



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA
PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR
DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

EDWIN WLADIMIR SAILEMA SAILEMA

ALEX ISAAC SIZA SAQUINGA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA
PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR
DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3”**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES: EDWIN WLADIMIR SAILEMA SAILEMA

ALEX ISAAC SIZA SAQUINGA

DIRECTOR: Ing. ÁNGEL RIGOBERTO GUAMÁN MENDOZA

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Edwin Wladimir Sailema Sailema y Alex Isaac Siza Saquina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, **Edwin Wladimir Sailema Sailema** y **Alex Isaac Siza Saquina**, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

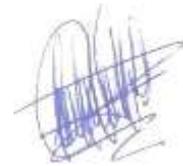
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de febrero de 2022



Edwin Wladimir Sailema Sailema

C.I. 180430130-5



Alex Isaac Siza Saquina

C.I. 180489578-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3**, realizado por los señores: **EDWIN WLADIMIR SAILEMA SAILEMA Y ALEX ISAAC SIZA SAQUINGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-02-11
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-02-11
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-02-11

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por ser el pilar fundamental en mi vida y guiar mis pasos, a mis Padres por su cariño y su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y siempre estar cuando más los necesito, y a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de esta etapa con palabras de aliento para poder seguir con pie firme y llegar al final de la carrera.

Edwin

El presente trabajo Técnico lo dedico a Dios, por haberme dado fuerzas para obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis Padres, por su inmenso Amor, trabajo y su duro sacrificio en todos estos años, que gracias a ellos sea podido llegar a culminar y convertirme en lo que soy, me siento muy orgullo de ser su hijo, para MI ustedes son los mejores Padres.

A mi compañera de vida y a mi hija por ser el motor fundamental en todo este transcurso que con su amor y paciencia me ayudaron a culminar esta etapa.

A mis hermanos por siempre estar conmigo y apoyarme en todo momento.

ISAAC

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por ayudarme a conseguir este triunfo, a mis Padres por ser el apoyo incondicional y por enseñarme buenos caminos y por tener mucha Fé en mí. A mis hermanos por sus consejos y su apoyo hasta poder lograr este objetivo, a mi director del trabajo de integración curricular el Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza y miembro el Ing. Jaime Iván Acosta que nos brindaron todo su apoyo en la elaboración de la tesis.

EDWIN

Agradezco a Dios por cuidarme y guiarme por buenos pasos y estar siempre conmigo en los momentos buenos y en los malos en todo el transcurso de mi Vida.

Gracias a mis Padres Orlando y Marianita por inculcarme buenos valores y principios, por todos los consejos brindados, por siempre confiar y creer en mí y ayudarme a cumplir este sueño.

A mi esposa e hija por ser mi gran apoyo, que me motivan y me ayudan a obtener mis objetivos.

Y por su puesto a los docentes de Escuela de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por habernos compartido todos sus conocimientos en el transcurso de nuestra preparación. En especial al Ing. Ángel Guamán Mendoza director del trabajo de integración curricular y al Ing. Jaime Iván Acosta Miembro del trabajo de integración curricular, que con su paciencia y orientación nos supieron ayudar a realizar de la mejor manera nuestro Tema.

ISAAC

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	14
ÍNDICE DE ANEXOS.....	15
RESUMEN.....	16
SUMMARY.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO I.....	19
1. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMA	19
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Delimitación geográfica del proyecto	20
1.3. Justificación	21
1.4. Alcance	21
1.5. Delimitación	22
1.6. Objetivos	22
1.6.1. <i>Objetivo General</i>	22
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	22
CAPÍTULO II.....	
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Marco teórico	25
2.1.1. <i>Propiedades de la hoja de mora para la elaboración de biofertilizantes</i>	25
2.1.2. <i>Manejo de desperdicios agrícolas y residuos de la poda</i>	25
2.1.3. <i>Abonos orgánicos</i>	26
2.1.4. <i>Importancia de los abonos orgánicos</i>	26
2.1.5. <i>Ventajas y desventajas de los abonos orgánicos</i>	26
2.1.5.1. <i>Ventajas</i>	26

2.1.5.2.	<i>Desventajas</i>	27
2.1.6.	<i>Tipos de abonos orgánicos</i>	28
2.1.7.	<i>Caracterización de los sistemas anaeróbicos de producción de biofertilizante</i>	31
2.1.8.	<i>Tipos de sistemas anaeróbicos para la elaboración de biofertilizantes</i>	31
2.1.9.	<i>Diseño y dimensionamiento de plantas industriales</i>	36
2.1.10.	<i>Costo de producción</i>	42
2.1.11.	<i>Modelado y simulación de plantas industriales</i>	43
2.1.12.	Ventajas y desventajas del modelado 3D de plantas industriales	43
2.1.13.	<i>Simulación de procesos productivos</i>	44
2.1.14.	<i>Aplicación de la simulación de procesos</i>	44

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1.	Metodología de la investigación	46
3.1.1.	<i>Tipo de estudio</i>	46
3.1.2.	<i>Tipo de Investigación</i>	46
3.1.3.	<i>Métodos de Investigación</i>	46
3.1.4.	<i>Fuentes de recolección de la información</i>	47
3.2.	Análisis de los tipos de instalaciones para procesamiento de biofertilizantes	47
3.3.	Localización de la planta	32
3.3.1.	<i>Macrolocalización</i>	32
3.3.2.	<i>Microlocalización</i>	36
3.4.	Estudio de mercado	38
3.4.1.	<i>Población y muestra</i>	38
3.4.2.	<i>Encuesta realizada a los agricultores del cantón Tisaleo</i>	40
3.4.3.	<i>Análisis de la demanda</i>	49
3.4.4.	<i>Análisis de la oferta</i>	52
3.4.5.	<i>Localización y precio de las materias primas</i>	55
3.5.	Caracterización de las instalaciones para la producción de biol	56
3.5.1.	<i>Capacidad de producción de la planta</i>	56

3.5.2.	<i>Identificación de las áreas de trabajo</i>	56
3.5.3.	<i>Requerimiento de maquinaria</i>	57
3.5.4.	<i>Descripción del proceso productivo del biofertilizante</i>	60
3.5.5.	<i>Costo de producción y venta del biofertilizante (BIOL)</i>	65
3.6.	Diagramas de flujo del proceso	68
3.7.	Diseño de planta de producción de biol	72
3.7.1.	<i>Dimensionamiento de la superficie de trabajo</i>	72
3.7.1.	<i>Cubierta del techo</i>	75
3.7.2.	<i>Materiales de la estructura</i>	75
3.7.3.	<i>Características de las áreas de trabajo de la planta de producción</i>	79
3.7.4.	<i>Caracterización de las principales maquinas empleadas en el proceso</i>	82
3.7.5.	<i>Iluminación</i>	86
3.7.6.	<i>Medidas de seguridad laboral</i>	88
3.7.7.	<i>Distribución de la planta</i>	90
CAPÍTULO IV		
4.	Resultados	96
4.1	Parámetros del diseño de la planta	96
4.2.	Tipo de distribución de la planta mediante el punto de equilibrio	98
4.3.	Diagramas de recorrido	99
4.4.	Diagramas de proceso	99
4.5.	Simulación del proceso productivo	105
4.5.1.	<i>Análisis de los resultados obtenidos de la ejecución de la simulación</i>	109
CONCLUSIONES		123
RECOMENDACIONES		124
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Matriz empleada para la microlocalización	42
Tabla 1-3:	Matriz comparativa de sistemas de biodigestión	30
Tabla 2-3:	Análisis técnico de los tipos de biodigestores	31
Tabla 3-3:	Mayor producción de mora en el Ecuador.....	32
Tabla 4-3:	Producción y rendimiento de mora en el Ecuador en el año 2016	33
Tabla 5-3:	Producción de mora en el Ecuador en el año 2019.....	33
Tabla 6-3:	Sectores con mayor número de unidades productivas de cuyes	34
Tabla 7-3:	Matriz de microlocalización	37
Tabla 8-3:	Proyección de la población.....	39
Tabla 9-3:	Aplicación del Test.....	40
Tabla 10-3:	Aplicación del Retest.....	41
Tabla 11-3:	Tabulación de resultados del método Test Retest	41
Tabla 12-3:	Nivel de confiabilidad Test Retest.....	42
Tabla 13-3:	Respuesta a la pregunta 1	43
Tabla 14-3:	Respuesta a la pregunta 2	43
Tabla 15-3:	Respuesta a la pregunta 3	44
Tabla 16-3:	Respuesta a la pregunta 4	45
Tabla 17-3:	Respuesta a la pregunta 5	46
Tabla 18-3:	Respuesta a la pregunta 6	47
Tabla 19-3:	Respuesta a la pregunta 7	47
Tabla 20-3:	Respuesta a la pregunta 8	48
Tabla 21-3:	Demanda potencial	50
Tabla 22-3:	Demanda efectiva	51
Tabla 23-3:	Consumo per cápita	51
Tabla 24-3:	Demanda real.....	52
Tabla 25-3:	Centros de producción de biofertilizantes en la Zona 3	53
Tabla 26-3:	Consumidores potenciales	54

Tabla 27-3:	Precios de comercialización de biol en el mercado actual	54
Tabla 28-3:	Precio de las materias primas	55
Tabla 29-3:	Equipos máquinas y herramientas	57
Tabla 30-3:	Requerimiento tecnológico para el laboratorio de control de calidad	59
Tabla 31-3:	Requerimiento semanal de las materias primas.....	60
Tabla 32-3:	Medición Del nivel de pH	61
Tabla 33-3:	Medición de la conductividad eléctrica	62
Tabla 34-3:	Análisis de Nitrógeno Total.....	62
Tabla 35-3:	Análisis de fósforo (P_2O_5).	63
Tabla 36-3:	Análisis de Potasio (K_2O).....	63
Tabla 37-3:	Depreciación de la maquinaria y equipos.....	65
Tabla 38-3:	Costo de la mano de obra directa.....	66
Tabla 39-3:	Costo de la mano de obra indirecta	66
Tabla 40-3:	Total costos fijos.....	66
Tabla 41-3:	Costos de la materia Prima.....	67
Tabla 42-3:	Costos de servicios Básicos.....	67
Tabla 43-3:	Total costos variables	67
Tabla 44-3:	Determinación del precio de venta	68
Tabla 45-3:	Valores de coeficiente constante	72
Tabla 46-3:	Superficies estáticas de las áreas de trabajo	73
Tabla 47-3:	Superficies estáticas de elementos, máquinas y equipos	73
Tabla 48-3:	Superficies gravitacionales y de evolución de máquinas y equipos	74
Tabla 49-3:	Dimensionamiento de las columnas	76
Tabla 50-3:	Dimensionamiento del perfil rectangular para las vigas.....	77
Tabla 51-3:	Dimensionamiento del perfil rectangular para las vigas.....	77
Tabla 52-3:	Análisis de esfuerzos a los que está sometida la estructura.....	78
Tabla 53-3:	Requerimiento de señalética.....	88
Tabla 54-3:	Numeración de los puestos de trabajo	90
Tabla 55-3:	Diagrama de actividades en la fabricación de biol	91

Tabla 56-3:	Numeración de los puestos de trabajo	92
Tabla 1-4:	Costos de producción del BIOL	98
Tabla 2-4:	Diagrama de análisis del proceso de obtención de biogás.....	99
Tabla 3-4:	Resumen del diagrama de análisis del proceso de biogás.	100
Tabla 4-4:	Diagrama de análisis del proceso de obtención de biol.....	101
Tabla 5-4:	Resumen del diagrama de análisis del proceso de biol	102
Tabla 6-4:	Diagrama de análisis del proceso de obtención de biosol.	103
Tabla 7-4:	Resumen del diagrama de análisis de proceso de biosol	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Zona 3 del Ecuador	20
Figura 1-2:	Tipos de abonos orgánicos.....	28
Figura 2-2:	Compost	28
Figura 3-2:	Bocashi.....	29
Figura 4-2:	Lombricomposta	29
Figura 5-2:	Biofermentaciones	30
Figura 6-2:	Biofermentaciones	31
Figura 7-2:	Biofermentaciones	32
Figura 8-2:	Sistema de producción de biol tipo batch discontinuo.....	33
Figura 9-2:	Flujo del sistema de producción de biol tipo batch.....	34
Figura 10-2:	Módulo de producción de fertilizante con biodigestor tubular	35
Figura 11-2:	Componentes del sistema de biodigestión tubular con flujo continuo.....	35
Figura 12-2:	Tipos de cubierta para instalaciones industriales	37
Figura 13-2:	Cargas vivas y muertas en estructuras	38
Figura 14-2:	Punto de equilibrio.....	41
Figura 1-3:	Macrolocalización Tungurahua - Ecuador.....	36
Figura 2-3:	Microlocalización Tisaleo - Tungurahua	37
Figura 3-3:	Diagrama de flujo (Biol).....	69
Figura 4-3:	Diagrama de flujo (Biogás).....	70
Figura 5-3:	Diagrama de flujo (Biosol)	71
Figura 6-3:	Modelo de techo de la planta	75
Figura 7-3:	Perfil tipo H.....	76
Figura 8-3:	Diseño 3D de la planta de producción de biofertilizante	79
Figura 9-3:	Almacenamientos.....	80
Figura 10-3:	Biodigestor tecnológico CSTR	82
Figura 11-3:	Separador de sólidos y líquidos	83
Figura 12-3:	Máquina envasadora	84

Figura 13-3:	Máquina secadora	85
Figura 14-3:	Molino.....	86
Figura 15-3:	Cálculo de luminarias	87
Figura 16-3:	Diseño 3D con ubicación de luminarias	87
Figura 17-3:	Diagrama de panel	95
Figura 1-4:	Altura de la planta.....	96
Figura 2-4:	Dimensiones de la planta	97
Figura 3-4:	Diagrama de recorrido del biol	96
Figura 4-4:	Diagrama de recorrido del biosol.....	97
Figura 5-4:	Diagrama de recorrido del biogás	98
Figura 6-4:	Diagrama de recorrido del biogás	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Tendencia de la producción de mora en Tungurahua.....	33
Gráfico 2-3:	Crianza de cuyes en Tungurahua.....	35
Gráfico 3-3:	Gráfico de la pregunta 1	43
Gráfico 4-3:	Gráfico de la pregunta 2	44
Gráfico 5-3:	Gráfico de la pregunta 3	44
Gráfico 6-4:	Gráfico de la pregunta 4	45
Gráfico 7-3:	Gráfico de la pregunta 5	46
Gráfico 8-3:	Gráfico de la pregunta 6	47
Gráfico 9-3:	Gráfico de la pregunta 7	48
Gráfico 10-3:	Gráfico de la pregunta 8	49
Gráfico 1-4:	Punto de equilibrio BIOL	99
Gráfico 2-4:	Utilización de los operarios	109
Gráfico 3-4:	Utilización de las máquinas.....	110
Gráfico 4-4:	Total producto terminado	111

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MODELO DE ESCUESTA APLICADA.

ANEXO B: INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

ANEXO C: BIODIGESTOR CSTR.

ANEXO D: SEPARADOR CENTRIFUGO DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS.

ANEXO E: MÁQUINA ENVASADORA.

ANEXO F: MÁQUINA SECADORA.

ANEXO G: MOLINO/TRITURADORA.

ANEXO H: DISEÑO EN 3D EN SOLIDWORK DE LA PLANTA DE BIOFERTILIZANTE

ANEXO I: SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL SOFTWARE FLEXSIM.

ANEXO J: DOCUMENTOS VARIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

ANEXO K: VIDEOS DEL SOLIDWORKS Y LA SIMULACION EN FLEXSIM.

RESUMEN

El trabajo de integración curricular denominado “Diseño y modelado de una planta para la producción de biofertilizante orgánico a partir de la hoja de mora en la zona 3”, tiene como objetivo desarrollar una propuesta del diseño de la planta industrial para la elaboración de un biofertilizante mediante el aprovechamiento de los residuos de la planta de mora, producto de la poda. El diseño se realizó en base a los requerimientos de la producción como: espacio suficiente para la maquinaria, número de puestos de trabajo, cantidades de almacenamiento de materia prima y cantidad de biofertilizante a producir. El diseño también contempla un modelado mediante un software de simulación, donde se consideró todos los parámetros necesarios que se ajustan a la realidad de la producción como el flujo del proceso productivo para evitar los posibles errores que se puedan presentar en la ejecución real del proyecto. Se determinó que el lugar más factible para la ubicación de la planta es en la provincia de Tungurahua, cantón Tisaleo debido a la presencia de los recursos que intervienen en el proceso productivo. La planta dispondrá de una distribución lineal que permitirá el desarrollo eficiente de las actividades, y se comprobó mediante el software de simulación Flexsim que la planta de producción está en capacidad de producir 24900 litros de biofertilizante (BIOL) mensualmente, cantidad suficiente para abastecer la demanda mensual determinada en el estudio de mercado de 23167 litros mensuales. Se recomienda realizar un estudio para la elaboración de compost en base a los residuos sólidos obtenidos del proceso productivo.

PALABRAS CLAVE: <BIOFERTILIZANTE>, <MORA>, <DISTRIBUCIÓN DE PLANTA>, <SIMULACIÓN DE PROCESOS>, <PRODUCCIÓN> <ESTUDIO DE MERCADO>.



HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA

0421-DBRA-UPT-2022

2022-03-09

SUMMARY

The curricular integration work called "Design and modeling of a plant for the production of organic biofertilizer from the blackberry leaf in zone 3", has the objective of developing a proposal for the design of an industrial plant to produce a biofertilizer by using the blackberry plant residues, a product of pruning. The design was made based on production requirements such as sufficient space for machinery, the number of work stations, storage quantities of raw material, and the quantity of biofertilizer to be produced. The design also contemplates modeling through simulation software, where all the necessary parameters that adjust to the reality of production were considered, such as the flow of the production process to avoid possible errors that may occur in the actual execution of the project. It was determined that the most feasible location for the plant is in the Tungurahua province, Tisaleo canton, due to the presence of the resources involved in the production process. The plant will have a linear distribution that will allow the efficient development of the activities, and it was verified utilizing the FlexSim simulation software that the production plant can produce 24900 liters of biofertilizer (BIOL) monthly, enough to meet the monthly demand determined in the market study of 23,167 liters per month. It is recommended to carry out a study for the elaboration of compost based on the solid residues obtained from the production process.

Keywords: <BIOFERTILIZER>, <BLACKBERRY>, <PLANT DISTRIBUTION>, <PROCESS SIMULATION>, <PRODUCTION>, <MARKET STUDY>.

ALEXANDRA
ELIZABETH
OROZCO
HERNANDEZ

Firmado
digitalmente por
ALEXANDRA
ELIZABETH OROZCO
HERNANDEZ
Fecha: 2022.03.10
10:29:57 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Actualmente el Ecuador es un país con una gran biodiversidad, disponiendo de una amplia variedad de especies frutícolas que son comercializadas a nivel nacional e internacional, fortaleciendo así la economía del país. La mora es uno de los productos andinos con alta demanda a nivel mundial, la demanda de este fruto va creciendo a medida que se van comprobando los beneficios que proporciona a la salud de los seres humanos.

En ciertas zonas del Ecuador muchos productores agrícolas optan por el cultivo y comercialización de la mora debido a las características agroecológicas y climáticas consideradas aptas para la producción de este fruto. La mora puede ser cosechada durante todo el año en períodos continuos cortos, considerándose una ventaja en comparación con otros países que solo pueden cosecharla durante ciertas temporadas o estaciones.

Hoy en día el sector agrícola busca nuevas alternativas de fertilización que mejoren la calidad de los productos sin contaminar excesivamente al medio ambiente. En muchos cultivos se están utilizando abonos orgánicos debido a la situación actual del planeta en relación a la contaminación con finalidades ecológicas que buscan reemplazar los fertilizantes químicos por biofertilizantes o abonos orgánicos que pueden ser elaborados a partir de los residuos agrícolas.

El presente trabajo de integración curricular plantea el diseño y modelado de una planta de producción de biofertilizante orgánico a partir de la hoja de mora con el objetivo de aprovechar este recurso que en la mayoría de los casos es considerado como desperdicio sin utilidad alguna, para lo cual el primer factor a considerar es la localización o ubicación de la planta ya que de ello depende la disponibilidad de los recursos necesarios y la distribución del producto terminado.

La simulación de procesos mediante softwares garantiza el funcionamiento eficiente del proceso de elaboración del biofertilizante, para lo cual es necesario tener conocimientos sobre distribución de plantas y ubicación de puestos de trabajo para que exista un funcionamiento continuo y óptimo de todas las actividades que involucra el proceso productivo. Una correcta distribución de planta reduce desperdicios de tiempo, materia prima, recursos, evita la presencia de cuellos de botella etc., de esa forma se puede aprovechar el espacio y el tiempo disponible y facilitar así el trabajo de obtención del biofertilizante orgánico.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La zona 3 del Ecuador está conformado por las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pastaza y Tungurahua; este territorio se caracteriza por presentar el mayor volumen de producción de mora en el Ecuador. Según el MAG (2020) solo en Tungurahua se cultiva y cosecha el 60% de la producción total nacional de la mora.

Las plantas de mora pasan por una serie de etapas de poda a lo largo de toda la vida del cultivo, generando residuos agrícolas. El principal problema es que los agricultores consideran la combustión de estos residuos como principal método para eliminarlos, ya que la acumulación de estos genera obstrucción para el trabajo en los cultivos. La combustión de los residuos de la poda deriva una crisis ambiental debido a que esto genera contaminación del aire, degradación del suelo, pérdida de humedad y la tierra se vuelve menos fértil, a esto se suma la aplicación de fertilizantes químicos a los cultivos que con el tiempo hacen insostenible las condiciones del suelo, debido a que producen un desequilibrio del pH, además los fertilizantes químicos en la mayoría de casos suelen ser tóxicos y peligrosos para los seres humanos y animales.

Con lo mencionado se pretende incentivar el reemplazo de los fertilizantes químicos por la utilización de abonos orgánicos, que proporcionan los mismos beneficios en los cultivos sin tener efectos contaminantes en el suelo y la salud de las personas, y así obtener productos más sanos para el consumo humano.

Uno de los beneficios al crear y poner en marcha una empresa productora de biofertilizante orgánico es el aprovechamiento y reutilización de los residuos orgánicos provenientes de la mora como son los tallos y las hojas de la planta de mora que en ocasiones son incinerados generando contaminación al ambiente y cabe mencionar también el aporte económico, incentivando la productividad que promueve el desarrollo colectivo.

Económicamente es factible crear una planta industrial de este tipo ya que en la Zona 3 no existe alguna planta industrial de biofertilizante en la cual se reutiliza los residuos orgánicos de la mora por ende esta planta de biofertilizante tendrá demanda en el mercado. Además, muchos agricultores están optando por utilizar biofertilizantes orgánicos para mejorar las cosechas de sus cultivos.

Actualmente en el Ecuador existen plantas productoras de biofertilizantes en base a los residuos sólidos o desechos orgánicos como compost, biol, humos, etc., pero no existe una organización o empresa que aproveche las hojas de la mora para la elaboración de abonos orgánicos, por lo cual se realiza una propuesta para la elaboración del diseño de una planta de producción de biofertilizantes a través de la hoja de mora, misma que estará basada en detallar los lineamientos y parámetros como: la capacidad de producción de la planta, infraestructura, dimensionamiento de las áreas de trabajo, disposición de maquinaria, ubicación de almacenamientos y oficinas, entre otras, para garantizar el correcto desenvolvimiento de la producción y evitar problemas que pueden derivarse de un incorrecto diseño y distribución de planta.

Según Cuatrecasas Arbós (2017), un incorrecto diseño y distribución de planta puede desencadenar en problemas como: pérdidas de tiempo y materiales, congestión en el trabajo, retrasos en la entrega de pedidos, mala calidad del producto e incluso un incremento en el índice de accidentabilidad.

El presente proyecto técnico plantea también el modelado de la planta de producción de biofertilizante a partir de la hoja de mora mediante una simulación previa del ambiente de trabajo mediante el software Solid Works para obtener un modelo previo a una tentativa de construcción y ejecución del proyecto y de esa manera no tener inconvenientes o limitaciones a futuro y mantener un sistema productivo eficiente, tecnificado y de gran competitividad.

1.2. Delimitación geográfica del proyecto



Figura 1-1: Zona 3 del Ecuador

Fuente: Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo, 2014

El presente proyecto considera la ubicación de la planta dentro de la Zona 3 del Ecuador, según el SENPLADES la Zona 3 del Ecuador está conformada por las provincias de: Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza, esta es la zona de planificación más extensa del país, con un área de 44.889 Km² y es equivalente al 18% de todo el territorio ecuatoriano.

1.3. Justificación

Este proyecto es desarrollado con el objetivo de buscar una solución o alternativa de utilización de los residuos de las plantas de la mora para reducir el impacto ambiental que genera la acumulación y quema de este tipo de residuos.

La utilización de los residuos de la planta de mora para la elaboración de un biofertilizante es una gran contribución al medio ambiente debido a que se evita la contaminación del aire al reducir el índice de combustión de desechos agrícolas y del suelo al reducir el uso de fertilizantes químicos que generan la degradación lenta del suelo que reducen su fertilidad, el rendimiento de los cultivos y producen un desequilibrio del pH.

La aplicación del biofertilizante en los cultivos permitirá aumentar la actividad microbiana del suelo, recuperar la materia orgánica, favoreciendo la retención de nutrientes y la fijación del carbono en el suelo, también mejora la capacidad del suelo para absorber agua, permitiendo así obtener productos naturales sanos que favorecen a la salud de los consumidores y beneficiando a la población en general al disponer de un medio ambiente menos contaminado que permite además cubrir las necesidades del sector agrícola que cada vez está en busca de nuevos métodos de producción amigables con el medio ambiente que garanticen la sostenibilidad de sus cultivos.

Cabe mencionar también la importancia de producir este biofertilizante a escala industrial debido a la contribución del desarrollo económico poblacional, al generar fuentes de empleo derivados de las actividades laborales de la planta de elaboración del biofertilizante, aportando así a la productividad de la Zona 3 del Ecuador.

1.4. Alcance

El presente trabajo está relacionado con los aspectos ambientales, mediante el cual se pretende determinar los beneficios que puede proporcionar la utilización de los residuos de la planta de mora en la elaboración de biofertilizante. El alcance de este proyecto radica en lograr ampliar la información sobre la factibilidad de crear fertilizantes orgánicos a nivel industrial y al mismo tiempo contribuir a las investigaciones que se realizan en este campo para servir como estudio base para investigaciones futuras y de mayor complejidad.

1.5. Delimitación

El desarrollo del presente proyecto tiene como objetivo diseñar y modelar una planta para la producción de biofertilizante orgánico a partir de la hoja de mora en la Zona 3 del Ecuador.

El trabajo se desarrolla dentro de los siguientes parámetros:

Espacio: Zona 3 del Ecuador (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza).

