UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL DISTRITO DE CHICLAYO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

JUAN FRANCISCO CUMPA MONTEZA

ASESOR

DIANA PECHE CIEZA

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

Chiclayo, 2021

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL DISTRITO DE CHICLAYO

PRESENTADA POR:

JUAN FRANCISCO CUMPA MONTEZA

A la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Edward Florencio Aurora Vigo

PRESIDENTE

Lucio Antonio Llontop Mendoza

SECRETARIO

Diana Peche Cieza

VOCAL

Dedicatoria

A nuestro Dios por iluminar mi vida y por ser mi fortaleza en el cumplimiento de mis deberes. A mi familia, mis padres José y Rosa que me brindan su apoyo constante, mis hermanos José, Cristina, Jesús y Pablo que han sabido ser un soporte sobre todo emocional durante todo este tiempo y a mis compañeros que siempre estuvieron prestos con su sincera amistad, a ellos por el cariño y la confianza brindada, y ser la fuente de mi constancia reflexiva para mejorar cada día tanto en lo personal como en lo profesional.

Agradecimiento

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y a su plana docente, quienes nos han impartido sus enseñanzas académicas y éticas permitiendo desarrollar de la mejor manera esta investigación perfeccionando mis habilidades y muy en especial para mi asesora la ingeniera Diana Peche Cieza por toda su paciencia y su guía para llegar a cumplir con este gran objetivo.

Índice

Resumen **5**
Abstract **6**
Introducción **7**
Revisión de Literatura **8**
Materiales y Métodos **11**
Resultados **12**
Discusión **29**
Conclusiones **31**
Recomendaciones **31**
Anexos **36**

Resumen

La presente investigación tiene como propósito el diseño de una planta de tratamiento de residuos orgánicos para producir compost y reducir el impacto ambiental generado en el distrito de Chiclayo. En el año 2020 se proyecta una generación de residuos sólidos municipales de 167,25 toneladas diarias, determinándose que el 63,24 % del total son residuos orgánicos y el 15 % son inorgánicos valorizables o reciclables. De acuerdo a la medición de la importancia del impacto ambiental, se determinó que se generan impactos severos que afectan la calidad del suelo en las etapas de disposición final y almacenamiento temporal. Se diseñó una planta de compostaje mediante un sistema de aireación forzada con presencia de centrífugas que necesitan un caudal 478,4 m^3/h, para alimentar de oxígeno 12,7 toneladas de la pila semicircular. El proceso incluye las etapas de recepción y pesado, selección, triturado, mezclado, pilado, compostaje, tamizado, ensacado y almacenado. El compost cubrirá en el año 2030 el 54,2 % de la demanda total de compost en Lambayeque, esto permitirá reducir los impactos severos en su totalidad y los moderados en un 25 % en el distrito de Chiclayo. La ubicación más adecuada de la planta sería la carretera Chiclayo a San José, con un área de 18 250,51 m^2. Finalmente, para el desarrollo del proyecto se necesitó una inversión total S/18 047 420,09, con la que se obtiene un VAN de S/18 411 978,19. Concluyendo como viable su desarrollo mediante al análisis económico financiero, con una recuperación en 1 año y 9 meses.

Palabras claves

Compost, residuos orgánicos, aireación forzada, impacto ambiental, diseño.

Abstract

The present research is intended to provide the design of a waste treatment plant organ-98 to produce compost and reduce the environmental impact generated in the Chiclayo district. In the year 2020, a generation of waste is projected to 167,25 tonnes of municipal waste per day, which determines that 63,24 % of the total are organic waste and 15 % are inorgable or recyclable. According to the environmental impact medication, it is determined that severe impacts affecting soil quality at the end-end and temporary storage stages are generated. A composting plant is designed by a forced aereactive system with centrifuges requiring a flow rate 478,4 m^3/h to feed oxy 12,7 tons of the semi-circular pile. The process includes reception stages and heavy, selected, crushed, mixed, pillar, composting, sieve, stuffed, stuffed and stored. The compost will cover 54,2% of the demand for organic crops in Lambayeque in the year 2030, This will allow reducing the huge impacts entirely and the moderates in 25 % in Chiclayo. the location the most suitable plant is to the Chiclayo road to San José, with a rea of 18 250,51 m^2. Finally, for project development, a total investment in S/18 047 420,09, which is obtained a VAN from S/18 411 978,19. The Commission has already adopted a proposal for a Council Regulation on the implementation of the common agricultural policy in the field of agricultural products and the Community's agricultural policy.

Keywords

Compost, organic waste, forced aeration, environmental impact, design.

Introducción

A lo largo de los años, la contaminación ambiental ha sido una problemática alarmante para la humanidad, debido a la filosofía de consumir y desechar. La Organización de las Naciones Unidas informa que, casi diez mil millones de toneladas de residuos anuales se generan en todas las ciudades; y se recolectan menos de la mitad y solo se recuperan el 20 % para la elaboración de compost y reciclaje. Además, señaló que países con mayor poder adquisitivo causan más del 33 % de los desechos del planeta, a pesar de ser tan solo el 16 % de la población mundial [1]

Por otro lado, el Banco Mundial manifestó que, dentro de 30 años las cantidades de desechos crecerían más del 69 % de lo previsto, a menos que se prevenga y controle [2]. Hoy en día, los residuos orgánicos de América y el Caribe alcanzan más del 50 % del total mundial. En nuestro país, se genera un aproximado de veinte mil toneladas de desperdicios sólidos municipales, de los cuales solo el 1 % son valorizados, el 49 % va a los rellenos sanitarios y el restante va a zonas inapropiadas como botaderos locales [3]. Existen 52 rellenos sanitarios y 1 585 botaderos a nivel nacional [4]. Según el Registro Nacional de Municipalidades [5], los destinos menos contaminantes son, los rellenos sanitarios, el compostaje y el reciclaje; por el contrario, los más contaminantes son los botaderos y la quema.

Debido a ello, a nivel nacional el Decreto legislativo N° 1 278 que aprueba la ley N° 2 7314 de gestión integral de residuos sólidos, busca atraer inversiones en infraestructura para gestionar los restos sólidos en las distintas municipalidades, en el que se considere su tratamiento final y se disponga de instalaciones que permitan la recuperación de los aprovechables [6].

En la costa peruana, según su composición, los residuos sólidos municipales se distribuyen en orgánicos 55,76 %, inorgánicos valorizables 18,3 %, no valorizables 15,5 % y peligrosos 9,11 % [7]. Precisamente, el SINIA [8], menciona que Lambayeque genera casi 213 775,7 toneladas al año, siendo Chiclayo donde se concentra la mayor cantidad; por esto, se vienen gestionando diversos proyectos para la gestión integral de residuos. En los últimos años, es considerado el departamento con mayor presencia de superficies degradadas por los desperdicios sólidos no valorizados (784,46 ha), siendo la región que tiene el mayor número de denuncias ambientales, registrando 46. Justamente en el 2019, las 2 únicas denuncias ambientales registradas fueron por el inadecuado destino final de los residuos sólidos [9]. Por ello, a mediados de mayo del año pasado se declaró en emergencia la gestión y manejo de los residuos sólidos en el departamento; lo que llevó a planear maneras de mitigar estos problemas de impactos ambientales negativos acrecentados [10].

Ante esta problemática se planteó la pregunta de investigación ¿En qué medida la propuesta del diseño de una planta de compostaje reducirá los impactos ambientales en el distrito de Chiclayo? Como respuesta se propuso el diseño de una planta de compostaje para reducir el impacto ambiental en el distrito de Chiclayo. Se plantearon los siguientes objetivos: realizar un diagnóstico ambiental del manejo de los residuos orgánicos en el distrito de Chiclayo, realizar el diseño de la planta de tratamiento de residuos orgánicos para producir compostaje y finalmente, realizar el análisis financiero de la propuesta del diseño de la planta de compostaje. La presente investigación cumple un rol importante en desarrollo sostenible de la provincia de Chiclayo pues disminuirá el impacto ambiental generado por los diferentes residuos buscando la reutilización o generación de beneficios de estos, conservando el balance ambiental adecuado. Además, busca la mejora mediante herramientas de ingeniería enfocadas en la evaluación de impactos ambientales.

Revisión de Literatura

El compostaje es un proceso de fermentación mediante el cual la materia orgánica es procesada en un compuesto con algunas propiedades beneficiosas llamado compost, gracias a algunos agentes microscópicos, especialmente bacterias [11]. Pues bien, los organismos que intervienen en la descomposición son microorganismos mesófilos y termófilos que actúan primero degradando los materiales produciendo un aumento inicial de temperatura; así también, existen bacterias celulóticas, los protozoos y hongos, encargados de la degradación [12]. Para poder desarrollar el proceso de compostaje será necesaria la obtención de materia biodegradable [13] dado a que su descomposición es natural, y se da en cortos períodos; se debe considerar que mientras más sea su participación, mayor será calidad del producto final. Existen investigaciones en donde se determinaron que la parte orgánica suele ser más del 48 %. Un ejemplo sobre lo antes dicho son los casos de la Comunidad Valenciana y la ciudad de Kigali; donde del total de residuos sólidos, son orgánicos 48 % y 68 % respectivamente [11], [14].

Sabiendo esto, el compostaje surge en un proceso controlado que tiene como objetivo la obtención de un abono orgánico de alta calidad fisicoquímica y microbiológica, que busque el cuidado ambiental [15] y, teniendo en cuenta los parámetros para un compost de calidad, siempre se debe tener cuidado en la oxigenación a lo largo del proceso; así como la humedad que debe variar entre un 40 % y 60 %. Si es inferior se puede generar paras o aumentar el periodo del proceso (debido al agua y la disminución de la actividad microbiana), y si es superior se limita la circulación del aire [16], en algunos casos es necesaria la altura suficiente para mantener el calor provocado y acelerar el proceso; sin embargo, un exceso de altura disminuye la porosidad de la masa y, por lo tanto, genera problemas de anaerobiosis. La temperatura permite identificar las diferentes fases del proceso del cuerpo de la pila, debe mantenerse a 55 °C y mantener una duración del proceso no inferior a 5 días. Mayormente se desarrollan en periodos menores de 15 y mayores de 21 horas, para que la temperatura no baje rápidamente. Pues, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización [12].

Posteriormente, se considera la relación carbono (C) y nitrógeno (N), la cual se produce un proceso normal, pues cuando se excede el C, el proceso es más lento (C/N > 35). El proceso tiene la velocidad adecuada (C/N < 25), hay pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal. Por último, se debe considerar que si existe una conductividad elevada y un pH alejado de la neutralidad se puede limitar el crecimiento de los microorganismos [15]. De las maneras de elaborar compost, el sistema abierto se da cuando residuos a compostar se distribuyen en naves o al aire libre con diferentes pilas organizadas.

Estas están desarrolladas por volteo mecánico o de manera forzada; ayudando a la renovación del aire contaminado por purificación de la misma [17]. Según sea la cantidad del material se formarán las pilas, los volteos serían más difíciles obteniendo productos de diferente calidad y provocando un impacto ambiental negativo [18]. Cabe mencionar, que el término impacto va relacionado o asociado a la actividad o acción humana que interactúa los efectos con su entorno, alterando algunos de los factores ambientales, modificando el valor del factor ambiental alterado y también puede ser ocasionado en condiciones normales o uno potencial de un procesamiento [19]

Se encuentran investigaciones, como la de C. Amutio [11], en donde se aplicó un sistema abierto que inició con la fermentación y volteos o ventilaciones forzadas. En su fase final de maduración, el material pasó por un período de entre 3 y 9 meses a temperatura ambiente, donde

el pH se estabilizó y el compost obtuvo las características físicas y químicas requeridas. Para alcanzar las medidas óptimas de la descomposición aeróbica se tuvo que tener una humedad mayor a 39 % y menor a 66 % de su peso total. En cuanto al diseño, se distribuyó en una zona de proceso (descarga y recepción, pretratamiento y compostaje) con una superficie de 8 800 m^2, una zona de almacén (subproductos y compost) con una superficie de 1 490 m^2 y una zona auxiliar (oficinas y servicios) con una superficie de 200 m^2 y áreas externas (Aparcamientos, entre otros), con una superficie de 7 690 m^2. Alcanzando una superficie total de planta de 18 180 m^2. Teniendo un presupuesto del proyecto € 11 176 043 euros.

Se rescató el hecho de tener en cuenta la emisión de gases en este proceso, como en el artículo de Fukumoto, Osada y Hanajima [20], en la que para el análisis de emisiones se consideró un compost elaborado por estiércol de lechón mezclado con aserrín, que logró un 65 % de humedad. Después, haciendo dos mezclas uno de 320 kg (a) y otro de unos 780 kg (b) aproximadamente. Además, realizando volteos completos entre 1 a 2 veces por cada semana. También, obteniendo del análisis de emisión de gases en NH_3 para el caso de (a) 350,3 g y (b) de 960,4 g, con respecto N_2O (a) 115,5 g y (b) 350,5 g y, finalmente de CH_4 en el caso de (a) 91,7 g y 399,1 g en el caso de (b). Concluyendo, los valores altos de emisiones en el periodo inicial fueron de CH_4 y a la vez los más altos. A mitad del proceso de compostaje las emisiones fueron de N_2O y finalmente NH_3, comenzando a bajar la temperatura. Cabe rescatar el hecho de que se cuidaron las altas temperatura en el apilamiento, para evitar problemas de contaminación atmosférica.

Así pues, en el artículo de López [21], comparó el efecto de dos métodos de ventilación con pala y con tubos de policloruro de vinilo perforados en la composición química de cuatro compost de estiércoles pecuarios mezclados con desperdicios de paja y arcilla, en la que el proceso favoreció a la degradación del porcentaje orgánico y redujo la relación C/N. Los valores de humedad variaron entre un 60 % y un máximo de 80 %, y disminuyó el contenido de N, lo cual pudo deberse a pérdidas por lixiviación causadas por el exceso de humedad que contenían los productos (> 80 %).

Después de los 13 días se observó un incremento de temperatura debido a la disminución de la humedad de la materia prima. Las altas temperaturas durante el compostaje indicaron biodegradación activa de la materia orgánica (MO). El pH varía entre (7,5 a 8,5). Las pilas se presentaron en forma cónica de entre 100 kg y 50 kg cada una con largos de 0,8 m y diámetro no mayor a 1 m, la temperatura varió entre 36 y 65 grados. Finalmente, indicaron que la tasa de aireación fue el factor que tuvo mayor influencia en la estabilidad del compost, en tanto que la C/N inicial influyó principalmente en la maduración del compost con estiércol porcino.

En el artículo de Cayuela [22], se probaron dos sistemas de aireación diferentes: mecánico de hileras y aireación forzada. Fueron 4 mezclas para hacer compost: dos de 2 000 kg con ventilación y 2 al aire libre de 4 000 y 5 000 kg. Las pilas con ventilación tenían formas de trapezoides con medidas de base de 2 x 3 metros y un alto aproximado de 1 metro. El aire ventilado por la centrífuga subió desde la parte inferior de la pila y salió por diferentes agujeros que se encuentran en tres tubos de PVC de medias de 12 centímetros de diámetro y 3 metros de largo. Durante los primeros 30 días aproximadamente, el temporizador para la aireación se fijó en 1 minuto de oxigenación por cada 15 min para activar el proceso y reducir la alta humedad inicial (65 %).

Posteriormente, el temporizador se configuró para 1 min de ventilación cada 30 minutos. Se alcanzaron temperaturas más altas en las hileras, lo que redujo la materia orgánica (MO) en 60

% y siendo los de aireación forzada menos con 40 % orgánica. El proceso más largo y las temperaturas más elevadas alcanzadas por el viento provocaron una mayor degradación de la MO. La evolución de las diferentes fracciones de MO también fue monitoreada durante el compostaje y los problemas presentados por la mezcla de 2 000 kg fue más por un inadecuado control de los parámetros físicos. A pesar de esto la calidad del compost obtenido desde la vista agrícola fue parecida.

Así también, el manual para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos [23], mencionó que un sistema de aireación forzada, es un método que requiere de menos tiempo y espacio, no requiere volteos. Además, la aireación forzada provocó un costo inferior del consumo de energía, que el costo del combustible para el volteo con maquinaria. La ventilación forzada se realizó por la base de la pila y para lograrlo se usaron dos métodos de tuberías perforadas encima del piso y en la base de la pila; y el segundo de pisos de hormigón ventilados. En la guía se mencionó que un municipio cuenta con una población de 10 000 habitantes, con una plataforma para poder recibir el material total de 5 semanas (tiempo requerido para la descomposición). Para lo cual, la plataforma tendría que disponer de un largo de pila de 16,6 para 6 pilas. El ancho será el necesario para las 6 pilas y los pasillos normalmente de 50 cm.

Para el diseño de tuberías referentes al sistema de aireación forzada, se empleó una máquina generadora de movimiento del aire, así como en la metodología usada en la Comunidad de Gatazo Cantón Colta [24], en esta investigación que desarrolló una aireación inductiva y deductiva, y tomando en cuenta su descomposición en el ritmo de descomposición que, normalmente dura entre 30 y 60 días en fase activa. Este método tuvo como objetivo controlar la emisión de olores y garantizar temperaturas idóneas de operatividad que dependen de la fase del proceso.

Se contó con una humedad de la mezcla de materiales de 70 %, la cual por medio de sensores automatizados ayudó a llegar a la humedad deseada del 60 %. A su vez, contó con una temperatura de entrada y salida de 13 °C / 286,15 K y 60 °C / 333,15 K, respectivamente. Con respecto a la humedad relativa del aire tanto de entrada y salida se tuvo 13°C (77 %) y 60°C (99 %). Asimismo, la presión atmosférica total fue de 726,04 hPa / 544, 58 mm Hg y la densidad del aire de entrada (13°C) 1,23 kg/m^3. Finalmente, la medida de la tubería fue de 2 metros de largo con 9 orificios de 0,02 m, 0,025 m y 0,0275 m a unas 0,2 m de distancia cada uno, las cuales irán al aire con un caudal del ventilador de 810 m^3/h y velocidad de 26 m/s.

