de la entidad financiera (13,5), del socio estratégico (15%) y la del promotor (17%),

teniéndose así un TMAR del 17%. Así mismo otros de los indicadores usados para la evaluación fue el valor actual neto (VAN), siendo este de S/. 1 167 857,19 con un TIR de 49,4%, el cual el mayor que el TMAR, observándose así la producción de ganancias en la inversión y la viabilidad del proyecto. Finalmente se analizó el costo-beneficio del proyecto teniéndose que por cada S/. 1 invertido se obtendrá una ganancia de S/. 1. Por otro lado se realizó el análisis de sensibilidad del precio, modificándose las ventas en función a este, teniéndose finalmente que estas pueden llegar a disminuir hasta en un 27 % para que el proyecto siga siendo aún viable.

Tabla 13. Flujo anual de caja en S/.

Ítem	0 Año	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año	5 Año
Inversión						
Capital Social	1 321 332					
Prestamos a CP y LP	447 224					
Total Inversión	1 768 556					
Ingresos						
Ventas al Contado		1 787 565	1 886 131	1 986 473	2 088 593	2 192 488
Total Ingresos		1 787 565	1 886 131	1 986 473	2 088 593	2 192 488
Ingresos						
C. Producción		720 243	742 382	764 520	786 659	808 798
G. Administrativos		169 231	169 231	169 231	169 231	169 231
G. Comercialización		16 600	16 600	16 600	16 600	16 600
Amortización de prestamos		44 722	44 722	44 722	44 722	44 722
Total Egresos		950 796	972 935	995 074	1 017 213	1 039 352
Saldo Bruto (antes de Impuesto)		836 769	913 196	991 400	1 071 380	1 153 137
Impuesto a la renta		251 031	273 959	297 420	321 414	345 941
Saldo (después de Impuesto)		585 738	639 237	693 980	749 966	807 196
Depreciación		100 191	100 191	100 191	100 191	100 191
Saldo Final (Defocot/Superavit)	-1 321 332	685 930	739 429	794 171	850 158	907 387
Utilidad Acumulada	-1 321 332	-635 402	104 026	898 198	1 748 355	2 655 743

Fuente: Elaboración propia.

Análisis ambiental

A fin de conocer el impacto ambiental que tendrá el proyecto se realizó una matriz de valorización de impactos ambientales, considerándose para su desarrollo los componentes de aire (Calidad del aire y ruido), agua superficial (caudal y calidad), suelo (calidad) y social (económico y salud); cada uno con sus respectivos factores ambientales, ya que estos pueden ser afectados de manera positiva o negativa por el desarrollo de las diferentes actividades que se dan en la planta. Obteniéndose así que el desarrollo de los procesos en planta genera casi en su totalidad efectos irrelevantes sobre los diferentes parámetros tomados en consideración, no siendo necesario la elaboración de un plan de acción ya que estos permanecen casi o sin alteración. La actividad económica (generación de empleo y desarrollo industrial) fue el único

efecto positivo identificado en la matriz. Con respecto a los impactos negativos moderados determinados, se tiene que estos son principalmente causados por el consumo de agua y liberación de lixiviados que se dan durante el proceso de descomposición de los residuos; por lo cual y a fin de reducir dicho impacto se utilizará un sistema de recogida de lixiviados, los cuales serán usados para el riego de las pilas en la etapa de descomposición; esto debido a las sustancias bioactivas producidas, alto contenido de nutrientes solubilizados y microorganismos inoculados presentes en los lixiviados al utilizarse el EM en las pilas, permitiendo incluso que dicho efluente sea usado como abono líquido [51, pp. 26-27]. Ver Anexo 12.

Tabla 14. Resumen de la matriz de análisis ambiental del proceso de compostaje

Actividades	Aspectos ambientales	Impactos	Clasificación del impacto
Recepción y pesado	Generación de ruido	Contaminación acústica	Negativo compatible
	Emisión de polvo	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
Mezclado y compostaje	Generación de ruido	Contaminación acústica	Negativo compatible
	Generación de gases	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	Negativo moderado
	Liberación de lixiviados	Alteración del agua superficial y subterránea	Negativo moderado
		Alteración de la calidad del suelo	Negativo moderado
Tamizado	Generación de material particulado	Alteración de la calidad del aire	Negativo compatible
	Generación de ruido	Contaminación acústica	Negativo compatible
Económica	Desarrollo industrial	Alteración de la economía regional	Impacto positivo
	Contratación de personal	Generación de empleo	Impacto positivo

Fuente: Elaboración propia.

Discusiones

En cuanto a los resultados encontrados sobre la situación actual de los residuos del faenado avícola en la región Lambayeque y la evidente disminución de la producción de carne de pollo, por ende también de plumas, según información recolectada de la base de datos del SENASA; irían en concordancia con el decrecimiento que se presentó a nivel nacional, con una tasa de 2,1% para el año 2020 [30]; así mismo el INEI menciona que esta reducción se habría presentado en 13 de los departamentos del país debido a la disminución de colocaciones de pollos BB en las líneas de carne [46]. De la misma forma los impactos ambientales hallados en esta investigación, tienen relación con los mencionados por Florida-Rofner [4], en cuanto a la contaminación que generan las plantas de beneficio al disponer inadecuadamente de las plumas, ocasionando contaminación por vertimientos a fuentes hídricas, en la calidad del aire y emisiones de gases.

Con respecto al estudio de mercado realizado, el proyecto solo podrá cubrir el 0,08% de la demanda insatisfecha nacional, y aunque el porcentaje es pequeño; esto se debió a que fue determinada en base a la disponibilidad de residuos que se desea aprovechar de la región Lambayeque. Caso similar es el de Cachay [52] quien en su estudio de factibilidad empezó cubriendo el 0,11% de la demanda insatisfecha durante los primeros años, proyectándose a cubrir al final de la demanda el 0,12%; debido a la cantidad de residuos orgánicos domiciliarios con los que cuenta la zona elegida. Así mismo en su investigación se hace evidente la existente y creciente demanda de compost que hay en la región.