Tiempo: Periodo Mayo – septiembre de 2021

Sector: Enfocado al desarrollo del sector agrícola.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

- Diseñar y modelar una planta para la producción de biofertilizante orgánico a partir de la hoja de mora en la Zona 3.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar la ubicación de la planta productora de biofertilizante orgánico a través de los factores que intervienen en el proceso productivo utilizando el método de ponderación de factores.
- Diseñar la planta de producción considerando los parámetros de las instalaciones utilizando el software Solid Works.
- Realizar la distribución de la planta de producción de acuerdo al proceso, mediante la elaboración de diagramas de recorrido para identificar la ubicación más idónea de los puestos de trabajo.
- Simular el proceso productivo mediante el software Flexsim.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

- Un primer trabajo de titulación denominado Estudio de factibilidad para la creación de una planta productora de abono orgánico, Plantea la creación de biofertilizantes orgánicos basada en principios ecológicos, ambientales y económicos, se orienta al sector agrícola, sus objetivos primordiales es obtener productos sanos y a la vez proteger el medio ambiente. Para el desarrollo del proyecto, se recurrió a información primaria y secundaria, de entidades como (INEC, MAG, BCE, INEN) además de consultas a especialistas, donde se obtuvo los datos precisos, para establecer el estudio de mercado donde se determinó la oferta y la demanda, mediante la cuantificación de hectáreas de cultivos orgánicos en el Ecuador y el uso de fertilizantes orgánicos, con la utilización del método de pronóstico de mínimos cuadrados se estableció la demanda insatisfecha, luego se realizó el estudio técnico para localizar la ubicación de la planta, la ingeniería del proceso, y la estructura organizacional de la empresa. Finalmente, los indicadores económicos demuestran que el proyecto es financieramente factible, ya que el Valor Actual Neto (VAN) asciende a la suma de 147.129,90 dólares, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza el valor de 69,3%, el periodo de recuperación de la inversión es de 2 años para la inversión inicial y 4 años para la recuperación total de la inversión. En líneas generales el proyecto cumple con todas las exigencias planteadas en este estudio. (Espinoza Burgos, 2014, p.5)
- Un segundo trabajo relacionado con el tema de investigación es un trabajo de titulación denominado, Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de abonos en base a desechos agrícolas, para la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, manifiesta que se realizó un estudio de mercado en el cual se determinó la demanda potencial conformada por todos los finqueros (4.607), demanda real 3.225 agricultores, demanda efectiva 526.320 sacos de abono orgánico de 50 kg, y 391.318 sacos como demanda insatisfecha.
En el estudio técnico se indica parámetros como la capacidad a instalar (15.000 sacos anuales), la localización en la vía Santo Domingo – Quinindé Km 30, la infraestructura física (cubiertas para descomposición de residuos, cubierta de acopio, de secado, bodega y oficina administrativa), maquinaria, herramientas, muebles y enseres, distribución de instalaciones, recursos humanos. El proceso de producción describe todos los pasos y el flujograma del proceso, señala los tiempos y responsables. En las conclusiones se menciona la existencia de

demanda e interés de los agricultores por el abono orgánico, la distribución del producto en forma directa, las alternativas técnicas prestan las condiciones para llevar adelante el proceso de producción, la estructura administrativa establece los organigramas y las funciones y perfiles de cargo, la valoración de la inversión determina los montos y fuentes de financiamiento y el estudio financiero demuestra la factibilidad del proyecto de inversión. En las recomendaciones se destaca procurar utilizar el canal directo de comercialización, promocionar el producto por medios radiales, distribuir adecuadamente las instalaciones, establecer buen plan de selección del personal, coordinar los aportes recursos para financiar la contraparte de los socios, aplicar un sistema de control de presupuestos para un monitoreo eficiente del gasto. (Espinoza Rodríguez, 2013, pp.2-4)

- Una tercera investigación es un trabajo de titulación denominado Diseño de una planta para el procesamiento de compost a base de lechugín, en el cual se pretende aprovechar la presencia de lechuguines en el embalse de Chongón para elaborar abono orgánico. Estos lechuguines presentes en la superficie del río dificultan la actividad de pesca que es una de las principales fuentes de ingreso de las comunas de Chongón, Daular y Cerecita. En este estudio se plantea el diseño de la planta industrial, el cual incluye la distribución física de las áreas de trabajo, disposición y ubicación de maquinaria, estándares de seguridad laboral, y todos los parámetros requeridos para lograr una producción eficiente. Esta planta de producción fue diseñada para procesar 432 toneladas de compost mensualmente, capacidad calculada en base a la demanda 40.000 kg. El proceso parte desde la recolección de los lechuguines, los cuales son transportados por una banda transportadora hacia una máquina trituradora de capacidad de 10 ton/hora, posteriormente el material triturado es transportado hacia la cancha de compostaje donde se empleará una máquina volteadora para formar un prima de base rectangular con la mezcla, se realizará un volteo cada 7 días y se controlará la temperatura y humedad constantemente durante aproximadamente 30 días que es el tiempo necesario para obtener el compostaje. Finalmente se calculó un valor TIR del 39% que indica que la implementación del proyecto es factible. (Mejía Pino & Alvarez Ochoa, 2013)
- En un cuarto estudio denominado Diseño de un sistema de producción para la obtención de biol mediante los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas, se propone un modelo de producción, con la finalidad de reducir la contaminación generada por los desperdicios orgánicos producidos en el cantón Joya de los Sachas-Orellana, considerando el diseño económico de las instalaciones, con la maquinaria correspondiente y materia prima fácil de conseguir. El diseño para la obtención de biol consta de 5 biodigestores de 15 galones

utilizados cada uno, 10 codos de 1/2", 10 m de manguera para la salida del biogás, geomembrana, sellador y un almacenamiento para el biogás.

Los biodigestores fueron alimentados con materia orgánica y agua en diferentes proporciones en cada biodigestor, y se adaptó un sistema de recolección de gas en serie hacia una trampa de agua. Durante la etapa de fermentación se controló la temperatura diariamente y acidez cada 3 días para que la fermentación se mantenga dentro de los rangos permitidos. El producto final se obtuvo al transcurrir los 28 días en distintas cantidades para cada biodigestor. Se analizaron 5 muestras en un laboratorio certificado para determinar la dosificación exacta, calidad y tiempo de producción. El más óptimo fue el de concentración 1:2 (25% de agua y 75% de materia orgánica) con el 64,24% de producto, obteniendo un promedio de 32 Centígrados de temperatura y 6,8 de acidez en el sistema que, llevándolo a escala industrial, reducirá la contaminación ambiental. (Pontón Sigcha, 2011)

2.2. Marco teórico

2.1.1. Propiedades de la hoja de mora para la elaboración de biofertilizantes

Según (Coyachamín Chiliquina, 2020), las hojas de mora presentan buenas propiedades para la elaboración de compost, presentando una relación carbono/nitrógeno de 11,66; lo que acorde con la normativa chilena NCh2880 del Instituto Nacional de Normalización, este valor permite clasificarlo como compost de clase A, que cumple con los estándares de calidad para su aplicación en cultivos.

Los valores de los macro nutrientes que presenta el compost elaborado a base de la hoja de mora y estiércol de cuy son los siguientes: Carbono=9,33%; Nitrógeno= 0,80%; Fósforo=0,43% y Potasio=0,36%. Mediante estos valores de macronutrientes obtenidos se determina que el compost obtenido puede ser empleado en plantaciones nativas de menor tamaño. (Coyachamín Chiliquina, 2020)

2.1.2. Manejo de desperdicios agrícolas y residuos de la poda

La generación y manejo inadecuado de los desperdicios o residuos agrícolas resultantes del mantenimiento de áreas verdes y podas de cultivos, presentan un gran problema debido a las grandes cantidades que actualmente se genera, ya que esta materia en la mayoría de los casos se considera un residuo sin utilidad alguna. Estos residuos casi siempre son acumulados en terrenos baldíos, depositados en rellenos sanitarios o cualquier otro tipo de zonas y en muchas ocasiones son quemados por los agricultores para evitar la obstrucción de los terrenos. Una de las alternativas para el aprovechamiento de estos residuos de poda de las plantas es la elaboración de compost, un tipo de abono orgánico que se produce mediante la añadidura de algún tipo de

estiércol animal y el análisis de laboratorio que permiten determinar las propiedades benéficas de este biofertilizante para las plantas. (Cardona Castelblanco & Hernández Ríos, 2008, p.13)

2.1.3. *Abonos orgánicos*

Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como fuente de vida y nutrientes al suelo. Entre los abonos orgánicos más conocidos por su obtención en un proceso anaeróbico son los biofermentos como el biol y le bocashi, y los obtenidos en procesos aeróbicos como el compost, y el lombricompost o lombrihumus, entre otros, pero también son comúnmente utilizados las aplicaciones de gallinaza y otros tipos de estiércol fresco directamente en el suelo. (Soto & Meléndez Celis, 2004, p.91)

2.1.4. *Importancia de los abonos orgánicos*

La agricultura orgánica no solamente implica el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (composta, biol, fermento, lombricomposta, entre otros) el suelo, sino generar un cambio de conciencia general para preservar el medio ambiente saludable. La producción y utilización de biofertilizantes o abonos orgánicos se basa en cuatro principios: el primero implica aprovechar de lo existente como la reutilización de ciertos recursos que las personas poseen, el segundo implica el buscar al máximo la independencia de insumos externos, mediante la utilización de lo que se tiene a la mano y volviéndose productor de sus agroinsumos, el tercero se enfoca reducir el impacto ambiental generado por el uso de fertilizantes químicos. El cuarto principio es no poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor; este último haciendo alusión a los consultores y vendedores de abonos orgánicos que no están bien estabilizados, y que su efecto no es igual al de un abono estable que pasó cierto tiempo de maduración. La calidad del abono de los materiales utilizados en su elaboración y depende a su vez del proceso y métodos de producción, esta variación será tanto en contenido de nutrientes como de microorganismos en la composta madura, y en base a estas variaciones se modificará el uso potencial de la composta madura. La microflora nativa de las compostas puede o no tener efecto antagónico sobre patógenos del suelo, y además esta microflora continuará la degradación de la materia orgánica volviendo disponibles los nutrientes para la planta. Mientras mayor diversidad tenga la materia orgánica de la que se forma la pila o cama, mayor cantidad de nutrientes tendrá la composta madura. (Félix Herrán et al., 2008, p.58)

2.1.5. *Ventajas y desventajas de los abonos orgánicos*

2.1.5.1. *Ventajas*

Acorde con Félix Herrán et al. (2008, pp.60-61) El empleo de abonos orgánicos a los cultivos aporta nutrientes al suelo y a su vez funciona como base para la formación de múltiples compuestos que

ayudan a la conservación de la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fulvicos, y huminas) que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son:

- Mejora la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye ésta en suelos arcillosos.
- Mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua.
- Estimula el desarrollo de plantas.
- Mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial.
- Eleva la capacidad tampón de los suelos.
- Ayuda a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta.
- Aporta elementos minerales en bajas cantidades, y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo.

2.1.5.2. Desventajas

Según Félix Herrán et al. (2008, p.62) Los abonos o biofertilizantes orgánicos presentan algunos aspectos que pueden ser considerados como desventajas, pero que a largo plazo serán superadas. Dichas situaciones son:

- Son de lento efecto, y al principio se recomienda un sistema combinado (convencional y orgánico) para ir remplazando totalmente los fertilizantes químicos por los orgánicos, y ayudarle al suelo a reestablecer el equilibrio natural.
- Presentan resultados a largo plazo, pero durante este proceso mejorará la fertilidad y propiedades del suelo, observándose un mejor porcentaje de germinación, mejor adaptación de plántulas al trasplantarlas al mismo, entre otros. El tiempo estimado para que un suelo sea completamente orgánico varía entre los 3 a 5 años, o puede tardar más dependiendo del tratamiento del suelo y de los factores ambientales.
- Implica costos elevados en el manejo del suelo, pero se compensa al obtener plantas, frutos de mejor calidad y menor costo del manejo del suelo a futuro, reduciendo la contaminación del agua y medio ambiente.

2.1.6. Tipos de abonos orgánicos



Figura 1-2: Tipos de abonos orgánicos
Fuente: (Agromar, 2015)

Dentro de los principales tipos de abonos orgánicos procesados tenemos:

2.1.6.1. Compost



Figura 2-2: Compost
Fuente: Agriculturapura, 2018

El compost o compostaje es un proceso biológico aerobio, elaborado bajo determinadas condiciones de aireación, humedad y temperaturas (temperatura superior a 45°C). Transforma los residuos orgánicos en abono o sustrato rico en nutrientes. El compostaje es una técnica de reciclaje y estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor producido durante este proceso elimina las bacterias patógenas, y semillas hierbas de plantas no deseadas que pueden encontrarse en los materiales de elaboración, dando lugar a un producto limpio e higienizado. (Negro et al., 2000, p.1)

2.1.6.2. Bocashi



Figura 3-2: Bocashi

Fuente: Agriculturapura, 2018

Es un término japonés que significa “abono orgánico fermentado”, se trata de un proceso de descomposición de manera aeróbica, no existe una receta específica y se puede elaborar con desechos sólidos orgánicos de carácter vegetal y animal a los que se pueden agregar elementos minerales para mejorar sus propiedades. Su elaboración se realiza generalmente en ambientes cerrados que tengan el piso recubierto de cemento o sobre un material plástico para evitar que se acumule la humedad hasta llegar a la fermentación.

2.1.6.3. Lombricompost



Figura 4-2: Lombricomposta

Fuente: Agriculturapura, 2018

El lombricompost o vermicompost es el proceso de descomposición de los residuos o desperdicios orgánicos mediante la ayuda e intervención de lombrices de tierra. Las lombrices ayudan a que exista gran presencia de humedad en este proceso y se obtiene un abono natural muy rico en nutrientes. Se estima que la primera obtención de este compostaje se puede obtener a los 9 meses a partir de su preparación y posterior a esto se puede obtener compost cada 3 o 4 meses, se sabe que el compost está listo cuando el material del primer nivel posee un color oscuro. (Larco, 2004, p.80)

2.1.6.4. Biol y biofermentaciones



Figura 5-2: Biofermentaciones

Fuente: Agriculturapura, 2018

El biol es un tipo de abono orgánico líquido que se obtiene mediante un proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La principal técnica empleada para lograr este propósito son los biodigestores. Es utilizado como un fertilizante de aplicación foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores, los cuales ayudan al desarrollo de las plantas. El biol puede ser enriquecido mediante la agregación de ciertos elementos como la alfalfa o las vísceras de pescado que proporcionan un contenido en fósforo adicionando.

La biofermentación es aquel proceso en el que se descomponen aeróbicamente residuos orgánicos, por medio de poblaciones de microorganismos presentes en los residuos orgánicos, esta descomposición es controlada, y da como resultado un material parcialmente estable que continuará su ciclo de descomposición, pero más lentamente. Las fermentaciones por lactobacilos son muy limpias, se puede usar como inóculo para bocashi, agua miel, entre otras; el tepache se puede aplicar en el agua de riego, teniendo en cuenta la dosis adecuada (ésta se obtiene a prueba y error dependiendo de cada cultivo) porque si está muy concentrado puede ser un herbicida muy fuerte, pero si está bien diluido ayuda al desarrollo de las plantas. También se pueden hacer fermentaciones de cáscaras de frutas para obtener aminoácidos libres, que se pueden aplicar en el agua de riego para mejorar el desarrollo de la planta. En sí las fermentaciones disminuyen la carga eléctrica de las soluciones, los microorganismos (levaduras, lactobacilos, entre otros) transforman los materiales y los dejan en complejos parcialmente estables listos para ser absorbidos por las plantas. (Félix Herrán et al., 2008, pp.58-59)

2.1.7. Caracterización de los sistemas anaeróbicos de producción de biofertilizante

Los sistemas anaeróbicos de producción de biofertilizantes se caracterizan por su etapa de fermentación en un sistema cerrado conocido como biodigestor, aislado del aire, durante un determinado tiempo. Este proceso permite aprovechar el estiércol de los animales, dando como resultado la obtención de biofertilizantes comúnmente utilizados para aplicación foliar. Estos abonos o biofertilizantes son ricos en nitrógeno, vitaminas y aminoácidos, lo que permite a las plantas regular su metabolismo y estimular su desarrollo.

Mediante el método anaeróbico se elaboran comúnmente abonos orgánicos conocidos como bioles o biofermentos. Para este proceso se realiza la fermentación anaeróbica de residuos orgánico y estiércol de ciertos animales, durante un largo período de fermentación. La diferencia entre los tipos de biol existentes en el mercado se determina con análisis de varianza de un factor y para cada parámetro físico y químico evaluado. En el proceso anaeróbico de fermentación, se monitorea diariamente variables como: pH, temperatura, conductividad eléctrica, niveles de oxígeno, sólidos, humedad, niveles presentes de P, PO₄, P₂O₅, N, Na, K, Ca, Mg, Zn y Cu. (Cano Hernández et al., 2016)

2.1.8. Tipos de sistemas anaeróbicos para la elaboración de biofertilizantes

Actualmente existen diferentes diseños de sistemas de producción de biofertilizantes orgánicos que utilizan variadas tecnologías acorde a las beneficios y necesidades que se desea satisfacer, los principales factores que diferencian a los sistemas de producción de biofertilizantes con el tiempo de obtención del producto terminado y el costo de implementación. Entre los principales tipos de instalaciones están:

2.1.8.1. Sistema de cúpula fija

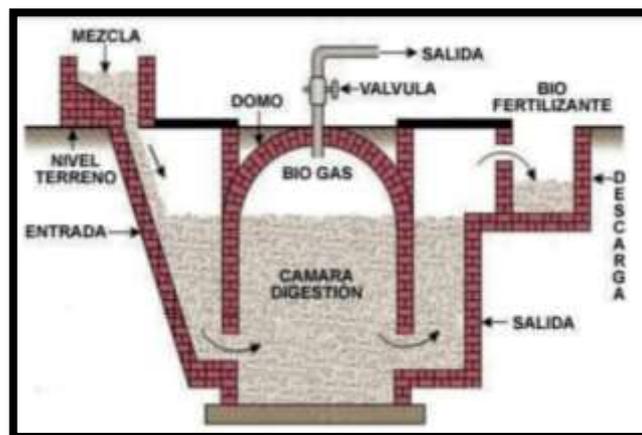


Figura 6-2: Biofermentaciones

Fuente: (Reyes Aguilera, 2017)

Este tipo de sistemas generalmente son estructuras construidas con materiales rígidos por la alta presión que deben resistir internamente. Su construcción es recomendada bajo el suelo, en tierra firme y estable. Su diseño debe ser impermeabilizado en la parte interna para evitar la fuga de líquidos y gases. La construcción de este tipo de sistema de digestión anaerobia requiere el uso de mano de obra altamente calificada. La principal característica del modelo de cúpula fija es la de tener la capacidad de trabajar a presiones variables. Una de las desventajas es que la cantidad de biogás no es constante, por lo que la cúpula debe ser rigurosamente hermética, sin embargo, sus materiales de construcción son de fácil adquisición. (Reyes Aguilera, 2017, p.74)

2.1.8.2. Sistema de cúpula móvil

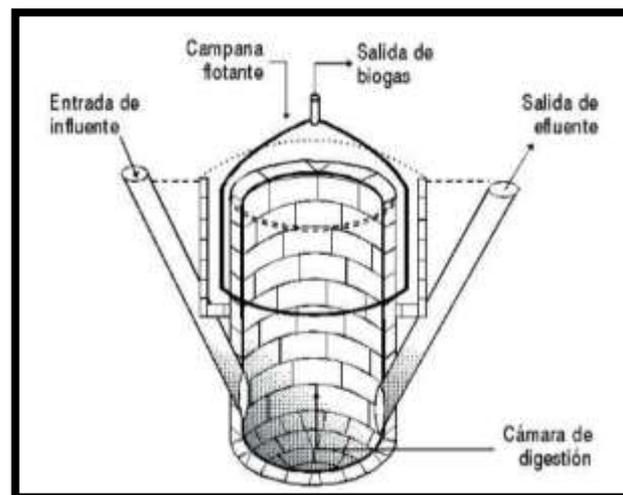


Figura 7-2: Biofermentaciones

Fuente: (Reyes Aguilera, 2017)

El sistema de cúpula cerrada se caracteriza por poseer 2 estructuras: la primera es una estructura sólida que va fijada en el suelo y generalmente es hecha de concreto y la segunda en la mayoría de los casos es una campana metálica que cubre la primera estructura. Estos sistemas se cargan por gravedad una vez al día, la campana es un componente móvil y es donde se almacena el gas.

La principal ventaja del sistema de cúpula cerrada es que trabaja a presión constante y el gas almacenado por el nivel de la campana puede ser medido. Una de las desventajas es que este sistema está expuesto a la corrosión en la campana debido a los niveles de humedad que existe en el biogás. (Reyes Aguilera, 2017, p.75)

2.1.8.3. Sistema batch o discontinuo

Estos sistemas se caracterizan por ser cargados completamente en una sola vez y son vaciadas por completo después de transcurrir el tiempo de biodigestión. El modelo tipo Batch es apropiado para cargar todo tipo de materiales de fermentación, debido a que el tiempo de retención con el que se trabaja es largo. Una de las principales ventajas es su bajo costo de inversión y actualmente existen empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de biodigestores. (Reyes Aguilera, 2017, p.75)

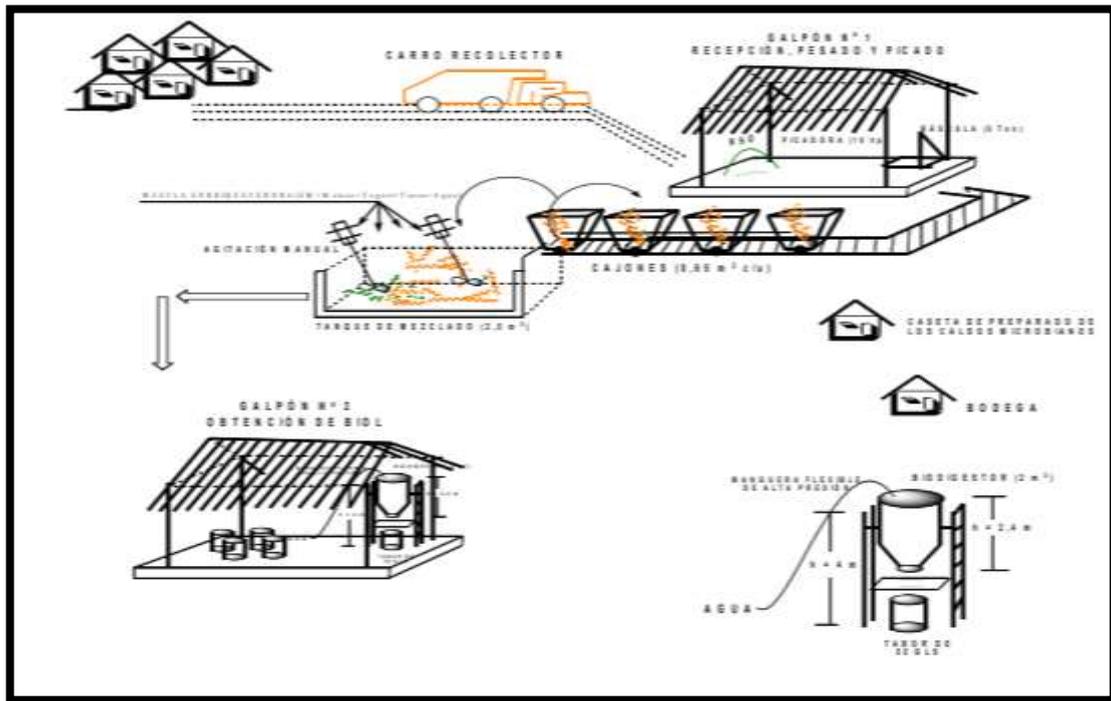


Figura 8-2: Sistema de producción de biol tipo batch discontinuo

Fuente: (Pontón Sigcha, 2011)

Componentes del sistema:

- Picadora
- Bascula
- Sistema de cajones con rieles
- Tanque mezclador.
- Área de preparación de caldos microbianos.
- Área de biodigestión.
- Sistema de filtrado.
- Sistema de recolección de biogás.
- Envasado.
- Almacenamientos de materia prima y producto terminado.

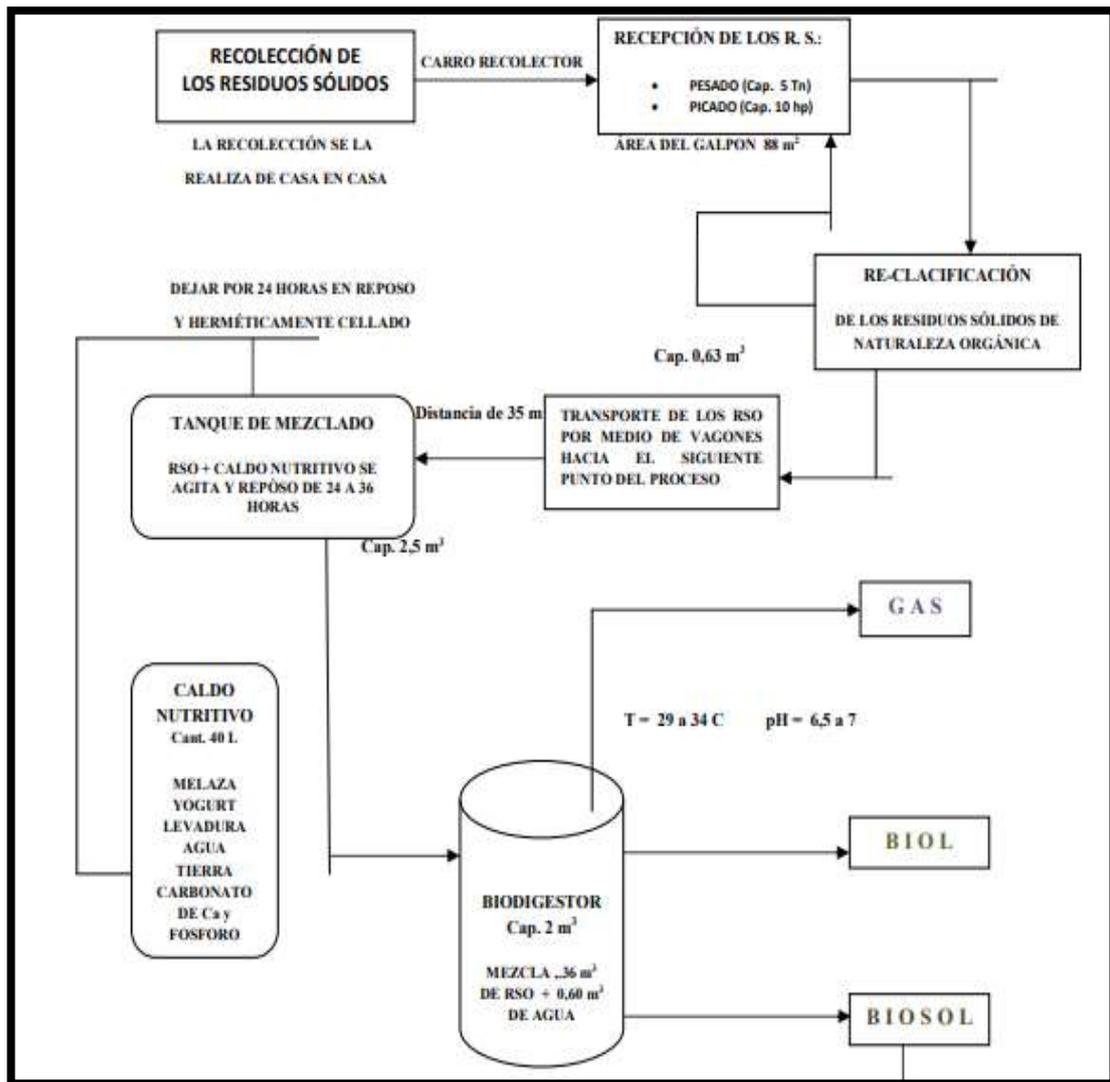


Figura 9-2: Flujo del sistema de producción de biol tipo batch

Fuente: (Pontón Sigcha, 2011)

Este tipo de sistemas son apropiados para cargar todo tipo de materia orgánica, debido a que el tiempo de biodigestión es relativamente largo. La principal ventaja es el bajo costo de implementación en equipos y maquinaria. (Pontón Sigcha, 2011)

2.1.8.4. Instalaciones de producción de biofertilizante con biodigestor anaeróbico tubular con flujo continuo

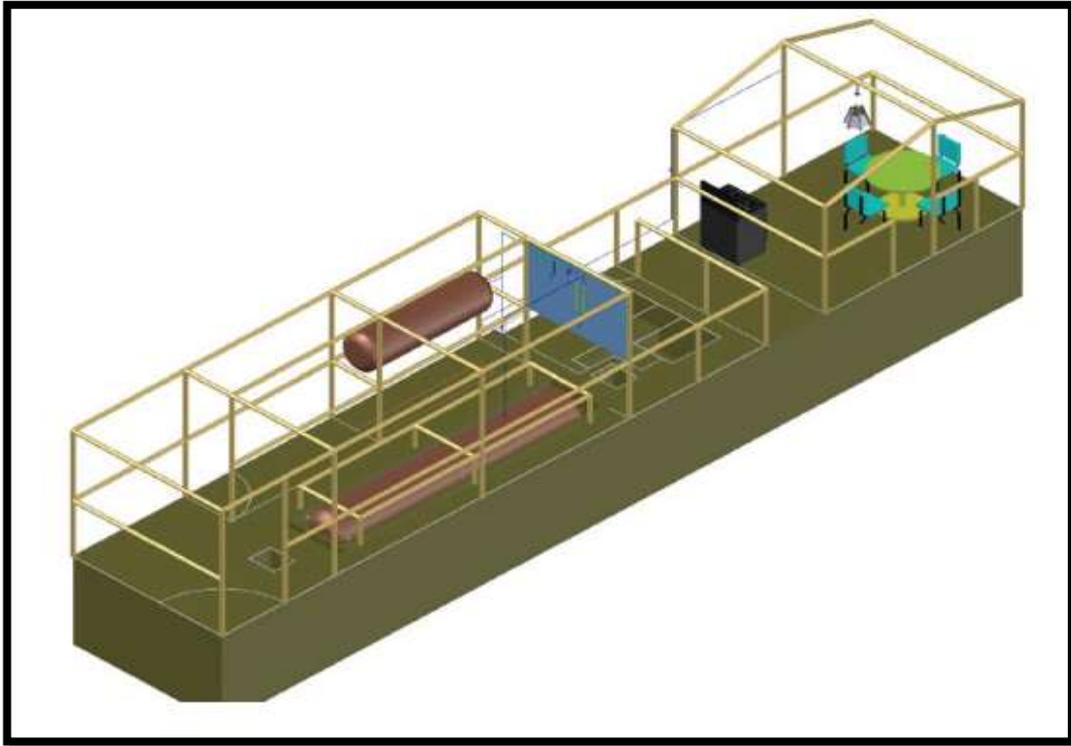


Figura 10-2: Módulo de producción de fertilizante con biodigestor tubular de flujo continuo
Fuente: (León Torres et al., 2019)

Este tipo de sistema anaeróbico de producción de biofertilizante se caracteriza por el tipo de biodigestor tubular con flujo continuo Tipo Taiwán. Posee una manga de geomembrana de PVC de 0,5 mm de espesor, con 5 m de largo y 1 m de ancho, así como tuberías y accesorios de fontanería de PVC. Para el almacenamiento del biogás, este sistema posee un gasómetro de geomembrana cilíndrico de 2,1 m³, ubicado sobre el biodigestor protegido por cubrición y sostén de un techo. El biogás sube desde el biodigestor al gasómetro abriendo la válvula de salida de biogás del biodigestor y la válvula de entrada del gasómetro. La localización de la válvula de ingreso del biogás en la parte inferior del gasómetro permite eliminar el agua contenida en el biogás cada vez que ésta se condense. (León Torres et al., 2019)

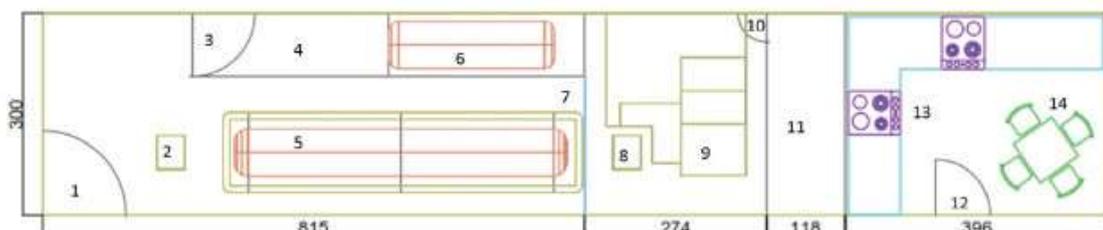


Figura 11-2: Componentes del sistema de biodigestión tubular con flujo continuo
Fuente: (León Torres et al., 2019)

Los componentes de este tipo de sistema son:

- **Área de biodigestión**

- 1.-Ingreso a zona de biodigestión.
- 2.-Ingreso del sustrato.
- 3.-Ingreso al almacenamiento.
- 4.-Almacenamiento de herramientas.
- 5.-Biodigestor.
- 6.-Gasómetro.
- 7.-Panel de control de presión.