Respecto al impacto ambiental en el informe de Chacón y Pinilla [25], que tuvo como objetivo el tener una guía metodológica para la realización de la evaluación de impacto ambiental aplicable en Ecoparque Sabana, se buscó la mejora y conservación de la biodiversidad del ambiente. Para esto primero se seleccionó la más adecuada por medio de una matriz entre un total de 5 metodologías usadas para medir los impactos ambientales. Para su clasificación se tuvo en cuenta si el método es aplicable para el proyecto, si es utilizable con cualquier tipo de información, que sea entendible de manera rápida, pueda esquematizar los resultados, pueda cuantificarse y entre otros. Teniendo como resultado final la metodología más adecuada y completa la de Conesa.

Así también, los impactos ambientales fueron medidos según el artículo de González, Palacios y Ábalos [26] que se desarrolló en las aguas de la Cuenca Hidrográfica Guaos-Gascón que son principalmente usadas como lugar de botadero de residuos, tanto para industrias como las personas, lo que ha venido generados problemas ecológicos y una carga contaminante en ascenso. Se tomó como muestra 8 estaciones, las que fueron comparadas con las normativas de

Cuba con respecto al agua potable, entre otros. Así pues, se realizó aplicando las matrices propuestas por Conesa. Para el cálculo cualitativo de impactos se tuvo en cuenta dividirlos en 3 partes: identificación de los impactos y los factores, valoración y cálculo del nivel de importancia. Para su valoración se consideró los criterios teniendo resultados que las aguas de la cuenca están afectadas por el vertido de aguas residuales de origen doméstico y acumulación de residuos sólidos, siendo el río Los Guaos el de mayor contaminación. Obteniendo de ello 25 impactos que son considerados severos.

Materiales y Métodos

El diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo se basó en la información del plan anual de evaluación y fiscalización ambiental Chiclayo-2019, del INEI, del proyecto Chiclayo limpio y otros documentos relacionados con la investigación.

Para identificación de impactos se utilizó la metodología de medición de importancia, basado en Conesa [27], en la que se evaluó los datos cualitativos obtenidos por medio de una ecuación que considera ponderaciones, respecto a atributos como naturaleza, intensidad, extensión, momento de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación, efecto y periodicidad. Para valorización de la matriz de impactos se tuvo en cuenta impactos positivos +I y negativos -I que varían en rangos según sean compatibles $0 \leq I \geq 25$, moderados $25 \leq I \geq 50$, severos $50 \leq I \geq 75$ y críticos $I \geq 75$.

Seguidamente para el diseño de plantas se basó primero en el manual de diseño de instalaciones manufactureras y de servicios de Díaz y Noriega [28], en las que se tuvo primero el estudio de mercado, el cual ha tenido en cuenta el análisis de tanto el producto, con sus parámetros, especificaciones y usos; también se consideró que el compost a producir fue a base de residuos sólidos orgánico. En el caso de los factores que determinan el área del mercado como la oferta, demanda y precios de compost; se basaron de la data histórica de SENASA, del Boletín Estadístico Mensual, entre otros. Así entonces el porcentaje a cubrir del proyecto se tuvo de la cantidad ofertada sobre la demanda total. Se tuvieron presentes las diferentes proyecciones para ver su viabilidad usando la fórmula lineal (ax + b), se consideró x a los años proyectados, los que fueron 10 años.

Acerca de la localización se tuvo en referencia el análisis de factores como, disponibilidad de servicios, aspectos geográficos, proximidad de materia prima, disponibilidad de mano de obra, panorama del mercado de compost, disponibilidad de terreno y expansión, aspectos ambientales, vías de acceso y comunicación, aspectos institucionales, las cuales por medio de una matriz de enfrentamiento fueron ponderadas con 0 si no se relacionan, 1 si tenía mediana relación y 2 mucha relación; luego fueron utilizadas para la adecuada evaluación de ubicación de planta; siendo medidas por calificaciones de 1,5 alto, 1 medio y 0,5 bajo . También se rescata el hecho que sirvió para tener en cuenta la descripción del producto, como su representación en el flujograma, ayudando finalmente a determinar la capacidad de planta a utilizar

Por lo que se refiere a la tecnología utilizada en el proceso productivo se basó de la teoría, como las investigaciones de C. Amutio [11], en donde aplica un sistema abierto con ventilaciones forzadas, y otras donde ya fueron comparadas con otros sistemas y se determinó como un método que se requiere de menos tiempos, espacios y ocasiona menores impactos ambientales negativos, como menciona Cayuela [22], Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos, Mediante Compostaje [23] y Valverde [24]. De las mismas fuentes

teóricas se tomó en consideración las máquinas y equipos más ideales para un adecuado proceso productivo adecuándose a la capacidad obtenida. En el caso del área de calidad se detalla los equipos de medición de los parámetros a los largos del proceso, así como los puestos de trabajo entre otros.

Así pues, la distribución de la planta se basó en la metodología conocida como SLP (Systematic Layout Planning) de Muther [29], proceso que utilizó criterios cualitativos. Para determinar el área del proceso de compostaje se utilizó la propuesta metodológica de Ávila y Moyano [30], teniendo en cuenta la capacidad de toneladas al día, haciendo cálculos como el número de pilas: N° pila $=$ ∀ planta / ∀ pila, capacidad por pila: $\mathrm{Cp(t)} =$ ∀ pila / densidad compostaje, los espacios entre áreas: $\mathrm{EA} = (\mathrm{N°\ pila} -$ 1 x espacio entre pilas) x Longitud calculada, área total de proceso de compost: AF des $(\mathrm{m^2}) =$ ((base de pila x largo de pila x N° pila) $+$ espacios entre áreas) y respecto a la zona de maduración: AM $(\mathrm{m^2}) =$ TM (días) x RF x $\mathrm{b^2}$ x F x 1,1)/(b $+$ L). Donde TM= tiempo de maduración, RF= residuos fermentados, b= base de planta, F = factor de fermentación y L= largo de pila.

Además, para la realización del diseño sistema de aireación forzada se usó el software de diseño SolidWorks y AutoCAD, teniendo como guía de sistema de ventilación la metodología desarrollada en la comunidad de Gatazo Cantón Colta por Valverde [24], utilizando fórmulas para encontrar la cantidad de agua a remover: $\mathrm{h_2o}$ (ib) $=$ (cap. por pila x (humedad actual $-$ humedad deseada))/(100% $-$ humedad deseada), considerando valores de entra y de salida de cantidad de aire para remover la humedad: $\log \mathrm{PVS(mmHg)} =$ k vapor I $\mathrm{h_2o}$ /temperatura en K $+$ k de vapor II $\mathrm{h_2o}$, presión de vapor: $\mathrm{PVapor} =$ (Humedad relativa)PVS salida, humedad específica: $\mathrm{HE_S} = 0{,}62$ x ((presión de vapor)/ (presión atmosférica $-$ presión de vapor)), y el flujo del caudal total para remover la humedad en la pila de compost: $\mathrm{caudal(m^3\ /\ h)} = \mathrm{velocidad/tiempo}$. Finalmente, se determinó el ventilador a usar, mediante las fórmulas para el área del conducto: $\mathrm{AC(m^2)} =$ π x $\mathrm{DC^2}/4$, donde DC= diámetro de conducto, velocidad: $\mathrm{V(^m/_S)} =$ (caudal/área del conducto) y caudal por ramas: $\mathrm{CRT} = \mathrm{Q1} + \mathrm{Q2} + \mathrm{Q3} + \mathrm{Q4}$.

Por último, para la evaluación económica financiera se tuvo en cuenta la metodología de Morales y Morales [31], y los cálculos son desarrollados por los comandos de Microsoft Excel. Primero, se busca evaluar los egresos e ingresos para el proyecto, seguido a esto se calcula el estado de resultado, del que se obtuvo la viabilidad del proyecto, por medio del Valor Actual Neto (VAN), y la tasa de interés de Retorno (TIR).

Resultados

Diagnóstico ambiental del manejo de los residuos sólidos

Los habitantes del distrito de Chiclayo disponen temporalmente a los residuos en diferentes zonas para su posterior recojo, lo que conlleva a la formación de diversos puntos críticos, considerados focos infecciosos de animales carroñeros, malos olores, etc. Los puntos críticos identificados son las avenidas Agricultura, Augusto B. Leguía, la Vía de Evitamiento, entre otros; de acuerdo al diagnóstico de la tesis de Correa que menciona 9 zonas críticas [32], Ver anexo 1.

De acuerdo al PLANEFA [33], menciona que el servicio de recolección de RRSS diarios son en 3 turnos. Los horarios varían de 3 a. m. a 4 a. m. del siguiente día, con 4 horas de

descanso. La hora de descanso son de 11 a. m. a 12, de 7 p. m. a 9 p. m. y de 3 a. m. a 4 a. m. Para el servicio de limpieza se cumplen diariamente los horarios establecidos por la municipalidad, se debe tener en cuenta primero que son tanto la recolección de desperdicios domiciliarios como el de las vías públicas. De esto se necesitan diferentes colaboradores: obreros 454, barredores 183, 115 ayudantes, 16 supervisores y 75 choferes.

En Lambayeque la disposición final de la basura, se encuentra en más del 95 % en botaderos y desechos quemados [5]**.** Los desperdicios sólidos de MPCH van al botadero de Reque ubicado en el km 760 con una extensión de 3 km hacia dentro, con la finalidad de evitar que sigan expandiéndose las áreas degradadas por residuos sólidos. La cantidad de residuos sólidos recolectados son quemados y enterrados diariamente. Cabe mencionar que el botadero de pampas de Reque que cuenta con 307 hectáreas [34], debe presentar un Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales y de no ser así será clausurado por la OEFA [35].

Tabla 1. Factores ambientales influyentes en del distrito de Chiclayo

Medios	Componente Ambiental	Factores Ambientales
Físicos	Atmósfera	Calidad de Aire
		Nivel de Ruido
	Agua	Calidad de Agua
		Consumo de Agua
	Suelo	Capacidad de Suelo
		Calidad de Suelo
		Contaminación de Suelo
	Paisaje	Calidad de paisaje
Biológicos	Flora	Estructura y Composición
	Fauna Terrestre	Hábitat
Socio Económico	Economía	Empleabilidad
	Cultura	Desconocimiento de Población
	Social	Salud
		Vivienda y Servicio
		Tasa de Crecimiento

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1, se puede mencionar que las características de los diferentes componentes ambientales en el distrito de Chiclayo se dan primero con respecto al suelo, y este es mayormente arcilloso. El agua tiene una capa freática que está a más de 70 metros; y en el caso del aire, los vientos son moderados, o fuertes en algunas temporadas. A su vez, cuenta con paisajes de urbe y desérticos. Con respecto a los medios biológicos, no existe en la fauna especies endémicas o en peligro de extinción. Aunque tampoco existen áreas de conservación de vegetación cercanas.

Finalmente, la tasa de crecimiento es de 1,27 %; contando con una población, que en su mayoría no realiza buenas prácticas sobre el manejo de los residuos sólidos o de participación ciudadana. Y todo ello debido a que la supervisión y control en la segregación del material de reciclaje y orgánico es irregular. Según el nivel de importancia en el distrito de Chiclayo, el manejo de los residuos ha generado diferentes impactos ambientales.

Los factores ambientales más perjudicados son relacionados al suelo, hábitat, calidad de aire, desconocimiento de la población y paisaje. Todo esto se genera porque actualmente, existe una abundancia de residuos en vías; así pues, en algunas investigaciones [8], los indicadores

demuestran lo más crítico sobre suelo desnudo, lo que ha generado 399,6 hectáreas degradadas. También, es debido al botadero en Reque, que como destino final de los desperdicios ha provocado en el 2019, 438,08 hectáreas de suelos degradados en la provincia de Chiclayo.

Otro problema que afectado al hábitat local es causada por los perros callejeros que se alimentan de residuos acumulados en las vías públicas, principalmente en los puntos críticos y los empeoran; asimismo, se ha perdido el hábitat natural de algunas especias como el gallinazo de cabeza negra [36]; que se puede encontrar en la ciudad en condiciones adversas para su reproducción, provocando a su vez la dispersión de los residuos que consumen, causando daños a la estética urbana y problemas para la seguridad de la aviación comercial. Se ha incrementado la presencia de roedores y canes por la inadecuada disposición final.

Tabla 2. Matriz de importancia de diagnóstico

Factores Ambientales	Manejo de residuos solidos				
	Generación	Almacenamiento temporal	Recolección	Transporte	Disposición final
Calidad de Aire	- 27	- 38	- 20	- 25	- 44
Nivel de Ruido				- 24	- 19
Calidad de Agua		- 30			- 28
Consumo de Agua					- 21
Capacidad de Suelo	- 29	- 32			- 34
Calidad de Suelo	- 34	- 54	- 24	- 15	- 58
Contaminación de Suelo	- 34	- 54	- 24	- 15	- 58
Calidad de Paisaje	- 29	- 40			- 42
Estructura y Composición		- 20			- 20
Hábitat		- 38			- 50
Empleabilidad			30	30	
Desconocimiento de Población	- 36		- 44		
Salud		- 33	- 29	- 26	- 39
Vivienda y Servicio			28	30	
Tasa de Crecimiento	- 44				- 39

Leyenda de clasificación de impactos según importancia		
Rangos	Determinación	Referencia
$0 \leq I \geq 25$	Compatible	
$25 \leq I \geq 50$	Moderado	
$50 \leq I \geq 75$	Severo	
$I \geq 75$	Crítico	
+ I	Impacto Positivo	

Todo el aumento de residuos sólidos es proporcional con el crecimiento de la población. Las actividades económicas se ven afectadas por la no recolección de residuos sólidos y la segregación informal que se realiza por algunas personas es insalubre, siéndose propenso a contraer enfermedades infectocontagiosas. Finalmente, la suciedad en las calles es producto de los pésimos hábitos de la población y la constante aparición de puntos críticos a causa del aumento de los residuos en las calles, esto va generando un aumento en malos olores y presencia de gases contaminantes.

En general, se determinaron 38 actividades negativas y 4 positivas, dando un total de 42 interacciones. Se sabe que existe rangos que delimitan lo leve, moderado y severo que pueden llegar a ser los impactos ambientales generados. Se puede observar el análisis cuantitativo de impactos importantes que tanto la calidad de suelo como la contaminación al suelo y el hábitat tienen un impacto negativo severo pues cuentan con puntaje $50 \leq I$. Se debe tener en cuenta que existen impactos moderados $25 \leq I \geq 50$, que están cerca de la severidad por lo que se debe tener

cuidado como lo son la calidad del aire y el desconocimiento de la población, ambos con un nivel de importancia de - 44, como se puede mostrar en la extensión del Anexo 2.

Finalmente, se puede mencionar que, como resultado del diagnóstico ambiental, la mayor cantidad de interacciones se dan en el almacenamiento temporal y la disposición final de los residuos, siendo 9 y 12 los impactos encontrados respectivamente, presentándose en el primer caso 22,22 % severos, 66,67 % moderados y 11,11 % compatibles y en segundo caso 16,67 % severos, 58,33 % moderados y 25 % compatibles.

Para estimar la generación de los residuos sólidos municipales en el distrito Chiclayo, se consideró el números de habitantes de acuerdo al informe del INEI [37] y la generación per cápita de 0,58 kg de residuos domiciliarios por habitante por día [33]. En la Tabla 3 se estimó que la cantidad de residuos sólidos al año 2020 será de 167,25 toneladas diarias.

Tabla 3. Generación de residuos en el distrito de Chiclayo 2018-2020

Año	Habitantes	GPC (kg / hab. / día)	Residuos Sólidos (kg / día)	Residuos Sólidos (t / día)	Residuos orgánicos (t / día)
2018	282 680	0,58	163 954,40	163,95	103,68
2019	285 907	0,58	165 826,06	165,83	104,86
2020	288 360	0,58	167 248,80	167, 25	105,76

Fuente: INEI- MPCH

Con respecto a la composición total de residuos sólidos del distrito de Chiclayo, los datos son basados del último plan integral de gestión ambiental. De donde se determinó que el 63,24 % del total de residuos sólidos, son orgánicos y el 15 % son inorgánicos valorizables o reciclables. (Ver Figura 1). Sabiendo el porcentaje promedio de residuos orgánicos del distrito de Chiclayo, se puede estimar que el 2020 se obtienen 105,76 tonelada / día como se muestra en la tabla 1, los cuales serán base para determinar la cantidad futura de residuos obtenida en la Tabla 5.