Ahora bien, para el caso del estudio técnico tecnológico desarrollado en este artículo, la determinación del proceso, insumos y porcentajes a utilizar para la producción de compost fue determinado en base a la investigación de Dueñas, Hornas y Salvador [18]; siendo las proporciones a usar de 40% para plumas y 30% para cada uno de los insumos seleccionados, esto es pajilla de arroz y estiércol de vacuno. Si bien es cierto los porcentajes e insumos propuestos en esta investigación difieren un poco con lo utilizado por Florida-Rofner y Reategui [17] (30% de plumas y 70% de estiércol de vacuno), así como el del artículo de Pocomucha y Florida-Rofner [19] (485,2 kg de plumas de pollo, 320 kg de aserrín, 2 kg de material verde y 2% de microorganismos eficientes); el descarte de estas dos alternativas se debió principalmente a la relación C/N que presentaban las mezclas, indicador que permite conocer si los microorganismos dedicados a la degradación de los residuos a compostar disponen de la cantidad necesaria de nutrientes.

En lo concerniente a los resultados obtenidos del análisis económico financiero, la propuesta de instalación realizada por Castro [53] obtuvo resultados similares al hallado en este estudio, con un TMAR global de 15,15%, un TIR de 60,68% y un costo beneficio de S/. 1,97 por cada sol invertido, indicadores que permitieron la aprobación del proyecto. Caso similar a este fueron resultados obtenidos por Vargas [54] en su investigación con un TMAR de 12%, un TIR de 42% y un costo beneficio de S/. 2,93 por cada sol invertido. Respecto al análisis ambiental del proyecto se tiene que la propuesta genera tanto beneficios económicos como ambientales, a pesar de que la etapa de descomposición de los materiales a compostar sea la que presentó impactos negativos moderados sobre la calidad del suelo y consumo de agua, sin embargo, con el plan de acción propuesto para el sistema de recojo de lixiviados se estaría mitigando las consecuencias de dichos impactos. Acciones similares son las propuestas por Vargas [54] en su investigación, en la cual menciona que dicho sistema reduciría los impactos causados por los factores ambientales más críticos, beneficiando de manera global al sector socioeconómico y ambiental, al darles valor añadido a los desechos de la cosecha de banano.

Conclusiones

La propuesta de instalación de una planta de compostaje mediante volteos permitirá el uso de 5,15 toneladas diarias de plumas de pollo que permitirán la obtención de 2 466,39 toneladas de compost para el 2026.

La situación actual de los centros de faenado muestra que cada uno de ellos genera alrededor de 900 kg/día de plumas de pollo. Así mismo el diagnóstico ambiental, medido de acuerdo a una matriz de importancia del impacto ambiental, determinó que son las actividades de desplumado y eviscerado las que ocasionan la mayoría de los impactos negativos moderados, alterando la calidad del suelo, agua y aire.

El estudio de mercado identificó la existencia de una demanda insatisfecha en un mercado capaz de adquirir el producto que se desea comercializar, así pues, el porcentaje que cubrirá la planta de compostaje será del 0,08% de la demanda insatisfecha nacional, valor determinado en base a la cantidad de materia prima con la que dispone la región.

Para la producción de compost se usarán las plumas de pollo (40%), estiércol de vacuno (30%) y pajilla de arroz (30%) a fin de obtener una correcta relación C/N inicial de la mezcla (26,4:1). Así mismo se hará uso de EM para la aceleración del proceso de compostaje y descomposición de la MP, teniéndose una producción de 42 071 sacos de 50 kg para el primer año y 49 327 sacos de compost en el año 2026. El proceso de compostaje se realizará por volteos de forma mecanizada con la ayuda de una volteadora con capacidad de 1 200 m³/h; necesitándose un área total en planta de 2 251,18 m².

Con el análisis económico realizado se tiene que el VAN del proyecto es de S/. 1 167 857,19, con una TMAR de 17% y un TIR de 49,4%, lo cual hace que el proyecto sea aceptable; además de ello se cuenta con una relación de beneficio costo de S/. 1 por cada sol invertido.

Recomendaciones

Se recomienda la realización de un análisis más profundo en cuanto a la demanda de compost y precio de venta en el que fluctúa este producto en la región Lambayeque, ya que esto servirá para fomentar la investigación de manera más exacta de futuros proyectos aplicables a este sector.

A fin de darles un valor agregado a las plumas de pollo, se recomienda la búsqueda de nuevos métodos de valorización para este residuo, priorizando siempre la reducción de los impactos ambientales en el desarrollo de los mismos.

Analizar nuevas formas de desintegración para las plumas, a fin de disminuir el tiempo de compostaje de las mismas.

Referencias

- [1] Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), «Panorama agroalimentario-Carne de pollo,» México, 2019.
- [2] B. Ruiz, «Industria Avícola.net: Fuerte crecimiento de la avicultura latinoamericana en 2019,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/april2020/MobilePagedArticle.action?articleId=1573912#articleId1573912>. [Último acceso: 29 Setiembre 2020].
- [3] Ministerio de Agricultura y Riego, «Panorama y perspectivas de la producción de la producción de carne de pollo en el Perú-Enero 2020,» Ministerio de agricultura y riego, Lima, 2019.
- [4] N. Florida Rofner, «Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria,» *Revista de investigaciones altoandinas*, vol. 21, n° 3, pp. 225-237, 2019.
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Resulatdos definitivos (Tomo I)-Lambayeque,» INEI, Lima, 2018.
- [6] RPP Noticias, «Perú exportó más de 1329 TM de harina de plumas el 2008,» 28 Marzo 2009. [En línea]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/peru-exporto-mas-de-1329-tm-de-harina-de-plumas-el-2008-noticia-172583?ref=rpp>. [Último acceso: 11 Octubre 2020].
- [7] Universidad Nacional de la Plata, «Investiga: Con desechos de plumas de la industria avícola buscan crear detergentes para ropa,» 27 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://investiga.unlp.edu.ar/cienciaenaccion/con-desechos-de-plumas-de-la-industria-avicola-buscan-crear-detergentes-para-ropa-17523>. [Último acceso: 28 Setiembre 2020].
- [8] ITC, «TRADE MAP-Importación abono 2019,» Centro de Comercio Internacional, 2019. [En línea]. Available: https://www.trademap.org/Country_SelProduct.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c%7c3101%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1. [Último acceso: 12 Octubre 2020].
- [9] P. Lluzar Martí, «Ficha Sector: Fertilizantes en Perú,» ICEX (Oficina Económica y Comercial de España en Lima), Lima, 2019.
- [10] SENASA, «Estadísticas de producción orgánica nacional 2018,» 2019.