- **Área de recolección de biol y biosol**

- 8.-Salida de biol.
- 9.-Salida de biosol.
- 10.-Puerta de salida.
- 11.-Almacenamiento de biol.

- **Área demostrativa**

- 12.-Ingreso al área demostrativa.
- 13.-Cocina.
- 14.-Iluminación con lámpara a gas.

2.1.9. Diseño y dimensionamiento de plantas industriales

2.1.9.1. Tamaño de la planta

El tamaño de una planta industrial depende del sistema productivo, el dimensionado es un factor esencial en el diseño de un proceso productivo que debe ir acorde con el volumen de producción planificado y la capacidad productiva que dependerá de las máquinas y equipos, número de trabajadores, etc. La capacidad no es otra cosa que la cantidad de producto que puede obtenerse en un sistema productivo operando a pleno rendimiento todo el tiempo de que se disponga; de

hecho, la incorporación de la flexibilidad hace que este concepto no se refiera a un mínimo infranqueable, pero sí que presentará un nivel de producción cuya eficiencia será óptima. (Cuatrecasas Arbós, 2017, pp. 96-97)

2.1.9.2. *Altura requerida de los techos*

Generalmente la altura inadecuada del techo de una empresa no puede remediarse fácilmente después de que la construcción sea terminada, el costo del aumento de la altura de una planta es relativamente pequeño, por lo cual es irrazonable limitar la distancia entre el piso y el techo considerándose una altura mínima de 6 metros o si el producto es grande por lo menos el doble de la altura del producto terminado, considerando las cantidades de almacenamiento a futuro. En la siguiente figura se muestra algunos ejemplos de cubiertas utilizados en plantas industriales. (Fuertes Alarcón, 2018, p.10)



Figura 12-2: Tipos de cubierta para instalaciones industriales
Fuente: (Fuertes Alarcón, 2018)

2.1.9.3. *Cargas a soportar*

Para el diseño de la planta de producción de biofertilizante se debe considerar las cargas originadas por el equipo de producción, por los almacenamientos, productos en proceso, productos terminados, ingreso de vehículos pesados, o cualquier otro factor que se desarrolle ocasionalmente dentro de la planta de producción. Al momento de posicionarse las máquinas y equipos de trabajo en la planta, estos deben ser transportados a lo largo de las instalaciones, por lo cual el piso debe ser capaz de soportar el peso, las paredes deben ser capaces de resistir vibraciones producidas por las máquinas. En resumen, la planta debe estar diseñada de tal forma que resista las cargas vivas y muertas presentes en todo tipo de construcción. (Fuertes Alarcón, 2018, p.11)

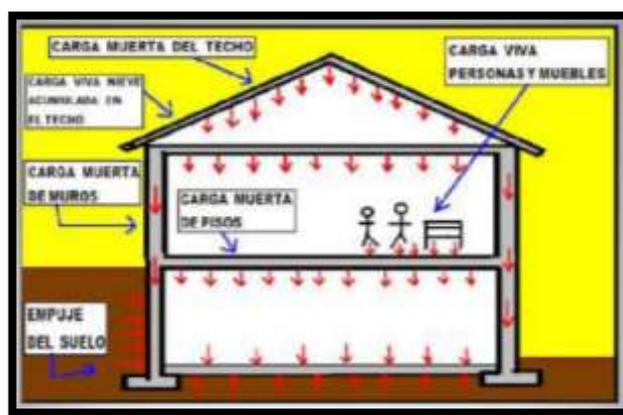


Figura 13-2: Cargas vivas y muertas en estructuras
Fuente: (Fuentes Alarcón, 2018)

2.1.9.4. Acceso

La accesibilidad a la planta productora de biofertilizante será un factor clave al momento de decidir su localización y emplazamiento, de esto dependerá la logística de la organización. Un lugar que disponga de vías en buen estado permitirá el acceso constante a la planta. Un lugar con vitalización óptima garantiza el abastecimiento necesario de materia prima y recursos que intervienen en un proceso productivo, asegura que los productos elaborados en la entidad sean entregados a los clientes o consumidores, facilita el transporte del personal laboral de la empresa, por estos motivos la accesibilidad representa un gran valor corporativo.

2.1.9.5. Iluminación

Este factor en el diseño de la planta hace referencia a la prevención de riesgos laborales, ya que ciertos tipos de accidentes pueden ser generados por la iluminación, afectando a la productividad de la empresa. Toda iluminación artificial debe tener la intensidad necesaria para desarrollarse las actividades del trabajo. La iluminación artificial puede causar efectos negativos como fatiga visual o irritación ocular si no es seleccionada y dimensionada adecuadamente. Estos problemas se pueden evitar utilizando el número de lámparas adecuadas con una correcta fuente de alimentación. Los colores de las paredes y techos tienen un rol fundamental dentro de la iluminación, ya que los colores oscuros en las paredes reducirán la efectividad de la iluminación, razón por la cual se debe optar por colores claros en las paredes y evitar la acumulación de suciedad en las mismas. Se debe procurar disponer de un diseño de la planta con las características necesarias para aprovechar al máximo la iluminación natural. (Fuentes Alarcón, 2018, pp.12-13)

2.1.9.6. Ventilación y calefacción

Consiste en conservar y distribuir en forma útil tanto el calor como el aire fresco, según sea necesario. Los sistemas de aislamiento de frío, sistemas de calefacción y sistemas de ventilación se deben instalar al momento de la construcción y evitar la implementación posterior a ello, ya que esto puede resultar más costoso o generar obstrucción por la improvisación de las instalaciones. Es importante determinar los procesos que generen gases nocivos para procurar que las chimeneas mantengan la suficiente distancia de puntos de admisión de aire fresco que ingrese al sistema productivo, o de cualquier lugar donde exista presencia de emisiones que pueden ser perjudiciales. (Fuertes Alarcón, 2018, p.13)

2.1.9.7. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas industriales deben acogerse a la normativa vigente en cada país, en el caso del Ecuador este tipo de instalaciones pueden regirse a la Norma Técnica de construcción, capítulo 15 referente a instalaciones electromecánicas, con el propósito de garantizar la integridad de las personas, considerando el impacto ambiental que genera el uso excesivo de la energía eléctrica y considerando también los riesgos de origen eléctrico que puede derivarse de una instalación eléctrica defectuosa.

Las instalaciones eléctricas deben ser realizadas por compañías autorizadas. Un posible fallo eléctrico en instalaciones industriales puede derivar grandes pérdidas económicas, por lo que es importante la planificación de mantenimientos preventivos.

2.1.9.8. Distribución de planta

Según (Cuatrecasas Arbós, 2017, pp. 280-281), la distribución de planta es la distribución física de todos los elementos que conforman el sistema productivo, la distribución comprende tanto la ubicación de los equipos en cada área como la disposición de los departamentos y oficinas en la planta, es un aspecto muy importante para lograr la eficiencia productiva. Los factores que intervienen en la distribución en planta son:

- Flujo del proceso.
- Recursos que intervienen en el proceso.
- Funciones de máquinas y equipos.
- Flujo del operario.
- Flujo de la información.

Para distribuir adecuadamente los puestos de trabajo se considera reducir al mínimo los transportes de materiales y trabajadores para conseguir que los procesos productivos o prestación de servicios se lleven a cabo de la forma más racional y económica.

Los beneficios que presenta una correcta distribución de planta son:

- Facilidad del proceso de fabricación.
- Incremento de la capacidad productiva.
- Se reduce los movimientos y transportes.
- Se reducen los tiempos de fabricación.
- Proporciona confort a los trabajadores.
- Proporciona una producción más flexible.

- **Tipos de distribución**

Distribución lineal o por producto

Este tipo de distribución es aquella donde se disponen los puestos de trabajo y equipos de acuerdo con la secuencia de pasos o actividades necesarias para la fabricación de un producto. Es un sistema de producción dispuesto de tal forma que los recursos fluyan con la mayor facilidad posible. En este tipo de producción la variedad de productos es mayor que el número de líneas de producción y no es necesario disponer de equipos muy sofisticados. La producción se planifica por lotes de cada producto, en lugar de una mezcla entre producción de cada artículo. La distribución se adecua para grandes volúmenes de producción. Ejemplos: fabricación de artefactos, equipos electrónicos, automóviles. (Salas Bacalla, 2008)

Distribución funcional o por proceso

En un sistema productivo con distribución funcional se agrupan los equipos según sus funciones, como sería un área para tomos, un área para fresadoras, etc., acorde a la secuencia de operaciones establecida para fabricar un producto, pasando el o las partes del producto de un área a otra según la operación que se requiera. Se debe considerar minimizar los tiempos de movimientos entre las estaciones de trabajo. Algunos ejemplos de este tipo de distribución son: hospitales: pediatría, maternidad, etc. (Salas Bacalla, 2008)

Distribución por posición fija

La distribución de posición fija es caracterizada por el gran tamaño o peso del producto, razón por la cual permanece en un lugar fijo hasta su culminación, mientras lo que se mueve son los equipos de fabricación hacia donde se encuentra el producto. Los ejemplos más comunes de este tipo de distribución son: construcción de barco, un edificio, un puente, entre otros. (Salas Bacalla, 2008)

- **Punto de equilibrio**

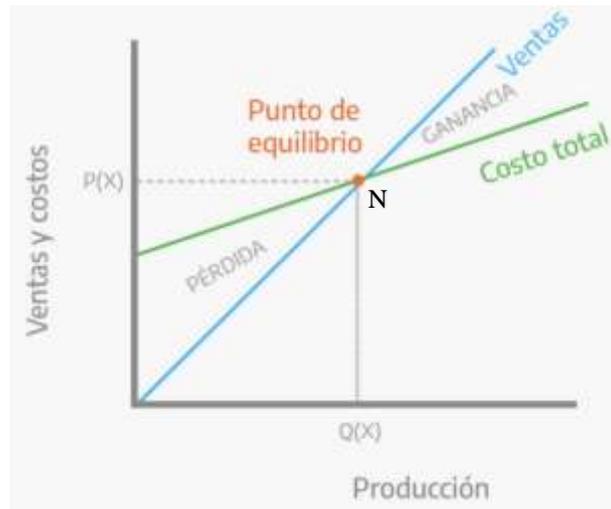


Figura 14-2: Punto de equilibrio

Fuente: (Fuertes Alarcón, 2018)

De acuerdo con la figura 14-2 referente a la gráfica del punto de equilibrio, el cual muestra en el eje de las abscisas el número de piezas a fabricar y en el eje de las ordenadas el costo, resultará que la fabricación estará compuesta de costos fijos y variables sensiblemente proporcionales al número de unidades producidas. El punto de intersección de ambas líneas N (cantidad de equilibrio) dará el número de piezas por encima del cual es aconsejable la distribución lineal y por debajo es más económica la distribución funcional. (Fuertes Alarcón, 2018, p.13)

2.1.9.9. Ubicación de la planta

Acorde con (Cortez Gómez, 2017, p.7), la localización de una empresa es un factor fundamental que garantiza estabilidad, de una localización estratégica depende la competitividad de la empresa y el posicionamiento en el mercado. Para establecer la decisión del lugar de ubicación de la planta se debe realizar un estudio previo y a partir de ello se realizará la toma de decisión y estrategias, que proporcionen beneficios a la organización. El lugar donde se va ubicar una empresa debe proporcionar todo lo necesario para satisfacer las necesidades tanto internas, como externas.

Método de factores ponderados para determinar la ubicación de la planta

El método de factores ponderados consiste en realizar una comparación entre diferentes alternativas de posibles sectores donde podría ubicarse una empresa mediante un análisis cuantitativo. Para lo cual se parte de la determinación de macro y microlocalización,

- **Macrolocalización:** Como primer paso para determinar la ubicación de la planta, se determina la macrolocalización, la cual es la zona general donde se ubicará la empresa, generalmente es una provincia.

- **Microlocalización:** Para la microlocalización se selecciona el lugar específico dentro de la macrozona, donde se ubicaría la empresa, esto se realiza una vez cumplido el análisis de macrolocalización.

Para establecer la microlocalización se consideran varias alternativas de ubicación, tomando en cuenta la presencia o disponibilidad de servicios o factores que se vean involucrados con la empresa, algunos ejemplos son:

- Disponibilidad de materia prima.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Disponibilidad de servicios básicos.
- Disponibilidad de transporte.
- Disponibilidad de vías de acceso.
- Clima.
- Requisitos legales, entre otras.

Los pasos a seguir para determinar la microlocalización son:

- Identificar los factores relevantes.
- Asignar un peso a los factores identificados acorde a su importancia.
- Ponderar los factores en una escala de 1-10 o de 1-100.
- Relacionar el peso de los factores con las calificaciones asignadas.
- Establecer una conclusión en base a la alternativa que presenta mayor puntuación.

Tabla 1-2 Matriz empleada para la microlocalización

Factores	Peso relativo(%)	Alternativas		
		A	B	C
Proximidad a proveedores	30	7	7	10
Costos laborales	30	5	9	7
Transportes	20	9	6	6
Impuestos	15	6	6	7
Costos de instalación	5	7	8	2
Puntuación total		6.65	7.3	7.45

Fuente: (Cortez Gómez, 2017)

2.1.10. Costo de producción

El costo de producción está relacionado directamente con aquellos gastos necesarios para la fabricación de un producto y dejando fuera otros gastos como los financieros. Generalmente el costo de producción incluye los siguientes elementos:

- **Materia prima:** Son aquellos materiales o insumos que se transforman durante el proceso productivo para obtener el producto final. Se considera también otro tipo de materia prima a

aquella que no se transforman, pero son necesarios, como los envases en las que se comercializan los productos fabricados.

- **Mano de obra:** la mano de obra directa son aquellos operarios que intervienen directamente en el proceso productivo. Por ejemplo, el personal que trabajan en la cadena de fabricación.
- **Costos indirectos de fabricación:** Se incluye la mano de obra indirecta que es aquella que, aun no estando involucrada directamente en el proceso, es necesaria. Por ejemplo, el personal administrativo. En este grupo también se debe incluir los gastos necesarios como amortizaciones, alquileres o tributos (Rus Arias, 2020)

Los costos de producción también se pueden clasificar en:

- **Costos variables:** Son aquellos costos proporcionales a la cantidad de producción obtenida, como el costo de la materia prima y envases, el costo de mantenimiento de la maquinaria, los servicios básicos consumidos, los suministros requeridos, las regalías y patentes, entre otros.
- **Costos fijos:** Son aquellos costos que no dependen de la cantidad de producción, como los impuestos, seguros de bienes y trabajadores, gravámenes, el financiamiento, la contabilidad, el marketing para la venta de los productos, la asesoría legal, etc. (Rus Arias, 2020)

2.1.11. Modelado y simulación de plantas industriales

La simulación de modelos de plantas industriales se usa para desarrollar y validar el diseño de las instalaciones donde se desarrollan los procesos de manufactura, permitiendo evaluar diferentes escenarios para hacer comparaciones de tal forma que se pueda pronosticar el comportamiento de cada uno de ellos. Mediante los softwares de simulación se podrá optimizar el lay-out, el flujo de recursos, disposición de almacenes, entrada y salida de materiales, entre otros. Además, se puede encontrar problemas en el diseño de la planta. La simulación de plantas permite organizar correctamente células de fabricación, disponiendo de la mejor ubicación posible de máquinas y operarios. El flujo de materiales de una planta industrial está profundamente relacionado con el lay-out, y la consecuencia de éste con el propio proceso productivo. (Villanueva Castrillón, 2008, p.222)

2.1.12. Ventajas y desventajas del modelado 3D de plantas industriales

Ventajas

Acorde con Villanueva Castrillón (2008, p.222) las principales ventajas del modelado de plantas son:

- La simulación de un modelo de planta correctamente empleada es muy confiable para la toma de decisiones en la ejecución de un proyecto. Estas decisiones generalmente están relacionadas con importantes inversiones económicas.

- Permite predecir sucesos futuros y además permiten la visualización 3D del diseño y la distribución óptima de las áreas de trabajo.
- Permite realizar un correcto dimensionamiento previo a la construcción.

Desventajas

Villanueva Castrillón (2008, pp.222-223) menciona que a pesar de que un modelado realista proporciona grandes beneficios, también pueden presentar ciertos tipos de problemas o dificultades:

- Pueden tomar mucho tiempo en desarrollarse dependiendo de su complejidad.
- Complejidad en el manejo de softwares de modelado.
- La simulación de un modelo de planta debe ser realizado por un experto en la materia, ya que una simulación realizada incorrectamente puede presentar resultados erróneos.

2.1.13. Simulación de procesos productivos

Actualmente las empresas buscan constantemente nuevas oportunidades para innovar dentro de sus procesos productivos. La simulación es una herramienta que permite ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo, reduciendo los riesgos que conlleva la experimentación sobre un proceso real, ya que se trabaja mediante softwares y no con pruebas sobre la realidad física. Es una técnica muy útil debido a que se puede construir y diseñar modelos de procesos productivos, dándole las restricciones según la variedad de escenarios donde se desee simular un proceso, permitiendo detectar posibles fallas o errores y consecuencias que se pueden generar por la manipulación de factores o variables del proceso. (Balderrabano Briones et al., 2018, p.26)

La simulación es la utilización de sistemas informáticos que buscan aproximar una situación a la realidad. Es la representación real de un proceso, mediante la implementación de un modelo o sistema que reaccione a una manera similar al comportamiento de proceso real bajo condiciones de incertidumbre con el propósito de evaluar alternativas de acciones con base en hechos reales e hipótesis que ayudan en la toma de decisiones. La simulación puede ser utilizada como una herramienta para el análisis y diseños de sistemas productivos que trata de alcanzar el funcionamiento correcto de un sistema real y actual. (Balderrabano Briones et al., 2018, p.28)

2.1.14. Aplicación de la simulación de procesos

Según Balderrabano Briones et al. (2018, p.31) Los tipos de aplicaciones, más comunes son:

- **En la experimentación:** Este tipo de aplicación es necesario cuando la experimentación directa sobre el proceso real implica costos muy elevados y se tiene por objetivo diseñar un nuevo sistema, debido a que el modelo es susceptible a modificaciones hasta obtener el comportamiento esperado.

- **En la predicción:** Esta aplicación se puede usar para predecir el comportamiento de un proceso real bajo ciertas condiciones. Se puede hacer así una evaluación en diferentes escenarios, según sea el requerimiento.
- **En la enseñanza:** adiestramiento de astronautas, en los juegos de negocios, etc.
- **En el diseño:** Por la funcionalidad es aplicable también en este campo, partiendo de ensayos de producción para proyectar el diseño del flujo de materiales o el diseño máquinas y equipos que se encuentran operando en un proceso productivo.
- **En la planificación de cambios y detección de problemas:** Es posible identificar los problemas que existen en un proceso mediante el correcto análisis de la información para la planificación de cambios y sus posibles soluciones.
- **En el control de la producción y sus pronósticos:** Se puede realizar mediante el manejo y control de las variables que intervienen en un proceso de producción, para pronosticar los volúmenes de producción que se va requerir y también estimar pérdidas en un determinado período.
- **En la toma de decisiones:** Con la interpretación de los resultados obtenidos a través de la simulación es posible proponer soluciones a los problemas detectados, por lo cual los simuladores son una herramienta confiable para la toma de decisiones empresariales.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de estudio

El presente estudio se trata de un proyecto técnico por la aplicación de conocimientos teórico-prácticos sobre el diseño de plantas industriales e ingeniería de producción, para diseñar y modelar una planta industrial dedicada a la elaboración de biofertilizante en base a la hoja de mora y estiércol de cuy, que propicie las condiciones necesarias de las instalaciones para la ejecución de las actividades de un proceso productivo que busca elaborar un producto, como es en este caso un biofertilizante líquido denominado BIOL.

3.1.2. Tipo de Investigación

Investigación documental: El presente trabajo de integración curricular es una investigación documental debido a que la información necesaria para el desarrollo de este se obtiene a través de la revisión bibliográfica o consulta en libros, artículos de revistas, trabajos de titulación, publicaciones web y otros documentos que permiten analizar y hacer comparaciones sobre el objeto de estudio. En este caso mediante datos estadísticos sobre el cultivo y producción de la mora en el Ecuador, se determinó la ubicación de la planta de producción y en base investigaciones relacionadas al tema se determinó cual es el modelo óptimo para el flujo de materiales y recursos que intervienen en la producción del biofertilizante orgánico.

Investigación de campo: Se recurrió también a la investigación de campo, debido al requerimiento de información sobre el consumo de biofertilizante orgánico en la zona determinada en la microlocalización de la planta, mediante la utilización de encuestas a la población agrícola para determinar una demanda que permite estimar una capacidad de producción de la planta.

3.1.3. Métodos de Investigación

Método inductivo: El método de investigación inductivo es aquel que pone en práctica el razonamiento lógico a partir de evidencias para generar una posible conclusión. En el presente trabajo se utiliza el método inductivo debido a que se basa en evidencias de estudios de utilización de residuos orgánicos para la obtención de abonos orgánicos para afirmar que se puede emplear las hojas de mora en la obtención de abonos similares. Del mismo modo se toma como referencia estudios de diseño de plantas industriales para afirmar que un correcto diseño y distribución de las áreas de trabajo de la planta productora de biofertilizante orgánico garantizará la eficiencia

productiva y el máximo aprovechamiento de materiales y recursos que intervienen en el proceso productivo.

Método deductivo: La investigación es también de carácter deductivo por llevar una orientación que va desde lo general a lo específico y la conclusión proviene de una deducción lógica comprobable y certera. El presente proyecto parte de la recopilación de datos generales como la disponibilidad de recursos existentes por sector para deducir la ubicación de la planta y la información obtenida mediante encuestas para determinar el volumen de producción de la planta. Además, se plantea realizar el diseño de la planta industrial y la simulación del proceso productivo, de lo cual mediante los resultados de la simulación se puede deducir cual es el diseño, distribución óptima de los puestos de trabajo, los movimientos y métodos más adecuados de trabajo que el sistema productivo debe seguir para la elaboración del biofertilizante orgánico a partir de la hoja de mora.

3.1.4. Fuentes de recolección de la información

Fuentes primarias

La información primaria fue obtenida a través de la investigación de campo, obtenida de los agricultores mediante la aplicación de encuestas.

Fuentes secundarias

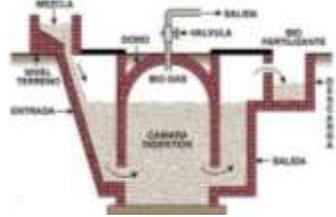
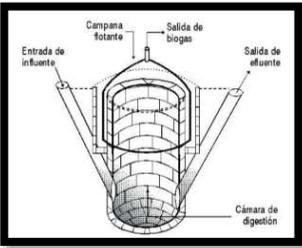
Las fuentes secundarias para la recolección de datos fueron, la información obtenida de instituciones como:

- INIAP
- INEC
- ESPAC
- MAG

3.2. Análisis de los tipos de instalaciones industriales para procesamiento de biofertilizantes

En la siguiente tabla se muestra la matriz morfológica de los sistemas de biodigestión más comunes existentes y que son empleados en la mayoría de plantas de tratamientos residuales y plantas de obtención de bioabonos y biogás.

Tabla 1-3: Matriz comparativa de sistemas de biodigestión

OPERACIONES	Sistemas de biodigestión			
	M1	M2	M3	M4
				
Materiales de construcción	Concreto, bloques o ladrillos.	Estructura fija: Concreto, bloques o ladrillos. Estructura móvil: Campana flotante metálica o de fibra de vidrio.	Plástico/polietileno de baja densidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Láminas de acero. - Perfiles de fijación. - Pernos. - Válvulas. - Plataformas. - Escaleras.
Presión	Variable	Constante	Variable	Constante
Modo de construcción	Bajo tierra en suelos estables y firmes.	La estructura fija es construida bajo tierra y la parte móvil generalmente flota sobre la estructura fija.	Existen empresas dedicadas a la fabricación de estos biodigestores y generalmente se encuentran fácilmente en el mercado.	Ensamblado a partir de paneles de láminas de acero revestido esmaltados y acero inoxidable con pernos, construido sobre una base de hormigón.
Alimentación	Continua.	Continua/semicontinua.	Carga completa una sola vez.	Carga completa una sola vez.