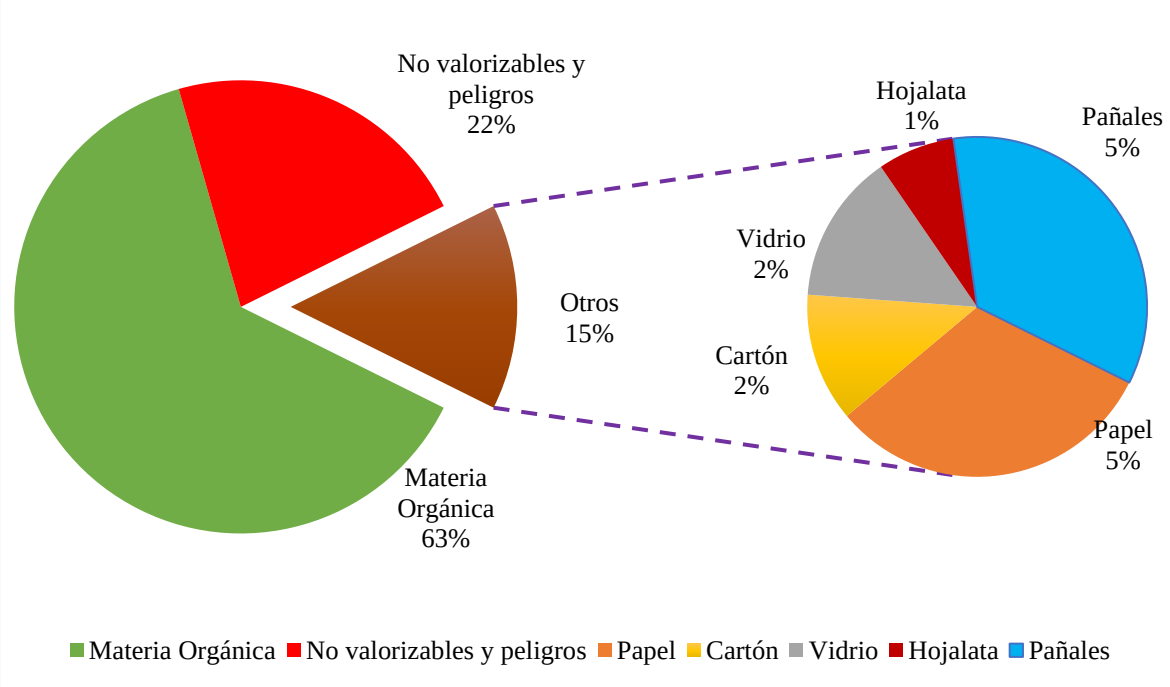


Figura 1. Composición de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo
Fuente: PIGARS- Chiclayo [38]

Diseño de la planta de tratamiento de residuos orgánicos para producir compost

Partiendo de que en el 2015 en el distrito de Chiclayo se aprobó el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva [39], el cual todos estos últimos años viene impulsando a tener una conciencia ambiental a los ciudadanos con el objetivo de reducir la contaminación generada por residuos sólidos. En este caso, teniendo en cuenta la materia prima a utilizar para el producto es la orgánica ya segregada de la localidad, se resaltan sus características como la presencia de bacterias las cuales disminuirán el tiempo ha compostar. El compost es el resultado de un proceso biológico que se da por la transformación de residuos, bajo el impacto microbiano. Se da mayormente para aprovechar los desperdicios biodegradables y será usado en la agricultura, horticultura y mejoramiento del suelo, buscando reducir un 50 % la cantidad de residuos en botaderos y rellenos sanitarios [40].

Lo que marca diferencia o ventaja competitiva del compost elaborado con residuos orgánicos de Chiclayo, con otros abonos orgánicos vendidos en la localidad, es la ventaja ambiental generada, como por ejemplo la mejora al suelo por los diferentes nutrientes suministrados provocado por compost por un adecuado control de los parámetros establecidos a lo largo del proceso productivo. También, genera efectos favorables pues mejoran su estructura, reduciendo los problemas de compactación, evitando la erosión, aumentando su retención de agua y el intercambio gaseoso ayuda a la formación de grumos. Este proceso reduce el uso de fertilizantes, ya que genera el propio de forma natural ya que participan microorganismos y bacterias que cuentan los mismos desperdicios y reduce el uso de combustibles, debido a no requerir grandes maquinarias reduciendo la huella de carbono.

Finalmente, presentado en el compost puede ser utilizado para todo tipo de plantas o cultivos orgánicos, ya que ayuda al mantenimiento y mejora de la micro flora y fauna del suelo. Se ha tenido en cuenta los parámetros de compost con presencia de bacterias de la investigación de Jara et al. [41], con pH de 7, nitrógeno 2,64 %, fósforo 0,6 (mg/L), carbono 12,8 %, potasio 0,32 %, con una relación C/N de 4,85 y humedad con rangos de 50 a 70 porciento.

El producto pasa por un proceso de compostaje, que implica la segregación, la aireación y la maduración hasta llegar a un tamizado que permita ponerlo en sacos de 50 kg. Será usado para la mejora de suelos agrícolas en el distrito de Chiclayo, que están siendo degradados actualmente, contribuyendo con la estructura, las propiedades y la estabilización del suelo. No obstante, los efectos dependen de las características del suelo. Finalmente, el uso agro representa un mercado potencial para el compost por su valor nutritivo y potencial para mejorar la calidad del suelo.

Factores que determinan el área de mercado

Los factores que determinan el área de mercado conciernen principalmente a todos los agricultores del distrito de Chiclayo, quienes buscan corregir la degradación de sus tierras conservándolas con fertilizantes químicos y orgánicos. Estos serían la existencia de materia prima, una demanda efectiva, costos en el mercado, entre otros. Y, el producto irá directamente al sector agrícola, promoviendo la utilización de un tipo de abono orgánico, para dejar de utilizar fertilizantes químicos que afectan en exceso al medio ambiente y a larga su uso produzca daños ecológicos.

Los diferentes cultivos agrícolas requieren el uso de abonos orgánicos o sintéticos, los cuales deben aplicarse de manera equilibrada y según las necesidades del cultivo. Primero, se

considera la cantidad de áreas para la producción orgánica de la región Lambayeque que están certificadas por SENASA [42], según el Decreto Supremo N º 044 – 2006 - AG. Las diferentes áreas de cultivos orgánicos registradas por la autoridad fiscalizadora en la región han tenido en los últimos años tanto aumento como bajas, teniendo un aumento considerable el año pasado con 5 177,96 ha (ver tabla 4), por lo que se entiende la iniciativa de búsqueda de la calidad de los agricultores.

De acuerdo con Servicio Agrícola y Ganadero [43], el cual brinda pautas para un adecuado compost, teniendo en cuenta que un exceso de compost puede llegar a generar impactos negativos, y sabiendo que su cantidad varía para mejorar el terreno agrícola según sea el tipo de compost, se considerará una dosis por hectárea anual de 10 toneladas. Y, en relación al total de hectáreas agrícolas se obtuvo que en el 2019 la demanda de compost es aproximadamente 51 779,6 toneladas, como se puede ver en tabla 4.

Con respecto al análisis de la oferta el distrito de Chiclayo, no cuenta con una planta productora de compost orgánico, o de algún tratamiento de residuos; por esto, los agricultores de la localidad suelen tener que comprar abono muchas veces artificial de las localidades aledañas. Pues bien, al ser el compost a producir a base de residuos orgánicos, se considera para la oferta las toneladas al día de los mismos, partiendo de la investigación de cabildo que menciona que del total de materia orgánica se descompone y obtiene 60 % de abono o compost [44]. Obteniendo en la proyección del último año una cantidad de 25 453,7 toneladas anuales de compost (ver tabla 5).

El precio de venta del compost es inferior comparándolo con el de los fertilizantes inorgánicos. Para establecer el precio se debe considerar el de productos similares junto con la cantidad por la que es comercializada, en este caso son sacos de 50 kilogramos. Por esto, los precios del compost por tonelada fueron tomados teniendo en cuenta los precios de productos similares que son más económicos en la región norte del Perú. Según, el boletín estadístico nacional [45] y referenciando la localidad de la libertad que maneja precios comparables al de la provincia de Chiclayo, se toma un promedio anual (ver tabla 4); con el fin de determinar un precio de compost por tonelada que se venderían en Chiclayo.

Tabla 4. Demanda y precio de compost en el distrito de Chiclayo

Año	Demanda			Precios		
	Área orgánica (ha)	Compost (t)	Gallinaza	Humos de lombriz	Precio promedio	Precio promedio (50 kg)
2016	1 845,76	18 457,6	337	557	447,0	22,4
2017	2 934,83	29 348,3	363	553	458,0	22,9
2018	1 805,60	18 056	368,33	606,67	487,5	24,4
2019	5 177,96	51 779,6	381,67	675,67	528,7	26,4

Fuente: Boletín Estadístico Mensual [45]

Se estableció un precio promedio de compost que tendría en la provincia de Chiclayo con la evaluación de diferentes valores cercanos del norte; se consideró el valor de la gallinaza por el hecho de ser un abono orgánico con precio cómodo utilizado cuando se busca tratar superficies con un presupuesto bajo, lo que ha logrado que tenga una tendencia estable relacionado a el precio de venta. También, el caso del humus es unos de los abonos más similares al del compost por su proceso con la variación de la presencia de lombrices lo que le ha permitido tener una tendencia de su precio creciente a lo largo de los años ver figura 4. Partiendo de esto se determinó el precio que se tendría por sacos de 50 kg.

Tabla 5. Proyecciones requeridas para proyecto 2021 al 2030

Año	R. orgánicos (t/d)	Demanda (t)	Oferta (t)	Porcentaje a cubrir	Precio promedio(S/)
2021	106,852	37 143,6	23 400,6	63 %	28,8
2022	107,894	38 235,8	23 628,8	61,8 %	30,2
2023	108,935	39 328,1	23 856,8	60,7 %	31,6
2024	109,977	40 420,3	24 085,0	59,6 %	32,9
2025	111,019	41 512,6	24 313,2	58,6 %	34,3
2026	112,060	42 604,8	24 541,1	57,6 %	35,7
2027	113,102	43 697,0	24 769,3	56,7 %	37,1
2028	114,144	44 789,3	24 997,5	55,8 %	38,4
2029	115,185	45 881,5	25 225,5	55 %	39,8
2030	116,227	46 973,8	25 453,7	54,2 %	41,2

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar en el análisis del estudio del mercado que, es factible instalar una planta productora de compost. Como primer punto, no hay competencia alguna en el distrito de Chiclayo, y si bien es cierto, hay algunas que producen en pocas cantidades, estas suelen ser para autoabastecerse o producidas por los mismos agricultores. Para el cálculo se consideró la regresión lineal, del que se determinó la cantidad de toneladas diarias a producir aproximadamente del 2021 al 2030 en el distrito de Chiclayo, en donde se obtiene en último año un promedio de 116 toneladas diarias de material orgánico.

También, en el año 2030 se estima que la demanda de compost usados para la mejora de las hectáreas de cultivos orgánicos en Lambayeque sería de 46 974 toneladas anuales. Podemos determinar con los datos que se obtuvieron de la demanda y oferta de compost proyectada, que porcentaje cubrirá el proyecto en unos 10 años; entonces cubrirá el 54,2 % de la demanda total de compost, las cuales son 25 453,7 toneladas de compost anuales.

Localización

La localización del proyecto se especifica que la Macro localización será en el departamento Lambayeque y será evaluada por diferentes factores para la micro localización. teniendo en cuenta la cercanía al distrito de Chiclayo. Se evaluarán 3 opciones, una en Chiclayo, la segunda en la carretera San José y la tercera ubicada en la carretera Reque, en las cuales se debe hacer un análisis a diversos factores, tales como la disponibilidad de materia prima, disponibilidad de mano de obra, espacio para la expansión, suministro de agua y energía, entre otros factores.

Como primera opción (A1), se tuvo en cuenta la obtenida con el análisis de los puntos críticos de toneladas promedio por zonas de recolección de residuos en el distrito de Chiclayo. Obteniendo una posible opción la ubicada, en las coordenadas geográficas de longitud con - 79, 85480 y de latitud - 6,774413. La cual está en el mismo Chiclayo. Para su cálculo se utilizó la herramienta de centro gravedad como en anexo 1 se muestra. Luego la alternativa 2 (A2), ubicada en la carretera San José - Chiclayo, teniendo como referencia el actual proyecto de la planta de transferencia de residuos en la localidad que se encuentra en la carretera San José a Chiclayo del kilómetro 3,5 como muestra la figura 2.

Finalmente, como alternativa 3 (A3), se tuvo en cuenta la cercanía del botadero de Reque que actualmente se usa como lugar en donde se depositan los desperdicios de la comunidad chiclayana y sus alrededores. Para su evaluación se tuvieron en cuenta factores, resaltando como más importantes los aspectos institucionales, vías de acceso y comunicación, el aspecto ambiental que es pieza clave del proyecto; así como también, la proximidad de materia prima y disponibilidad de terreno y expansión. Finalmente, para la elección final se asignó la

calificación de alto con 1,5, si era de medio 1 y para bajo 0,5, así como se muestra en la tabla 6.

A1	
A2	
A3	

Figura 2. Propuestas de micro localización

Fuente: Google Earth

Tabla 6. Evaluación de las ubicaciones seleccionadas, por ponderación de factores

		(A1)		(A2)		(A3)	
Factor	Ponderación	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
A	9 %	1,50	0,14	1	0,14	0,5	0,05
B	10 %	1	0,10	1	0,10	1	0,10
C	13 %	1,5	0,19	1	0,13	1	0,13
D	7 %	1	0,07	1	0,07	1	0,07
E	9 %	1	0,09	1	0,09	1	0,09
F	13 %	0,5	0,06	1,5	0,19	1,5	0,19
G	13 %	0,5	0,06	1	0,13	1	0,13
H	14 %	1	0,14	1	0,14	0,5	0,07
I	14 %	1	0,14	1,5	0,20	1	0,14
TOTAL		0,98		1,13		0,95	

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la micro localización luego de una evaluación de enfrentamiento de factores que estaría en la opción (A2), ya que hay más proximidad al lugar de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que es Chiclayo y debido a que a la municipalidad se le haría más fácil planear un proyecto cerca de la planta de transferencia en proceso; dado que guardan una relación y puede ser tomado como un complemento y se considera un punto a favor para la ubicación de la planta de compost. Así también, porque existe una adecuada disponibilidad de servicio y principalmente es una zona que reduce el impacto ambiental a la zona urbana.

Más, al detalle con respecto a la disponibilidad de terreno y expansión, se tuvo en cuenta la facilidad que tendría la Municipalidad de Chiclayo de obtener acceso a desarrollar una planta en la zona donde ya desarrolla más proyectos y más aún, esta sirva de soporte al proyecto en proceso de transferencia y también tener en cuenta que es una zona grande donde se podría dar una expansión futura.

A su vez, en el caso del abastecimiento de servicios esenciales; el agua presenta dos sistemas: Lagunas, situada al margen izquierdo de la carretera Chiclayo a San José. Y, la Laguna Pampa de Perros, que es donde se realiza el tratamiento de los desagües que son drenados por el emisor norte de la ciudad de Chiclayo [46]. Respecto a la energía eléctrica, según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERMIG) las fuentes de abastecimiento para los distritos de San José y Chiclayo es ENSA, con su central termoeléctrica planta Éten.

La carretera San José sería la localidad más adecuada debido a que se tiene más vías de acceso para transporte industrial o en este caso de los contenedores de basura y favorecería las posibilidades de llegar a lugar. Respecto a lo ambiental, presenta un contexto organizado que incluye al aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. Finalmente, se tuvo en cuenta la Ley N° 27 314 [6]. que señala que los residuos sólidos sean tratados con un sistema de minimización de residuos, reaprovechamiento, segregación en la fuente, comercialización, transporte, comercialización, tratamiento, transferencia y disposición final.

Proceso de elaboración de compost

Una vez llegados a la planta, los residuos orgánicos ya segregados traídos por el Municipio de Chiclayo serán recepcionados y pesados en una balanza industrial para tener un control del volumen con respecto a la capacidad de planta y luego se procederá a descargar los residuos en

el área acondicionada con aserrín el cual ayudará a reducir los impactos negativos en los suelos expuestos a los residuos sólidos. Seguido, se dará una selección, en esta etapa se busca verificar y decidir si es que los residuos orgánicos recepcionados son los adecuados para poder empezar el proceso de compostaje o si es el caso de pasar por un proceso que elimine o muela materia muy grande. Si fuese necesario se busca moler la materia orgánica muy grande y dura que provoque periodos más largos de transformaciones biológicas a lo largo del proceso.

Luego, se busca homogenizar el material orgánico con el aserrín y diferentes insumos como lo son estiércol y pajilla en una adecuada mezcla. También se busca mantener la humedad (contenido de agua) del cuerpo de material entre 40 % y 60 % y una correcta homogeneidad necesaria para la posterior formación de las pilas, es un factor clave para el correcto desarrollo del compostaje. Una vez finalizado el proceso mezclado, con palas y una moto carguera se encargará de transportarlo y llevar el pre compost al área de maduración.

En el área de compostaje primero se forman las pilas estáticas semicirculares en donde se desarrollará la parte final del proceso de compostaje. Las pilas tendrán 6 m de largo, y un radio de 3 metros por ser semicircular. En esos momentos se debe tener preparado la zona de tuberías de aireación forzada, las cuales se encuentran en la parte posterior del material pilado y alimentarán de oxígeno las pilas a lo largo del proceso, todo esto por medio de centrífugas.

En este momento el proceso se desarrolla con una oxigenación permanente por medio de ventiladores centrífugas, esta se da por el sistema de tuberías instalado, el que está formado por tubos PVC, codos y uniones. El ventilador elegido es según a la capacidad de pila a compostar. Aproximadamente la pila debe tener 75 °C de temperatura a lo largo del proceso que dura un promedio de 30 días. Se tiene que tener en cuenta que la aireación depende del contenido de humedad inicial de la masa [47].

También, se considera una densidad de residuos orgánicos de 0,4 toneladas por metro cúbico y una densidad de compostaje de 0,6 toneladas por metro cúbico. En este documento se recomienda un sistema de drenaje de lixiviados con red horizontal, con pendiente del fondo de 2 % que favorezca el movimiento por gravedad. En la etapa de maduración se tiene que tener presente el control de calidad de compost, en donde periódicamente (dentro de las 8 semanas del proceso), se sacarán muestras para permanecer una revisión de los parámetros y poder llegar a las características de compost necesaria. Al compostar y terminar la maduración, este se busca tener con forma más homogénea y granulada por lo que se lleva a un tamiz, buscando afinar el producto para su venta, el tamizador cuenta con una malla con agujeros de 20 mm y el compost terminado es recolectado por los operarios en carretillas para llevarlas al ensacado.

Posteriormente, la masa homogénea de compost estable es llevada al área de embolsado donde se procede a colocarlo en sacos de 50 kg para su posterior almacenaje, distribución y comercialización. Una vez en sacos, el compost es enviado a la bodega donde se almacenará hasta el momento de su distribución a los agricultores. Se tiene en cuenta que las actividades desarrolladas a lo largo del proceso están divididas en 5 operaciones, 4 combinadas, 2 tiempos de espera de 2 y 6 semanas para el proceso de compostaje, 2 almacenamientos tanto para los insumos y producto terminado y 6 transportes a lo largo de la elaboración de compost.