- [11] SENASA, «Procedimiento: Autorización sanitaria de funcionamiento de centro de faenamiento/matadero avícola,» Lima, 2017.
- [12] K. Kowata, M. Nakaoka, K. Nishio, A. Fukao, A. Satoh, M. Ogosh, S. Takahashi, M. Tsudzuki y S. Takeuchi, «Identification of a feather β -keratin gene exclusively expressed in pennaceous barbule cells of contour feathers in chicken,» *Gene*, vol. 542, n° 1, pp. 23-28, 2014.
- [13] B. Mosquera, Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana, Fondo para la Protección del Agua y USAID, 2010.
- [14] Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social, «Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, compost y humus,» 2014.
- [15] Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, «Manual de producción de compost,» Universidad Estatal amazónica, Quito, 2019.
- [16] FAO, «Manual de compostaje del agricultor,» Chile, 2013.
- [17] N. Florida Rofner y F. Reategui Diaz, «Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*),» *Livestock Research for Rural Development*, 2019.
- [18] I. Dueñas Alvares, E. V. Hornas Castro y T. S. Salvador Vargas, «Eficiencia de microorganismos benéficos en el proceso de compostaje con residuos de pollos, 2019,» Universidad César Vallejo, Lima, 2019.
- [19] N. Florida, F. Reátegui y V. Pocomucha, «Caracterización del compost a base de plumas de pollos (*Gallus gallus domesticus*) y otros insumos,» *Investigación y Amazonía*, vol. 6, n° 2, pp. 1-5, 2016.
- [20] J. C. Joardar y M. M. Rahman, «Poultry feather waste management and effects on plant growth,» *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 7, n° 3, pp. 183-188, 2018.
- [21] L. Palomino, R. Vega, L. Coralí, L. Gomero y S. García, «Evaluación de cinco residuos avícolas como fuentes de nitrógeno mineral disponible,» *Idesia (Arica)*, vol. 37, n° 3, pp. 121-129, 2019.
- [22] L. Soriano Parra, M. E. Ruiz Rivera y E. Ruiz Lizama, «Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero,» *Revista de la Facultad de ingeniería Industrial*, vol. 2, n° 18, pp. 99-112, 2015.

- [23] SENASA, «Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agropecuarios - Centro de Fenamiento Avícola,» Ministerio de Agricultura y Riego, [En línea]. Available: https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/ino_establecimientosavicola.html. [Último acceso: 19 Abril 2021].
- [24] ITC, «TRADE MAP,» Centro de Comercio Internacional, 2021. [En línea]. Available: https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx?nvpm=3%7c604%7c%7c%7c%7c310100%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c2%7c1%7c1. [Último acceso: 27 Mayo 2021].
- [25] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, «Plataforma Digital Única del Estado Peruano-Boletín estadístico mensual "El agro en cifras",» Secretaría de Gobierno y Transformación Digital,, [En línea]. Available: https://www.gob.pe/busquedas?institucion=midagri&sheet=1&sort_by=none&term=Bolet%C3%ADn%20estad%C3%ADstico%20mensual%20%22El%20agro%20en%20cifras%22.
- [26] Ministerio de Energía y Minas, «Anuario estadístico de electricidad,» Lima, 2019.
- [27] Ministerio del ambiente, «Pronóstico del tiempo para CHICLAYO (Lambayeque),» 20 Marzo 2020. [En línea].
- [28] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, «Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [29] A. Ortega, «Análisis Coste-Beneficio,» *Extoikos*, nº 5, 2012.
- [30] MIDAGRI, «Plataforma Digital Única del Estado Peruano-Boletín Estadístico Mensual del Sector Avícola,» Secretaría de Gobierno y Transformación Digital, [En línea]. Available: https://www.gob.pe/busquedas?institucion=midagri&sheet=1&sort_by=none&term=av%C3%ADcola. [Último acceso: Setiembre 2021].
- [31] Estrategias Alimentarias SL, «Eurocarnedigital: La región peruana de Lambayeque solo produce de forma industrial el 30% de la carne de pollo que consume,» 6 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://eurocarne.com/noticias/codigo/39059/kw/La+regi%C3%B3n+peruana+de+Lam>

- bayequese+solo+produce+de+forma+industrial+el+30%25+de+la+carne+de+pollo+que+consume. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [32] SENASA, «Procedimiento: Evaluación sanitaria del faenado de aves para consumo humano,» Dirección de insumos agropecuarios e inocuidad agroalimentaria, Lima, 2016.
- [33] J. Gonzales, «Propuesta de mejora de las condiciones del faenado en la empresa avícola la Granja C&D S.A.C. para cumplir con las exigencias del reglamento sanitario N° 029-2007-AG,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [34] J. H. Acosta Torres, «Propuesta de un sistema de tratamiento de efluentes para la obtención de agua reutilizable en el Centro de Beneficio Avícola Andy S.R.L.,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2016.
- [35] M. A. Mestanza Altamirano, «Propuesta de tratamiento de aguas residuales en el Centro de Beneficio María De Fátima del distrito de La Victoria,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [36] SENASA, «Guía de buenas prácticas avícolas (Faenamamiento),» Lima, 2014.
- [37] J. Muñoz, J. Dorado y E. Humberto Pérez, «Sistema de compostaje y lombricompostaje aplicado en residuos orgánicos de una galería municipal,» *Revista Suelos Ecuatoriales*, vol. 2, n° 45, pp. 72-83, 2015.
- [38] MINAGRI, «Plan Nacional de cultivos: Campaña agrícola 2019-2020,» Portal Institucional del Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, 2019.
- [39] SPO-DIAIA-SENASA, «Estadística de producción orgánica nacional 2019,» SENASA, Lima, 2020.
- [40] ANDINA, «Café orgánico: productores peruanos exportaron más de U\$ 215 millones el 2020,» Editora Perú, 4 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-cafe-organico-productores-peruanos-exportaron-mas-u-215-millones-2020-840051.aspx>.
- [41] C. A. Borrero, «Abonos orgánicos,» Infoagro Systems, [En línea]. Available: https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp. [Último acceso: 2021].
- [42] SINIA, «Mapa de zonificación ecológica económica del departamento de Lambayeque,» Gobierno Regional de Lambayeque, Lambayeque, 2013.
- [43] L. Frioni, «Procesos microbianos,» Editorial de la Fundación Universidad, 1999.
- [44] M. Soliva, «Compostatge i gestio de residuos organics,» Barcelona, 2001.