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Definiciones:

M1 = Sistema de cúpula fija.

M2 = Sistema de cúpula móvil.

M3 = Sistemas de biodigestión tipo batch.

M4 = Sistema de biodigestión de cubierta flexible con tecnología CSTR.

Evaluación técnica y económica de las propuestas

Tomando en cuenta los diferentes sistemas de biodigestión, son evaluadas técnicamente con la finalidad de elegir el sistema más adecuado para la producción de biofertilizante en base a los residuos de la planta de mora, en base a la siguiente escala de valoración:

Puntaciones

5 = Totalmente satisfactorio (ideal).

4 = Satisfactorio.

3 = Aceptable.

2 = Poco satisfactorio.

1 = Nada satisfactorio.

Tabla 2-3: Análisis técnico de los tipos de biodigestores

Ítems de evaluación	M1	M2	M3	M4
Facilidad de operación.	3	3	3	4
Control de agitación.	1	1	1	5
Control de temperatura.	2	2	1	5
Facilidad de mantenimiento.	3	3	3	4
Facilidad de montaje o construcción.	2	2	3	4
Menor consumo de energía eléctrica.	4	4	4	3
Menor costo de fabricación.	2	1	4	3
Total	17	16	19	28
Coefficiente técnico.	49%	45%	54%	80%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Mediante el análisis de los coeficientes, se establece que la mejor alternativa de sistemas de biodigestión para la planta productora de biofertilizante orgánico es mediante la implementación de biodigestores de cubierta flexible con tecnología CSTR, los cuales presentan las características más óptimas para la producción de biofertilizantes.

3.3. Localización de la planta

3.3.1. Macrolocalización

Para lo macrolocalización se consideró la presencia de los principales recursos (residuos de la planta de mora y estiércol de cuy) que son la materia prima clave en el proceso de elaboración del biofertilizante para determinar un sector específico dentro de la zona 3. Para lo cual se desarrolla un análisis mediante recopilación bibliográfica sobre las provincias que presentan mejores índices en la presencia de estos recursos:

- **Existencia de cultivos de mora:**

La producción de mora en el Ecuador se encuentra principalmente ubicado en las provincias de Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, de las cuales Tungurahua es la provincia con mayor producción de mora, presentó un aporte del 41% del total de la producción nacional y constituye el 32% de la superficie cosechada durante el período 2001-2006. En la provincia de Bolívar se registró un 25% de la producción total y un 36% de la superficie cosechada. Mientras tanto la provincia de Cotopaxi presentó el 19% de la producción total del país y el 18% de la superficie cosechada. Finalmente, las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo presentaron valores de producción de 2.5%, 4.5% y 8% respectivamente, las tres provincias conjuntamente ocupan el 16% de la superficie cosechada en el Ecuador. (SIN, 2014 citado en Galarza et al., 2016, p.32)

Tabla 3-3: Mayor producción de mora en el Ecuador

Provincia	Producción(t)				
	2001	2002	2003	2004	2005
Bolivar	2328	2812	1768	1788	1729
Chimborazo	1225	1114	1298	181,8	81
Cotopaxi	2315	2450	1280	1120	1220
Imbabura	120	92	130	131	244
Pichincha	450	425	425	252	318
Tungurahua	5226	4725	6553	448	1152
Nacional	11664	11618	11454	3920,8	4744

Fuente: Jácome, 2010

La provincia con mayor producción de mora dentro de la zona 3 en el año 2016 fue Tungurahua, con un 33% de la producción nacional y presentó un rendimiento de 8 t/ha, siendo este el valor más elevado de todas las provincias productoras. (INIAP, 2016 citado en Barrera et al., 2017)

Tabla 4-3: Producción y rendimiento de mora en el Ecuador en el año 2016

Provincia	No. De productores	Superficie(ha)	Produccion(t)	Rendimiento(t/ha)	Superficie por finca(ha)	Participacion(%)	Cantones con producción
Bolívar	1367	1902	13210	6,9	1,39	39%	Guaranda, Chimbo, San Miguel, Chillanes, Echandia, Caluma, Las Naves,
Carchi	265	220	1166	5,3	0,83	3%	Tulcán
Cotopaxi	900	1082	6817	6,3	1,2	20%	Pangua, Pujili, Sigchos, Salcedo
Tungurahua	1920	1390	11144	8	0,72	33%	Ambato, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Pillaro, Tisaleo
Chimborazo	142	71	340	4,8	0,55	1%	Chambo, Guano, Pallatanga, Penipe, Riobamba
Otras provincias	700	383	1532	4	0,55	4%	Pichincha, Imbabura, Azuay, Loja y otras
TOTAL	5,294	5,048	34,209	6,8	0,86	100%	

Fuente: Información del MAGAP consolidada por INIAP, 2015-2016

Las provincias que presentaron mayor producción de mora en el año 2019 fueron: Tungurahua una producción total nacional del 39 % y un rendimiento de 7.46 t/ha; seguida de la provincia de Bolívar con una producción del 32 % y un rendimiento de 4.73 t/ha., y le sigue el Carchi con una producción total del 12 % y 18.22 t/ha de rendimiento. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019, p.4)

Tabla 5-3: Producción de mora en el Ecuador en el año 2019

PROVINCIA	Superficie, Producción y Rendimiento de Mora 2019			
	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Tungurahua	852	806	6.014	7,46
Bolívar	1.073	1.037	4.908	4,73
Carchi	105	105	1.915	18,22
Cotopaxi	418	363	1.226	3,37
Chimborazo	171	163	730	4,49
Otras	184	151	693	4,60
Total Nacional	2.803	2.625	15.485	5,90

Fuente: INEC, ESPAC, 2019

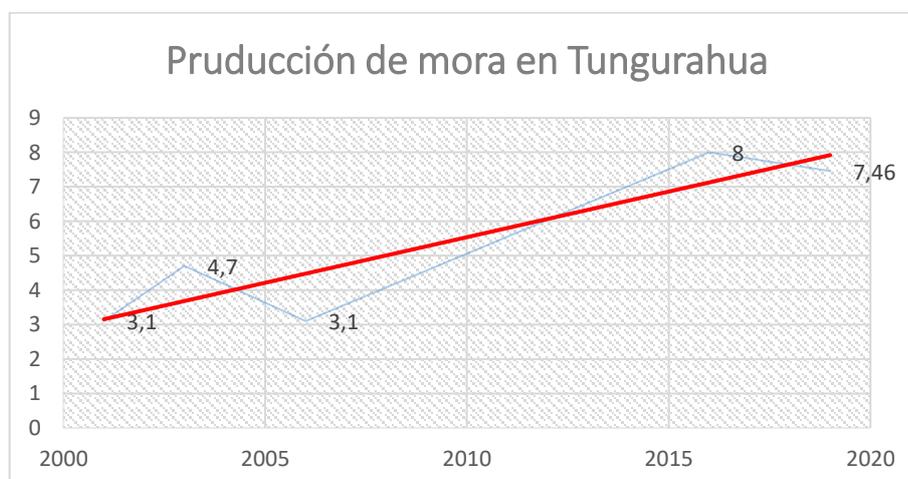


Gráfico 1-3: Tendencia de la producción de mora en Tungurahua
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Acorde con el gráfico, la línea de tendencia de la producción de mora en la provincia de Tungurahua es creciente, lo que significa que en esta provincia la presencia de cultivos de mora irá en crecimiento, lo cual es un factor positivo para el abastecimiento de materia prima para la planta de producción de biofertilizante.

- **Existencia de estiércol de cuy**

Uno de los principales componentes para la elaboración del biofertilizante orgánico en base a la hoja de mora es el abono de cuy, elemento importante por los beneficios que aporta en la elaboración de abonos orgánicos. El estiércol de cuy presenta buenas propiedades para su uso en cultivos, se puede utilizar para producir compost porque es un abono rico en nutrientes. Es muy utilizado también para producir biol debido a que incrementa los nutrientes para la floración de las plantas.

Por tal motivo se consideró la presencia del estiércol de cuy como uno de los principales factores para determinar la ubicación de la planta.

Según el último censo agropecuario del MAG (2010), la provincia de Tungurahua es la segunda provincia con mayor producción de cuyes, con una cifra anual de 957.221.

Tabla 6-3: Sectores con mayor número de unidades productivas de cuyes

PROVINCIA	UNIDADES PRODUCTIVAS AGROPECUARIAS.	NÚMERO DE CUYES
Azuay	68.084	1.044.487
Tungurahua	45.518	957.221
Bolívar	21.223	274.829
Cañar	20.146	291.662
Carchi	7.038	104.786
Cotopaxi	36.564	498.178
Chimborazo	57.340	812.943

Fuente: Censo agropecuario del MAG 2010

Según un estudio realizado por Meza Urdialez (2017, p.67) la presencia de abono de cuy se concentra con mayor afluencia en los siguientes cantones de Tungurahua: Tisaleo con un 33,8%; Mocha con un 36,7%; Ambato con un 9, 8% y Cevallos con un 9,5%.

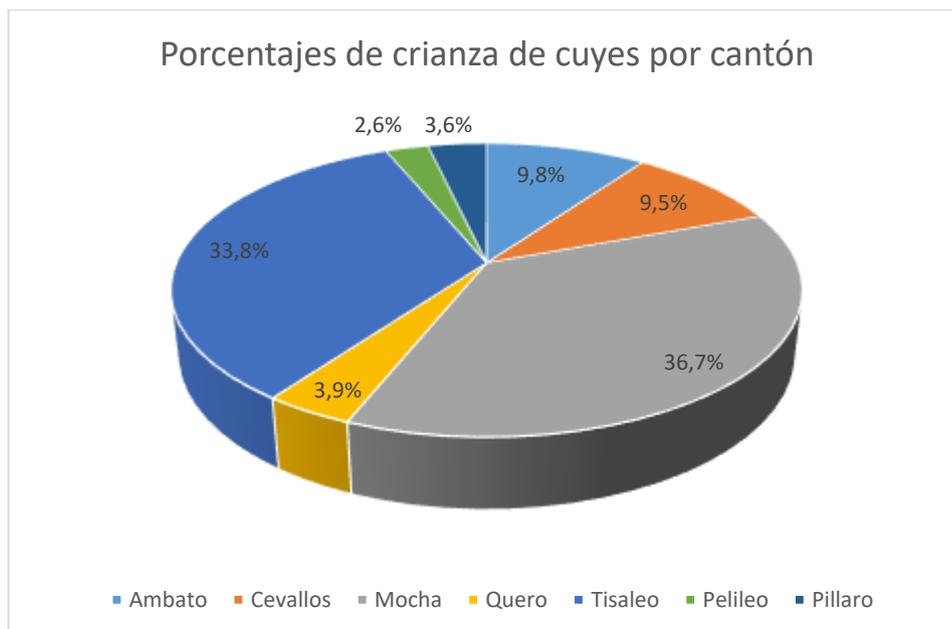


Gráfico 2-3: Crianza de cuyes en Tungurahua

Fuente:, (Meza Urdialez, 2017)

Para la macrolocalización se consideró la provincia con mayor producción de mora dentro de la Zona 3 del Ecuador, según los siguientes datos:

Según las investigaciones mencionadas, Tungurahua en el período 2001-2006 es la provincia con mayor producción de mora, con 41% del total de la producción nacional y un rendimiento de 4.75 t/ha. Mientras que en el año 2016 se posiciona como la segunda provincia con mayor producción de mora, con un 33% de la producción nacional y un valor de 8 t/ha, siendo el valor más elevado de todas las provincias productoras en ese año. Finalmente, en el año 2019, Tungurahua nuevamente es la provincia con mayor producción de mora con un valor del 39 % de la producción total y un rendimiento de 7.46 t/ha.

Para la ubicación de la planta de producción se consideró las 4 provincias de la Zona 3 del Ecuador que son: Cotopaxi, Chimborazo, Pastaza y Tungurahua. De los cuales según la mayor presencia de materia prima (hoja de mora y estiércol de cuy) para la elaboración del biofertilizante, la planta de producción estará localizado en la provincia de Tungurahua, debido a que esta provincia presenta mayor cultivo y producción de mora y es la segunda provincia con mayor producción de cuyes y por ende existe mayor presencia del estiércol de cuy, siendo estas las principales ventajas para una localización estratégica de la planta para el abastecimiento constante de materia prima para la elaboración del biofertilizante.

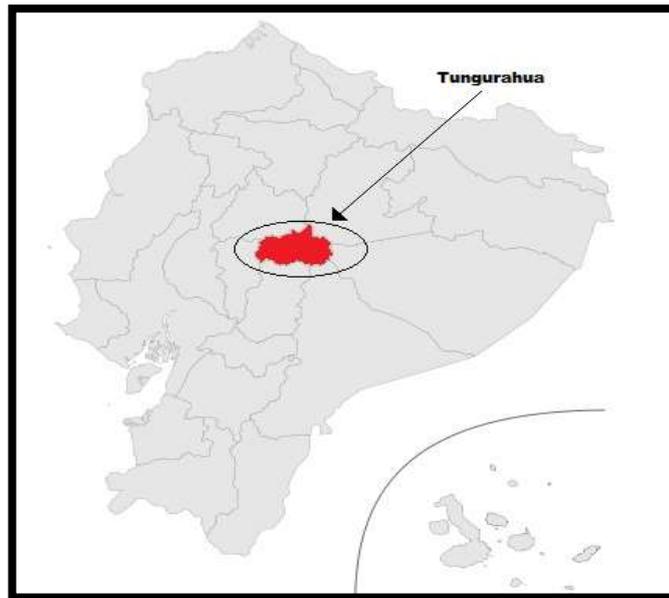


Figura 1-3: Macrolocalización Tungurahua - Ecuador
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.3.2. *Microlocalización*

Método de factores ponderados

Para determinar la microlocalización de la planta, se utilizó el método de factores ponderados, el cual consiste en asignar valores a los factores que se consideran relevantes para el proceso productivo de acuerdo a su importancia. Este método permite seleccionar la mejor opción de ubicación entre varias alternativas.

En la microlocalización se delimita de manera exacta la ubicación de la planta de producción dentro de la macro zona, para lo cual se debe considerar factores importantes como:

- Disponibilidad de mano de obra.
- Disponibilidad de materia prima.
- Servicios básicos (Agua, energía eléctrica, teléfono).
- Clima.
- Vías de acceso y facilidad de transporte.

Para la microlocalización de la planta se consideraron los cantones con mayor producción de mora en Tungurahua, los cuales son: Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Píllaro y Tisaleo, y los cantones que se destacan en la crianza de cuyes para la obtención de estiércol de esta especie, los cuales son: Tisaleo, Mocha y Ambato.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los factores mencionados, se determinó 3 sectores considerados para la ubicación de la planta de producción del biofertilizante, estos son:

- Tisaleo

- Mocha
- Ambato

En la siguiente tabla se observa la ponderación asignada para cada uno de los 3 cantones seleccionados para la microlocalización que se dio en una escala de cero a diez y se seleccionó la que mayor puntuación acumuló en la suma de las ponderaciones.

Tabla 7-3: Matriz de microlocalización

MATRIZ DE MICROLOCALIZACIÓN							
Factores de localización	Peso %	Alternativas de localización					
		Mocha		Tisaleo		Ambato	
		Calificación 1-10	Ponderación (Peso*calif.)	Calificación 1-10	Ponderación (Peso*calif.)	Calificación 1-10	Ponderación (Peso*calif.)
Materia prima disponible	40%	9	3.6	10	4	7	2.8
Servicios básicos	15%	8	1.2	9	1.35	9	1.35
Vías de acceso y transporte	20%	7	1.4	8	1.6	8	1.6
Condiciones climatológicas	15%	8	1.2	7	1.05	7	1.05
Mano de obra	10%	9	0.9	9	0.9	9	0.9
PUNTUACIÓN TOTAL	100%	8.3		8.9		7.7	

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

De acuerdo con la matriz de microlocalización, las condiciones más favorables para la microlocalización de la planta de producción del biofertilizante orgánico es en el cantón Tisaleo que se encuentra ubicado en el sector sur de la provincia de Tungurahua, con una altitud promedio de 3.280 m.s.n.m. y una extensión aproximada de 59.90 km².



Figura 2-3: Microlocalización Tisaleo - Tungurahua

3.4. Estudio de mercado

3.4.1. Población y muestra

Población: Según el censo de población y vivienda realizado por el INEC en el año 2010, el cantón Tisaleo está conformado por 12.137 habitantes, de los cuales se considera la población de estudio 2.171 personas que corresponde al número de habitantes dedican a la agricultura.

Con los últimos datos de la población del cantón Tisaleo proporcionados por el INEC, se realiza una proyección del crecimiento poblacional con respecto al número de agricultores hacia el año actual 2021. Considerando que la tasa de crecimiento poblacional de las zonas rurales de la provincia de Tungurahua es de 1.9 % según el INEC.

Método de crecimiento geométrico para determinar el crecimiento poblacional

Para determinar el crecimiento poblacional se empleó el método de crecimiento geométrico, el cual permite estimar una población futura, considerando la tasa de crecimiento poblacional del último periodo censal. Este modelo obedece a la siguiente expresión:

$$Pf = Pi(1 + r)^n$$

Donde:

Pf= Proyección estimada

Pi= Población inicial (2.171 habitantes)

r= Tasa de crecimiento poblacional (1.9%)

n= N° de años de proyección

Tabla 8-3: Proyección de la población

Nº de años de proyección	Año	Proyección
0	2010	2.171
1	2011	2.212
2	2012	2.254
3	2013	2.297
4	2014	2.340
5	2015	2.385
6	2016	2.430
7	2016	2.476
8	2018	2.523
9	2019	2.571
10	2020	2.620
11	2021	2.670

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tamaño de la muestra: Para determinar el tamaño de la muestra se consideró un nivel de confianza del 95%, con un margen de error del 5% y se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{[E^2(N - 1)] + [Z^2(p)(q)]}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

N = Población total = 2670 personas que corresponde al número de agricultores de Tisaleo.

E= Margen de error = 5% (0.05)

Z= Nivel de confianza. Para un nivel de confianza del 95%, Z=1.96

p = 0.5

q = 1-p = 0.5

Entonces:

$$n = \frac{1.96^2(2670)(0.5)(0.5)}{[0.05^2(2670 - 1)] + [1.96^2(0.5)(0.5)]}$$

$$n = 336$$

Mediante la fórmula aplicada se obtuvo que la muestra para el estudio de mercado es de 336 personas que se dedican a la agricultura en el cantón Tisaleo, a los cuales deben ir dirigido las encuestas para la recolección de la información.

3.4.2. Encuesta realizada a los agricultores del cantón Tisaleo

Encuesta piloto

Se elaboró la encuesta dirigida a 15 personas pertenecientes a la población que se dedica a las actividades agrícolas en el cantón Tisaleo. La encuesta aplicada consta de 8 preguntas, realizadas con el objetivo de estimar una capacidad de producción de la planta. La encuesta aplicada se presenta en el **ANEXO A**.

3.4.2.1. Validación de la encuesta

Método de Test Retest

Para la validación de la encuesta se utilizó el método de Test Retest, el cual permite determinar si la encuesta aplicada es confiable para obtener la información deseada, se le conoce también como coeficiente de estabilidad.

Para el desarrollo de este método se aplicó la encuesta piloto a 15 agricultores del cantón Tisaleo, mediante el cual se obtuvo los resultados mostrados en la siguiente tabla correspondiente a las 8 preguntas del cuestionario.

Tabla 9-3: Aplicación del Test

TEST									
Personas encuestadas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total (X)
1	1	2	3	5	1	1	1	4	18
2	1	2	5	1	2	3	1	1	16
3	1	1	1	6	2	2	2	1	16
4	2	1	1	5	2	2	1	2	16
5	1	1	2	4	1	2	1	5	17
6	1	1	3	1	1	1	1	3	12
7	1	2	3	2	1	1	1	4	15
8	2	1	4	2	1	2	1	4	17
9	2	1	1	3	2	2	1	3	15
10	1	2	2	2	1	2	2	1	13
11	1	1	4	1	2	3	1	3	16
12	1	2	3	1	2	1	1	2	13
13	1	2	1	3	1	4	1	1	14
14	1	1	2	4	1	2	2	1	14
15	1	1	5	2	1	1	1	1	13

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La aplicación de Retest consiste en aplicar nuevamente la encuesta sobre la misma muestra en diferentes periodos de tiempo, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 10-3: Aplicación del Retest

RETEST									
Personas encuestadas	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Total (Y)
1	2	1	2	4	1	2	1	5	18
2	1	1	5	1	2	3	1	1	15
3	1	1	1	5	1	3	1	1	14
4	1	1	2	6	2	2	2	2	18
5	1	1	1	4	1	2	1	4	15
6	1	2	3	1	2	1	1	3	14
7	1	2	4	2	1	2	1	4	17
8	1	2	3	2	1	1	2	3	15
9	1	1	2	2	2	2	1	2	13
10	1	1	1	3	2	2	2	1	13
11	1	1	4	1	2	3	1	3	16
12	1	1	3	2	1	2	1	2	13
13	1	1	2	2	2	3	1	1	13
14	2	2	3	4	1	1	1	1	15
15	1	2	3	2	2	1	1	2	14

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Una vez aplicado las encuestas, los resultados se presentan en la siguiente tabla, siendo X los valores obtenidos de la aplicación del Test y Y los valores del Retest.

Tabla 11-3: Tabulación de resultados del método Test Retest

N°	X	Y	X ²	Y ²	X.Y
1	18	18	324	324	324
2	16	15	256	225	240
3	16	14	256	196	224
4	16	18	256	324	288
5	17	15	289	225	255
6	12	14	144	196	168
7	15	17	225	289	255
8	17	15	289	225	255
9	15	13	225	169	195
10	13	13	169	169	169
11	16	16	256	256	256
12	13	13	169	169	169
13	14	13	196	169	182
14	14	15	196	225	210
15	13	14	169	196	182
TOTAL	225	223	3419	3357	3372

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Con los valores totales obtenidos se aplica la fórmula de correlación de Pearson:

$$r = \frac{N(\Sigma xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{\sqrt{[N(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2][N(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2]}}$$

Donde:

N= Número de encuestados.

X= Puntuaciones del Test.

Y= Puntuaciones del Retest.

Entonces:

$$r = \frac{15(3372) - (225)(223)}{\sqrt{[15(3419) - (225)^2][15(3357) - (223)^2]}}$$

$$r = 0,63$$

Tabla 12-3: Nivel de confiabilidad Test Retest

Rango	Confiabilidad
0,81 a 1,00	Muy alta
0,61, a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,00 a 0,20	Muy baja
Valor negativo	Extremadamente baja
Mayor a 1	Extremadamente alta

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El valor obtenido de la correlación de Pearson fue 0,63 el cual según la tabla de nivel de confiabilidad establecida por el método Test Retest, determina que la confiabilidad de la encuesta piloto aplicada es ALTA. Por lo que se procede a aplicar las encuestas a la totalidad de la muestra.

3.4.2.2. Resultados obtenidos en las encuestas

La encuesta fue aplicada a 336 agricultores del cantón Tisaleo, valor que fue determinado en el tamaño de la muestra, donde se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las preguntas:

Pregunta 1: ¿Compra usted abono orgánico para sus cultivos?

Tabla 13-3: Respuesta a la pregunta 1

Respuesta	Frecuencia	%
Si	312	93%
No	24	7%
Total	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022



Gráfico 3-3: Gráfico de la pregunta 1

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según la encuesta realizada a los agricultores del cantón Tisaleo, en los resultados obtenidos en la pregunta 1 se determinó que el 93% de la población encuestada adquiere abonos orgánicos para la aplicación en los cultivos, y el 7% no utiliza ningún tipo de abono orgánico.

Pregunta 2: ¿Qué tipo de abono orgánico adquiere usted para sus cultivos?

Tabla 14-3: Respuesta a la pregunta 2

Respuesta	Frecuencia	%
Sólido	163	49%
Líquido	173	51%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

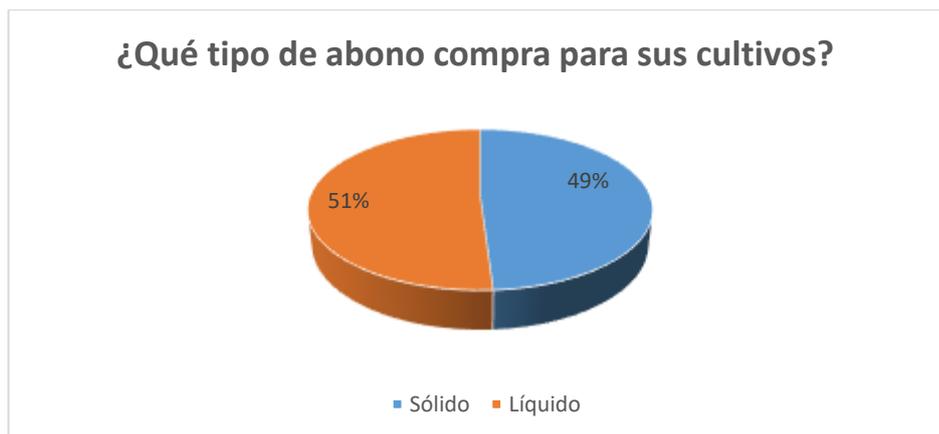


Gráfico 4-3: Gráfico de la pregunta 2
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según la encuesta realizada, en los resultados obtenidos en la pregunta 2 se determinó que del 100% de la población encuestada, el 51% de la población encuestada adquiere abonos líquidos, y el 49% adquiere abonos sólidos para la aplicación en los cultivos.

Pregunta 3: ¿Qué tipo de abono compra para sus cultivos?

Tabla 15-3: Respuesta a la pregunta 3

Respuesta	Frecuencia	%
Compost	32	10%
Biol	129	38%
Estiércol de animales	151	45%
Humus	5	1%
Otros	19	6%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

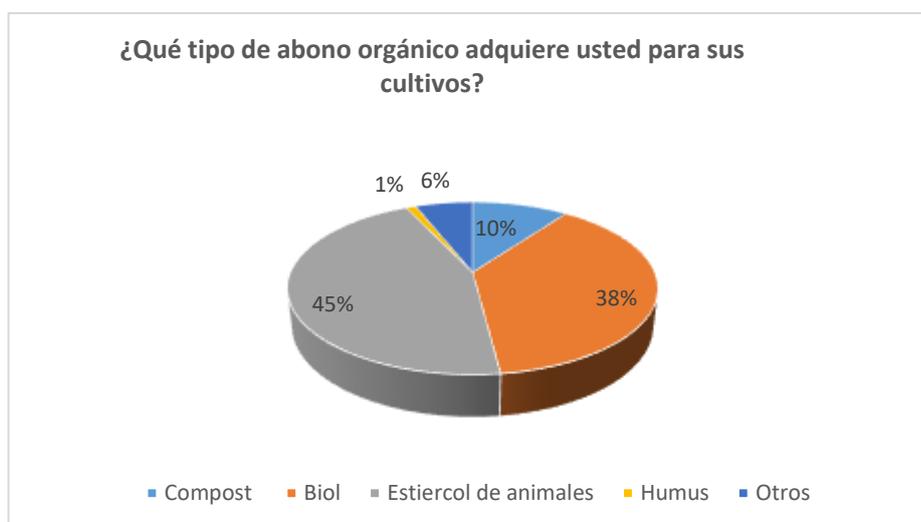


Gráfico 5-3: Gráfico de la pregunta 3
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según los resultados de la pregunta 3 de la encuesta, se determinó que del 100% de la población encuestada, el 45% prefiere aplicar estiércol de animales a sus cultivos, el 38% prefiere aplicar biol, el 10% compost, el 1% adquiere humos y el 6% de la población mencionó que adquiere otros tipos de abonos orgánicos como: te de estiércol, bocashi y efluentes.

Pregunta 4: ¿Qué aspectos usted considera más importantes al momento de comprar el abono?