En la etapa de pesado no hay pérdida de materiales, con referencia a la selección y triturado. Se suma un 2 % de pérdida, dejando de lado los residuos que no sean orgánicos o que puedan perjudicar el proceso de compostaje. Luego, en el proceso de compostaje se da la fermentación, aquí los sólidos de materia orgánica se reducen al 60 %. En este momento se da la ventilación

forzada donde la centrífuga o ventilador tiene un caudal de 478,4 m^3/h y suministra aire a una pila de capacidad 12,7 toneladas provocando un aumento en la degradación en comparación al inicio de este proceso. Seguido al proceso de compostaje pasa por un tamizado, aquí se da un afino para una mejora calidad de producto final.

Sabiendo que ingresan los residuos de todo el año, los cuales serán almacenados en el área de almacén de materia prima, se determinan las capacidades que tendrán las máquinas a lo largo del proceso, teniendo en cuenta el máximo de materia prima a lo largo del año. Para la cantidad de máquinas se tendrá en cuenta la capacidad máxima de residuos orgánicos al día de 116,23 toneladas, los que teniendo en cuenta la recolección al día al año realizada por la municipalidad, serían un total de 42 449,5 toneladas.

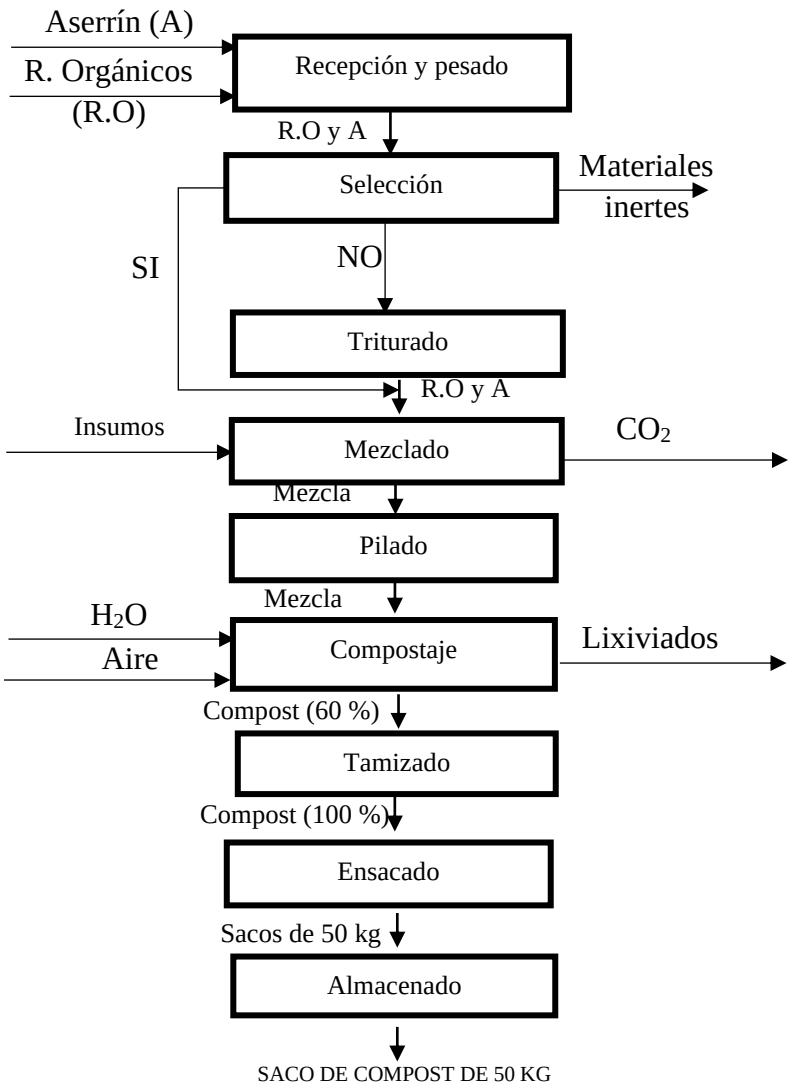


Figura 3. Diagrama de flujo de aireación tradicional

Considerando que la planta trabajará dos turnos de 8 horas, 288 días al año, hacen una capacidad de planta 9,21 toneladas por hora; la que se tendrán en cuenta junto a las los porcentajes de pérdida por cada etapa del proceso, a la hora de elegir los materiales y equipos. En el caso de la máquina de coser se consideró que, en una hora una máquina cose un aproximado de 10 sacos de 50 kg. En el caso de la balanza eléctrica para sacos con capacidad de 300 kg, se consideró que en una hora puede pesar 20 sacos. Así como se puede ver en la

tabla 7, en el caso de las características de la maquinaria se tendrá en cuenta la tecnología usada en otras investigaciones teniendo presente la capacidad total de planta como se puede ver en anexo 10, donde están las máquinas y accesorios necesarios.

Para la capacidad del proyecto se considerará la disponibilidad de materia prima que se tendrá el año 2030 que será 25 453,7 toneladas / año considerando los 365 días, como la mayor que puede producir la planta. Ahora bien, se trabajará 6 días a la semana con un jornal de 8 horas, pero en 2 turnos que abarquen 16 horas al día, trabajando 4 semanas en 12 meses haciendo 288 días al año. Por lo tanto, la capacidad será de 111 sacos / hora, sacos de 50 kg cada uno.

Tabla 7. Capacidades máximas de máquinas de producción

Máquina	Marca/Modelo	Capacidad t/h		Cantidad
		Máquina	Requerida	
Balanza industrial	Básculas Prometálicos	4	9,19	3
Trituradora	HC /PC600 x 400	10	9,19	1
Tamizadora	DAZHEN / GTS830	10	5,4	1
Balanza eléctrica	Prometálicos	1	5,4	6
Máquina de coser sacos	HENKEL GK261A	0,5	9,21	19
Trasporte	WANXIN / WX250ZH-T	1,2	9,21	8

Fuente: Elaboración propia

Distribución de Planta.

Para la construcción de la planta se utilizará materiales según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento oficiales de edificación para la costa y según al Reglamento de Edificaciones [48], teniendo en cuenta el recorrido idóneo que seguirá el proceso de producción y la circulación del personal.

La distribución de la planta será disposición de producción en línea o en cadena, esto significa que la materia prima pasará una secuencia ordenada para cada operación. Debido a que nuestro proceso es secuencial, pero presenta prolongados tiempos de espera contamos con la distribución combinada, primero en forma de U, pues presenta tanto un almacén de entrada y otro de salida; y a su vez la distribución en forma de S, utilizado por procesos largos a la hora de distribuir las pilas las diferentes semanas que necesitan; por último, la distribución.

Entonces, por la búsqueda de disminuir recorridos de los operarios de una a otra etapa del proceso. Y hacer más fácil el flujo con los tiempos de espera, se eligió combinar estas formas, rescatando la proximidad de las maquinarias. Reiterado que, para la distribución de la planta, el método será Güerchet, que verificará las dimensiones de cada área. Para el cálculo de las áreas y todas las dimensiones de la planta se revisarán datos (ver tabla 8), que son obtenidos de las citas ubicadas en el marco teórico del proyecto.

Mencionando el hecho del cuidado de los lixiviados, se calcula mediante una ecuación, donde se considera los tiempos de descomposición y maduración, además de dos valores lo cuales corresponden a un valor del 5 % del volumen de los residuos, un factor de seguridad (1,5).

Teniendo en cuenta que el volumen de lixiviados es alto, se define la instalación de dos tanques comerciales, con una capacidad de almacenamiento de 17,05 m^3 cada uno, donde para dimensionar plantas de compostaje se basa según catálogos Rotoplast, los que cuentan con un ancho de 2,3 m y un largo de 5 m, para cada tanque siendo 11,5 m^2.

Tabla 8. Datos de fuentes confiables para cálculos de distribución y diseño de tuberías

Descripción	Dato	Unidades
Residuos orgánicos después del triturado	113,68	toneladas / días
Residuos luego de fermentación	68,4	toneladas / días
Densidad residuos orgánicos	0,4	t / m^3
Densidad de residuos compostaje	0,6	t / m^3
Altura del vehículo (compactador)	4	m
Forma de la pila	Semicircular	
Radio de la pila	3	m
Tiempo de descomposición	14	Semanas
Espacio entre pilas	1,5	M
Tiempo de maduración	6	Semanas
Longitud estándar	6	M
Base de la planta	10	M
Fracción de volumen tratado	0,33	
Tiempo de almacenamiento para lixiviados	60	Días
Diseño de tuberías		
Capacidad por pila	12 700	Kg
Humedad de la mezcla de materiales	70	%
Humedad ideal	60	%
Temperatura de aire que entra a la pila	286,15	K
Temperatura de salida del aire de la pila	333,15	K
Humedad relativa del aire de entrada	77	%
Humedad relativa del aire de salida	99	%
Presión atmosférica total	544,6	mm Hg
Densidad del aire	1,23	kg / m^3

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, se ha considerado para las zonas administrativas y de planta se consideran las normas A 060, esta área deberá contar con iluminación de 300 luxes, considerando 10 m^2 por persona, las de cocinas según la norma A 070 y baños de acuerdo a la Norma A 080.

Finalmente, las áreas verdes, según la norma A 010 se establece que el total de áreas verdes es igual al 30 % del total de área de planta. Considerando la cantidad de colaboradores con 30 operarios de producción, divididos en 15 por cada turno, con 4 trabajadores de vigilante y de limpieza, dos por cada turno. Con respecto a los jefes, 2 jefes de calidad, y un jefe de ventas, recursos humanos y producción. Por último, cuenta con un contador, una secretaria y un gerente, haciendo un total de 46 personas trabajando en la planta.

Tabla 9. Resultados de dimensiones totales

Dimensiones de zonas de planta	**m^2**
Área de almacenamiento de materia prima	145,34
Área de almacenamiento de insumo	95,83
Área de producción	11 945,93
Área de oficinas de gerencia	21,42
Área de oficinas de secretaria	13,56
Sala de reuniones	19,665
Área de oficinas de calidad	20,05
Área de oficinas de seguridad	7,34
Área de comedor	23,87
Área de máquinas y herramientas	92,92
Área de tratamiento de lixiviados	11,50
Área de generación eléctrica	12,73
Área de producto terminado	101,37

Vestidores	16,86	
SSHH de operarios	89,06	
SSHH de administrativos	37,45	
Estacionamiento y patio de maniobras	1 383,97	
Áreas verdes	4 211,66	
Total	18 250,51	
Descripción	**Variable**	**Indicador**
Ventiladores centrífugos anticorrosivos de simple aspiración fabricados en polipropileno		
Caudal del ventilador	525	m^3/h
Velocidad	15,3	m/s
Velocidad por rama	4,21	m/s
Potencia Requerida	0,37	kW
Dimensiones (ancho x alto x largo)	350 x 486 x 375	mm
Modelo	CPV – 720 - 2T	
Potencia de motor	10	CV
Certificación	ATEX categoría 2	
Material	polipropileno	
Sistema distribución de aire		
Material	PVC, 90 mm de diámetro	
Diámetro	0,1015	m
Largo	4 secciones x 6	m

Fuente: Elaboración propia

Aeración forzada

Los resultados obtenidos en el total del día hacen un aproximado de 116 toneladas de residuos orgánicos posibles a compostar en el distrito de Chiclayo, estos serán procesados en pilas con capacidad de 12,7 toneladas. Las cuales son de forma semicircular y con dimensiones de 3 metros de radio y 6 de largo como se ve en el anexo 3, donde están los gráficos en 3 D de las pilas de aireación forzada y en el anexo 11 donde están los planos. En un día se tendrían que apilar un promedio de 9 pilas en horarios de trabajo de 2 turnos con 8 horas cada uno.

Considerando que un flujo de pilas cambia al terminar el proceso de compostaje se divide en 2 etapas en se fermenta aproximadamente 14 días cuando se da un sistema de aireación forzada el área final para el desarrollo del compost será de 5 241 m^2. Seguido a esto el pre compost ya fermentado pasa a la zona de maduración haciendo un total requerido para el proceso de compostaje de 11 945,93 m^2.

En sistema de aireación forzada funciona gracias a que debajo de cada pila se encuentran tubos PCV que están distribuidos adecuadamente para que permitan brindar un adecuado flujo del aire por medio de ventiladores centrífugas que circula el aire por los orificios del tubo ubicado debajo de la pila, con el fin de que la pila logre alcanzar indicadores adecuados y así reducir los tiempos de proceso; así como también, el hecho de reducir el proceso de mezclado que es el más contaminante por los olores y el tener mayor eficiencia tanto de planta y económica a largo plazo.

Y sabiendo que el caudal que se requiere por pila es de 478,4 m^3 / h, para poder remover 6 999,67 lb de agua, se tiene que ingresar una cantidad de aire de entrada y salida de 11,88 mm Hg y 150,77 mm Hg respectivamente. El sistema de aireación forzada será usado solo en la primera etapa de compostaje descomposición por lo que se requerida 125 ventiladores para la aireación, la cual es primordial para poder tener los parámetros de producto idóneos y así lograr la mejor calidad posible.

Dimensionamiento de ventilación

Con respecto al fluido de la oxigenación por medio de los ventiladores o centrífugas, estas estarán unidas con tuberías, necesitando de 5 a 6 tubos de PVC de 3 1/2 pulgadas de diámetro nominal (90 mm aproximado) y de 6 metros de largo; siendo 4 ramas por un sistema de ventilación, presentando 4 uniones, tanto para tuberías con tuberías y tubería con centrífuga de alimentación. También, 2 codos que van a los extremos, que permitan el flujo adecuado de oxígeno, todo esto siendo de PVC.

Las ramas de PVC poseen un total de 29 pares de orificios de diferente diámetro a lo largo como se muestran en los anexos 3 y 10. La aireación para este sistema de tuberías está provista por un ventilador centrífugo de paletas radiales con una potencia de 0,37 kW, que entrega un caudal máximo de 525 m^3 / h de aire, que es superior a lo que se necesita por cada pila, que necesita un caudal de 478,4 m^3 / h (0,027 m^3 / s por cada rama). También cuenta con una velocidad promedio de 15,3 m/s a través de una sección de salida de 3 ½".

El conjunto ventilador, posee uniones herméticas que garantizan el paso del fluido hacia los 29 pares de orificios de salida del mismo, disminuyendo las pérdidas por fugas dentro de la tubería. El ventilador debe mantenerse prendido por recomendación de ficha técnica de 60 segundos cada 4 a 5 horas, para la reducción de la humedad y un adecuado control de los parámetros físicos, llegando a tener valores de 70 % al 60 % considerado como valor idóneo.

Distribución de plantas

Primero, se desarrolló un diagrama SLP y de relaciones de proximidad entre áreas, en donde se rescata la cercanía absolutamente, de las zonas de estacionamiento y el patio de maniobras con los almacenes de la planta que ayuden a tener un fluido más rápido del producto recibido. Además, que el personal sea el mismo en el momento de recibir el residuo orgánico que está en el área de almacén, así como el área de seguridad. Así también, la proximidad absoluta del área de secretaria y gerencia por el hecho de compartir el mismo personal en áreas y ambas están en la misma zona de oficinas de la planta; rescatando la sala de reuniones que se encuentra en el centro de ambos, así como se muestra en el anexo 4.

Posteriormente, se consideró que los vestidores tengan una cercanía absoluta con los servicios higiénicos y especialmente que las áreas de producción estén cerca de los baños de los operarios y de la zona de lixiviados siendo de importancia estar cerca con las áreas de almacenes como lo son los de insumos, materia prima y producto terminado, como se muestra en el anexo 4. Para la distribución de plantas se han planteado tres propuestas de diseño de acuerdo al diagrama de relación de actividades y la designación de áreas, la que se encuentra en el anexo 5.

Para la elección se realizó una matriz de enfrentamiento entre las propuestas, priorizando criterios como lo son la búsqueda de un adecuado uso de los espacios, así como la relación y cercanía de áreas que guardan similitud. También, se considera el desplazamiento de las máquinas, verificando su instalación para su adecuada operatividad, la minimización de los recorridos de área a área a lo largo del proceso productivo y finalmente, visualizar una futura expansión de las áreas y planta según el crecimiento del mercado. Para la evaluación, se consideró la ponderación de 1 si es baja, 2 si es media y 3 si es alta.

Tabla 10. Matriz de enfrentamiento de propuestas de distribución

Criterio	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
1	1	2	3
2	3	3	3
3	2	2	3
4	2	2	2
5	3	3	3
TOTAL	11	12	**14**

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se optó por implementar la propuesta 3 con un total de 14 puntos, por presentarse como la más adecuada y que aprovecha mejor los espacios, reduciendo los recorridos.

Debido al hecho de aún no contar con una norma para la elaboración de compost para evaluar el control de calidad del compost, se tendrá presente los parámetros de la norma NCh2880; así como en la investigación de caracterizar el compost [49], donde sus resultados se relacionaron a los de la norma con respecto a las características físico - químicas: como son relación C/N menor que 30, nitrógeno mayor a 0,5 %, humedad de 30 % a 45 %, pH entre 5 y 8,5. En donde resalta los parámetros ya sabidos, como lo son humedad, temperatura, relación C/N, microrganismos para la descomposición y la aireación.

No obstante, en la normativa latinoamericana existen algunas diferencias según el país en el que rige. Como en Brasil, con una normativa que indica valores exigentes para pH, humedad y nitrógeno; mientras que en México la normativa plasma una mayor cifra de parámetros microbiológicos especificados, estas condiciones a su vez, dependen de la calidad de la materia principal y las adecuaciones físicas a las que se transforman los residuos.

Análisis económico financiero

Con respecto al plan de producción en el primer año, se producirán 468 012 sacos de compost de 50 kg elaborado a base los residuos orgánicos recogidos por la Municipalidad de Chiclayo, como se muestra en el anexo 8 que para el compost se realice se necesitan de 8 semanas de tratamiento, por lo que el primer trimestre se producen 0 sacos de compost. Teniendo presente esto, en el plan de ventas se estima un importe anual de S/ 13 478 745,6; pues los importes del primer trimestre serán cero y comenzando a tener importes económicos en el segundo trimestre de S/ 3 369 686,40, respecto a 156 004 sacos de compost. Se ha considerado una inversión total S/ 18 095 302,60, divididos en un 35 % puesto por el promotor principal que sería la Municipalidad de Chiclayo y el 65 % financiado por el banco BBVA continental, como se muestra en el anexo 6.