- [45] N. Riera, «Evaluación del Proceso de Compostaje de,» Universidad de Morón , Morón, 2009.
- [46] INEI, «Perú: Panorama económico departamental,» Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, 2020.
- [47] Alibaba Group, «Alibaba,» 2021. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/weighing-scale-3000kg-platform-floor-scale-62058048121.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_title.1da55a68G4puby&s=p.
- [48] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, «Reglamento nacional de edificaciones».
- [49] VIVIENDA, «Resolución Ministerial N° 270-2020-VIVIENDA,» Editora Perú, Lima, 2020.
- [50] Scotiabank, «Simulador - Préstamo libre disponibilidad,» Scotiabank, 2021. [En línea]. Available: <https://www.scotiabank.com.pe/Personas/Prestamos/Prestamos/prestamo-de-libre-disponibilidad/simulador>. [Último acceso: 2021].
- [51] EM Research Organization Inc, EMRO Costa Rica, FUNDASES y APNAN, «Guía de la tecnología de EM,» EM Producción y Tecnología S.A, San Juan de Tibás.
- [52] C. Cachay Gonzales, «Proyecto de instalación de una planta industrial productora de compost en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios,» USAT, Chiclayo, 2018.
- [53] C. S. Castro Mejia, «Propuesta de aprovechamiento de los residuos orgánicos desechados en la empresa M.B.N. Exportaciones & Cia S.R.L. Para la elaboración y comercialización de compost en la región Lambayeque,» Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [54] K. d. M. Vargas Guevara, «Propuesta de la instalación de una planta de producción de compost a partir de desechos de la cosecha del banano para la Asociación Agropecuaria La Juliana Olmos,» Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.
- [55] SENASA, «SENASA-Información estadística,» [En línea]. Available: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/informacion-de-interes/>. [Último acceso: 1 Junio 2021].
- [56] INEI, «Anuario de Estadísticas Ambientales,» Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, 2013.

[57] Ó. Sánchez, D. Ospina y S. Montoya, «Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process,» *Elsevier*, vol. 69, pp. 136-153, 2017.

Anexos

Anexo 1: Centros de faenamiento avícola y subproductos generados en Lambayeque según SENASA

Tabla 15 A. Centros de faenamiento avícola autorizados en Lambayeque

N°	Razón social	Provincia	Distrito
1	DISTRIBUIDORA JARLHY S.A.C.	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
2	AVICOLA LA GRANJA C & D S.A.C.	Chiclayo	La Victoria
3	BIG CHICKEN AVICOLA S.A.C.	Chiclayo	Pomalca
4	INVERSIONES NANDO'S CHICKEN S.A.C.	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
5	PALOMINO ALCANTARA MARIA DEL ROSARIO	Chiclayo	Pomalca
6	LOPEZ RODRIGUEZ FIORELA	Lambayeque	Motupe
7	ZORRILLA LUMBA SEGUNDO SANTOS	Chiclayo	Tumán
8	ARRIAGA AGUILAR LUIS	Chiclayo	Pátapo
9	SENMACHE CHAVESTA DAVID	Chiclayo	La Victoria
10	INGA CAMPOS RONAL FELITO	Chiclayo	La Victoria
11	PALOMINO BRAVO EDGAR WILLIAM	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
12	CORPORACION AVICOLA R & M S.A.C.	Chiclayo	La Victoria
13	CORTIJO CHAVEZ AMALIA DEL PILAR	Chiclayo	La Victoria
14	BANCES BALLADARES JANET	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
15	LEIVA RIOJAS ELIAS	Chiclayo	La Victoria
16	AVICOLA LOS MOCHICAS E.I.R.L.	Chiclayo	La Victoria
17	JILMER IDROGO BARBOZA	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
18	AVICOLA LITO S.A.C.	Chiclayo	La Victoria
19	JOSE LORETO PAREDES TAPIA	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
20	COMERCIALIZADORA Y DISTRIBUIDORA ANDY S.R.L.	Chiclayo	José Leonardo Ortiz
21	AVICOLA MIRELLA E.I.R.L.	Chiclayo	Monsefú
22	CENTRO DE FAENAMIENTO DE AVES "POLLOS S.R.L."	Chiclayo	La Victoria
23	MANAYALLE BARRETO TERESA	Chiclayo	La Victoria

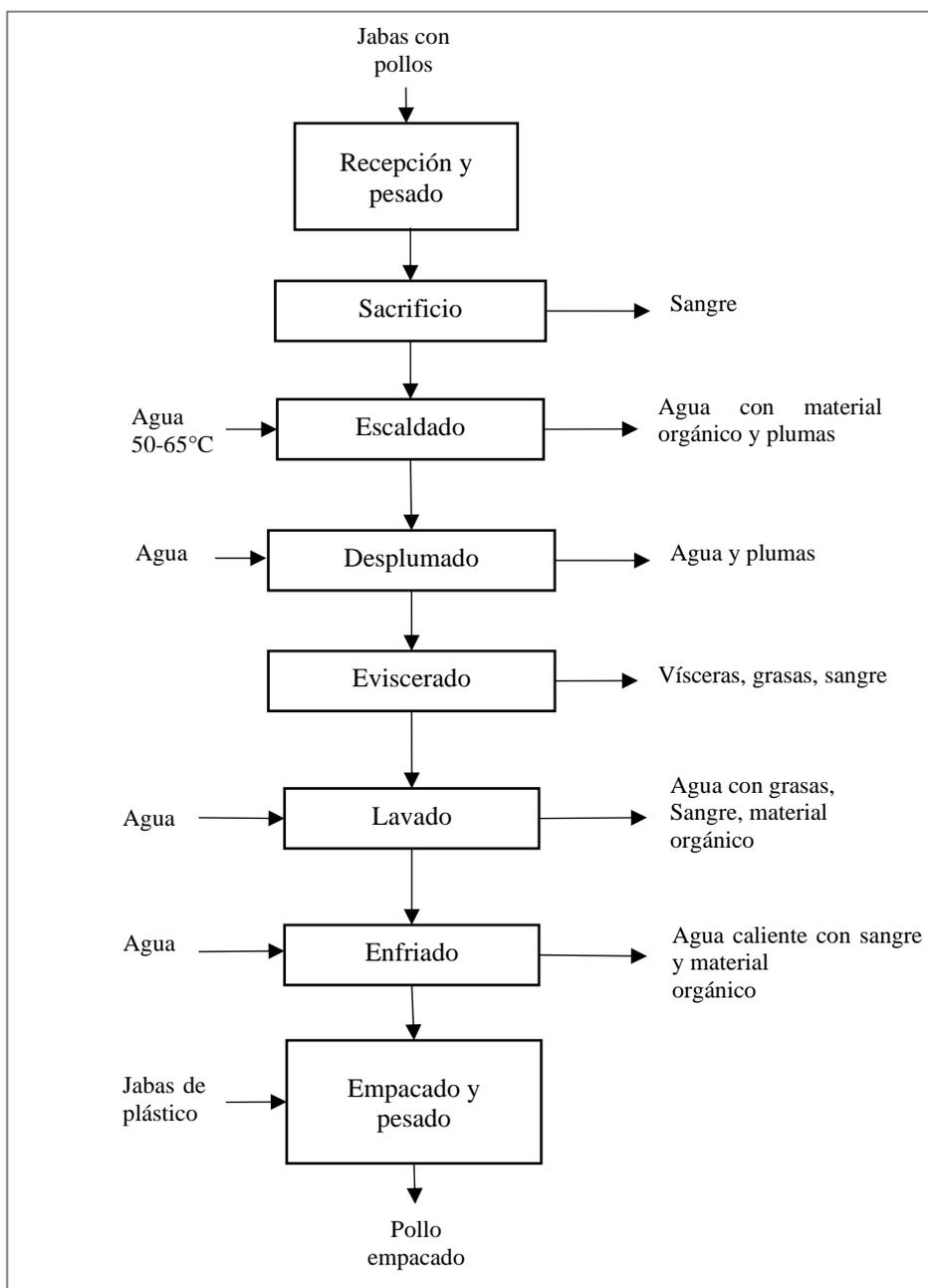
Fuente: SENASA [23]