Tabla 16-3: Respuesta a la pregunta 4

Respuesta	Frecuencia	%
Precio	65	19%
Cantidad	117	35%
Calidad	105	31%
Presentación	12	4%
Marca	29	9%
Disponibilidad en el mercado	8	2%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

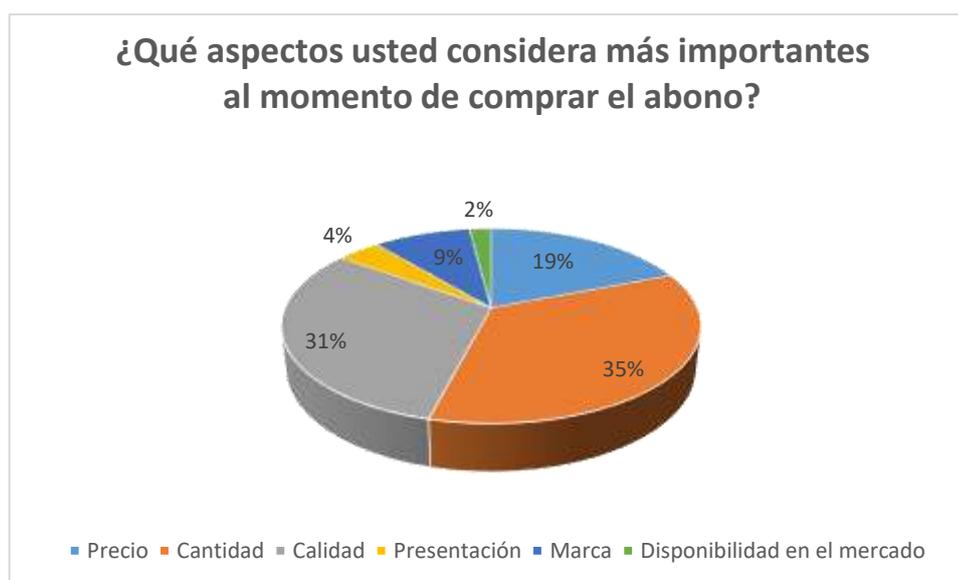


Gráfico 6-4: Gráfico de la pregunta 4

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según la pregunta 4 de la encuesta, del 100% de la población encuestada, el 35% considera la cantidad del abono como aspecto importante al momento de la compra, el 31% considera importante la calidad, el 19% considera el precio, el 9% considera importante la marca, el 4% la presentación del abono y el 2% la disponibilidad en el mercado.

Pregunta 5: ¿Dónde compra usted el abono regularmente?

Tabla 17-3: Respuesta a la pregunta 5

Respuesta	Frecuencia	%
Almacenes Agropecuarios locales	285	85%
Almacenes Agropecuarios de otros cantones	23	7%
Otros	28	8%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

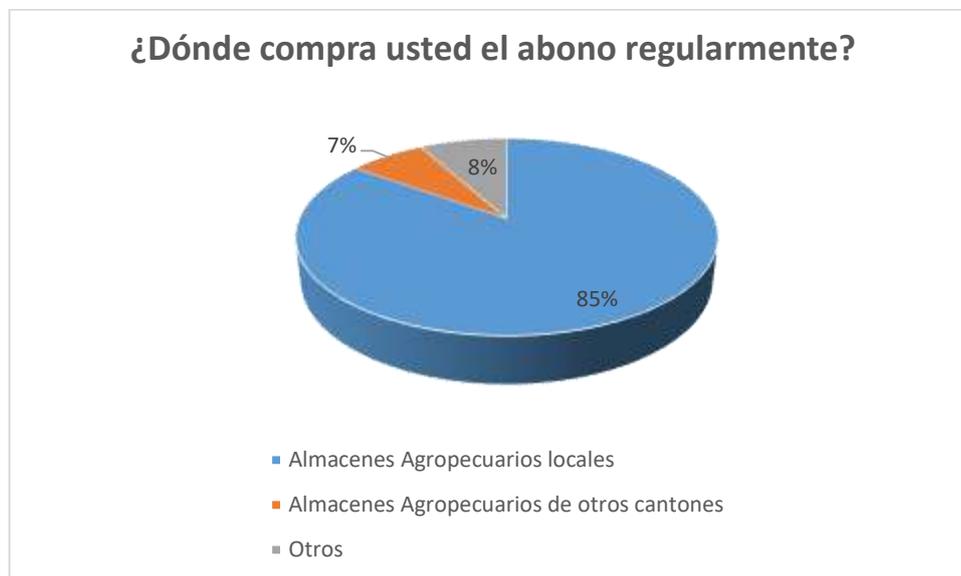


Gráfico 7-3: Gráfico de la pregunta 5

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según la pregunta 5 de la encuesta realizada, se obtuvo que, de la población encuestada, el 85% adquiere sus abonos y fertilizantes en los almacenes agropecuarios locales, el 7% los adquiere en almacenes agropecuarios de otros cantones y el 8% adquieren los abonos en otros centros como: viveros y piloneras.

Pregunta 6: ¿Con que frecuencia compra usted abono orgánico?

Tabla 18-3: Respuesta a la pregunta 6

Respuesta	Frecuencia	%
Cada mes	127	38%
Cada 3 meses	141	42%
Cada 6 meses	56	17%
Cada año	12	3%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

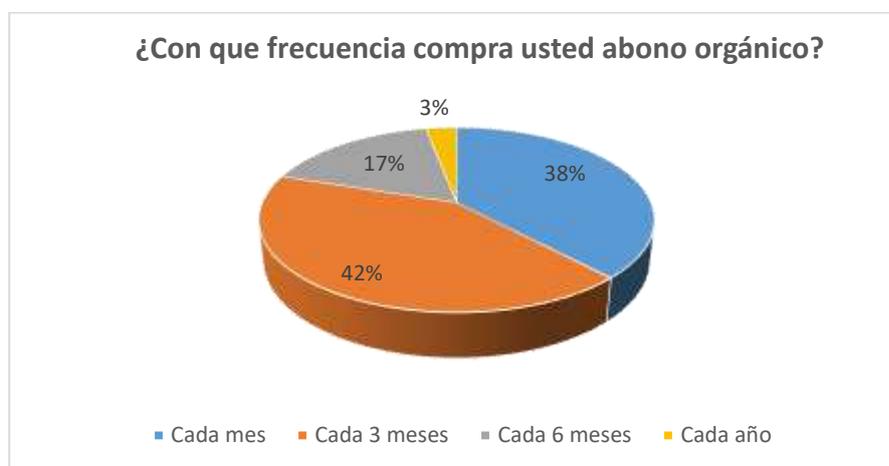


Gráfico 8-3: Gráfico de la pregunta 6

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

En la pregunta 6 de la encuesta realizada se determinó que del 100% de la población encuestada, el 42% realiza la compra de abono para sus cultivos cada 3 meses, el 38% lo adquiere cada mes, el 17% lo adquiere cada 6 meses y el 3% compra abono cada año debido a la baja actividad agrícola.

Pregunta 7: Si se creara una empresa productora de BIOL en el cantón Tisaleo, ¿estaría usted dispuesto a comprar este producto?

Tabla 19-3: Respuesta a la pregunta 7

Respuesta	Frecuencia	%
SI	309	92%
NO	27	8%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

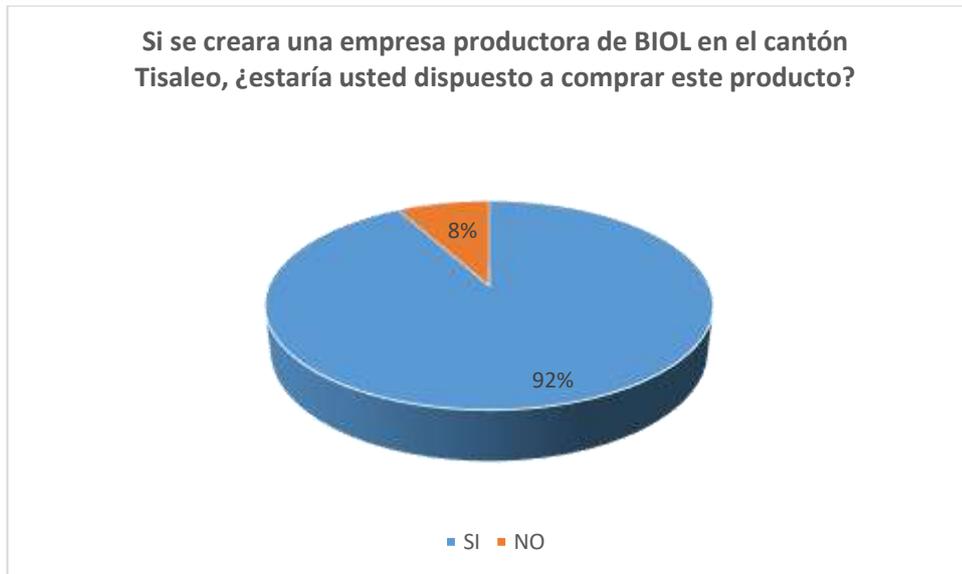


Gráfico 9-3: Gráfico de la pregunta 7
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

En la pregunta 7 de la encuesta, se determinó que del 100% de la población encuestada el 91% está dispuesto a adquirir abono orgánico tipo BIOL, y el 8% no está dispuesto a adquirir este producto.

Pregunta 8: ¿Qué cantidad de BIOL estaría dispuesto a comprar trimestralmente, estimando que aproximadamente 2 litro de biol debe ser mezclado con 18 litros de agua para abastecer una mochila de fumigación 20 litros?

Tabla 20-3: Respuesta a la pregunta 8

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
De 1 a 5 litros	26	8%
De 5 a 10 litros	63	19%
De 10 a 20 litros	60	18%
De 20 a 50 litros	140	41%
De 50 a 100 litros o mas	47	14%
TOTAL	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

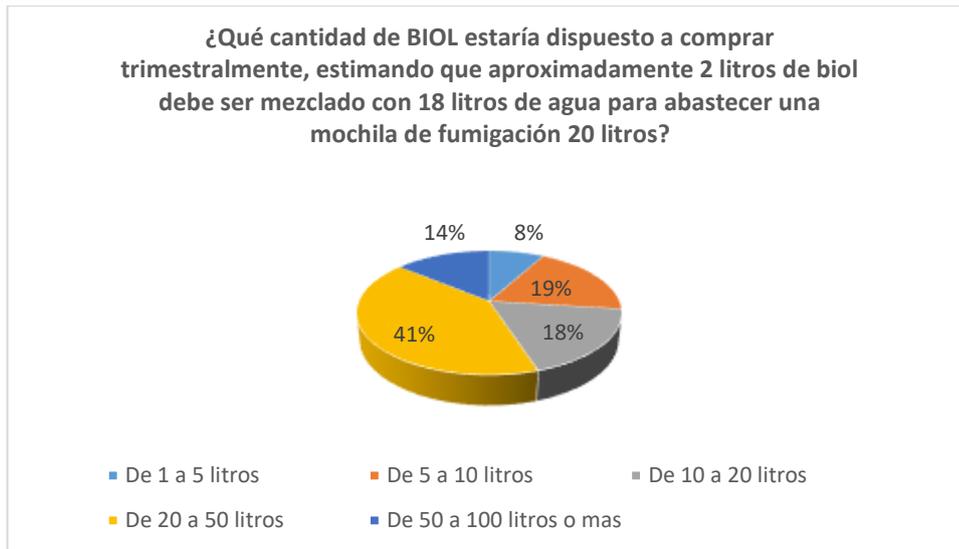


Gráfico 10-3: Gráfico de la pregunta 8
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

En la pregunta 8 de la encuesta, se pudo determinar que, de la población encuestada, el 41% estaría dispuesto a comprar entre 20 a 40 litros trimestralmente, el 19% está dispuesto a comprar entre 5 y 10 litros trimestralmente, el 18% compraría entre 10 a 20 litros, el 14% entre 50 a 100 litros y el 8% estaría dispuesto a comprar entre 1 a 5 litros.

3.4.3. *Análisis de la demanda*

El análisis de la demanda del producto es un parámetro importante para determinar la capacidad de producción de la planta, mediante la información de la aceptabilidad y cantidades de biofertilizante que los clientes están dispuestos a adquirir y pagar, se procedió a realizar el cálculo de la demanda.

3.4.3.1. *Demanda potencial*

Para determinar la demanda potencial se consideró la población de 2.670 agricultores con la que dispone el cantón Tisaleo en el año 2021, debido a que es el sector seleccionado para la microlocalización de la planta, por ser la zona más idónea dentro de la zona 3 por la disponibilidad de la materia prima y otros recursos que intervienen en la producción.

La población es proyectada a partir del año 2021 para 5 años mediante la siguiente fórmula:

Acorde con Lalangui Merizalde (2017) para determinar la proyección de la población se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Pf = Pi(1 + r)^n$$

Donde:

Pf= Proyección estimada

Pi= Población inicial (2.670)

r= Tasa de crecimiento poblacional 1.9% (0.019)

n=años de proyección

En el cálculo de la demanda potencial se consideró los datos obtenidos de la encuesta en la pregunta 1, donde establece que el porcentaje de agricultores del cantón Tisaleo que emplean abonos orgánicos en sus cultivos son el 93% de la población encuestada; con estos datos se procede a determinar la demanda potencial:

Tabla 21-3: Demanda potencial

Año	Población	% de consumo	Demanda potencial
2021	2.670	93%	2.483
2022	2.721	93%	2.530
2023	2.772	93%	2.577
2024	2.825	93%	2.627
2025	2.879	93%	2.677
2026	2.933	93%	2.727

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.4.3.2. Demanda efectiva

La demanda efectiva es la cantidad de producto que podrían consumir y utilizar los posibles compradores de un mercado. Para calcular la demanda efectiva hay que considerar la demanda potencial calculada y se considera el porcentaje de la población que estaría dispuesta a adquirir el biofertilizante orgánico BIOL, obtenido en la pregunta 7.

Tabla 22-3: Demanda efectiva

Año	Demanda potencial	% de consumo	Demanda efectiva
2021	2.483	92%	2.284
2022	2.530	92%	2.328
2023	2.577	92%	2.371
2024	2.627	92%	2.417
2025	2.677	92%	2.463
2026	2.727	92%	2.509

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2021

3.4.3.3. Consumo per cápita

El consumo per cápita representa la relación que existe entre consumo del biofertilizante y la población. Para determinar el consumo per cápita se tomó en cuenta los valores del consumo trimestral de la población encuestada determinados en la pregunta 8 de la encuesta.

Tabla 23-3: Consumo per cápita

Alternativa	Marca de clase	fo	x*fo
De 1 a 5 litros	3	26	78
De 5 a 10 litros	7.5	63	472.5
De 10 a 20 litros	15	60	900
De 20 a 50 litros	35	140	4900
De 50 a 100 litros	75	47	3525
TOTAL		336	9875.5

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

$$\text{Consumo per cápita} = \frac{\sum fo}{\sum x*fo}$$

$$\text{Consumo per cápita} = \frac{9.875,5}{336}$$

$$\text{Consumo per cápita trimestral} = 29 \text{ (litros /agricultor)}$$

$$\text{Consumo per cápita anual} = 116 \text{ (litros /agricultor)}$$

3.4.3.4. Demanda real

Tabla 24-3: Demanda real

Año	Demanda efectiva	Consumo promedio anual (litros)	Demanda real (litros)
2021	2.284	116	264.994
2022	2.328	116	270.048
2023	2.371	116	275.036
2024	2.417	116	280.327
2025	2.463	116	285.708
2026	2.509	116	291.044

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Mediante el consumo per cápita se pudo determinar la demanda real, estimando que el consumo anual promedio por agricultor es 116 litros, entonces se estima tener una demanda anual de 264.994 litros en el año 2021, la cual se proyecta para 5 años, pronosticando una demanda anual de 291.044 litros de BIOL para el año 2026.

3.4.4. Análisis de la oferta

La zona 3 del Ecuador es un sector conformado por provincias que sobresalen en la producción agrícola, en el cual se pretende introducir el biofertilizante elaborado en base a la hoja de mora, para lo cual es importante determinar la posible competencia que puede poner a disposición un producto similar al que se pretende lanzar al mercado. Se realizó un análisis de cuáles son los centros de producción de biofertilizantes existentes dentro de la zona 3 y los precios a los que estos comercializan sus productos.

3.4.4.1. Centros de producción existentes

Acorde con el registro de empresas de la base de datos de AGROCALIDAD se determinó que en la zona 3 del Ecuador existen varios centros de producción de fertilizantes, estos organismos se dedican a la elaboración, importación y comercialización de insumos agrícolas orgánicos e inorgánicos o la combinación de ambos. Evidenciando la presencia de 2 centros de producción en Chimborazo, 4 en Tungurahua, 2 en Cotopaxi y en provincia de Pastaza no se encontró el registro de ninguna empresa dedicada a la producción y comercialización de biofertilizantes.

Tabla 25-3: Centros de producción y comercialización de biofertilizantes registrados en la Zona 3

RUC	RAZÓN SOCIAL	ESTADO	TIPO DE OPERACIÓN	CANTÓN	PROVINCIA
0691721892001	AGROBEST S.A.	registrado	Fabricante	Colta	Chimborazo
1792762588001	AGRONEGOCIOS E IMPORTACIONES JFR IMPORT CIA.LTDA.	registrado	Fabricante/formulador- Envasador-Distribuidor	Ambato	Tungurahua
1890139589001	AMBAGRO S.A.	registrado	Fabricante/Formulador- Envasador-Distribuidor- Importador-Exportador	Ambato	Tungurahua
1891796796001	CORPAGROBIO C.A.	registrado	Fabricante/Formulador- Envasador-Distribuidor- Importador-Exportador	Ambato	Tungurahua
1891721648001	LABORATORIOS OVALCOHOL CIA. LTDA.	registrado	Fabricante	Cevallos	Tungurahua
0691773027001	MABIAGRO	registrado	Fabricante/Formulador- Envasador-Distribuidor- Importador-Exportador	Chambo	Chimborazo
1790996743001	NINTANGA S.A.	registrado	Fabricante/Formulador- Envasador-Distribuidor- Importador-Exportador	Latacunga	Cotopaxi
0591725076001	PROMOTORA DE PROYECTOS AMBIENTALES PPA PROBIENTALES S.A.	registrado	Fabricante	Latacunga	Cotopaxi

Fuente: Agrocalidad, 2021

3.4.4.2. Posibles consumidores potenciales

Los consumidores potenciales se determinaron en base a la microlocalización y son aquellas personas que corresponden a la población de 2.670 agricultores existentes en el cantón Tisaleo en el año 2021.

La determinación de los posibles consumidores potenciales se realizó en base a la pregunta 1 de la encuesta:

Pregunta 1: ¿Compra usted abono orgánico para sus cultivos?

Tabla 26-3: Consumidores potenciales

Respuesta	Frecuencia	%
Si	312	93%
No	24	7%
Total	336	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Acorde con los resultados obtenidos de la pregunta 1 de la encuesta se determinó que el 93% de la población adquiere abonos orgánicos para la aplicación en los cultivos, lo cual corresponde a un valor de 2.483 personas que pueden adquirir el biofertilizante orgánico una vez introducido al mercado, valor que se incrementa en base a la proyección y el crecimiento poblacional.

3.4.4.3. Precios de los biofertilizantes existentes en el mercado

Actualmente en el mercado ecuatoriano no existe una empresa dedicada a la producción industrial biol en base a la hoja de mora. Dentro de la zona 3 del Ecuador existen productores y comercializadores de biol en base a otro tipo de leguminosas, cada uno de estos productos son elaborados con composiciones y dosificaciones diferentes acordes a las necesidades sectoriales de los cultivos. A continuación, se muestra los precios de comercialización de biol de diferentes organizaciones productoras dentro de la zona 3.

Tabla 27-3: Precios de comercialización de biol en el mercado actual

Denominación del producto	Fabricante	Precio de comercialización (1 litro)
AGRICBIOL	AGROBEST S.A.	\$ 4.00
AGROHUMUS BIOL	AGRONEGOCIOS E IMPORTACIONES JFR IMPORT CIA.LTDA.	\$ 3.13
AVIBIOL	AVIBIOL S.A.C	\$ 2.05
NUTRIBIOL	CORPAGROBIO C.A.	\$ 3.00
BIOLINK COBRE	LABORATORIOS OVALCOHOL CIA. LTDA.	\$ 1.72
BIOLINK ZINC	MABIAGRO	\$ 3.12
BIOLNATURE	NINTANGA S.A.	\$ 2.63
ORGANIC BIOLOGIC 44	PROMOTORA DE PROYECTOS AMBIENTALES PPA PROBIENTALES S.A.	\$ 3.10

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.4.5. Localización y precio de las materias primas

- Residuos de plantas de mora

Tungurahua fue la provincia que presento mayor producción de mora en el año 2019, con una producción total nacional del 39 %. Dentro de esta provincia los cantones con mayor producción de mora en Tungurahua son: Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Píllaro y Tisaleo. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019, p.4)

Según el análisis de micro y macro localización se determinó la basta presencia de cultivos de mora en el cantón Tisaleo, los cuales proporcionarán los residuos necesarios para la producción del biofertilizante. Este tipo de residuos actualmente no tiene un costo estimado debido a que generalmente son considerados desperdicios agrícolas.

- Estiércol de cuy

La presencia de abono de cuy se concentra con mayor afluencia en los siguientes cantones de Tungurahua: Tisaleo con un 33,8% en relación a la cantidad de producción total, Mocha presenta un 36,7%, Ambato con un 9, 8% y Cevallos con un 9,5%. (Meza Urdialez, 2017, p.67)

- Suero de leche, Azúcar, cáscaras de huevo y ceniza

Estos insumos necesarios para la producción del biofertilizante son de fácil adquisición, se encuentran en cualquier localidad, en el caso de la leche y el azúcar, los precios están establecidos en el mercado, y referente a las cáscaras de huevo y ceniza son residuos que intervienen en bajas cantidades en la composición del biofertilizante y se puede establecer un precio que la empresa estaría dispuesto a pagar por el aprovisionamiento de este tipo de residuos. En la siguiente tabla se detalla los precios estimados de las materias primas para la producción del biofertilizante:

Tabla 28-3: Precio de las materias primas

N°	Descripción	Cantidad/Unidad	Precio
1	Estiércol de cuy	1 kg	\$ 0,05
2	Hojas de mora picadas	1 kg	\$ 0,13
3	Microorganismos de montaña	1 kg	\$ 0,25
4	Azúcar morena	1 kg	\$ 1
5	Cáscara de huevo	1 kg	\$ 0,10
6	Suero de leche	1 L	\$ 0,10
7	Ceniza	1 kg	\$ 0,15

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.5. Caracterización de las instalaciones para la producción de biol en base a la hoja de mora

3.5.1. Capacidad de producción de la planta

La planta de producción de biofertilizante estará diseñada bajo los parámetros técnicos de dimensionamiento y distribución de sus componentes, de tal forma que las instalaciones prestan las facilidades necesarias para la ejecución de las actividades del sistema productivo y posea la capacidad para satisfacer la demanda promedio determinada mediante el estudio de mercado de 278.000 litros de biol anualmente.

3.5.2. Identificación de las áreas de trabajo

Recepción y almacenamiento de materia prima: En esta área se receptorá las diferentes materias primas, dividiéndose por secciones para las hojas de mora, estiércol de cuy, microorganismos de montaña, ceniza, suero de leche, azúcar, cáscaras de huevo y agua.

Área de picado: En esta área se realizará el triturado o picado de las hojas de mora, utilizando un picado industrial que agilite este proceso.

Área de pesado: En esta sección se realizará el pesado y dosificado de todos los elementos que conforman la mezcla para la obtención del biol. Siendo estos elementos: las hojas de mora picadas, el estiércol de cuy, cáscaras de huevo, azúcar, leche, microorganismos de montaña y ceniza.

Área de biodigestión: Esta área está conformada principalmente por biodigestores de tecnología CSTR (Reactor de tanque de agitado continuo), el cual es un tanque donde se deposita el sustrato, donde reposará durante el tiempo que dura la etapa de biodigestión bajo condiciones controladas de temperatura.

Área de filtrado: Una vez determinado que la etapa de fermentación ha finalizado, la mezcla es filtrada mediante un separador de líquidos y sólidos, donde se obtiene el biol (parte líquida) y biosol (lodos residuales).

Área de control de calidad: Dentro del proceso productivo, se contempla también el control de calidad del biofertilizante, donde se analiza las variables del proceso como: acidez, conductividad eléctrica, concentración de materia orgánica, concentración de nutrientes, etc.

Área de envasado del biol: En esta área el biol es envasado en botellas y selladas para ser trasladadas al almacenamiento final.

Almacenamiento final del biol: El producto terminado es almacenado en un lugar aislado de la luz solar para su óptima conservación.

Área de secado: Los lodos residuales son transportados al área de secado, donde son introducidos a la máquina secadora para eliminar el exceso de humedad que contiene el biosol.

Área de molido: Una vez concluido la etapa de secado el biosol compactado de forma y tamaño irregular es molido para obtener un tamaño uniforme y homogéneo.

Almacenamiento final del biosol: El biosol molido será transportado al almacenamiento final, para posteriormente ser comercializado o utilizado en unos procesos de elaboración de compost.

3.5.3. *Requerimiento de maquinaria*

Equipos, máquinas y herramientas

Los equipos, máquinas y herramientas son elementos muy importantes dentro de la producción ya que permite el correcto desarrollo de las actividades de una forma rápida y eficaz. La capacidad de producción de las máquinas debe ser la adecuada para satisfacer los niveles de demanda. Para la elaboración del abono orgánico BIOL se utilizarán los siguientes equipos:

Tabla 29-3: Equipos máquinas y herramientas

NOMBRE	CANTIDAD	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
Picadora Industrial	1		Tritura o pica los residuos de plantas y los deja a razón de 3-5 mm que es un tamaño óptimo para su fácil degradación. Con una capacidad mínima de procesamiento de 1500 Kg/h.
Báscula	5		Se considera la capacidad de las básculas de 1 tonelada debido a las cantidades considerables de materia prima que se va manejar.
Biodigestor	4		Biodigestor CSTR con agitado continuo y control de temperatura. La capacidad de cada biodigestor será de 8000 litros.
Bomba centrífuga	6		La bomba centrífuga de 1 hp que facilitará el transporte y líquidos en el proceso.

Separador de sólidos y líquidos	1		Separador centrífugo de discos dispuestos verticalmente que permite separar la parte líquida de la sólida, con un rendimiento máximo de 20 m ³ /h.
Máquina secadora	1		Se considera una máquina secadora para eliminar el exceso de humedad de los lodos residuales, con una capacidad de procesamiento de 2 m ³ /h
Molino	1		El molino se utilizará para dar un tamaño homogéneo al biosol. Es importante que esta máquina posea una capacidad de procesamiento de 2000 kg/h.
Máquina envasadora	1		Permite dosificar y sellar las botellas. Esta máquina está conformada por un depósito de 10000 litros para almacenar el biol filtrado y la salida del fluido hacia 2 dosificadores individuales para ser utilizado por 2 operarios. La capacidad de embotellado en envases de 1 litro es de 240 botellas/hora
Depósito de agua	1		El proceso de elaboración del biofertilizante requiere un almacenamiento de agua no potable, el cual tendrá la capacidad de 10000 litros para el abastecimiento de los biodigestores.
Depósito de suero de leche	1		El almacenamiento de la leche será en un recipiente de acero inoxidable con capacidad de mínima de 200 litros, destinado para el almacenamiento de suero de leche.