La inversión los precios de máquinas y equipos producción y oficina; siguiendo con los tangibles considera muros y columnas, techos de zona producción, almacén y oficina. Así como los pisos y las instalaciones eléctricas y sanitarias; considerando como intangibles las capacitaciones, entre otros. Cabe resaltar el valor del Capital de trabajo necesario es S/ 499 116,6, teniendo un 10 % de imprevistos ante algún gasto dado. El financiamiento del proyecto será determinado por el 65 % de la inversión total que se pedirá a créditos al banco, en 5 plazos, teniendo un interés de préstamos del 5 %. Además, cuenta con un pago de seguro el primer año de S/ 1 675,58, obteniendo una amortización de S/ 2 942 162,25, como se encuentran en el anexo 6.

Respecto a la tabla 11, se obtuvieron los resultados considerando valorizaciones según la guía del MEF [50], primero del valor actual neto (VAN) que es S/ 18 369 624,46, y con una tasa de interés de retorno (TIR) de 61,50 %. La tasa de inflación es 2 %, se considera el 20 % de ganancia de inversión propia y 10 % de inversión financiera, sabiendo el porcentaje de aportación establecida anteriormente, se llega a una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de 14,17 %. Por esto, al ser el TIR mayor que el TMAR, se considera un proyecto el cual su desarrollo es viable. Finalmente, se obtiene S/ 1,58 que por cada S/ 1 invertido, ingresa S/ 0,58, y que el periodo de recuperación de lo invertido en el proyecto varia en 1 año y 9 meses con 25 días.

Tabla 11. Estado financiero proyectado

Año	0 en S/	1 en S/	2 en S/	3 en S/	4 en S/	5 en S/
			Inversión			
Capital Social	6 333 355,91					
Préstamos	11 761 946,69					
Total de Inversión	18 095 302,60					
			Ingresos			
Cuentas Por Cobrar (Ventas a Crédito)		5 354 057	5 232 991,6	5 528 415,8	5 810 908	6 115 580
Cobranzas Ventas al año (Contado)		8 761 184	8 563 077,1	9 046 498	9 508 758	10 007 313
Total de Ingresos		14 115 241	13 796 069	14 574 914	15 319 665	16 122 893
			Egresos			
Costos de Producción		5 989 399,6	5 604 853,08	5 655 773,08	5 706 737,7	5 757 702,4
Gastos Administrativos		888 306,33	888 306,33	888 306,33	888 306,33	888 306,33
Gastos de Comercialización		401 440,00	401 240,00	401 240,00	401 240,00	401 240,00
Gastos de Financiamiento		2 352 389,3	2 352 389,34	2 352 389,34	2 352 389,3	2 352 389,3
Total de Egresos		9 631 535,2	9 246 788,75	9 297 708,75	9 348 673,4	9 399 638,1
Saldo Bruto (Antes de Impuestos)		4 483 706,6	4 549 279,94	5 277 205,59	5 970 992,2	6 723 255,3
Impuestos a la Renta		1 345 112	1 364 783,98	1 583 161,68	1 791 297,7	2 016 976,6
Saldo (Después de Impuestos)		3 138 594,6	3 184 495,96	3 694 043,92	4 179 694,6	4 706 278,7
Depreciación		332 922,99	314 910,94	278 091,32	192 303,82	192 303,82
Saldo Final Déficit/Superávit	-6 333 355,91	3 471 517,6	3 499 406,90	3 972 135,23	4 371 998,4	4 898 582,5
Utilidad Acumulada	-6 333 355,91	-2 861 838,2	637 568,64	4 609 703,88	8 981 702,3	13 880 285

Fuente: Elaboración propia

Mejora ambiental

Luego de desarrollar la evaluación de impactos ambientales para determinar en qué mediada se obtuvo la mejora ambiental, se tendrá en cuenta los valores llegarían a tenerse en el año 2030 ya con la planta terminada, la cual ayudará a tener una disposición final de los residuos sólidos orgánicos para luego ser transformadas en compost para su reutilización; y también, con una mejor conciencia ambiental generada por los años de la aplicación del programa de segregación en la fuente por más de 10 años desde su aplicación en Chiclayo.

Tabla 12. Matriz de importancia con mejoras ambientales realizadas

Factores Ambientales	Manejo de residuos sólidos				
	Generación	Almacenamiento temporal	Recolección	Transporte	Disposición final
Calidad de Aire	- 27	- 24	- 20	- 25	- 19
Nivel de Ruido				- 24	- 19
Calidad de Agua		- 24			- 24
Consumo de Agua					- 24
Capacidad de Suelo	- 29	- 32			- 30
Calidad de Suelo	- 34	- 35	- 24	- 15	- 35
Contaminación de Suelo	- 34	- 35	- 24	- 15	- 35
Calidad de Paisaje	- 29	- 30			- 30
Estructura y Composición		- 18			- 18
Hábitat		- 22			- 22
Empleabilidad			30	30	
Desconocimiento de Población	- 36		- 44		
Salud		- 19	- 29	- 26	- 21
Vivienda y Servicio			28	30	
Tasa de Crecimiento	- 44				- 39

Leyenda de clasificación de impactos según importancia		
Rangos	Determinación	Referencia
$0 \leq I \geq 25$	Compatible	
$25 \leq I \geq 50$	Moderado	
$50 \leq I \geq 75$	Severo	
$I \geq 75$	Crítico	
+ I	Impacto Positivo	

Finalmente, se puede mencionar que, como resultado mejora ambiental, la mayor cantidad de interacciones se darían en el almacenamiento temporal y la disposición final de los residuos, siendo 9 y 12 los impactos encontrados respectivamente, presentándose en el primer caso el 100 % impactos moderados y en segundo caso 41,67 % moderados y 58,33 % compatibles. Obteniendo una adecuada mejora ambiental pues se ha llegado a aumentar los impactos compatibles en 47, 22%, así como se muestra en el anexo 9.

Discusión

Es importante señalar que la composición de los residuos orgánicos en diferentes zonas analizadas suele ser superior al 50 % del total de desperdicios obtenidos. Rescatando las investigaciones de Dongjie y Amutio; así también, como a nivel nacional que oscila en 54 % aproximadamente según el MINAM [51]. De lo antes mencionado, se consideró a Chiclayo como una de las localidades que supera el promedio regular de lo que respecta a materia orgánica, así como se muestra la figura 10 del anexo 7.

Se tuvo en cuenta diferentes tesis aplicativas y diferentes proyectos, comparándolas con los resultados obtenidos en la ciudad de Chiclayo, analizando sus resultados según el tipo de sistema de tratamiento para la elaboración de compost empleado en primer caso un compostaje en hileras al aire libre (S1) en la aldea de Al Jalameh que presenta de 0,4 kilogramo / cápita /día a 0,6 kilogramo / cápita /día [52], seguido de un compostaje en túneles (S2) con producción de 1,35 kg / habitantes al día en España [53], un compostaje cerrado(S3) con máquinas en Tenerife [54] y los obtenidos en la localidad que se da por medio de tuberías alimentadas de una centrífuga que oxigena la pila de compost procesado. La eficiencia del proyecto o la cantidad de residuos orgánicos necesaria para hacer compost es 60 % si se usa el sistema de aeración

forzada mayormente por tuberías, en otros casos en donde la pérdida de materia a lo largo del proceso es mayor, la eficiencia suele ser menor como (S1) donde es del 30 %, por las mayores pérdidas que se dan por los procesos al aire libre.

En (S2), presenta un rendimiento igual, por el hecho de que presenta un sistema de ventilación parecido al propuesto, con la excepción de presentar mayores impactos ambientales al momento de realizar el proceso de maduración por los volteos; esto a pesar de que al momento de fermentación de los túneles si se cuida teniendo puertas aisladas para no dejar salir gases. En la propuesta planteada, al emplear los días de fertilización de 2 semanas y 6 semanas de maduración se evitará el hecho de realizar volteos, preservando el objetivo principal del proyecto que es evitar los peligros ambientales, en este caso la contaminación al aire que es según su nivel de importancia moderado con una tendencia creciente.

En el caso de (S3), al ser una máquina, presenta niveles de eficiencia mayores, que pueden superar el 80 % con facilidad, por el mismo hecho de presentar una aeración forzada en su interior, y cuidar de una manera más fácil el control de parámetros, con temperatura de 35 a 55 grados, pH entre 6,5 y 7,5, una relación C/N no mayor a 3, una oxigenación de 5 m^3 por minuto y principalmente la humedad variable de 50 a 70 %, rescatando el hecho que son los parámetros similares a los dispuestos en el proyecto, tomados en cuenta por ser un compost con presencia bacteriana. Por lo mencionado, se ve lo importante de mantener una humedad que no supere el 70 %. Cabe mencionar el hecho de que también usa aserrín, así como el proyecto en Chiclayo, que como se menciona es usado para evitar la contaminación del suelo a lo largo del proceso ayudando a cuidar el más importante impacto presentado que son los relacionados a la contaminación de suelos.

Relacionado a la capacidad en toneladas anuales de planta por la inversión, con el fin de saber cuánto dinero se necesita por cada tonelada de compost a elaborar; se rescata que se tiene una tecnología empleada con un costo de inversión medio de S/ 710,9 por toneladas anuales de compost, a comparación de las (S1) de S/ 35,55 y (S2) de S/ 228,94 por toneladas anuales. Entonces, partiendo del hecho de la conserva ambiental, se considera adecuada por los beneficios que se obtienen al desarrollarla, sabiendo que en los otros dos casos mencionados anteriormente presentan un mayor impacto ambiental negativo provocado por los volteos y lixiviados a lo largo del proceso.

Teniendo en cuenta que (S3) se emplea una tecnología de máquinas o tambores y es uno de los que genera menores impactos ambientales, pero tiene un costo más elevado al propuesto, llegando alcanzar los S/ 1 292,59 anuales por toneladas anuales de compost. Finalmente, se rescata el hecho que ambos sistemas nacen por la conciencia ambiental que se vienen tomando institucionalmente, en lo que respecta a normas que busquen en cuidado ambiental, como lo son leyes como la nacional de residuos sólidos o como en el caso (S2) del Decreto 73 Reglamento de Residuos de Andalucía, la cual fue desarrollada con el fin de buscar reutilizar los desperdicios para la utilización de abono o compost, con búsqueda de lograr una economía circular.

Conclusiones

El diseño de una planta de compostaje mediante aeración forzada permitirá utilizar 116,23 toneladas / día de residuos orgánicos, con una producción de compost de 25 453,7 toneladas anuales en el 2030. Esto permitirá reducir los impactos ambientales severos en su totalidad y los impactos moderados en un 25 %, disminuyendo la afectación a la calidad de suelos en el distrito de Chiclayo.

En el diagnóstico ambiental de la situación actual de Chiclayo, de acuerdo a la medición de la importancia del impacto ambiental, se determinó que se generan impactos severos que afectan la calidad del suelo en las etapas de disposición final y almacenamiento temporal. Todo esto provocado por la presencia de 9 zonas críticas, con acumulación de desperdicios que llegan a tener por zona de recojo cantidades con un peso neto de 6,78 toneladas.

La planta de compostaje cubrirá en el año 2030 el 54,2 % de la demanda total de compost en Lambayeque, siendo su ubicación más adecuada la carretera San José a Chiclayo; teniendo en cuenta que el proceso cuenta con las etapas de recepción y pesado, selección, triturado, mezclado, pilado, compostaje, tamizado, ensacado y almacenado. Considerando insumos como aserrín para evitar contaminación de suelos. El proceso usará unas centrífugas que necesitan un caudal 478,4 m^3/h, para alimentar de oxígeno 12,7 toneladas de la pila semicircular. Teniendo finalmente 18 250,51 m^2 de planta, considerando el 30 % de áreas verdes, una zona de producción de 11 945,93 m^2, entre otros.

Se determinó la viabilidad del proyecto mediante al análisis económico financiero, el cual establece que se recuperará el total de la inversión de 18 095 302,60 en 1 año y 9 meses y 25 días aproximadamente. Obteniendo el valor S/ 710,9 por toneladas anuales de compost a producir en planta, un valor del VAN de S/ 18 369 624,46 y un TIR de 61,5 %.

Recomendaciones

Evaluar la instalación de sistemas automatizados en donde se apliquen tecnologías que eviten la necesidad de que se contrate más personal por exceso de trabajo. Aumentando, por ejemplo, un sistema de sensores tanto de temperatura como de humedad, los cuales sean controlados con un PLC, que permita mantener los parámetros siempre correctos.

Considerar el estudio no solo de tratamientos de residuos sólidos orgánicos, sino la búsqueda del aprovechamiento de residuos peligrosos que suelen ser menos investigados.

Generar investigaciones que busquen evaluar la viabilidad técnica y económica de valorización aprovechamiento de residuos inorgánicos.

Analizar los parámetros de la calidad del compost a fin de comparar con los parámetros internacionales y latinoamericanos más importantes y adecuados, que permitan reducir en la fermentación y maduración los tiempos de espera por cada proceso, no dejando de lado los aspectos de calidad y cuidado ambiental.

Referencias

[1] La Organización de las Naciones Unidas, «Noticias ONU,» 7 octubre 2019. [En línea]. Available: https://news.un.org/es/story/2019/10/1463472. [Último acceso: 20 octubre 2019].

[2] Banco Mundial, «Banco Mundial,» Banco Mundial, 20 septiembre 2018. [En línea]. Available: https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/globalwaste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bankreport. [Último acceso: 1 junio 2019].

[3] Ministerio del Ambiente del Perú, «Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales,» Programa de Incentivos a La Mejora de La Gestión, Lima, 2019.

[4] Ministerio del Ambiente del Perú, «Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos,» Ministerio del Ambiente del Perú, Lima, 2020.

[5] J. Orihuela, «Un análisis de la Eficiencia de la Gestión Municipal de Residuos Sólidos en Perú y sus Determinantes,» INEI, Lima, 2018.

[6] Ministerio del Ambiente del Perú, «Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos,» Ministerio del Ambiente del Perú, Lima, 2016.

[7] Ministerio del Ambiente del Perú, «Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales,» Programa de Incentivos a La Mejora de La Gestión, Lima, 2019.

[8] SINIA, «Indicadores Ambientales del SINIA,» Ministerio del ambiente del Perú, 2017. [En línea]. Available: https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/listado. [Último acceso: 3 junio 2019].

[9] Municipalidad Provincial de Lambayeque, «Reporte Denuncias Ambientales año 2018 y 2019 de la Municipalidad Provincial de Lambayeque,» 4 Enero 2020. [En línea]. Available: https://sinia.minam.gob.pe/documentos/reporte-denuncias-ambientales-ano-2018-2019-municipalidad-provincial. [Último acceso: 29 Mayo 2020].

[10] Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, «Nº 136-2019-MINAM,» El Peruano, Lima, 2019.

[11] C. Amutio, «Diseño de una Planta de Valorización de Residuos Urbanos para el Área de Gestión A6 de La Comunidad Valenciana,» Escuela Técnica Superior Ingenieros Industriales Valencia, Tesis de Maestria, 2019.

[12] P. Román, M. Martínez y A. Pantoja, «Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en América Latina,» Organización de las Naciones Unidas para La Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile, 2013.

[13] J. Ansorena, El Compost de Biorresiduos: Normatividad, Calidad y Aplicaciones, Madrid: Mundi- Prensa, 2016.

[14] J. Dongjie, «Research on Landfill and Composting Guidelines in Kigali City, Rwanda Based on China's Experience,» *International Proceedings of Chemical: Biological and Environmental Engineering,* vol. 94, pp. 62-68, 2016.

[15] J. Moreno y R. Moral, Compostaje, Madrid: Editores Mundi Prensa, 2008.

[16] M. Rodriguez y A. Córdova, «Manual de Compostaje Municipal Tratamiento de Residuos Orgánicos,» G. Editores, S. A., México, 2006.

[17] X. Castells, Aprovechamiento de Residuos Agrícolas y Forestales, Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 2012.

[18] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, «Guía Tecnológica Para el Manejo Integral del Sistema Productivo de La Caña Panelera,» Produmedios, Bogotá, 2007.

[19] D. Gómez, Evaluación de Impacto Ambiental, Madrid: Ediciones Nobel S. A., 2013.

[20] Y. Fukumoto, T. Osada y D. Hanajima, «Patterns and Quantities of NH3, N2O and CH4 Emissions During Swine Manure Composting without Forced Aeration—Effect of Compost Pile Scale,» *Bioresource Technology,* vol. 1, nº 89, pp. 109-114, 2003.

[21] R. Serrato, S. López, O. Castelán y F. Avilés , «Comparación Entre Dos métodos de ventilación en La composición Química de Compost de Estiércoles Pecuarios,» *La Revista Internacional de Contaminación Ambiental,* vol. 2, nº 34, pp. 263-271, 2018.

[22] M. Cayuela, M. Sánchez y A. Roig, «Evaluation of Two Different Aeration Systems for Compostingtwo-Phase Olive Mill Wastes,» *ELSEVIER-PROCESS BIOCHEMISTRY,* vol. 41, nº 1, p. 616–623, 2006.

[23] MMAyA, VAPSB, DGGIRS, «Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos, Mediante Compostaje y Lombricultura,» Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, 2012.

[24] V. Valverde, «Diseño y Automatización de un Sistema de Aireación Forzada Para el Co-Compostaje de Residuos Hortícolas en la Comunidad de Gatazo Cantón Colta,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2015.

[25] B. Chacón y L. Pinilla, «Propuesta de una guía metodológica para la realización de la evaluación de impacto ambiental aplicable en ecoparque sabana (Jaime Duque),» Universidad de La Salle Ciencia Unisalle, Ingeniero Ambiental y Sanitario, 2018.

[26] A. González , I. Palacios y A. Ábalos, «Impacto ambiental del vertido de residuales en la cuenca hidrográfica GuaosGascón de Santiago de Cuba,» *Revista Cubana de Química,* vol. 32, nº 1, pp. 154-171, 2020.