Tabla 16 A. Subproductos generados al año en Lambayeque

Año	Pollos faenados		Plumas	Sangre	Viseras
	N° Aves	kg	5,21%	3,34%	7,27%
2018	8 161 807,40	19 200 603,17	1 188 348,09	761 820,08	1 658 213,17
2019	7 198 679,00	17 143 604,00	1 061 037,98	680 204,77	1 480 565,47
2020	6 824 739,00	16 814 083,00	1 040 643,53	667 130,40	1 452 107,19
Total	22 185 225,40	53 158 290,17	3 290 029,60	2 109 155,25	4 590 885,83

Fuente: Elaboración propia, en base a SENASA [23]

Anexo 2: Diagrama de bloques del proceso del faenado avícola



Fuente: Elaboración propia. Adapto de Acosta 2016:40 y Mestanza 2019:31

Anexo 3: Matriz de valoración de aspectos e impactos ambientales de los centros de faenado

ACTIVIDADES DE FAENA	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS	CRITERIOS										IMPORTANCIA	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO	
			CI	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR			RB
Recepción y pesado	Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
	Generación de residuos (estiércol, plumas y aves muertas)	Afectación a la calidad del suelo	-	1	1	2	1	1	4	4	4	2	1	-24	Negativo compatible
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	-	1	1	1	1	1	2	1	4	2	1	-18	Negativo compatible
Sacrificio	Generación (sangre)	Alteración de las propiedades del agua y suelo	-	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	-26	Negativo moderado
Escaldado	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	-	2	4	1	4	8	4	4	4	2	8	-49	Negativo moderado
	Emisiones por utilización de gas propano	Alteración de la calidad del aire	-	1	1	1	1	1	2	1	4	2	1	-18	Negativo compatible
	Generación de agua residual	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua	-	2	1	1	2	1	4	4	4	2	2	-28	Negativo moderado
Desplumado y Eviscerado	Generación de residuos (Plumas y vísceras)	Afectación al paisaje	-	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-14	Negativo compatible
		Alteración de la calidad del suelo	-	4	1	2	4	2	4	4	4	2	2	-38	Negativo moderado
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	-	2	2	1	1	1	2	1	4	2	1	-23	Negativo moderado
	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	-	2	4	1	4	8	4	4	4	2	8	-49	Negativo moderado
	Generación de agua residual	Alteración de las propiedades físicas y químicas del agua	-	2	1	1	2	1	4	4	4	2	2	-28	Negativo moderado
Lavado	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	-	4	4	4	4	8	4	4	4	2	8	-58	Negativo severo
	Vertimientos de aguas de lavado con sedimentos	Afectación de la calidad del agua	-	8	2	1	4	1	4	4	4	2	4	-52	Negativo severo
Económica	Contratación de personal	Generación de empleo	+												Impacto positivo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Ficha Técnica del compost

	Descripción
Lugar de elaboración	Chiclayo - Perú
Método de compostaje	Apilamiento con volteos
Tipo/ Categoría	Abono Orgánico
Propiedades	Funciona como fertilizador de los suelos y ayuda al control de enfermedades, influyendo positivamente en las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos produciendo afectos importantes en los indicadores de fertilidad de los suelos.
Composición	Plumas de pollo, pajilla de arroz, estiércol de vacuno y microorganismos eficientes.
Tiempo de vida del producto	6 meses
Color	Marrón
Relación C/N inicial	26,4:1
pH	7,79 ^a
Humedad %	30 - 40
Contenido de:	
MO %	23,45
N %	2
P ₂ O ₅ %	2,89
K ₂ O %	1,17

Fuente: Elaboración propia. En base a Deñas, Hornas y Salvador 2019 [18]

Anexo 5: Requisitos NTC 5167 segunda actualización

Propiedad	Requisito
D R (g/cm ³)	Máximo 0.6
(%CO ₃ ²⁻)	NA
Cenizas (%)	Máximo 60
P V (%)	Mínimo 40
C R H (%)	Mínimo 100%
Humedad (%)	Máximo 30
pH	4-9
MO (%)	Mínimo 15
N (%)	Declarar)> 1
Relación C/N	NA
CIC (meq/100g)	Mínimo 30
F T (%P ₂ O ₅)	Declarar)> 1
F A (%P ₂ O ₅)	NA
Azufre (%)	NA
R I A (%)	NA
CaO (%)	NA
MgO (%)	NA
Na (%)	NA
K ₂ O (%)	(Declarar)> 1
Fe (ppm)	NA
Cu (ppm)	NA
Mn (ppm)	NA
Zn (ppm)	NA
Ni (ppm)	Máximo 420
Cr (ppm)	Máximo 1200
Hg (ppm)	Máximo 17
Cd (ppm)	Máximo 39
Pb (ppm)	Máximo 300