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 30-3: Requerimiento tecnológico para el laboratorio de control de calidad

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Binder ED 56. • Rango de temperatura: desde 5° C por encima de la temperatura ambiente hasta 300° C. • Convección natural. • Rejillas cromadas. 	<p>Es un equipo cuya función es secar y esterilizar instrumentos de laboratorio, así como deshidratar reactivos.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Thermo Scientific • Fondo interior: 13 m. • Frecuencia: 50/60 Hz. • Temperatura: 100 a 1100°C. 	<p>Es una cámara cerrada, su principal uso es el de calcinar sustancias, secado, función y procesos de control.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Thermo Scientific Evolution 201/2000. • Tipo de detector: dos fotodiodos de silicio. • Desviación: < 0,0005A/h, 500 nm, 1,0 nm de ancho de banda espectral, calentamiento de 1 h. 	<p>Es un equipo que mide la intensidad de la luz para determinar la concentración de un analito en una muestra.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Fisher Scientific XL 150. • Intervalo de pH: -2 a 20. • Resolución de pH: pH de 0.1, 0.01, 0.001 • Precisión del pH: pH ± 0.002 	<p>Es un instrumento científico que mide a actividad del ion hidrógeno con la finalidad de determinar su grado de acidez o alcalinidad.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: OAKTON 2700. • Rango: 0.050 µS/cm hasta 500.0 mS/cm (5-rango autorango) • Resolución: 0.01, 0.1 µS/cm, 0.001, 0.01, 0.1 mS/cm. • Exactitud: ± 1% del valor de escala completa. 	<p>Dispositivo cuya función es medir la cantidad de corriente eléctrica o conductancia en una solución.</p>

Fuente: Gallegos Chiliquinga 2021

3.5.4. Descripción del proceso productivo del biofertilizante

Según el trabajo de titulación desarrollado por (Gallegos Chiliquinga, 2021), en la facultad de ciencias de la ESPOCH, el cual se encargó del proceso de elaboración del biofertilizante en base a la hoja de mora, se establece la dosificación de los insumos y materiales requeridos para la elaboración del biofertilizante conocido comúnmente como biol, para un biodigestor de 600 litros:

Sustancias

- 150 kg de estiércol de cuy.
- 30 kg de hojas de mora picada.
- 12 kg microorganismos de montaña.
- 12 kg de azúcar morena.
- 9 L de suero de leche.
- 3 kg de ceniza.
- 1.5 Kg de cáscara de huevo.
- 375 L de agua.

Descripción del proceso productivo a escala industrial

En base a la demanda determinada en el estudio de mercado, la cantidad de producción promedio requerida anualmente es de 278.000 litros de biofertilizante anuales. Se requiere producir 23.167 litros de biol mensualmente y 5.792 litros de biol semanalmente. Considerando que la capacidad de los biodigestores a utilizar es de 8000 litros, se producirá 1 biodigestor semanalmente para satisfacer la demanda.

El rendimiento del biofertilizante es de un 78%, por lo tanto, la cantidad aproximada de biol que se obtendrá de un biodigestor de 8.000 litros al final del proceso será 6.240 litros, y se estima obtener 24960 litros de biol cada mes.

Requerimiento de insumos para la producción semanal:

Tabla 31-3: Requerimiento semanal de las materias primas

Insumos	Cantidades
• Estiércol de cuy	2000 kg
• Hojas de mora picada	400 kg
• Microorganismos de montaña	160 kg
• Azúcar morena	160 kg
• Suero de leche	120 L
• Ceniza	40 kg
• Cáscara de huevo	20 kg
• Agua	5000 L

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Procedimiento:

- El proceso inicia desde el transporte de los residuos de la planta de mora hacia la máquina picadora hasta obtener una cantidad de residuos de 400 kg, cantidad que abastece a 1 biodigestor para la producción semanal.
- Pesarse los demás insumos en las siguientes cantidades:
 - 2000 kg de estiércol de cuy.
 - 160 kg de tierra de bosque virgen (microorganismos de montaña).
 - 160 kg de azúcar morena.
 - 40 kg de ceniza.
 - 20 kg de cáscara de huevo.
- Transportar todos los insumos pesados en las cantidades especificadas hacia la tolva de carga de sustrato del biodigestor.
 - Mediante una bomba centrífuga, el agua y suero de leche deben ser transportados hacia el biodigestor en una cantidad aproximada de 5000 L y 120 L respectivamente.
- Hermetizar el biodigestor y esperar aproximadamente 30 días que es el tiempo necesario para que se realice la correcta biodigestión de la mezcla, manteniendo una temperatura entre 33°C a 40°C. Al finalizar esta etapa se realiza la medición del pH, conductividad eléctrica y el análisis de los nutrientes en base al procedimiento especificado en las siguientes tablas:

Tabla 32-3: Medición Del nivel de pH

Sustancias y Reactivos	Materiales y Equipos
Biol.	pH metro Fisher Scientific
Agua destilada.	Vaso de precipitación
Procedimiento	
a) Colocar 40 ml de biol en el vaso de precipitación.	
b) Medir directamente el pH con el electrodo respectivo.	
c) Anotar el valor expresado en el equipo.	
Repetir el procedimiento con cada muestra	

Fuente: Gallegos Chiliquinga 2021

Tabla 33-3: Medición de la conductividad eléctrica

Sustancias y Reactivos	Materiales y Equipos
Biol	Conductímetro
Agua destilada	Vaso de precipitación
Procedimiento	
a) Tomar la muestra donde se mide el pH. b) Medir directamente la conductividad eléctrica con el electrodo respectivo. c) Anotar el valor expresado en el equipo. Repetir el procedimiento con las muestras necesarias.	

Fuente: Gallegos Chiquinga 2021

Tabla 34-3: Análisis de Nitrógeno Total

Sustancias y Reactivos	Materiales y Equipos
Muestra de biol digestada	Espectrofotómetro UV-visible
Reactivo de Nessler	
Agua destilada	
Procedimiento	
a) Filtrar la muestra digestada, neutralizar con NaOH y aforar a 100 ml con agua destilada. b) Tomar 1 ml del extracto y aforar en 20 ml de agua destilada. c) De la dilución anterior, tomar 3 ml y añadir 0,3 de reactivo de Nessler. d) Agitar y esperar 5 minutos para la lectura. Nota: El valor obtenido del espectrofotómetro corresponde a Nitrógeno orgánico, para reportar realizar la conversión correspondiente a Nitrógeno Total (NT)	

Fuente: Gallegos Chiquinga 2021

Tabla 35-3: Análisis de fósforo (P_2O_5).

Sustancias y Reactivos	Materiales y Equipos
Muestra de biol digestada Soluciones patrones (reactivo de color) Agua destilada	Espectrofotómetro UV-visible
Procedimiento	
a) Filtrar la muestra digestada, neutralizar con NaOH y aforar a 100ml con agua destilada b) Tomar 0,2 ml del extracto de la muestra y aforar con 5 ml de agua destilada c) Adicionar 5 ml de reactivo de color d) Esperar 15 minutos y leer a 880 nm Nota: El valor obtenido del espectrofotómetro corresponde a fósforo (P), para reportar realizar la conversión correspondiente a P_2O_5 .	

Fuente: Gallegos Chiliquinga 2021

Tabla 36-3: Análisis de Potasio (K_2O).

Sustancias y Reactivos	Materiales y Equipos
Muestra de biol digestada.	Agua destilada. Espectrofotómetro Absorción Atómica.
Procedimiento	
a) Filtrar la muestra digestada, neutralizar con NaOH y aforar a 100ml con agua destilada. b) Tomar 10 ml del extracto de la muestra y aforar con 100 ml de agua destilada. c) Leer los estándares en el espectrofotómetro de absorción atómica. Nota: El valor obtenido del espectrofotómetro corresponde a potasio (K), para reportar realizar la conversión correspondiente a K_2O .	

Fuente: Gallegos Chiliquinga 2021

- Posterior a la medición de las variables del proceso de biodigestión se realiza el filtrado de la mezcla, para lo cual el contenido del biodigestor pasa por un separador de sólidos y líquidos que permite separa el compuesto y obtener el biol y biosol.
- El biol filtrado es transportado mediante una bomba centrífuga al tanque dosificador y es envasado en botellas de 1 litro para su posterior almacenamiento y comercialización.

- El biosol es transportado a una máquina secadora que funciona a base del biogás obtenido del mismo proceso de biofermentación. El biosol o lodo residual es secado para pasar a la etapa de molido.
- El biosol seco es transportado a una máquina moledora para obtener un tamaño uniforme.
- Finalmente, el biosol molido es transportado al almacenamiento final.

3.5.5. Costo de producción y venta del biofertilizante (BIOL)

Dentro del análisis de los costos de producción se pretende cuantificar el beneficio económico que tendría elaborar un biofertilizante orgánico al producirlo y comercializarlo, es por ello que se identifica los costos fijos y variables que incurren dentro de la producción.

Se analizó los costos de los recursos que intervienen en la producción de un lote de 24960 litros de biofertilizante orgánico, cantidad que será producida mensualmente.

Costos Fijos

Tabla 37-3: Depreciación de la maquinaria y equipos

Maquinaria y equipos	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Años de vida útil	% depreciación	Valor Residual	Anual	Mensual	
Picadora JF30P	1	\$1593	\$1593	10	10	\$159.3	\$143.37	\$11.95	
Balanza	5	\$500	\$2500	10	10	\$250	\$225	\$18.75	
Biodigestor	4	\$20000	\$80000	10	10	\$8000	\$7200	\$600	
Electrobomba centrifuga	6	\$90	\$540	10	10	\$54	\$48.6	\$4.05	
Máquina envasadora dual	1	\$3500	\$3500	10	10	\$350	\$315	\$26.25	
Máquina secadora	1	\$1800	\$1800	10	10	\$180	\$162	\$13.5	
Molino	1	\$1500	\$1500	10	10	\$150	\$135	\$11.25	
Tanque Rotoplas 10000 L	1	\$950	\$950	10	10	\$95	\$85.5	\$7.13	
Tanque de acero inoxidable 200 L	1	\$350	\$350	10	10	\$35	\$31.5	\$2.63	
Transportador de pallets	1	\$1200	\$1200	10	10	\$120	\$108	\$9	
Separador de sólidos y líquidos	1	\$15000	\$15000	10	10	\$1500	\$1350	\$112.5	
Pallets	5	\$5	\$25	10	10	\$2.5	\$2.25	\$0.19	
Estufa de secado	1	\$340	\$340	10	10	\$34	\$30.6	\$2.55	
Mufla	1	\$890	\$890	10	10	\$89	\$80.1	\$6.68	
Espectrofotómetro	1	\$1490	\$1490	10	10	\$149	\$134.1	\$11.18	
pH-metro	1	\$35	\$35	10	10	\$3.5	\$3.15	\$0.26	
Conductímetro	1	\$13	\$13	10	10	\$1.3	\$1.17	\$0.1	
TOTAL									\$837.97

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 38-3: Costo de la mano de obra directa

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Operarios	2	\$ 400	\$ 800
TOTAL			\$ 800

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 39-3: Costo de la mano de obra indirecta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Inspector de calidad	1	\$ 600	\$ 600
Jefe de Producción	1	\$ 700	\$ 700
Contador	1	\$ 600	\$ 600
Secretaria	1	\$ 500	\$ 500
Vendedor	1	\$ 500	\$ 500
TOTAL			\$2900

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 40-3: Total costos fijos

ITEM	Descripción	Valor
1	Depreciación maquinaria	\$837.97
2	Mano de obra directa	\$ 800
3	Mano de obra indirecta	\$ 2900
TOTAL		\$ 4537.97

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Costos variables

Tabla 41-3: Costos de la materia Prima

ITEM	Descripción	Cantidad	Valor unitario (Kg) y (L)	Valor total
1	Estiércol de cuy	8000 kg	\$ 0,05	\$ 400
2	Hojas de mora picadas	1600 kg	\$ 0,13	\$ 208
3	Microorganismos de montaña	640 kg	\$ 0,25	\$ 160
4	Azúcar morena.	640 kg	\$ 1	\$640
5	Cáscara de huevo	80 kg	\$ 0,10	\$ 8
6	Suero de leche	480 L	\$ 0,10	\$ 48
7	Ceniza	160 kg	\$ 0,15	\$ 24
8	Agua no potable	20000 L	\$ 0.002	\$40
9	Envases plásticos	24960 unidades	\$ 0.20	\$ 4992
TOTAL				\$ 6520

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 42-3: Costos de servicios Básicos

ITEM	Descripción	Valor
1	Agua	20
2	Energía eléctrica	80
3	Teléfono	25
4	Internet	30
TOTAL		\$155

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 43-3: Total costos variables

ITEM	Descripción	Valor
1	Materia prima	\$ 6520
2	Servicios básicos	\$155
TOTAL		\$ 6675

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Costo total de producción

El costo total de producción se determina mediante la suma de los costos fijos más los costos variables.

$$CTP = \text{Costos fijos} + \text{Costos variables}$$

$$CTP = \$ 4537.97 + \$ 6675$$

$$CTP = \$ 11212.97$$

Tabla 44-3: Determinación del precio de venta

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	\$11212.97
MARGEN DE UTILIDAD	45%
COSTO UNITARIO TOTAL	\$0.45
PRECIO DE VENTA	\$ 0.82

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El costo de producción estimado es de \$11462.57, mediante el cual se determinó un precio de venta al público con un margen de utilidad del 45%, obteniendo un precio de venta al público de \$ 0.82 dólares por cada litro del biofertilizante orgánico BIOL.

3.6. Diagramas de flujo del proceso

Del proceso de biodigestión se obtiene 1 producto principal (BIOL) y 2 productos secundarios (BIOSOL y BIOGAS). En los siguientes diagramas de flujo se presenta la secuencia de cada uno de estos, donde se detalla las actividades de operación, transporte, inspección, demora y almacenamientos de los diferentes insumos que intervienen en el proceso de producción para la obtención de un lote de 6240 litros de biol que corresponde a la cantidad que puede producir un biodigestor al final de la etapa de biofermentación.

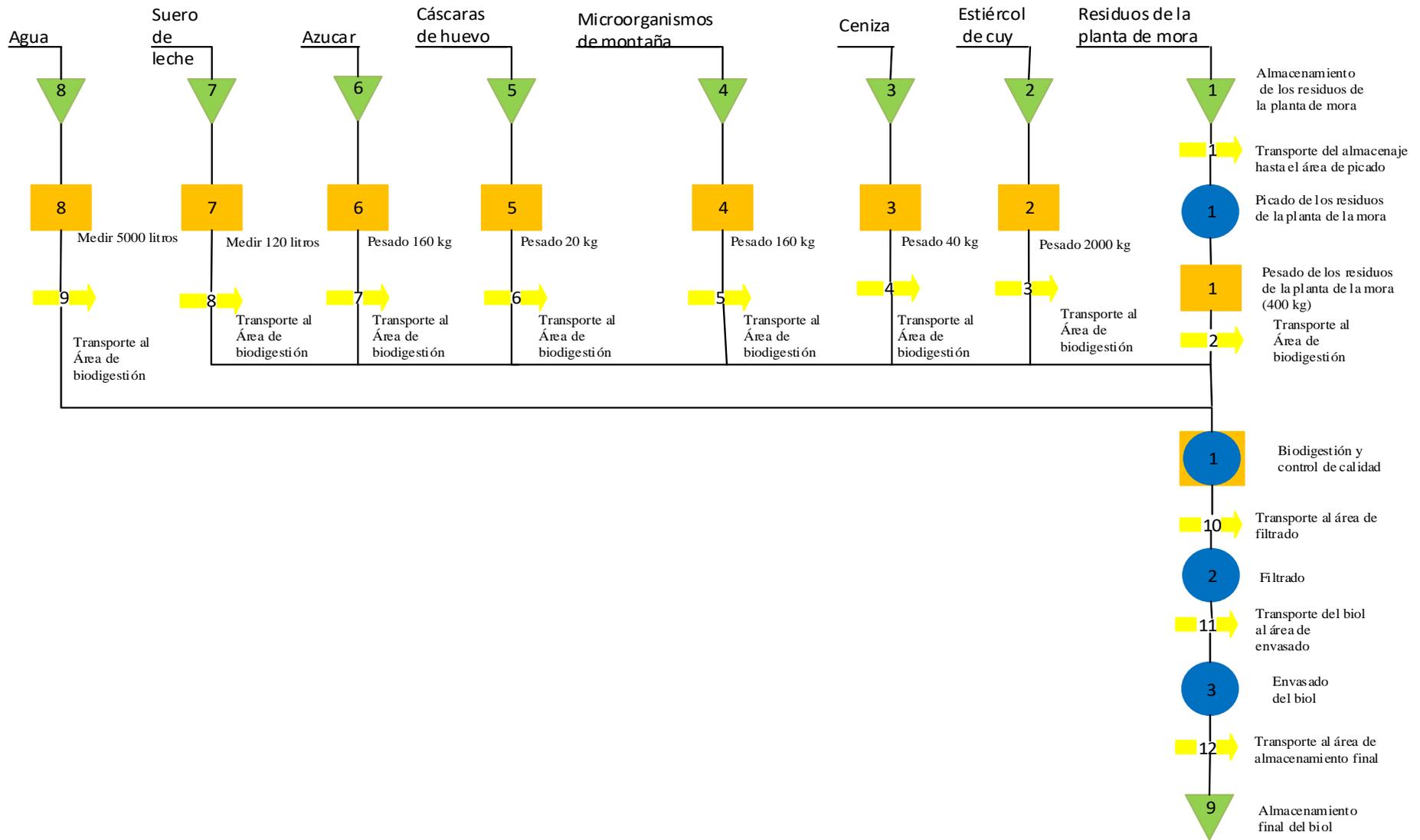


Figura 3-3: Diagrama de flujo (Biol)
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

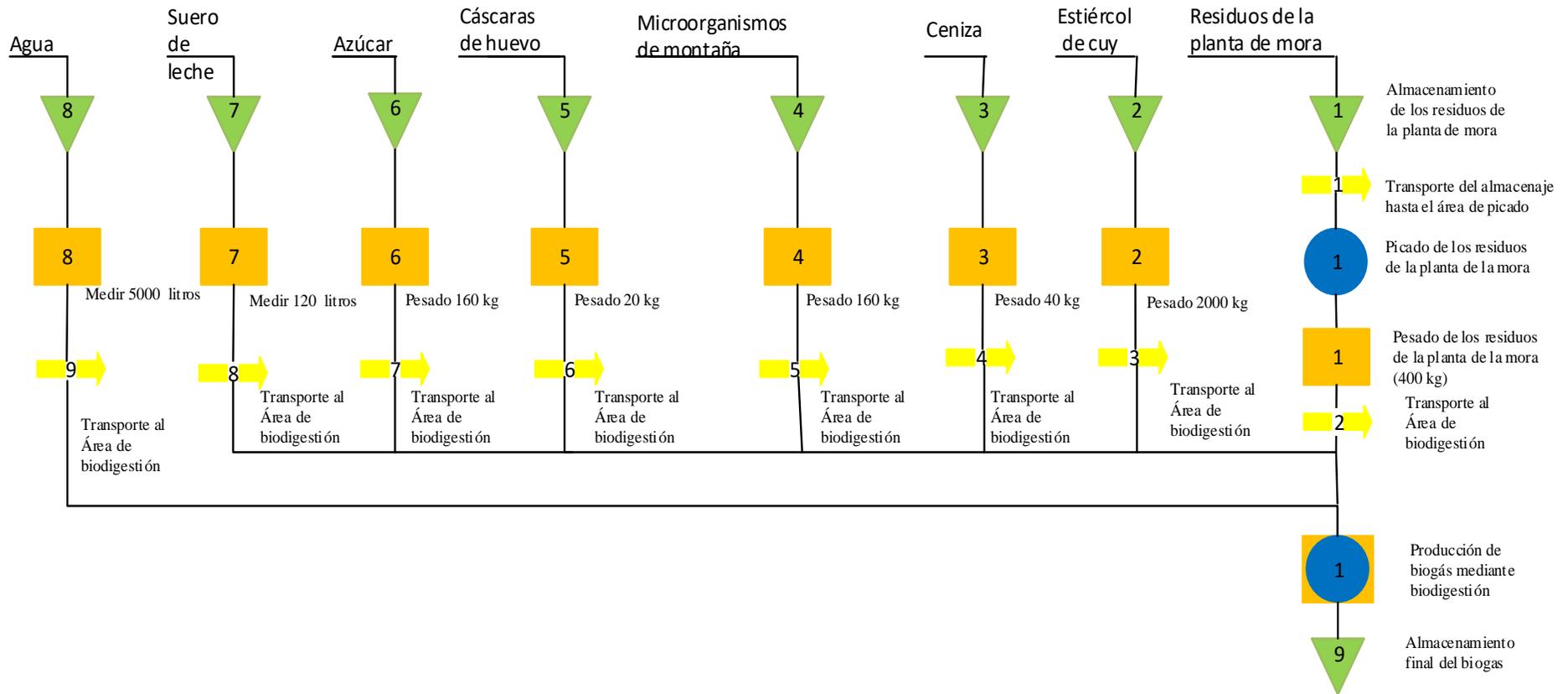


Figura 4-3: Diagrama de flujo (Biogás)
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

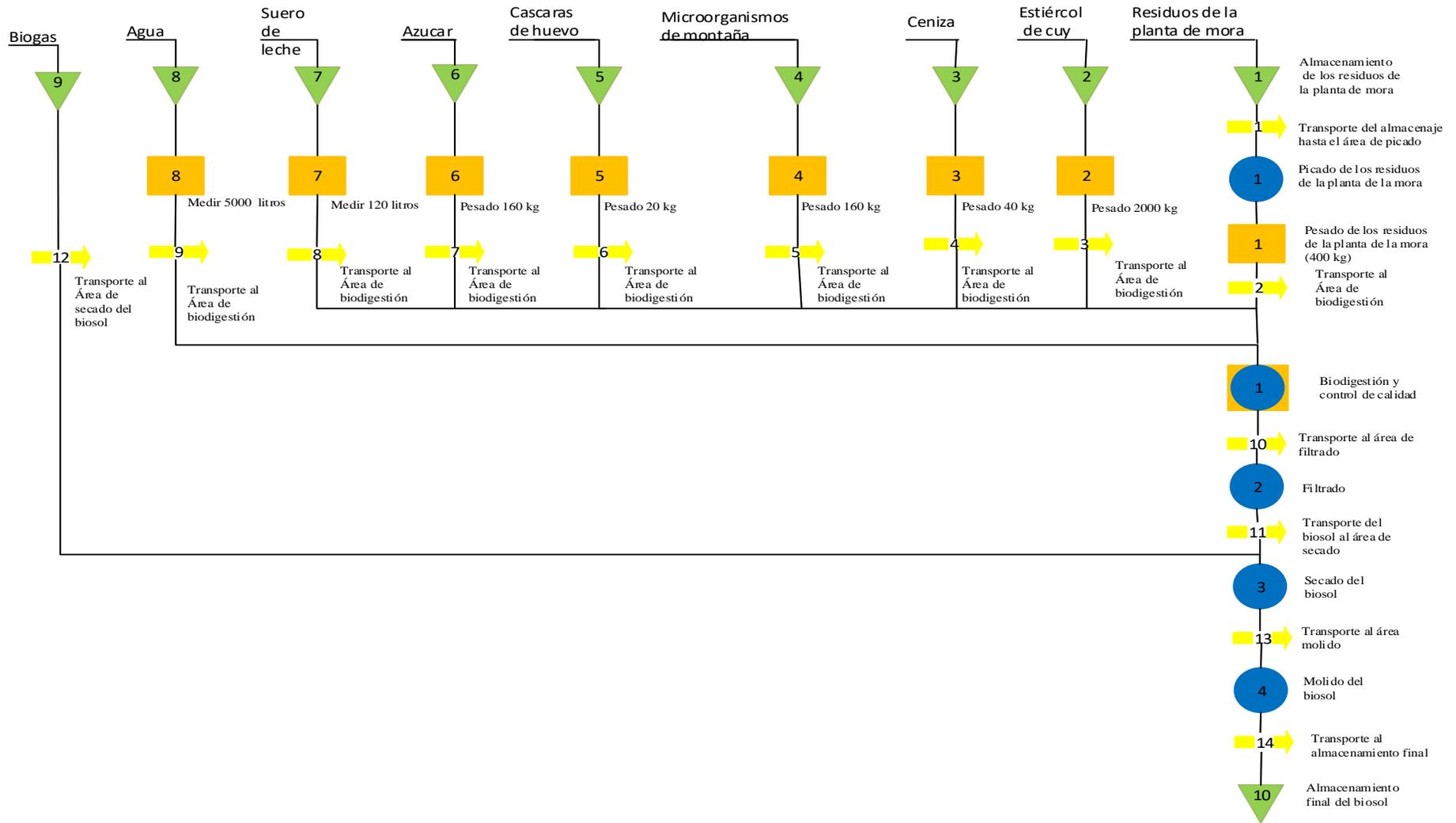


Figura 5-3: Diagrama de flujo (Biosol)
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.7. Diseño de planta de producción de biol

3.7.1. Dimensionamiento de la superficie de trabajo

El primer paso en el diseño de la planta es el cálculo de la superficie necesaria para cada elemento dentro de las áreas de trabajo, en la que se contemplan 3 superficies: superficie estática, superficie de gravitación y superficie de evolución o movimientos para obtener una superficie general para el dimensionamiento de la planta.

Superficie estática (Ss): Corresponde a muebles, máquinas, equipos y herramientas utilizados en el proceso productivo.

Superficie de gravitación (Sg): Corresponde a la superficie que utiliza los trabajadores alrededor de los puestos de trabajo y por el material utilizado para el proceso productivo. Esta superficie se obtiene a partir del producto de la superficie estática por el número de lados de los equipos o las máquinas que van a ser utilizados.

$$Sg = Ss \times N$$

Superficie de evolución (Se): Es la superficie que debe existir entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de los trabajadores y para el mantenimiento de las instalaciones.

$$Se = (Ss + Sg) (K)$$

Superficie total = Corresponde a la sumatoria de todas las superficies

Coefficiente constante (K): Puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo de las actividades de la empresa:

Tabla 45-3: Valores de coeficiente constante

Razón de la empresa	Coefficiente K
Gran industria alimenticia	0.05-0.15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0.10-0.25
Textil-Hilado	0.05-0.25
Textil-Tejido	0.05-0.25
Relojería. Joyería	0.75-1.00
Industria general con transportes no mecánicos	1.50-2.00
Industria mecánica	2.00-3.00

Fuente: (Salazar López, 2019)

El valor del coeficiente constante (K) considerado es de 1.5, el cual corresponde a una industria general con transportes no mecánicos.

Tabla 46-3: Superficies estáticas de las áreas de trabajo

Área	Superficies estáticas (Ss)
Almacenamiento de residuos mora	6 m ²
Almacenamiento de Estiércol de cuy	6 m ²
Almacenamiento de ceniza	6 m ²
Almacenamiento de Microorganismos	6 m ²
Laboratorio de control de calidad	15 m ²
Almacenamiento de producto terminado	30 m ²
Pasillo principal	75 m ²
Total	144 m ²

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 47-3: Superficies estáticas de elementos, máquinas y equipos

Máquinas y equipos	Superficies estáticas	Nº de elementos	Superficie total estática (Ss)	Número de lados de operación (N)
Máquina picadora	1,5 m ²	1	1,5 m ²	2
Báscula	1,5 m ²	5	7,5 m ²	1
Tanque biodigestor	5,15 m ²	4	20,6 m ²	2
Bomba centrífuga	0,5 m ²	6	3 m ²	2
Transportador de pallets	1,5 m ²	1	1,5 m ²	1
Contenedor de azúcar	1,5 m ²	1	1,5 m ²	1
Contenedor de cáscaras de huevo	1 m ²	1	1 m ²	1
Tanque depósito agua	5,78 m ²	1	5,78 m ²	1
Depósito leche	0,54 m ²	1	0,54 m ²	1
Separador de sólidos y líquidos	1,5 m ²	1	1,5 m ²	2
Tanque dosificador de biol	5,15 m ²	1	5,15 m ²	1
Máquina secadora	2,4 m ²	1	2,4 m ²	1
Molino	1,2 m ²	1	1,2 m ²	2
Recipiente de almacenamiento de biosol	4 m ²	1	4 m ²	1
Total	33,22 m ²	26	57,17 m ²	

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 48-3: Superficies gravitacionales y de evolución de máquinas y equipos

Máquinas y equipos	Superficies estáticas (Ss)	Número de lados de operación (N)	Superficies gravitación (Sg)	Superficie de evolución (Se)
Máquina picadora	1,5 m ²	2	3 m ²	6,75 m ²
Báscula	7,5 m ²	1	7,5 m ²	22,5 m ²
Tanque biodigestor	20,6 m ²	2	41,2 m ²	92,7 m ²
Bomba centrífuga	3 m ²	2	6 m ²	13,5 m ²
Transportador de pallets	1,5 m ²	1	1,5 m ²	4,5 m ²
Contenedor de azúcar	1,5 m ²	1	1,5 m ²	4,5 m ²
Contenedor de cáscaras de huevo	1 m ²	1	1 m ²	3 m ²
Tanque depósito agua	5,78 m ²	1	5,87 m ²	17,34 m ²
Depósito leche	0,54 m ²	1	0,54 m ²	1,62 m ²
Separador de sólidos y líquidos	1,5 m ²	2	3 m ²	6,75 m ²
Máquina envasadora dual	5,15 m ²	1	5,15 m ²	15,45 m ²
Máquina secadora	2,4 m ²	1	2,4 m ²	7,2 m ²
Molino	1,2 m ²	2	2,4 m ²	5,4 m ²
Recipiente de almacenamiento de biosol	4 m ²	1	4 m ²	12 m ²
TOTAL	57,17 m ²	TOTAL	85,06 m ²	213,24 m ²

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Una vez obtenido todos los valores de las superficies se suma todos los valores para obtener la superficie total de la planta:

$$St = Ss + Sg + Se = (144 \text{ m}^2 + 57,17 \text{ m}^2) + 85,06 \text{ m}^2 + 213,24 \text{ m}^2$$

$$St = 499,47 \text{ m}^2$$

La superficie mínima total de la planta de producción de biofertilizante es 499.47 m².