[27] V. Conesa, Guía Metedológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2011.

[28] B. Díaz y M. Noriega, Manual para el Diseño de Instalaciones Manufactureras y de Servicios, Lima: Fondo Editorial, 2018.

[29] R. Muther, Planificación y Proyección de la Empresa Industrial, Barcelona: Técnicos Asociados S .A, 1968.

[30] W. Ávila y J. Moyano , «Propuesta Metodológica para el Dimensionamiento de Plantas de Compostaje en Municipios con Generación de Residuos Orgánicos Aprovechables a Partir de 100 t/día,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2019.

[31] J. Morales y A. Morales, Proyectos de Inversión Evaluación y Formulación, México: INTERAMERICANA EDITORES S. A., 2009.

[32] J. Correa, «Propuesta de Mejora del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito de Chiclayo para Reducir los Impactos Ambientales,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.

[33] Municipalidad Provincial de Chiclayo Centro de Gestión Ambiental, «Plan Anual de Evaluación y Fiscalización Ambiental,» Ministerio del Ambiente del Perú, Chiclayo, 2020.

[34] A. Abanto, «Recomendaciones para Mejorar la Gestión de los Residuos Sólidos Municipales,» Defensoría del Pueblo, Lima, 2019.

[35] D. Rado, «Recuperación y Reconversión de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales,» OEFA, Lima, 2019.

[36] Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Consejo Nacional del Ambiente, el Gobierno Provincial de Chiclayo y la Universidad Señor de Sipán, «Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Chiclayo,» EMDECOSEGE S. A, Lima, 2008.

[37] Instituto Nacional de Estadistica e Informatica, «Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020,» INEI, Lima, 2017.

[38] Municipalidad Provincial de Chiclayo, «Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque,» Organización para el desarrollo sostenible , Lima, 2012.

[39] Sub Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos , «Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en viviendas urbanas del distrito de Chiclayo,» Municipalidad Provincial de Chiclayo, Chilclayo, 2015.

[40] E. Röben, «Manual de Compostaje Para Municipios,» Ilustre Municipio de Loja , Loja, 2002.

[41] M. Jara , C. Salazar , Y. García, Y. Arteaga, Y. Rodríguez y A. Chafla, «Parámetros físico - químicos y contenido de coliformes de un compost obtenido a partir de residuos orgánicos del Camal Frigorífico Riobamba,» *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* , vol. 5 , nº 3, pp. 252-263, 2016.

[42] SPO-DIAIA-SENASA, «Servicio Nacional de Sanidad Agraria,» 13 Marzo 2019. [En línea]. Available: https://www.senasa.gob.pe/senasa/informacion-de-interes/. [Último acceso: 1 Octubre 2020].

[43] Servicio Agricola y Ganadero, «Pautas Técnicas Para la Aplicación de Compost,» Programa SIRSD-SCompost, Atacama, 2017.

[44] P. Cabildo , C. Vallespí, D. p. Cornago, Á. Farrán, Á. Garcia, C. López, J. Pérez, M. Pérez, D. Gutiérrez y D. Sanz , «Reciclado y Tratamiento de Residuos,» Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2012.

[45] Ministerio de agricultura del Perú, «Boletín estadístico mensual el agro en cifras,» Ministerio de agricultura del Perú, Lima, 2020.

[46] EPSEL, «Ciclo Operacional del Agua,» EPSEL S. A., [En línea]. Available: http://www.epsel.com.pe/presentacion/WFrmServicioAP.aspx. [Último acceso: 1 octubre 2020].

[47] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, «TÍTULO F: Sistemas de Aseo Urbano,» Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Colombia, 2005.

[48] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento nacional de edificaciones,» INAGEP, Lima, 2019.

[49] R. Tighe, G. Leonelli, R. Montalba, C. Cavieres y D. Morales, «Caracterización de Compost a Base de Espinillo en Relación a la Norma Chilena NO2880,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 25, nº 2, pp. 347-355, 2014.

[50] Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, «Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión,» Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, Lima, 2019.

[51] Ministerio del Ambiente del Perú, «Promgrama de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal,» Ministerio de Economia y Finanzas, Lima, 2019.

[52] A. Bonoli, S. Zanni y E. Awere, «Organic Waste Composting and Sustainability in Low-Income Communities in Palestine: Lessons From a Pilot Project in the Village of Al Jalameh, Jenin,» *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 1, nº 1, pp. 1-10, 2019.

[53] A. Garrido y A. Morales, «Ingeniería Básica de una Planta de Compostaje en Túneles,» Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2015.

[54] A. Contreras , «Diseño y selección de una planta de Compostaje,» Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Famaceutica, 2017.

Anexos

Anexos 1

Tabla 13. Puntos críticos según la zona con más toneladas de desperdicios en el distrito de Chiclayo

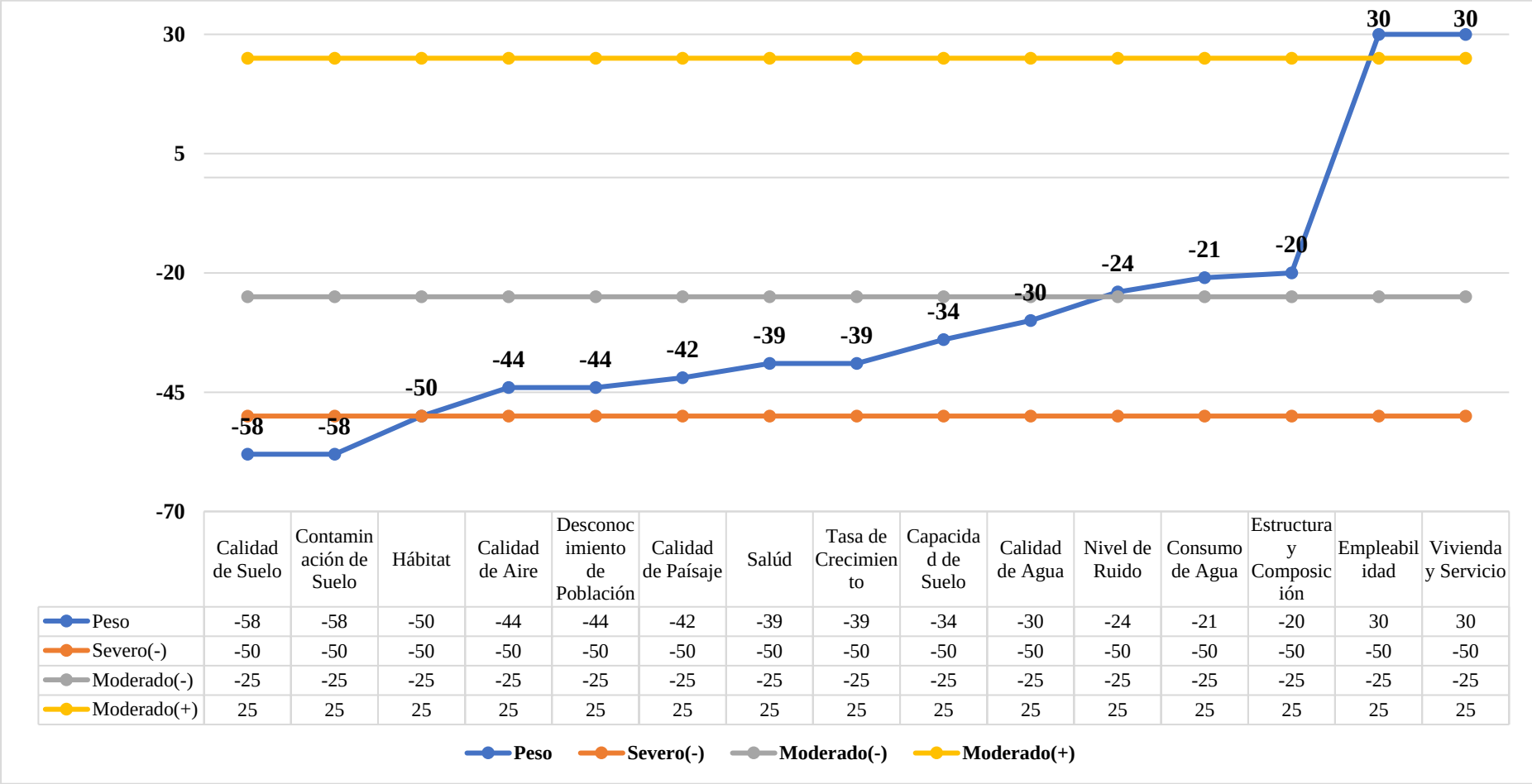
Descripción	ZONA	X	Y	P. NETO (t)	DX	DY
Av. Agricultura - salida a Ferreñafe	25	629 846	9 252 687	5,52	3 476 749,92	51 074 832,2
Av. Jorge Chávez y Amazonas	24	629 334	9 251 753	5,84	3 675 310,6	54 030 237,5
Vía de evitamiento, cruce de San José	15	623 850	9 251 548	4,27	2 663 839,5	39 504 110
Vía de evitamiento altura de Cerropón	12	624 876	9 249 920	6,78	4 236 659,28	62 714 457,6
Laterales terrenos de Electronorte- Urb. Las Brisas	12	624 690	9 250 478	6,78	4 235 398,2	62 718 240,8
Urb. F. Villareal cruce Av. Libertad con Av. Chinchaysuyo	30	628 598	9 249 855	6,28	3 947 595,44	58 089 089,4
P.J. 9 de octubre -Av. Ejército	10	625 690	9 250 796	4,28	2 677 953,2	39 593 406,9
Av. Pedro Cieza de León - Urb. Las Brisas	11	625 399	9 250 504	5,82	3 639 822,18	53 837 933,3
Av. Los Helechos Colinda	10	625 916	9 250 431	4,28	2 678 920,48	39 591 844,7
P.J La Ciudad del Chofer I	16	62 4751	9 252 317	4,19	2 617 706,69	38 767 208,2
Mercado Modelo	19	628 250,17	9 251 932,5	5,4	3 392 550,95	49 960 435,5
TOTAL				59,44	37 242 506	549 881 796

Tabla 14. Coordenadas UTM ZONA 17

CX	626 556,2987
CY	9 251 039,639

Figura 4. Centro de gravedad de puntos críticos
Fuente: Elaboración propia

Anexo 2



	Calidad de Suelo	Contaminación de Suelo	Hábitat	Calidad de Aire	Desconocimiento de Población	Calidad de Paísaje	Salúd	Tasa de Crecimiento	Capacidad de Suelo	Calidad de Agua	Nivel de Ruido	Consumo de Agua	Estructura y Composición	Empleabilidad	Vivienda y Servicio
Peso	-58	-58	-50	-44	-44	-42	-39	-39	-34	-30	-24	-21	-20	30	30
Severo(-)	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
Moderado(-)	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
Moderado(+)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Figura 5. Control de limitaciones de impactos ambientales positivos y negativos según sea severo y moderado

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Diseño de pilas de aireación forzada

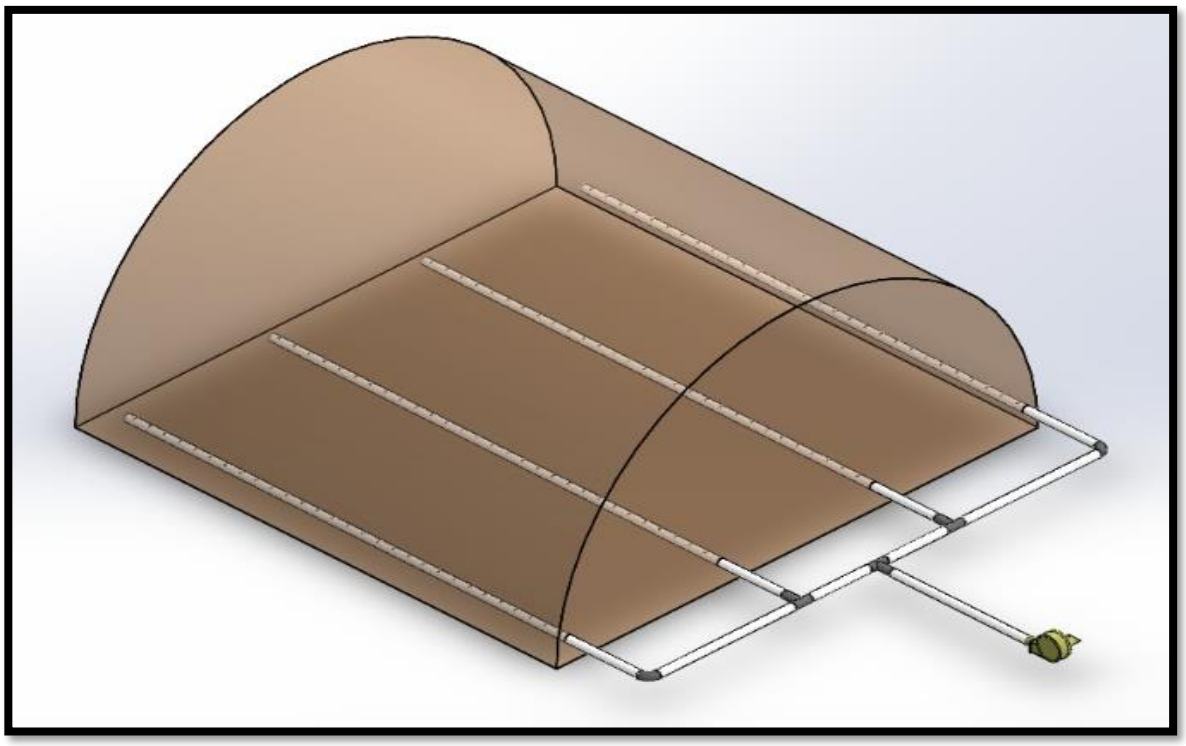


Figura 6. Sistema de aireación forzada en SolidWorks 2020

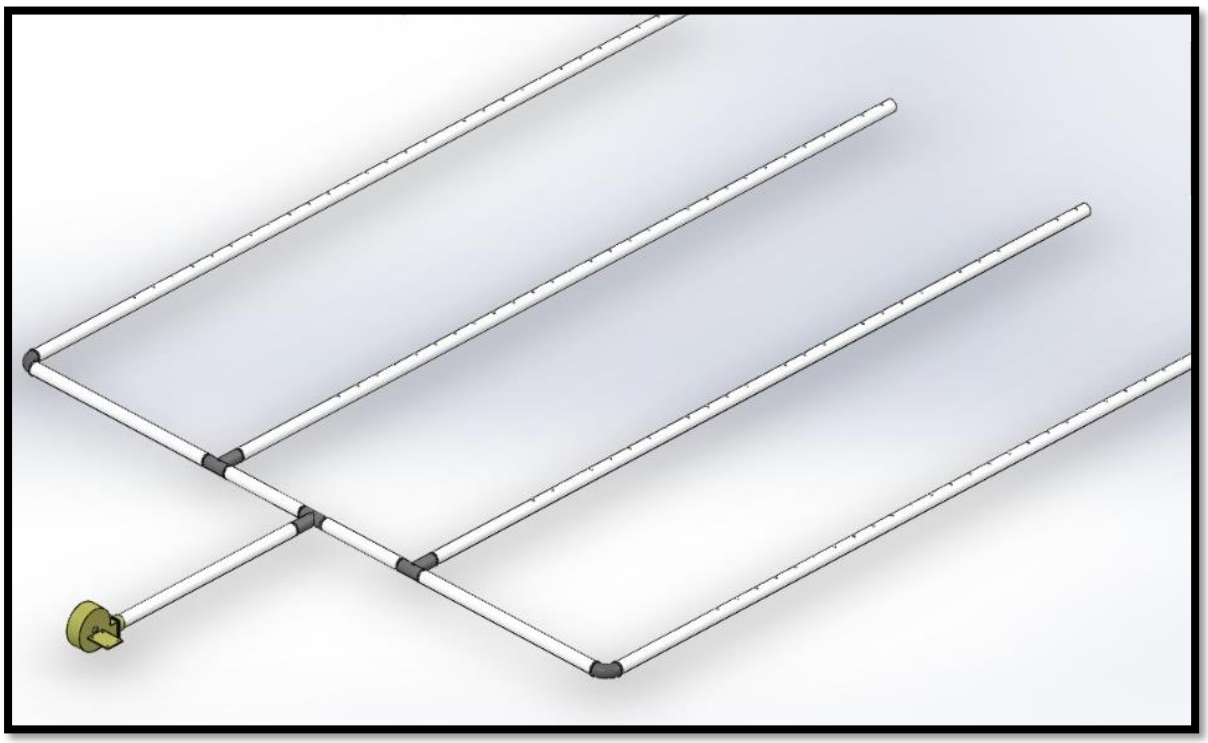


Figura 7. Sistema de tuberías en SolidWorks 2020

Anexo 4. Diagrama SLP y de relación de actividades

1	Estacionamiento															
2	Almacén Mi	A (1,2,3)														
3	Producción	I (4)	E (1,2)													
4	Almacén Pt	I (1,2)	O (4)	I (1,2,6)												
5	Generador eléctrico	U	O (4)	A (1,2,8)	U											
6	Control de calidad	I (4)	U	O (1,4)	I (4)	U										
7	SS. HH operarios	U	U	I (4,6)	U	U	X (4,6)									
8	Gerencia	U	X (4,9)	X (4,9)	U	U	U	U								
9	Comedor	U	U	X (4,9)	X (4,6)	U	X (4,6)	E (4)	I (1,5,7)							
10	Lixiviados	U	I (9)	E (4,9)	O (2,4)	O (4,6)	O (3)	X (6)	X (6)	X (6)						
11	Secretaria	U	X (4,9)	X (4,9)	U	U	U	U	A (1,5,7)	O (4)	X (4,9)					
12	Almacén de máquinas	I (2,4)	O (4)	O (4)	X (6)	U	U	I (4)	U	U	U	U				
13	Vestidores	X (4,9)	X (4,9)	X (4,9)	X (4)	U	X (4,6)	O (4)	U	O (4)	X (6)	O (2,4)	U			
14	Zona de seguridad	A (1,3,9)	O (4)	O (6)	O (2,4)	U	U	U	U	U	U	U	I (4)	U		
15	Almacén de insumos	A (1,2,3)	E (4,9)	I (4,6,8)	O (4)	O (4,6)	U	U	U	X (4)	X (4,9)	X	O (4)	U	I (4)	
16	SS. HH administrativa	U	X (4,9)	U	O (4)	U	X (4,6)	O (2,4)	O (2,4)	I (4)	U	O (2,4)	O (4)	A (1,2)	U	X (4)
17	Sala de reuniones	U	X (4,9)	X (4,9)	X (4,9)	U	U	X	A (1,5,7)	X (4)	X (4,9)	E (4,9)	X (6)	O (2,4)	O (2,4)	U