*NA: No Aplica

Fuente: Muñoz, Dorado y Humberto 2016:79

Anexo 6: Producción orgánica, periodo 2015-2019 (ha)

Año	Nacional		Lambayeque	
	Nº Productores	Área Orgánica (ha)	Nº Productores	Área Orgánica (ha)
2015	97 016	457 039,60	2 103	4 645,92
2016	92 120	395 561,54	1 018	1 845,76
2017	87 838	358 854,40	1 887	2 934,83
2018	103 554	429 627,74	1 202	1 805,60
2019	80 785	328 009,13	2 189	5 177,96

Fuente: Elaboración propia. En base a Organismo de Certificación – SENASA [55]

Anexo 7: Determinación de la micro localización

Tabla 17 A. Grado de importancia de los factores de Micro-Localización

Factor	A	B	C	D	E	F	G	Puntaje	Peso
A		1	1	1	0	1	1	5	23.81%
B	1		1	1	0	1	0	4	19.05%
C	0	0		1	0	1	0	2	9.52%
D	0	0	0		1	0	0	1	4.76%
E	0	0	0	1		1	1	3	14.29%
F	0	1	0	0	0		1	2	9.52%
G	1	1	0	0	1	1		4	19.05%
								29	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 A. Ponderación de Micro-Localización

Descripción	Factor	Pesos	Chiclayo		Lambayeque		Ferreñafe	
			Calificación	Peso	Calificación	Peso	Calificación	Peso
Disponibilidad de materia prima	A	23.81%	3	0.71	1	0.24	1	0.24
Disponibilidad de mano de obra	B	19.05%	3	0.57	2	0.38	2	0.38
Suministro de energía eléctrica	C	9.52%	3	0.29	2	0.19	1	0.10
Disponibilidad de agua	D	4.76%	3	0.14	1	0.05	1	0.05
Factores geográficos	E	14.29%	3	0.43	3	0.43	3	0.43
Vías de comunicación y acceso	F	9.52%	3	0.29	3	0.29	1	0.10
Disponibilidad de terreno	G	19.05%	2	0.38	3	0.57	1	0.19
TOTAL		100%		2.81		2,14		1.48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 A. Resumen de características según provincia

Descripción	Chiclayo	Lambayeque	Ferreñafe
Disponibilidad de materia prima	22 centros de faenamiento	1 centro de faenamiento	Ningún centro de faenamiento
Disponibilidad de mano de obra	Población económica activa (PEA) de 346,6 mil personas y una tasa de empleo de 53,50%	Población económica activa (PEA) de 105,2 mil personas y una tasa de empleo de 47,14%	Población económica activa (PEA) de 33,9 mil personas y una tasa de empleo de 46,67%
Suministro de energía eléctrica	5 centrales eléctricas con una producción de 8 549,18 MW. h de energía eléctrica.	6 centrales eléctricas con una producción de 25,85 MW. h de energía eléctrica.	No presenta centrales eléctricas
Disponibilidad de agua	Producción de agua potable igual a 43 331 952,05 m ³	Producción de agua potable igual a 8 815 887,17 m ³	Producción de agua potable igual a 3 404 299,94 m ³
Factores geográficos	Con una temperatura de 28,8°C, una precipitación de 26,9 mm y una humedad relativa de 74,2%	Con una temperatura de 34°C, una precipitación de 200 mm y una humedad relativa de 50%	Con una temperatura de 31°C, una precipitación de 14 mm y una humedad relativa de 74%
Vías de comunicación y acceso	Beneficiada con mayor cantidad de vías asfaltadas (69,9%)	Presenta mayor porcentaje de trochas (67%)	Menor extensión territorial, con un total de 10,6% de vías asfaltadas y 37,6 % de trochas.
Disponibilidad de terreno	Una superficie de 3 288,07 km ²	Una superficie de 9 346,63 km ²	Una superficie de 1 578,60 km ²

Fuente: Elaboración propia. En base a SENASA [11], INEI 2018, MINEM 2019:43, INEI 2020, MINAM 2020, MTC 2010:121 y INEI 2013:35 [56]