3.7.1. *Cubierta del techo*

Techo de lámina galvanizada

En el diseño de la planta se seleccionó el techo de lámina galvanizados que son fabricados en láminas de acero conformada en perfil trapezoidal. Corrugación anticapilar, que evita la permanencia de humedad en el traslape longitudinal.

Propiedades

- Resistentes a la corrosión.
- Permiten luces de mayor espaciamiento.
- Alta rigidez y alta resistencia estructural.
- Extiende mayor cobertura neta sin costo adicional.
- Disponibles en diferentes colores.



Figura 6-3: Modelo de techo de la planta
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.7.2. *Materiales de la estructura*

Material de las columnas

El material a utilizar en las columnas de la planta de producción es acero estructural ASTM-A36 conocido como hierro negro, posee altas propiedades para el uso en estructuras de edificaciones atornilladas o soldadas. Además, tiene características como; buena soldabilidad y alta resistencia mecánica y también se fabrica comúnmente en diferentes formas de secciones, como vigas H, vigas I, canal U, ángulo de acero o tubo de acero.

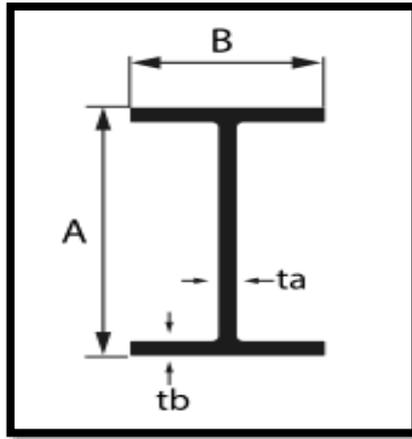


Figura 7-3: Perfil tipo H
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El dimensionamiento y características normalizadas requeridas para las columnas acorde al catálogo de vigas tipo H ASTM-A36 para resistir las cargas de la estructura son las siguientes:

Tabla 49-3: Dimensionamiento de las columnas

Peso teórico		Espesor (mm)		Dimensiones (mm)	
Libra/pie	Kg/m	Alma (ta)	Ala (tb)	Alma (A)	Ala (B)
54	80.53	9.40	15.62	256	255

Fuente: Catálogo Vigas H ASTM-A36

Propiedades mecánicas:

- Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI).
- Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI).
- Elongación mínima en 50 mm (2''): 23%.
- Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI).

Propiedades físicas:

Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/pul³).

Propiedades químicas:

0.25 – 0.29 % C; 0.60 – 1.20 % Mn; 0.15 – 0.40 % Si; 0.04 % P máximo; 0.05 % S máximo.

• **Material de las vigas y correas**

Para las vigas y correas se consideró la utilización del perfil rectangular de acero ASTM-A500. Este tipo de acero es comúnmente empleado para el diseño de miembros estructurales, permitiendo la fácil soldabilidad, alta resistencia a la ruptura, fácil adherencia de esmaltes, entre otras.

Las dimensiones del perfil rectangular utilizado en las vigas son:

Tabla 50-3: Dimensionamiento del perfil rectangular para las vigas

RECTANGULAR									
Designación Nominal	Dimensión Exterior	Espesores (mm)							
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
2x1				2.19					
	50x30				2.82	3.30			
	60x40			2.93	3.60	4.25			
	70x50			3.56	4.39	5.19			
	80x40	2.71	3.22	3.56	4.39	5.19			
	100x50			4.50	5.56	6.60	8.59	10.48	12.27
	150x50			6.07	7.53	8.96	11.73	14.41	16.98

Fuente: Catálogo Tupemesa, 2018

Las dimensiones del perfil rectangular utilizado en las correas son:

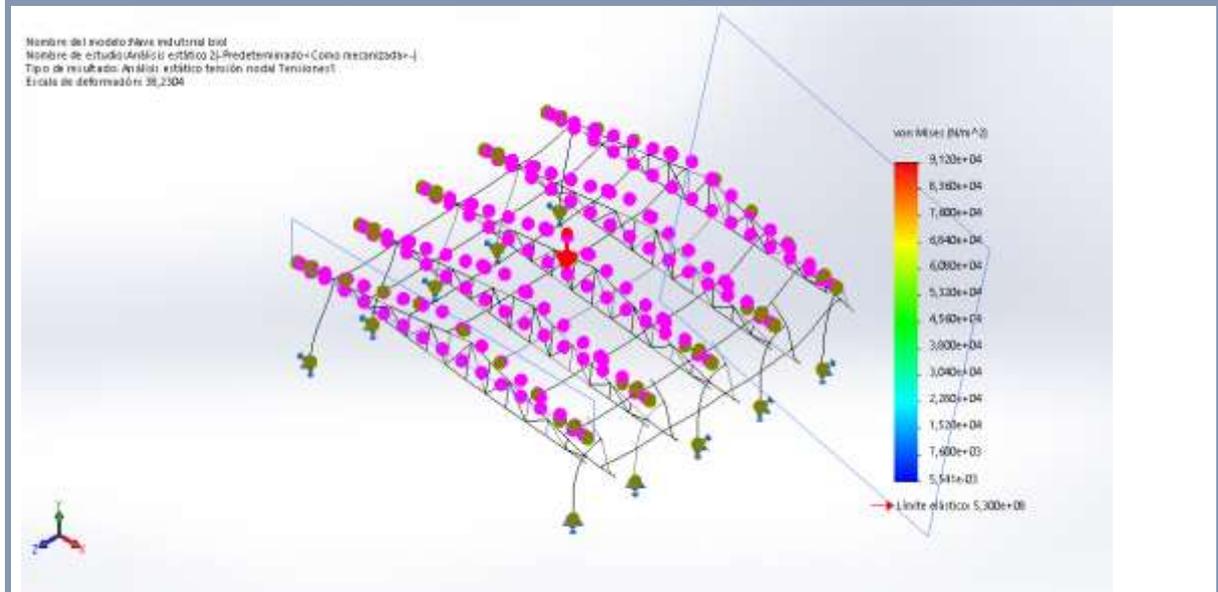
Tabla 51-3: Dimensionamiento del perfil rectangular para las vigas

RECTANGULAR									
Designación Nominal	Dimensión Exterior	Espesores (mm)							
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
2x1				2.19					
	50x30				2.82	3.30			
	60x40			2.93	3.60	4.25			
	70x50			3.56	4.39	5.19			
	80x40	2.71	3.22	3.56	4.39	5.19			
	100x50			4.50	5.56	6.60	8.59	10.48	12.27
	150x50			6.07	7.53	8.96	11.73	14.41	16.98

Fuente: Catálogo Tupemesa, 2018

Tabla 52-3: Análisis de esfuerzos a los que está sometida la estructura

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0,000e+00 N/m ² Nodo: 18699	9,120e+04 N/m ² Nodo: 15602



Nave industrial biol-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones 1

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para el análisis de esfuerzos de la estructura se consideró las siguientes cargas:

Cargas muertas:

- Masa de la estructura = 1455,178 kg.
- Peso de la estructura = (1455,178 kg * 9,81 m/s²) = 14260.74 N.

Cargas vivas:

- Velocidad del viento = 4.9 m/s².
- Carga promedio generada por la lluvia= 2.52 kg/ m².

Mediante el software SolidWorks se pudo determinar que las cargas a los que está sometido la estructura generando una tensión de $5,300 \cdot 10^4$ N/ m², pero la estructura está diseñada para resistir una tensión máxima $9,120 \cdot 10^4$ N/ m², a partir de este valor la estructura empezará a deformarse.

3.7.3. Características de las áreas de trabajo de la planta de producción

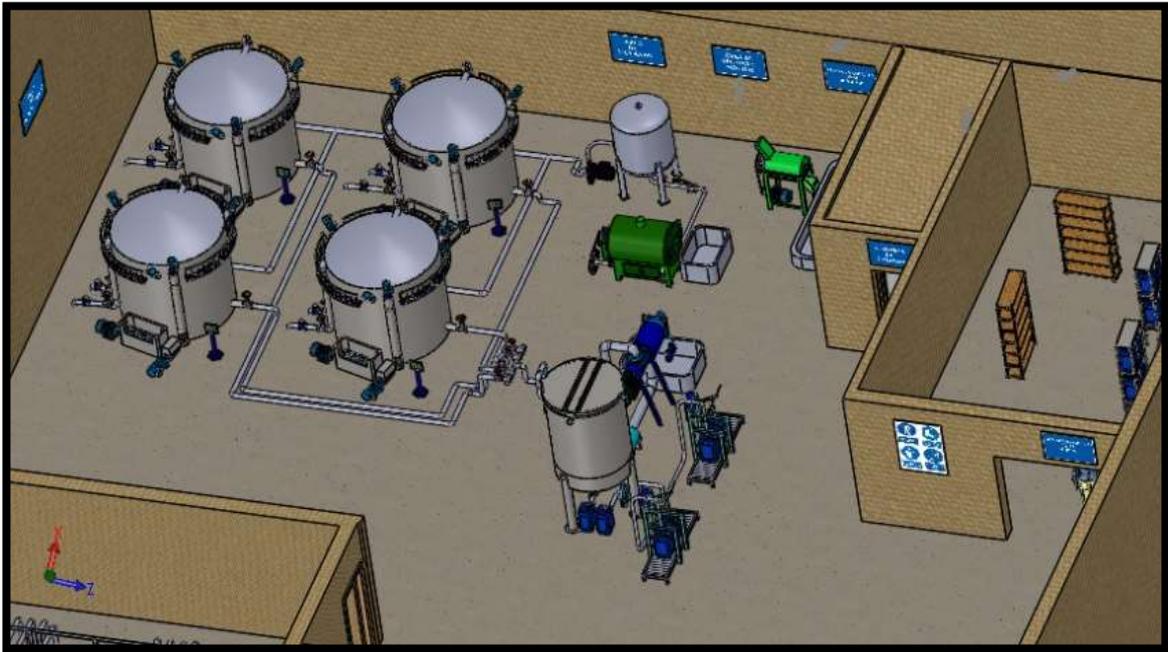


Figura 8-3: Diseño 3D de la planta de producción de biofertilizante
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La planta de producción de biofertilizante estará conformada por las siguientes áreas:

- Almacenamientos de materia prima y producto terminado.
- Área de picado.
- Área de biodigestión.
- Área de filtrado.
- Área de envasado de biol.
- Área de secado.
- Área de molido.
- Área de control de calidad.
- Oficinas administrativas.
- Parqueadero.

3.7.3.1. Almacenamientos

La planta de producción de biofertilizante cuenta con 8 almacenamientos para sus diferentes materias primas, cada una de estas dimensionadas en base a la capacidad que requiere para abastecer la producción.



Figura 9-3: Almacenamientos

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Los almacenamientos de microorganismos, ceniza, estiércol de cuy y residuos de las plantas de mora dispondrán de una puerta frontal y una puerta en la parte posterior que permite el abastecimiento sin necesidad de que los camiones de aprovisionamiento ingresen al interior de la planta y la materia prima sea únicamente descargada por la parte posterior.

Dimensiones de los almacenamientos

- Los almacenamientos de ceniza, estiércol de cuy, microorganismos y residuos de la planta de mora serán de las siguientes dimensiones:

Ancho: 2m.

Largo: 6 m.

Superficie = 6 m².

Con capacidad de almacenamiento de:

- Ceniza, estiércol de cuy y microorganismos de montaña de: 6000 kg.
- Residuos de planta de mora de: 1000 kg.

- El requerimiento del tanque de almacenamiento de agua es de 10000 litros de agua para el abastecimiento semanal, por lo tanto, tendrá las siguientes dimensiones:

Diámetro: 2.38 m

Altura: 2.43 m

Superficie utilizada = $5.78 m^2$

- También se requiere almacenar una cantidad mínima de 120 litros de leche para abastecer la mezcla en 1 biodigestor, por lo que el tanque de almacenamiento de la leche será de 200 litros, que es el tamaño disponible en el mercado. Sus dimensiones serán:

Diámetro: 0.6 m

Altura: 0.9 m

Superficie utilizada = $0.54 m^2$.

- Almacenamiento de azúcar.

Cantidad mínima de almacenamiento: 160 kg.

Dimensiones 1.5 m x 1 m.

Superficie utilizada = $1.5 m^2$.

- Almacenamiento de cáscaras de huevos.

Cantidad mínima de almacenamiento: 20 kg.

Dimensiones 0,90 m x 0,50 m.

Superficie utilizada= $0.45 m^2$.

3.7.4. Caracterización de las principales máquinas empleadas en el proceso productivo

- Biodigestor de cubierta flexible con tecnología CSTR

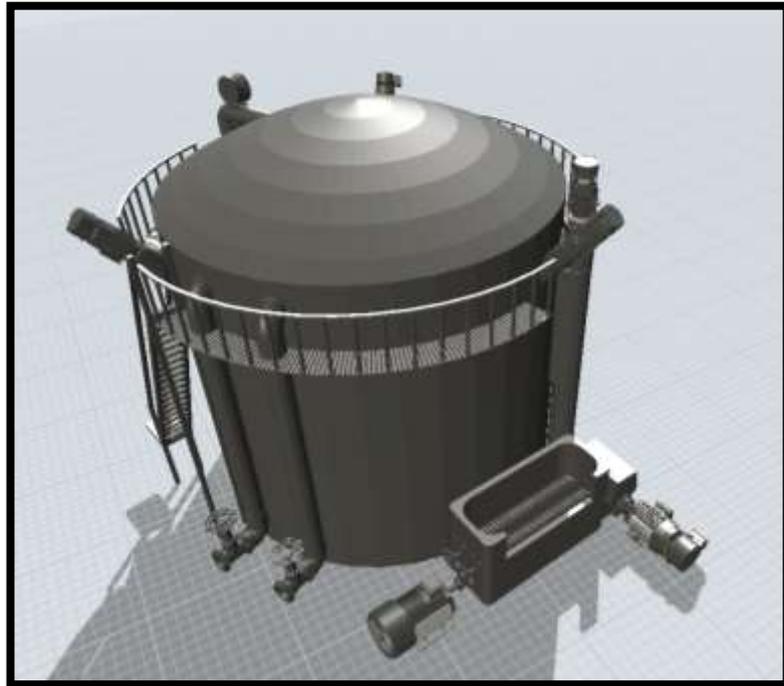


Figura 10-3: Biodigestor tecnológico CSTR

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Características:

- El biodigestor de cubierta flexible se caracteriza por poseer un sistema de calentamiento por tuberías que se encuentran en las paredes del biodigestor para la conservación de la temperatura, que permite mantener la fermentación en el modo mesofílico en una temperatura entre 33 ° - 40 ° C.
- Posee un depósito de gas flexible sobre el cuerpo del biodigestor.
- Permite la eliminación de azufre mediante un biofiltro del aire ubicado en la parte central del biodigestor.
- Sistema de agitación integrado con mezcladores inclinados y sumergibles.
- Estos biodigestores pueden ser fabricados en hormigón armado o paneles de acero atornillados.
- Capacidad de 8 m³ (8000 litros).

Esta tecnología es comúnmente utilizada en el procesamiento de estiércol y otros residuos orgánicos con un grado de descomposición es del 70% al 75%. El mantenimiento es de baja complejidad. Los componentes de este tipo de biodigestor se detallan en el **ANEXO C**.

- **Separador de sólidos y líquidos por presión helicoidal**

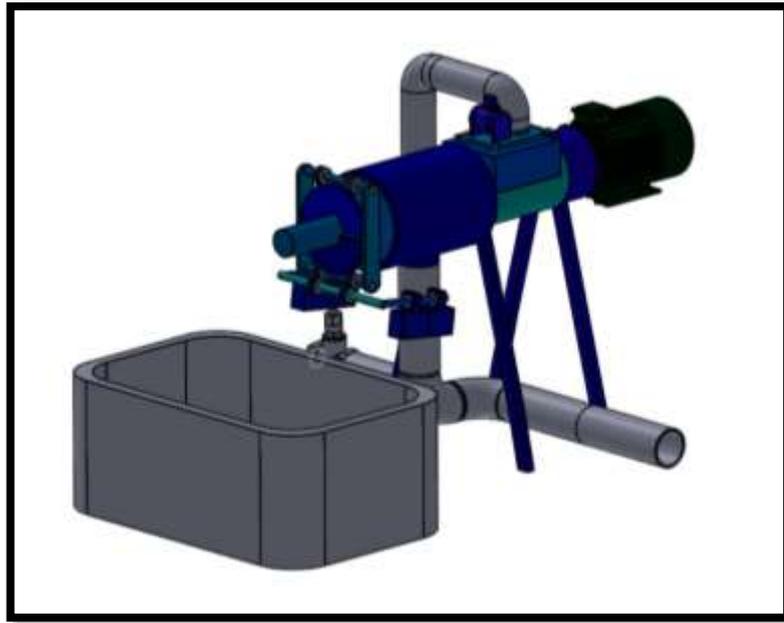


Figura 11-3: Separador de sólidos y líquidos
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El separador de tornillo de prensa es una eficiente máquina para separar material sólido/líquido, utilizado comúnmente para fluidos con gran cantidad de fibras en su composición y la deshidratación de lodos residuales provenientes de tratamientos biológicos. Una de las principales ventajas es la disminución del volumen de la materia sólida posterior al separado. En el **ANEXO D** se detalla los mecanismos que conforman el separador de presión helicoidal.

Características:

- Mecanismo de tornillo prensado para producir material de cama a partir de purines.
- Permite un rendimiento máximo de 20 m³/h.
- Construcción en hierro fundido y acero inoxidable.
- Motorreductor universal: 7,5-11 kW, 400 V / 50 Hz.
- Permite el ajuste de la sequedad de los sólidos separados de 25% a 55% MS, permitiendo acoplarse al modelo de producción requerido.
- Bajo consumo de energía eléctrica.

- **Máquina envasadora**

La máquina envasadora permite dosificar y sellar las botellas que contienen biol como producto terminado. Esta máquina está conformada por un depósito de 10000 litros para almacenar el biol filtrado y la salida del fluido hacia 2 dosificadores individuales para ser utilizado por los 2 operarios. Los mecanismos que conforman la máquina envasadora se detallan en el **ANEXO E**.

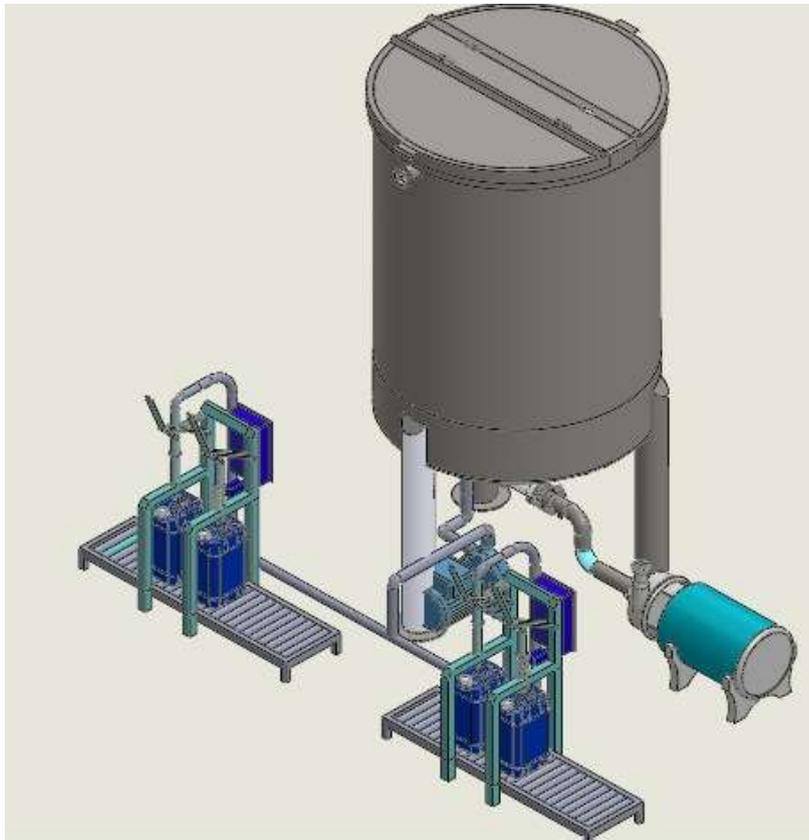


Figura 12-3: Máquina envasadora
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Características:

- Operación semiautomática.
- Doble salida del fluido para para la utilización de 2 operarios.
- Permite realizar el llenado y sellado de los envases.
- Capacidad de llenado de 240 botellas/hora, de 1 litro.
- Sistema de llenado mediante electroválvula con temporizador.

- **Máquina secadora**

Para la etapa de secado de los residuos sólidos de la mezcla biofermentada, se propone el uso de una máquina secadora, la cual dispone de un tambor rotatorio dispuesta sobre una estufa que funciona en base al biogás generado por los biodigestores. La temperatura recomendada para un secado óptimo será entre 40°C y 60°C. El diseño de la máquina secadora se detalla en el **ANEXO F**.



Figura 13-3: Máquina secadora
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Características:

- Permite la reducción del 25% de cantidad de materia ingresada.
- Permite secar entre el 90-95% de los lodos.
- Construcción de la estructura en acero estructural.
- Construcción del tambor en acero inoxidable.
- Se puede emplear para varios tipos de lodos residuales.
- Bajo consumo de energía y costos operativos bajos.
- Contribuye a la cogeneración debido a la utilización de biogás.
- Capacidad de procesamiento de 2 m³/h.

- **Molino o triturador de sólidos**



Figura 14-3: Molino
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Los residuos sólidos que salen de la etapa de secado necesitan tener consistencia homogénea para la utilización de este recurso en un proceso de compostaje. Por lo cual estos residuos pasan por una etapa de molido. La máquina utilizada para este proceso es un molino que utiliza un mecanismo de aspas que giran acopladas a un eje que permite moler, pulverizar y aplastar diferentes tipos de materiales. El diseño de esta máquina se detalla en el **ANEXO G**.

Características:

- Capacidad de regular la granulometría.
- Facilidad de mantenimiento.
- Materiales de construcción: Acero inoxidable y hierro gris.
- Capacidad de procesamiento: 2000 kg/h, valor que varía ligeramente en función del material.

3.7.5. Iluminación

Además de la iluminación natural se consideró la iluminación artificial, mediante la utilización del software libre on line “Visual Lighting Design”, que permite el dimensionamiento correcto de las luminarias a ubicar en la planta de producción en base a las dimensiones y el requerimiento de iluminación en base al tipo de actividad a realizar en la planta. Los parámetros considerados para el ingreso de datos al software fueron:

- Profundidad de la planta: 25 m.
- Ancho de la planta: 20 m.
- Altura de la planta: 6 m.
- Nivel de iluminación requerido para naves industriales con requerimientos visuales normales: 500-750 lux.

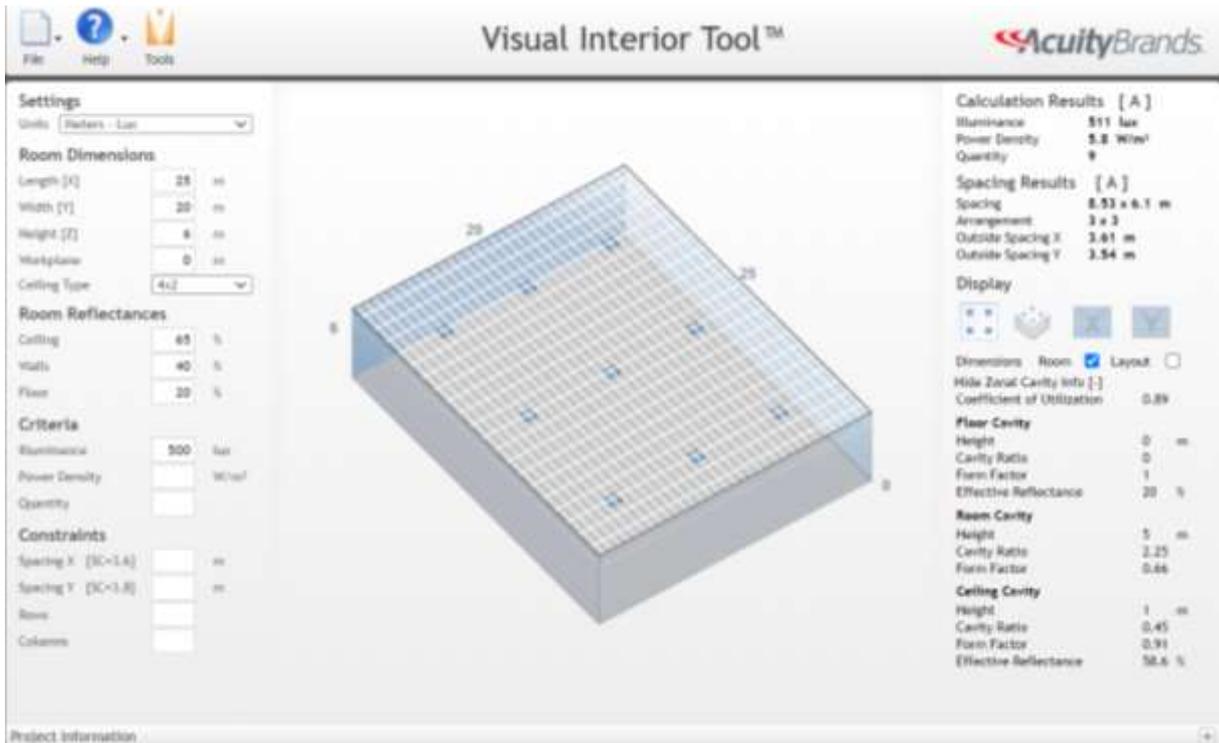


Figura 15-3: Cálculo de luminarias
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Según los resultados obtenidos por el software, recomienda la utilización de 9 lámparas dispuestas en un arreglo de 3x3, con lámparas que proporcionen 31903 lúmenes cada una. El conjunto de lámparas proporcionará una luminancia promedio de 511 lux en toda la planta, cumpliendo así con el requisito de iluminación artificial para la planta productora de biofertilizante.