Valor	Proximidad	Razón	Clave
A	Absolutamente	1	Información común
E	Especialmente	2	Mismo personal
I	Importante	3	Mismo espacio
O	Ordinario	4	Grado de contacto
U	Indiferente	5	Existencia de espacio
X	Indeseable	6	Secuencia de flujo
-	-	7	Trabajo similar
-	-	8	Mismo equipo
-	-	9	Molestia por errores

Figura 8. Diagrama SLP

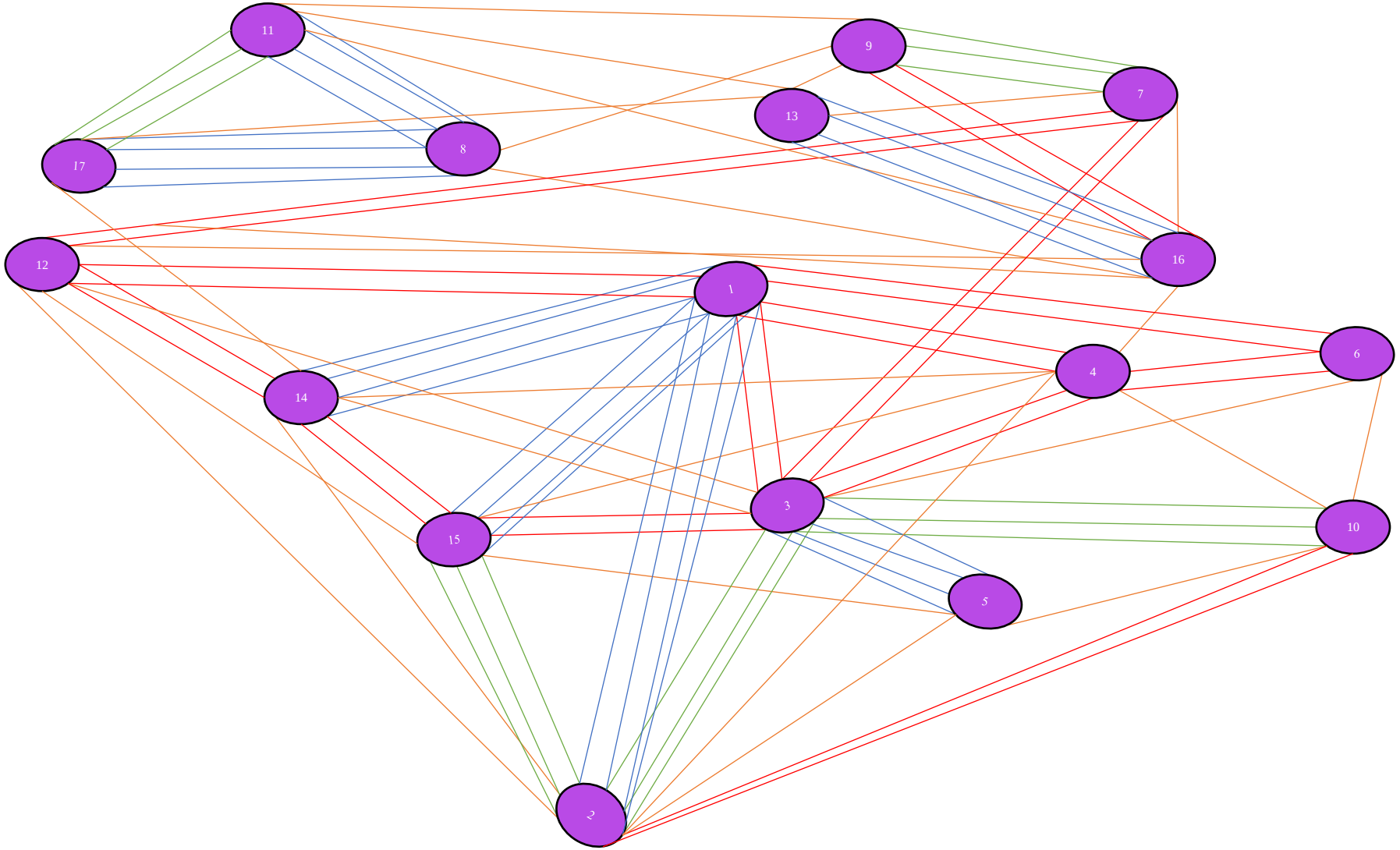


Figura 9. Diagrama de relación de actividades

Anexo 5

Figura 10. Distribución de plantas

Anexo 6. Costos

Tabla 15. Plan de ventas

Periodo	Unidades	Ventas
Primer Trimestre	0	0
2do trimestre	156 004	S/ 3 369 686,40
Enero (1er mes)	52 001	S/ 1 123 228,80
Febrero (2do mes)	52 001	S/ 1 123 228,80
Marzo (3er mes)	52 001	S/ 1 123 228,80
3er trimestre	156 004	S/ 3 369 686,40
4to trimestre	156 004	S/ 3 369 686,40
1 año	468 012	S/ 13 478 745,60
2 año	472 576	S/ 14 271 795,20
3 año	477 136	S/ 15 077 497,60
4 año	481 700	S/ 15 847 930,00
5 año	486 264	S/ 16 678 855,20
6 año	490 822	S/ 17 522 345,40
7 año	495 386	S/ 18 378 820,60
8 año	499 950	S/ 19 198 080,00
9 año	504 510	S/ 20 079 498,00
10 año	509 074	S/ 20 973 848,80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Inversión Total

Descripción	Inversión total S/	Promotor del proyecto S/ (35%)	Financiamiento S/ (65%)
Capital del trabajo	S/499 116,63	S/174 690,82	S/324 425,81
Inversión tangible			
Terrenos	S/3 280 860,00	S/1 148 301,00	S/2 132 559,00
Construcciones	S/11 127 336,39	S/3 894 567,73	S/7 232 768,65
Maquinaria de producción	S/358 309,69	S/125 408,39	S/232 901,30
Equipo de producción	S/959 768,80	S/335 919,08	S/623 849,72
Equipo de oficina	S/56 381,03	S/19 733,36	S/36 647,67
Transporte		S/0,00	S/0,00
Total inversión tangible	S/15 823 142,07	S/5 538 099,73	S/10 285 042,35
Inversión intangible			
Gastos pre operativos	S/89 486,83	S/31 320,39	S/58 166,44
Total inversión intangible	S/89 486,83	S/31 320,39	S/58 166,44
Imprevistos 10%	S/1 645 027,51	S/575 759,63	S/1 069 267,88
Inversión total	S/18 095 302,60	S/6 333 355,91	S/11 761 946,69
Porcentaje	100,00 %	35,00 %	65,00 %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Estado de Resultado

Año	Año 1 en S/	Año 2 en S/	Año 3 en S/	Año 4 en S/	Año 5 en S/
Ingresos Totales	14 601 974,4	14 271 795,2	15 077 497,6	15 847 930,0	16 678 855,2
Costos de Producción	5 989 399,6	5 604 853,1	5 655 773,1	5 706 737,8	5 757 702,4
Utilidad Bruta	8 612 574,8	8 666 942,1	9 421 724,5	10 141 192,2	10 921 152,8
G. Administrativos	888 306,3	888306,3	888306,3	888306,3	888306,3
G. Comercialización	401 440,0	401240,0	401240,0	401240,0	401240,0
Depreciación	332 923,0	314910,9	278091,3	192303,8	192303,8
Utilidad Operativa	6 989 905,5	7 062 484,8	7 854 086,9	8 659 342,1	9 439 302,6
G. Financiamiento (Interés)	2 942 162,3	2 824 336,9	2 706 331,3	2 588 303,5	2 470 252,1
Utilidad Antes de Impuesto	4 047 743,2	4 238 148,0	5 147 755,6	6 071 038,6	6 969 050,6
Impuesto a la Renta (30%)	1 214 323,0	1 271 444,4	1 544 326,7	1 821 311,6	2 090 715,2
Utilidad Neta	2 833 420,3	2 966 703,6	3 603 428,9	4 249 727,0	4 878 335,4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Punto de equilibrio

Año	1	2	3	4	5
Costos de producción					
Materiales directos	S/4 140 606,2	S/3 859 370,7	S/3 896 610,7	S/3 933 883,3	S/3 971 156,0
Materiales indirectos	S/1 521 039,0	S/1 417 728,0	S/1 431 408,0	S/1 445 100,0	S/1 458 792,0
Mano de obra directa	S/266 364,0	S/266 364,0	S/266 364,0	S/266 364,0	S/266 364,0
Gastos generales de fabricación	S/61 390,4	S/61 390,4	S/61 390,4	S/61 390,4	S/61 390,4
Costos variables total	S/5 989 399,6	S/5 604 853,1	S/5 655 773,1	S/5 706 737,8	S/5 757 702,4
Gastos operativos					
G. Administrativos	S/888 306,3	S/888 306,3	S/888 306,3	S/888 306,3	S/888 306,3
G. Comercialización	S/401 440,0	S/401 240,0	S/401 240,0	S/401 240,0	S/401 240,0
Gastos financieros	S/2 942 162,3	S/2 824 336,9	S/2 706 331,3	S/2 588 303,5	S/2 470 252,1
Costos fijo total	S/4 231 908,6	S/4 113 883,2	S/3 995 877,6	S/3 877 849,8	S/3 759 798,4
Costos totales	S/10 221 308,2	S/9 718 736,3	S/9 651 650,7	S/9 584 587,5	S/9 517 500,8
Ingreso total	S/14 601 974,4	S/14 271 795,2	S/15 077 497,6	S/15 847 930	S/16 678 855
Punto de eq. Soles	S/7 174 883,5	S/6 774 303,7	S/6 394 565,6	S/6 060 026,3	S/5 741 988,4
Punto de eq. Unidades	249 127,9	224 314,7	202 359,7	184 195,3	167 404,9

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7.

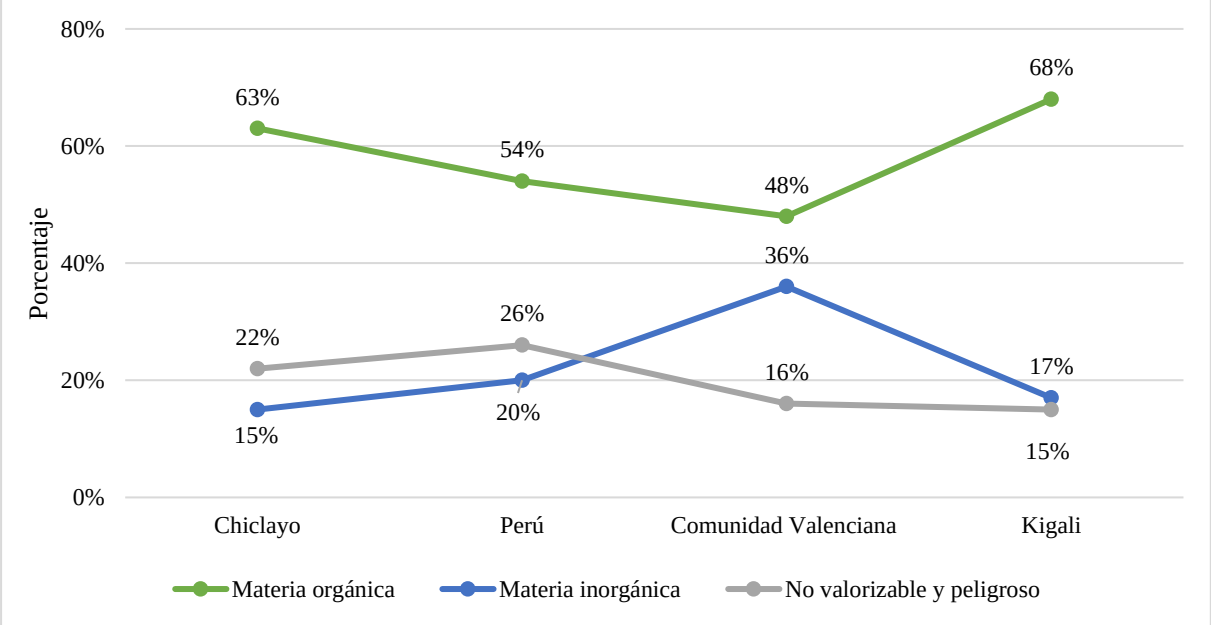


Figura 11. Porcentajes de composición de residuos sólidos Perú- Chiclayo
Fuente: MINAM [51]

Anexo 8.

Tabla 19. Plan de producción de 5 años del proyecto

AÑO	Producción anual (t)	Periodo	Unidades (50 kg de compost)
1 año	23400,6	1er trimestre	0
		2do trimestre	156 004
		3er trimestre	156 004
		4to trimestre	156 004
2 año	23628,8	1er trimestre	118 144
		2do trimestre	118 144
		3er trimestre	118 144
		4to trimestre	118 144
3 año	23856,8	1er trimestre	119 284
		2do trimestre	119 284
		3er trimestre	119 284
		4to trimestre	119 284
4 año	24085	1er trimestre	120 425
		2do trimestre	120 425
		3er trimestre	120 425
		4to trimestre	120 425
5 año	24313,2	1er trimestre	121 566
		2do trimestre	121 566
		3er trimestre	121 566
		4to trimestre	121 566

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9. Mejoras

Tabla 20. Análisis situación actual y de mejoras propuestas

Impacto	Actual	Mejora	Variación	Cambio
Compatible	11,11 %	58,33 %	47,22 %	Aumentó
Moderado	66,67 %	41,67 %	25,00 %	Disminuyó
Severo	22,22 %	0 %	22,22 %	Disminuyó

Fuente: Elaboración propia

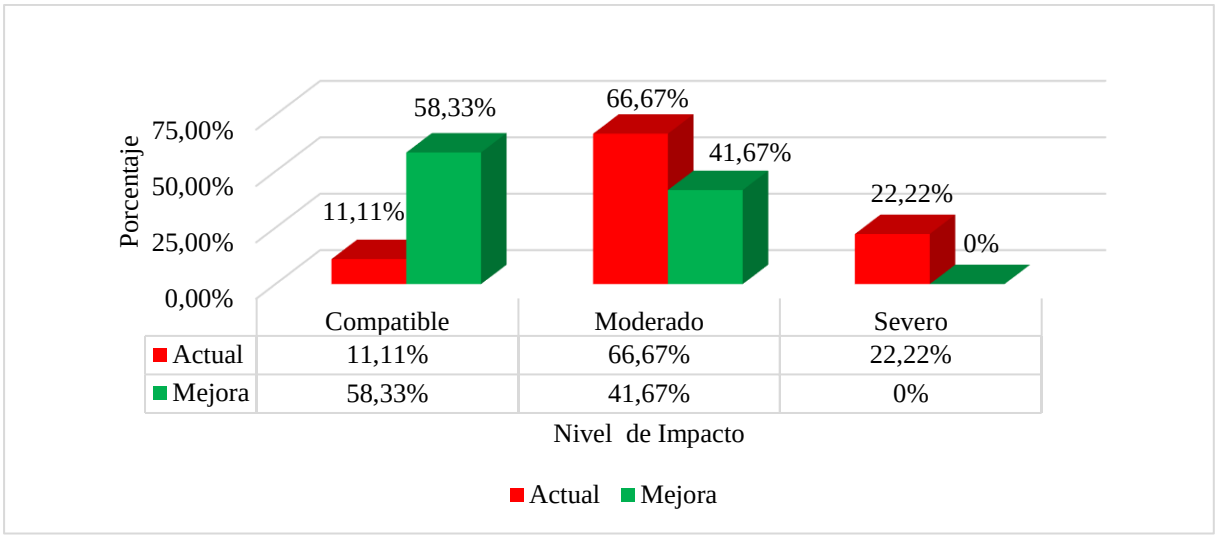


Figura 12. Comparación de Situación Actual y Mejora
Fuente: Elaboración propia

Anexo 10. Fichas técnicas de maquinaria y accesorios

a) Trituradora

Tabla 21. Características de máquina de trituradora

Marca	Martillo Molino
Modelo	PC600 x 400
Capacidad	10 t / h
Potencia de motor	18,5 kW
Medidas: l x a x h	1,2 m x 1,05 m x 1,2 m
Costos	S/ 5 350,05

Fuente: Elaboración propia

b) Moto de carga

Tabla 22. Características de moto carga

Marca	WANXIN
Modelo:	WX250ZH-T
Capacidad	1,2 t
Medidas: l x a x h	2,20 m x 1,30 m x 0,60 m
Rendimiento con carga	0,4 gal/h
Costo	S/ 10 150,00

Fuente: Elaboración propia

c) Tamizador

Tabla 23. Características tamiz trommel

Marca	DAZHEN
Modelo	GTS830
Poder (kW)	3
Capacidad	10 t/h
Malla	(20 mm)
Voltaje	110 V / 220 V / 380 V
Medidas: l x a x h	1,15 m x 1 m x 1,2 m
Costo	S/ 7157,40

Fuente: Elaboración propia

d) Partes para aireador

Tabla 24. Características ventilador

Marca	Ventilateur montage sur cloison- modelo CPV-720-2T
Caudal del ventilador	525
Velocidad	16,84
Potencia Requerida	0,37
Dimensiones (ancho x alto x largo)	350 mm x 486 mm x 375 mm
Costo	S/ 1 071,63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Características de tubos PVC

Tuberías PVC	
Material	PVC, 90 mm de diámetro
Diámetro	0,1015
Longitud	4 secciones x 3
Codos	3 ½" x 90°
Medidas: l x a	20 m x 2 m
Costo	S/ 40,46