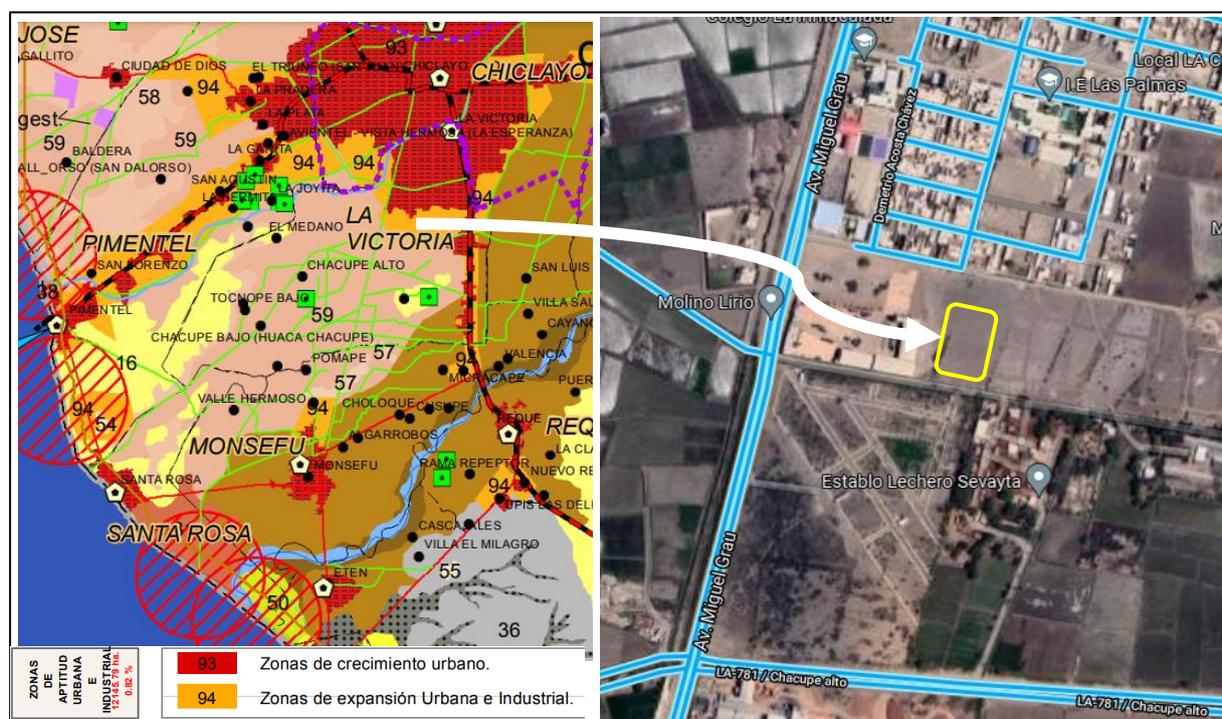


Figura 1 A. Localización de planta

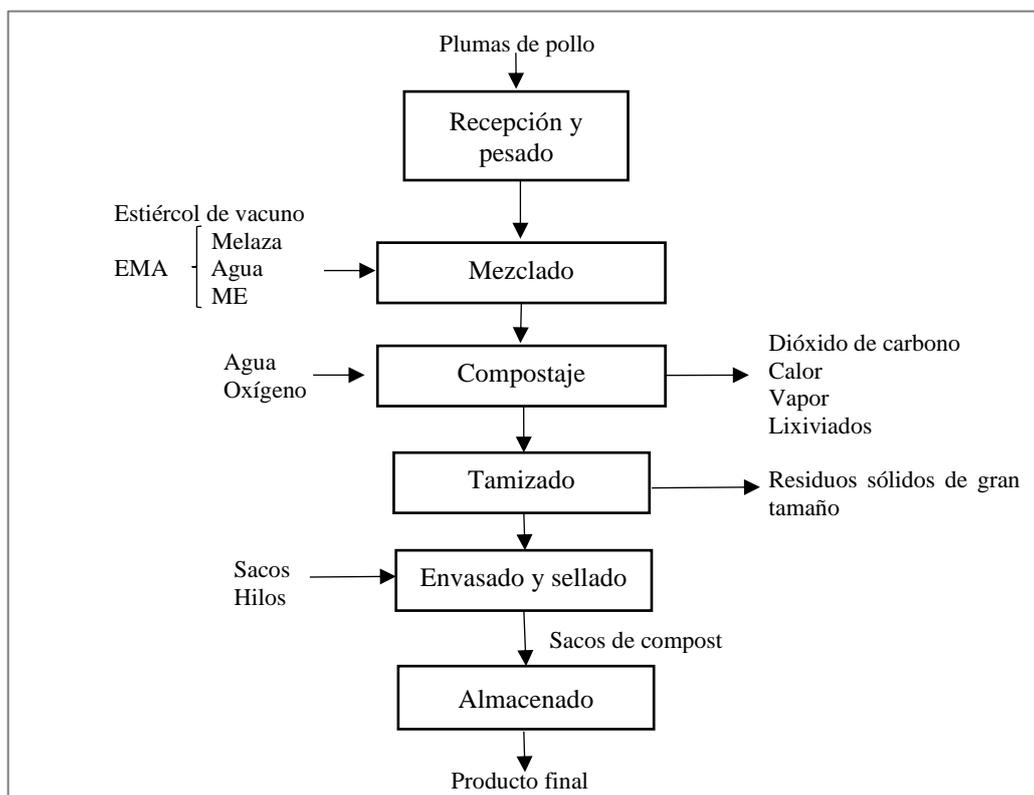
Fuente: Google Earth

Anexo 8: Relación C/N y requerimiento de materia prima e insumos para un saco de 50 kg

Materia prima e insumos	Cantidad en kg	Relación C/N	% de participación parcial	Relación C/N de la mezcla
Estiércol de vacuno	24,438	18	0,3	5,4
Plumas de pollo	32,580	3	0,4	1,2
Pajilla de arroz	24,438	66	0,3	19,8
Total	81,456		100 %	26,4

Fuente: Elaboración propia. En base a Sánchez, Ospina y Montoya [57]

Anexo 9: Diagrama de bloques del proceso de compost



Fuente: Elaboración propia. Adapto de Cachay [52]

Anexo 10: Equipos

Equipos	Descripción	Cantidad	Precio (S/.)
Ph metro	El PH metro permitirá el control de pH en las pilas de compostaje.	1	100
Termómetro	Permitirá medir y controlar la temperatura de las pilas.	1	50
Rastrillo	Será usado para mover cantidades de plumas en el área de lavado, así como la preparación de terreno para las pilas.	2	10
Palana	Será usado para mover pequeñas cantidades de material. En este caso para el envasado de compost.	3	19
Carretilla	Transporta material de un lugar a otro.	3	400
Manguera	Será usado en el área de producción para el regado de pilas.	2	150
Mochila fumigadora	Servirá para administrar el EM a las pilas.	1	619
Cobertor	El cobertor permeable será usado para cubrir las pilas de compost, manteniendo las condiciones óptimas de humedad y descomposición aeróbica.	4	200
Baldes 220 L	Servirá para almacenar el EMA	7	49,06
Baldes 80 L	Servirá para almacenar la melaza	1	27,63

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Recurso humano

Mano de obra indirecta		
<i>Puesto</i>	<i>N° de Operarios</i>	<i>Sub total</i>
Chofer	1	2
Ayudante de recolección	1	
Mano de obra directa		
<i>Puesto</i>	<i>N° de Operarios</i>	<i>Sub total</i>
Recepción y pesado	1	7
Mezclado y tamizado	1	
Compostaje	1	
Pesado del producto	2	
Sellado de sacos	1	
Traslado al almacén	1	
Personal administrativo		
<i>Puesto</i>	<i>N° de Operarios</i>	<i>Sub total</i>
Gerente general	1	3
Jefe de producción	1	
Vigilante	1	
TOTAL		12

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Dimensionamiento de áreas

Área	Medida (m ²)
Área – Pilas de compostaje	1 268,80
Área - Tamizado y envasado	139,24
Área - Almacén de materia prima	40,11
Área - Almacén de insumos	43,00
Área - Recepción de materia prima e insumos	262,98
Área - Laboratorio	70,85
Área - Vestidores	11,38
Área - Servicios higiénicos de producción	12,70
Área - Almacén Producto terminado	68,85
Área - Almacén de herramientas	21,41
Área - Jefe de producción	8,17
Área - Oficina de gerencia	8,17
Área - Servicios higiénicos del personal administrativo	7,73
Área - Vigilancia	6,85
Área - Verde	210,44
TOTAL	2 251,18

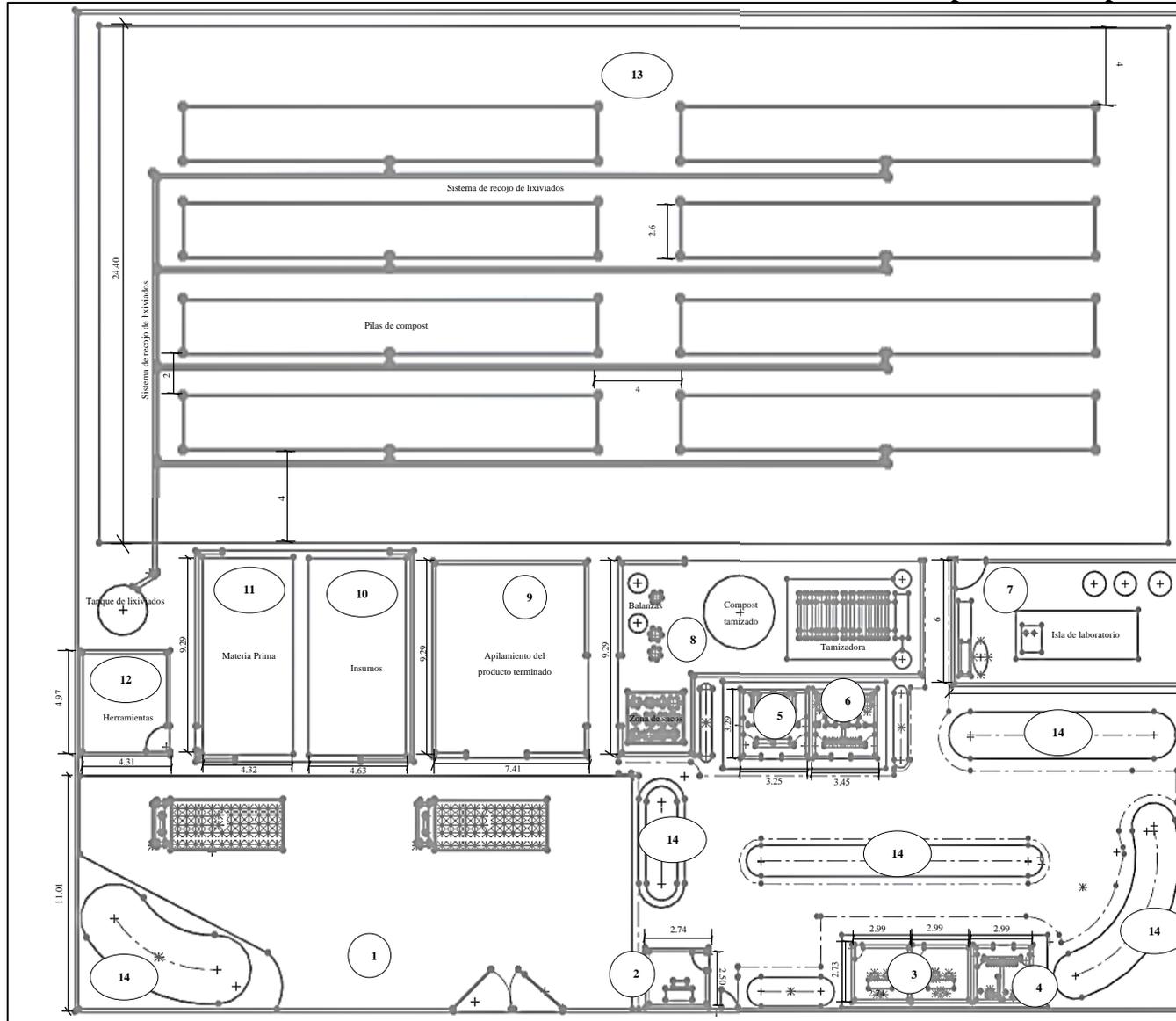
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12: Matriz de valorización de aspectos e impactos ambientales del proceso de compostaje

ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS	CRITERIOS											IMPORTANCIA	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO	
			CI	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	RB			
Recepción y pesado	Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
	Emisión de polvo	Alteración de la calidad del aire	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
	Generación de olores	Alteración de la calidad del aire	-	2	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-20	Negativo compatible
Mezclado y compostaje	Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
	Generación de gases	Alteración de la calidad del aire	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	-18	Negativo compatible
	Consumo de agua	Agotamiento de recurso agua	-	1	1	1	2	2	1	1	1	4	2	8	-26	Negativo moderado
	Liberación de lixiviados	Alteración del agua superficial y subterránea	-	2	1	1	2	2	1	1	1	4	2	2	-23	Negativo moderado
		Alteración de la calidad del suelo	-	2	1	1	2	2	1	1	1	4	2	2	-23	Negativo moderado
Tamizado	Generación de material particulado	Alteración de la calidad del aire	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
	Generación de ruido	Contaminación acústica	-	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	-17	Negativo compatible
Económica	Desarrollo industrial	Alteración de la economía regional	+													Impacto positivo
	Contratación de personal	Generación de empleo	+													Impacto positivo

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Plano de distribución de la planta de compost



LEYENDA	
Número	Área
1	Recepción de materia prima e insumos
2	Vigilancia
3	Área administrativa
4	Servicios higiénicos del personal administrativo
5	Vestidores
6	Servicios higiénicos de producción
7	Laboratorio
8	Tamizado y envasado
9	Almacén Producto terminado
10	Almacén de insumos
11	Almacén de materia prima
12	Almacén de herramientas
13	Pilas de compostaje
14	Áreas verdes

 <p>UNIVERSIDAD SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p>	PROYECTO: PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE COMPOST A PARTIR DE PLUMAS DE POLLO EN LAMBAYEQUE		CÓDIGO DEL PLANO: <p style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">PD-01</p>
	DISEÑADO POR: SOSA RONDOY, CECILIA JERALDINE	UBICACIÓN: LA VICTORIA – CHICLAYO - LAMBAYEQUE FECHA: OCTUBRE - 2021	