Fuente: Elaboración propia

e) Máquina de coser sacos

Tabla 26. Características máquina para coser sacos

Marca	HENKEL/ GK261A
Motor	1/4 hp
Consumo	90 watts
Medidas: l x a x h	0,57 m x 0,23 m x 0,510 m
Costo	S/ 750

Fuente: Elaboración propia

f) Balanza

Tabla 27. Características máquina para pesar

Marca	Prometálicos plataforma industrial
Material	Lámina de alfajor
Capacidad	1-4 toneladas
Medidas: l x a x h	1,5 m x 2 m x 0,2 m
Batería recargable	6 VDC / 4AH
Costo	S/ 1 866,54

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11.
Planos

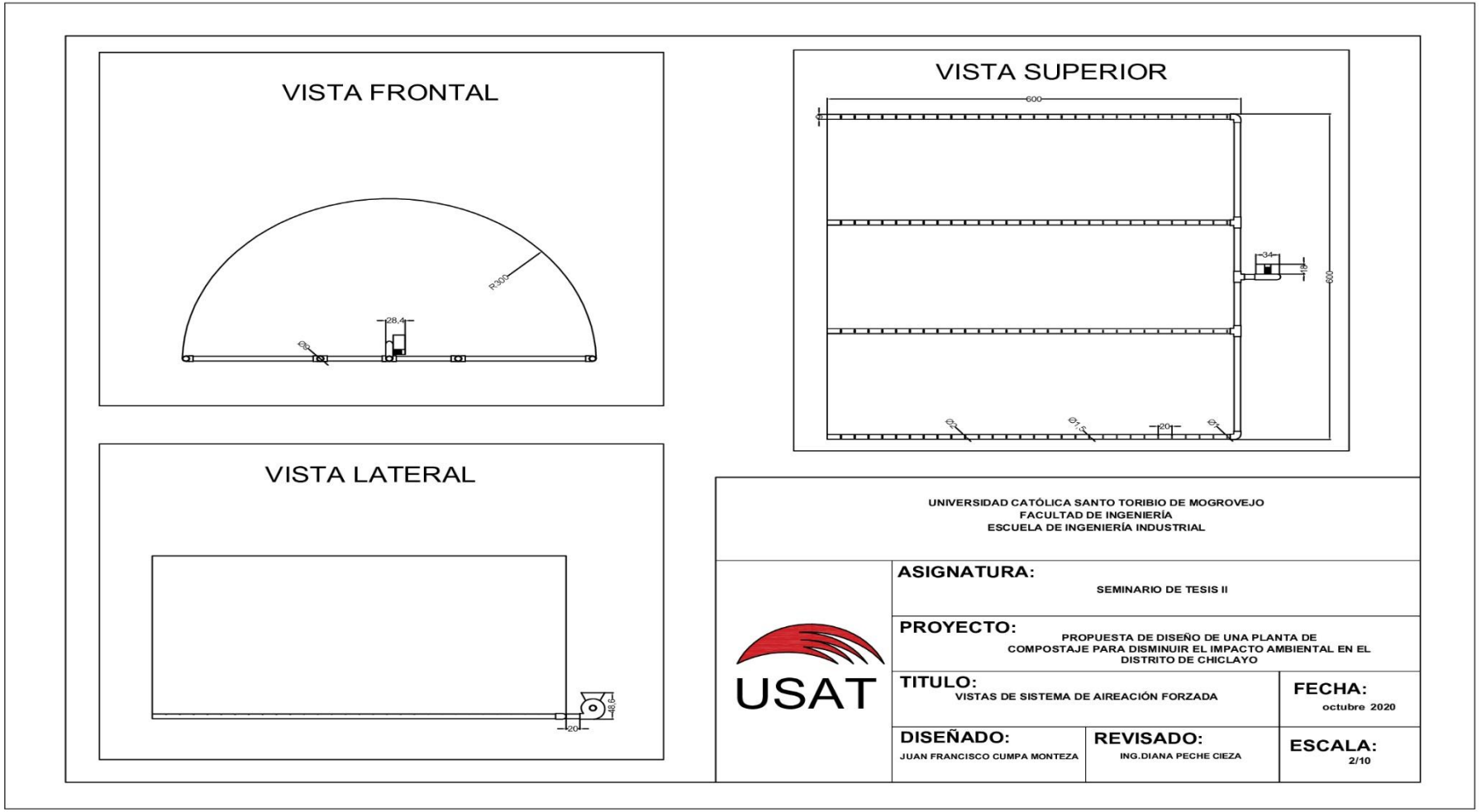


Figura 13. Plano 1

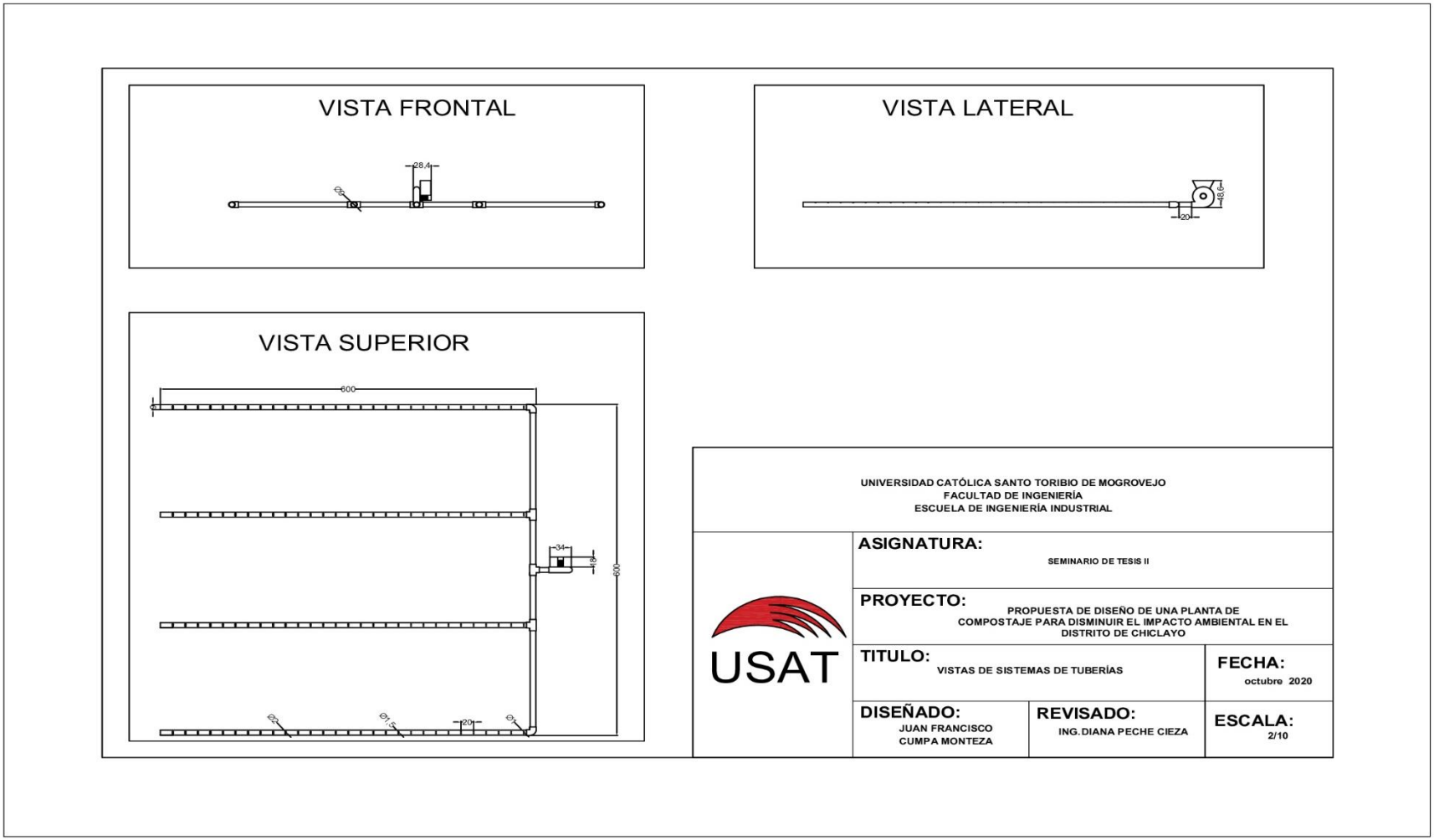
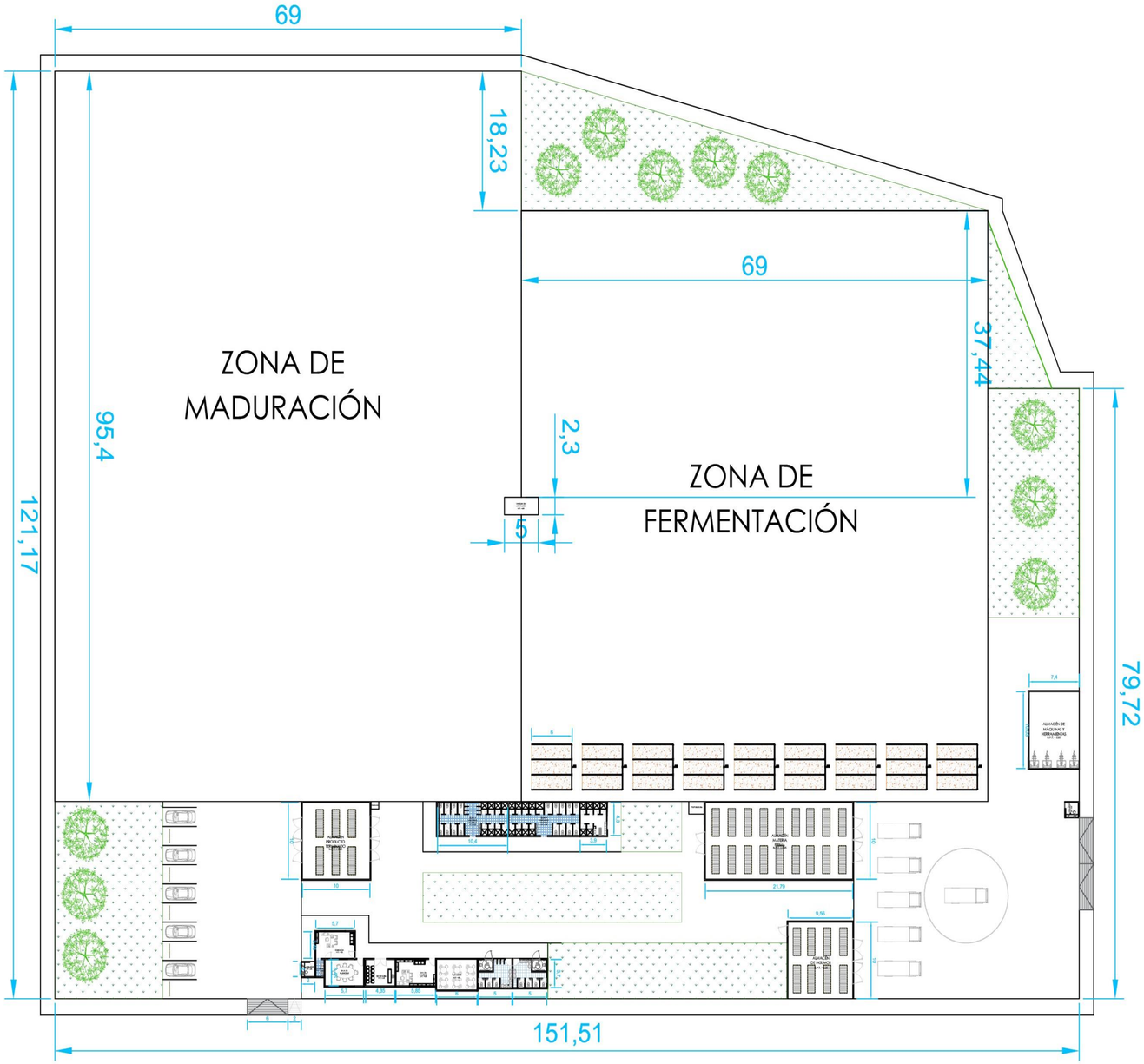
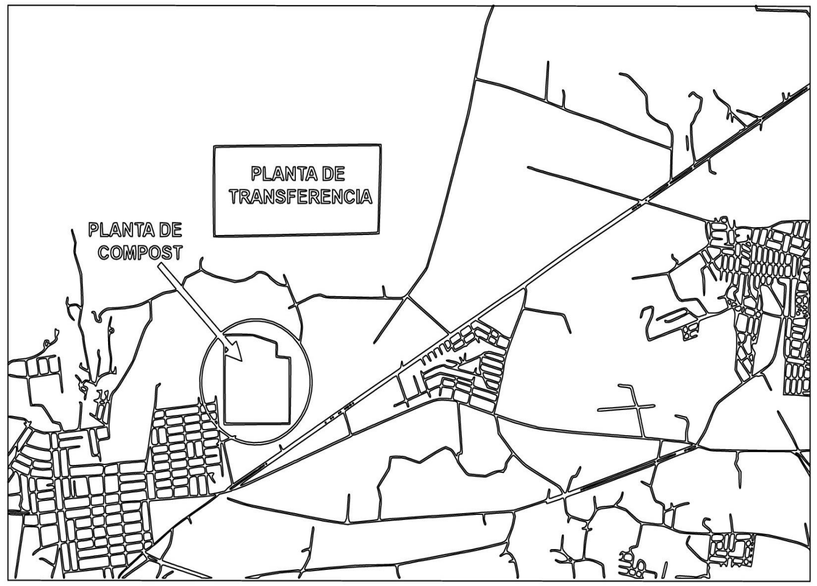


Figura 14. Plano 2

UBICACIÓN





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
USAT	**ASIGNATURA:** SEMINARIO DE TESIS II		
	PROYECTO: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE PARA DISMINUIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL DISTRITO DE CHICLAYO		
	TITULO: DISEÑO DE PLANTAS DE COMPOSTAJE		**FECHA:** 2020
	DISEÑADO: JUAN FRANCISCO CUMPA MONTEZA	**REVISADO:** ING.DIANA PECHE CIEZA	**ESCALA:** 19/9

Figura 15. Plano 3

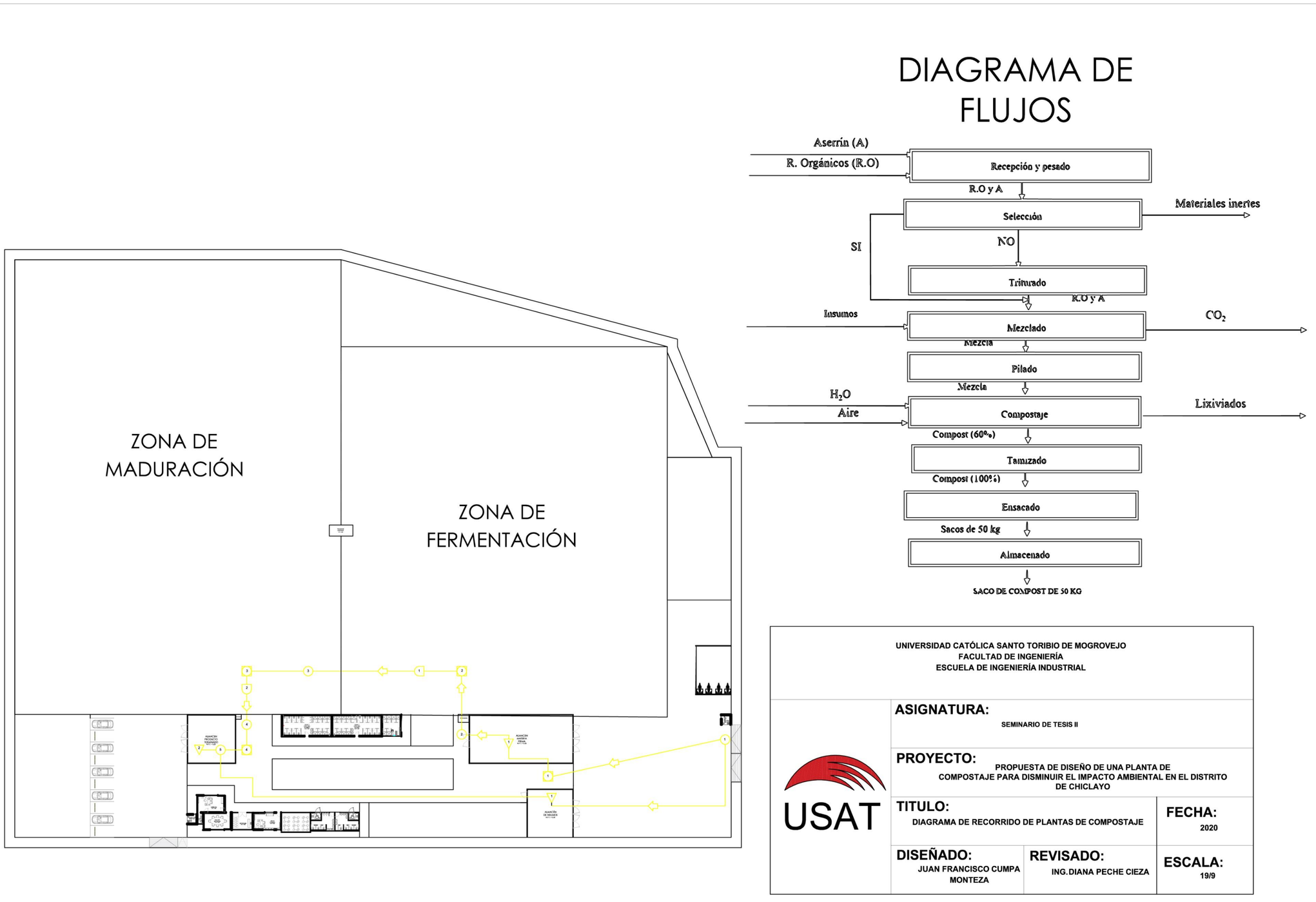


Figura 16. Plano 4