Figura 16-3: Diseño 3D con ubicación de luminarias
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.7.6. Medidas de seguridad laboral

En el diseño de la planta de producción de biofertilizante, se consideró el uso de señalización de seguridad en base a la normativa INEN NTE 3864-1, distribuida a lo largo de toda la planta, el requerimiento es de 18 señaléticas distribuidas a lo largo de toda la planta, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 53-3: Requerimiento de señalética

REQUERIMIENTO DE SEÑALÉTICA DE SEGURIDAD				
SIMBOLO	DEFINICIÓN	MEDIDAS (CM)	NORMA NTE - 3864 -1	CANTIDAD
	SALIDA	20 X 30	VERDE-BLANCO	1
	SALIDA DE EMERGENCIA	20 X 30	VERDE-BLANCO	1
	BOTIQUIN	20 X 30	VERDE-BLANCO	2
	EXTINTOR	20 X 30	ROJO-BLANCO	2
	CUIDADO CON LAS MANOS	20 X 30	AMARILLO-NEGRO	1
	USO OBLIGATORIO DE ROPA DE TRABAJO	20 X 30	AZUL-BLANCO	1
	PROTECCIÓN OBLIGATORIO DE LA VISTA	20 X 30	AZUL-BLANCO	1

Tabla 53-3: Requerimiento de señalética (Continúa)

	PROTECCIÓN OBLIGATORIO DE LA CABEZA	20 X 30	AZUL-BLANCO	1
	PROTECCIÓN OBLIGATORIO PARA LAS VÍAS RESPIRATORIAS	20 X 30	AZUL-BLANCO	1
	USO OBLIGATORIO DE CALZADO DE SEGURIDAD	20 X 30	AZUL-BLANCO	1
	RIESGO ELECTRICO	20 X 30	AMARILLO-NEGRO	1
	EMERGENCIAS ECU-911	30 X 30	ROJO-BLANCO	1
	PROHIBIDO FUMAR	20 X 30	ROJO-NEGRO	2
	PROHIBIDO EL CONSUMO BEBIDAS ALCOHOLICAS	20 X 30	ROJO-NEGRO	2
TOTAL				18

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

3.7.7. Distribución de la planta

Tabla 54-3: Numeración de los puestos de trabajo

Número	Componentes
1	Almacenamiento de residuos de mora
2	Área de picado
3	Balanza 1
4	Almacenamiento de estiércol de cuy
5	Balanza 2
6	Almacenamiento de ceniza
7	Balanza 3
8	Almacenamiento de microorganismos
9	Balanza 4
10	Almacenamiento de cáscaras de huevo
11	Almacenamiento del azúcar
12	Balanza 5
13	Almacenamiento de leche
14	Almacenamiento del agua
15	Área de biodigestión
16	Área de filtrado
17	Área de envasado
18	Almacén de producto terminado biol
19	Área de secado
20	Área de molido
21	Almacén final de biosol
22	Área administrativa
23	Control de calidad

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 56-3: Numeración de los puestos de trabajo

RESUMEN DE RELACION DE MOVIMIENTOS	
RELACION	BIOL
1-2	1
2-3	1
4-5	1
6-7	1
8-9	1
10-12	1
11-12	1
3-15	1
5-15	1
7-15	1
9-15	1
12-15	1
13-15	1
14-15	1
15-16	1
16-17	1
17-18	1
16-23	1
TOTAL	18

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para la distribución de puestos de trabajo más óptimo se analiza las áreas de trabajo que tienen mayor relación entre sí. A continuación, en el diagrama de panal se emplean hexágonos que representan cada una de las áreas, se procura dejar en contacto los hexágonos que representen los puestos de trabajo que tengan la mayor relación entre ellos en base a los movimientos, para llegar a la relación de puestos de trabajo más óptimo.

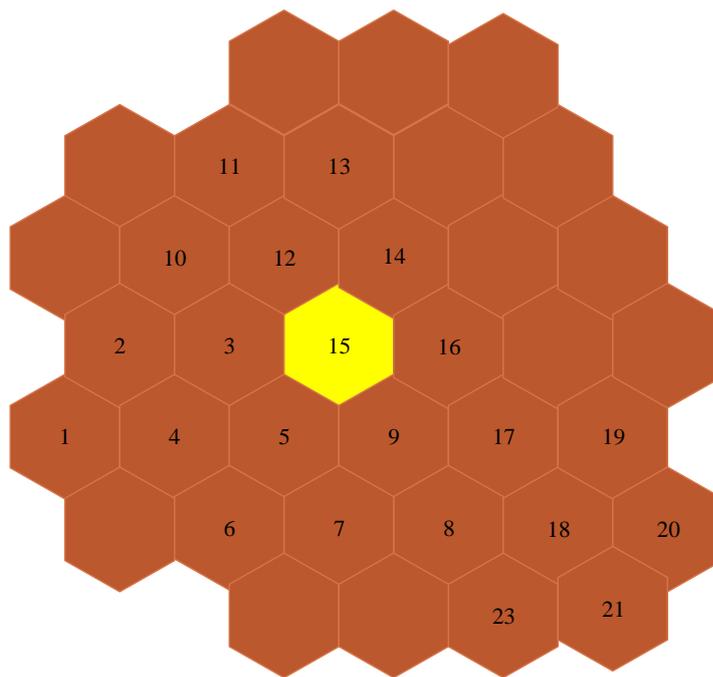


Figura 17-3: Diagrama de panel
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

En el análisis de relación de actividades se observa que el puesto de trabajo número 15 (Biodigestión) tiene el mayor número de movimientos relacionados con otros puestos de trabajo, el gráfico de panel de abejas muestra cómo deben estar distribuidos los puestos de trabajo en la planta.

CAPÍTULO IV

4. Resultados

4.1 Parámetros del diseño de la planta

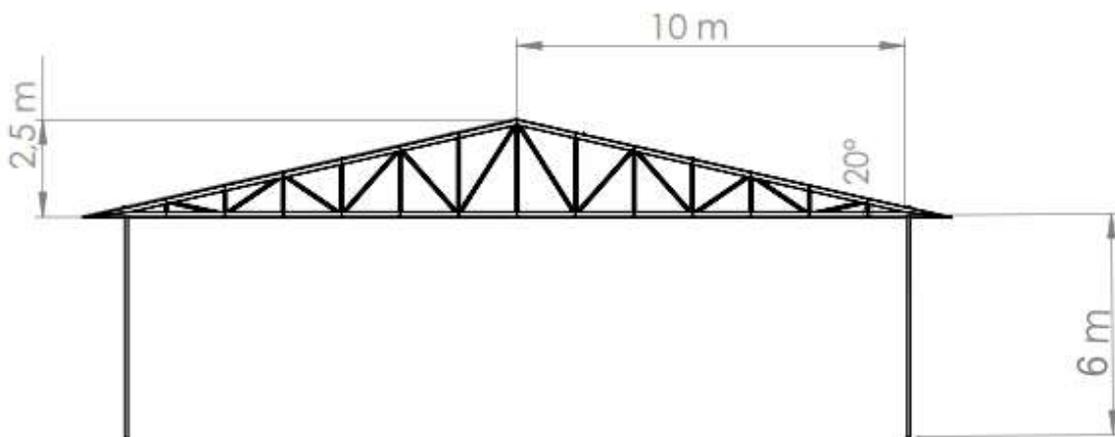


Figura 1-4: Altura de la planta
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La altura de la planta fue considerada de 6 m de longitud de las columnas. Este valor es considerado como la altura libre estándar entre el piso y el techo para el diseño de industriales y la maquinaria que interviene en el proceso productivo no requiere un dimensionamiento mayor a este valor respecto a la altura.

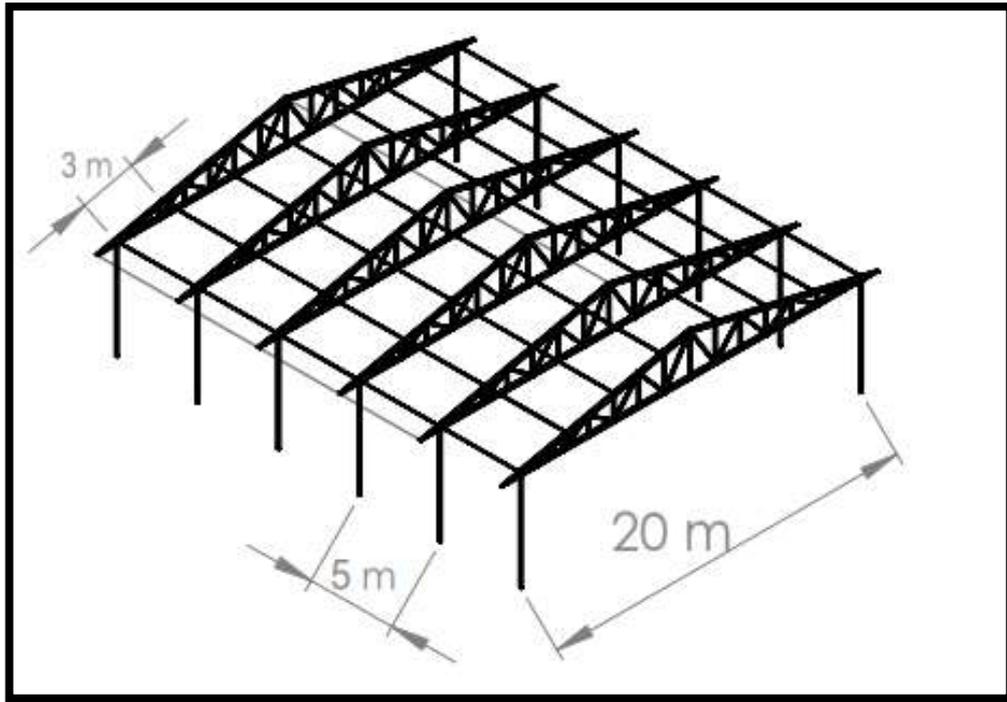


Figura 2-4: Dimensiones de la planta
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Características geométricas

- Altura de las columnas: 6 m.
- Altura de cumbrera: 8 m.
- Ancho: 20 m.
- Profundidad: 25 m.
- Pendiente de cubierta: 20°.
- Superficie: 20 m x 25 m: $500m^2$.
- Número de pórticos: 6.
- Número de correas: 8 correas de perfil de acero AISI 1045 separadas entre sí a una distancia de 2,50 m.
- Número de accesos: 1 puerta localizada en la parte delantera y 1 puerta en la parte posterior.

4.2. Tipo de distribución de la planta mediante el punto de equilibrio

Determinación del punto de equilibrio para la producción del biofertilizante orgánico BIOL

Mediante la determinación del punto de equilibrio se puede conocer la cantidad de producción mediante la cual la empresa consigue cubrir los costos de producción para obtener beneficios por la venta del biofertilizante y se puede conocer el tipo de distribución sugerida para la planta de producción.

Para hallar el punto de equilibrio se establece una igualdad entre el costo total de producción y los ingresos mediante de la siguiente formula:

$$CT = IT$$

$$CT = CF + CV$$

$$IT = P.X$$

$$P.X = CF + CV$$

$$P.X = CF + CV.X$$

Donde:

CT: Costos Totales

IT: Ingresos Totales

CF: Costos Fijos

CV: Costo de producción variable por unidad de producto

P: Precio de venta al público

X: Número de unidades

Tabla 1-4: Costos de producción del BIOL

Costos Fijos	\$ 4537.97
Costos Variables	\$ 6675
Costo variable por unidad	\$ 0,45
Precio de venta por unidad	\$ 0.82

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

$$P.X = CF + CV.X$$

$$0.82X = 4537.97 + 0.45X$$

$$0.37X = 4537.97$$

$$X = \frac{4537.97}{0.37}$$

$$X = 12265 \text{ litros}$$



Gráfico 1-4: Punto de equilibrio BIOL

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2021

La empresa deberá producir 12265 litros del biofertilizante orgánico BIOL, para poder cubrir los costos operativos y empezar a obtener ganancias por la venta del producto.

Como la cantidad de equilibrio es 12265 litros y es menor a la cantidad de producción mensual de 24960 litros, entonces es aconsejable la distribución lineal de la planta debido a que será más económica llevar las actividades productivas con este tipo de distribución.

4.3. Diagramas de recorrido

A continuación, se muestra la distribución de los puestos de trabajo dispuestos en el layout de la planta y el recorrido que realizan los recursos durante la elaboración de los productos, siguiendo la secuencia descrita en los diagramas de flujo.

Diagrama de recorrido del biol

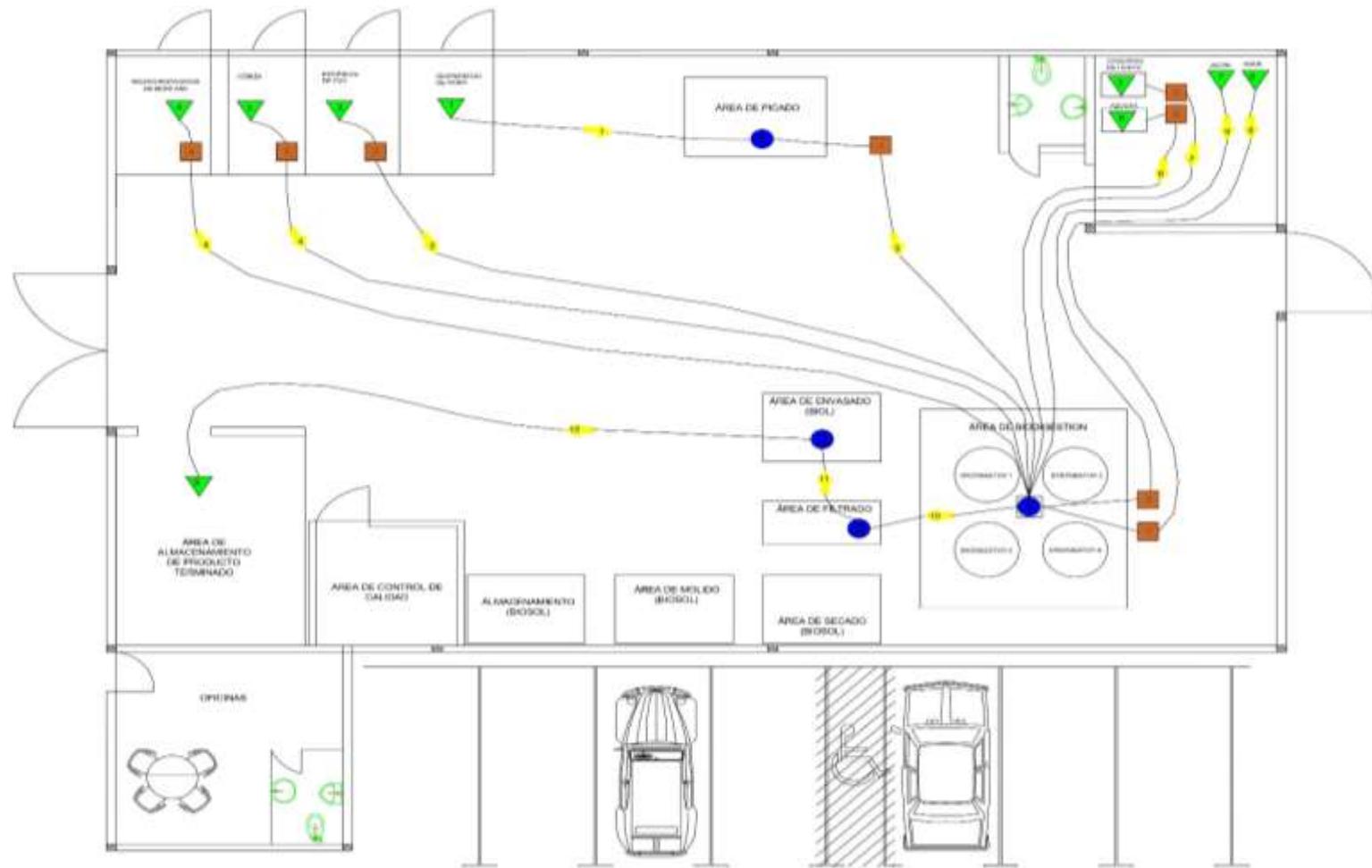


Figura 3-4: Diagrama de recorrido del biol
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Diagrama de recorrido del biosol

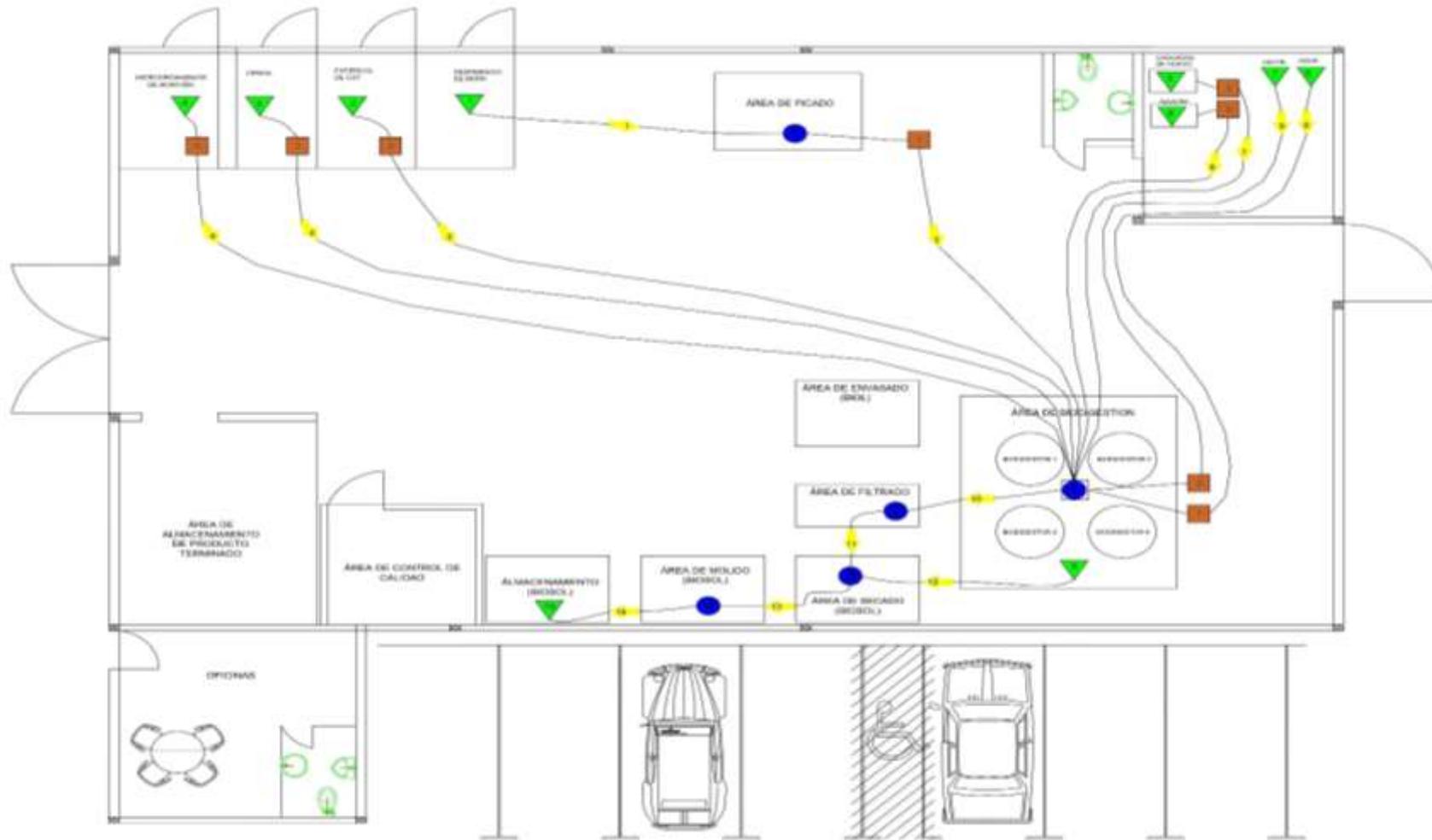


Figura 4-4: Diagrama de recorrido del biosol
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Diagrama de recorrido del biogás

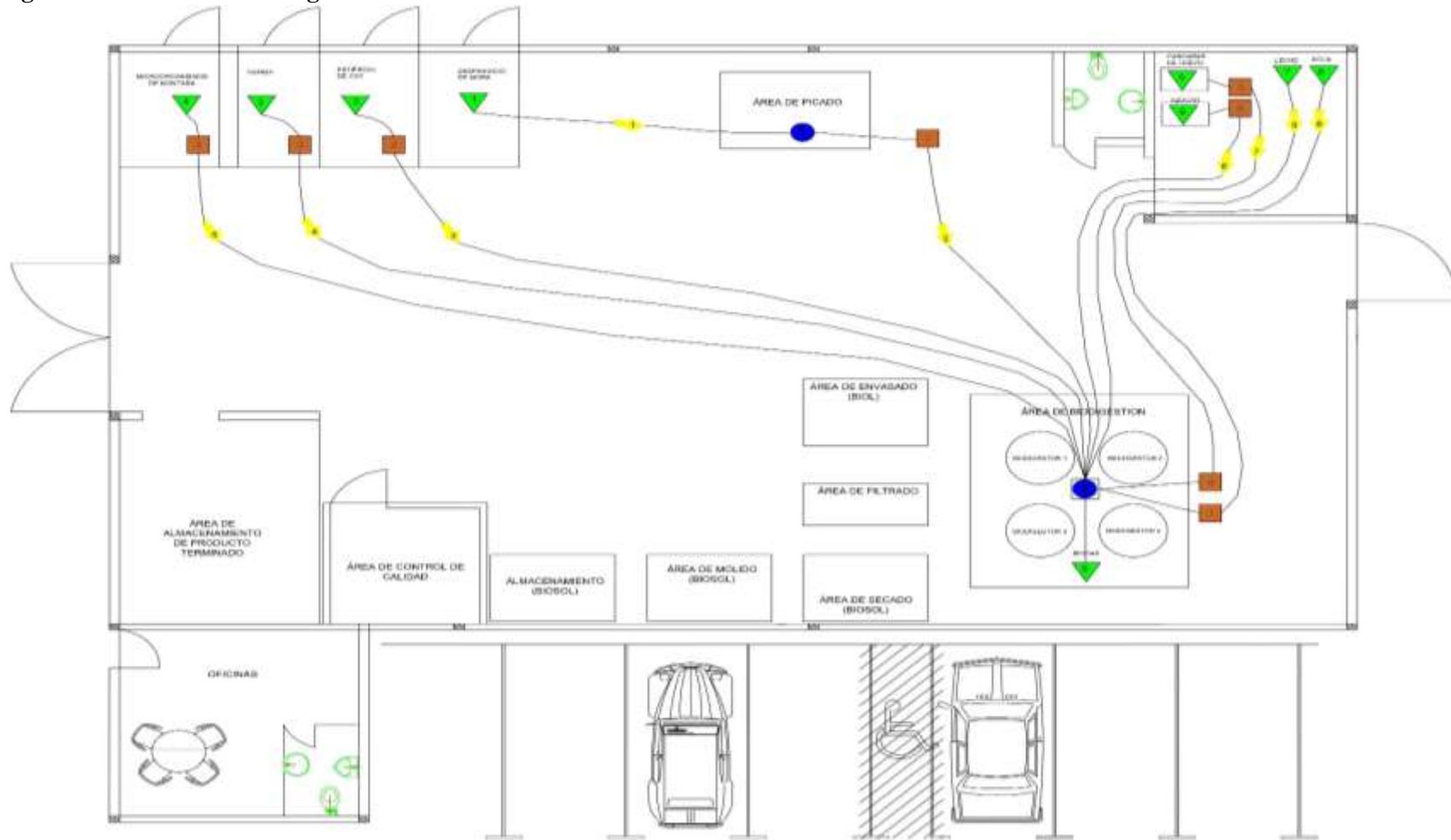


Figura 5-4: Diagrama de recorrido del biogás
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

4.4. Diagramas de proceso

Del proceso de biodigestión se obtienen 3 productos los cuales son: biogás, biol y biosol, para los cuales se estable la secuencia de etapas para la obtención de cada uno de estos productos mediante los diagramas de proceso, el cual está proyectado a escala industrial. Para satisfacer la demanda de 23.167 litros de biol mensualmente, mediante la planificación de producción semanal con 1 biodigestor de capacidad de 8000 litros.

A continuación, se presenta los diagramas de análisis de procesos de cada uno de los productos a obtener, donde se detalla las actividades de operación, transporte, inspección, demora y almacenamientos de los diferentes insumos que intervienen en el proceso productivo, se detallan también los tiempos estimados para cada actividad acorde a la capacidad de las máquinas y distancias desplazadas por los operarios, del mismo modo se muestra el orden del ingreso de materias primas y los valores totales, tanto de transportes de los insumos como del tiempo de ciclo de cada uno de los productos.

Tabla 2-4: Diagrama de análisis del proceso de obtención de biogás.

DIAGRAMA DE OPERACION DE PROCESOS																				
Empresa:																				
Áreas / Departamentos:	Producción																			
Producto	BIOGÁS																			
Fases del método	Actual:	x	Mejorado:		Fecha:	24 de junio del 2021														
Elaborado por:	Isaac Siza, Edwin Sailema																			
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia	TIEMPO (min)						SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA												
	(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacen	Actividad combinada													
Almacenamiento de hojas de mora																				
Transporte de las hojas de mora del almacenamiento al área de picado	2		2																	
Picado de las hojas de mora		15																		
Pesado de las hojas de mora (400 kg)				3																
Transporte de las hojas de mora al tanque biodigestor	4		1																	
Almacenamiento (estiercol de cuy)																				
Pesado del estiercol de cuy (2000 kg)				7																
Transporte del estiercol de cuy al tanque biodigestor	6		5																	
Almacenamiento de materia prima (Ceniza)																				
Pesado de la ceniza (40 kg)				3																
Transporte de la ceniza al tanque biodigestor	8		3																	

Tabla 4-4: Diagrama de análisis del proceso de obtención de biol.

DIAGRAMA DE OPERACION DE PROCESOS																				
Empresa:																				
Áreas / Departamentos:	Producción																			
Producto	BIOL																			
Fases del método	Actual:	x	Mejorado:	Fecha:	24 de junio del 2021															
Elaborado por:	Isaac Siza, Edwin Sailema																			
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia	TIEMPO (min)						SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA												
	(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacen	Actividad combinada													
Almacenamiento de hojas de mora																				
Transporte de las hojas de mora del almacenamiento al área de picado	2		2																	
Picado de las hojas de mora		15																		
Pesado de las hojas de mora (400 kg)				3																
Transporte de las hojas de mora al tanque biodigestor	4		1																	
Almacenamiento (estiercol de cuy)																				
Pesado del estiercol de cuy (2000 kg)				7																
Transporte del estiercol de cuy al tanque biodigestor	6		5																	
Almacenamiento de materia prima (Ceniza)																				
Pesado de la ceniza (40 kg)				3																
Transporte de la ceniza al tanque biodigestor	8		3																	
Almacenamiento de materia prima (Microorganismos de montaña)																				
Pesado de los microorganismos de montaña (160 kg)				3																
Transporte de los microorganismos al tanque biodigestor	10		3																	
Almacenamiento de materia prima (Cascaras de huevo)																				
Pesado de la cascara de huevo (20 kg)				2																
Transporte de las cascaras de huevo al tanque biodigestor	4		2																	
Almacenamiento de materia prima (Azucar)																				
Pesado del azucar (160 kg)				3																
Transporte del azucar al tanque biodigestor	4		2																	
Almacenamiento de materia prima (Suero de leche)																				
Medir 120 litros de suero de leche				5																
Transporte de suero de leche al tanque biodigestor	5		2																	

Tabla 6-4: Diagrama de análisis del proceso de obtención de biosol.

DIAGRAMA DE OPERACION DE PROCESOS														
Empresa:														
Áreas / Departamentos:	Producción													
Producto	BIOSOL													
Fases del método	Actual:	x	Mejorado:	Fecha:	24 de junio del 2021									
Elaborado por:	Isaac Siza, Edwin Sailema													
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Distancia	TIEMPO (min)						SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA						
	(m)	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacen	Actividad combinada							
Almacenamiento de hojas de mora														
Transporte de las hojas de mora del almacenamiento al área de picado	2		2											
Picado de las hojas de mora		15												
Pesado de las hojas de mora (400 kg)				3										
Transporte de las hojas de mora al tanque biodigestor	4		1											
Almacenamiento (estiércol de cuy)														
Pesado del estiércol de cuy (2000 kg)				7										
Transporte del estiércol de cuy al tanque biodigestor	6		5											
Almacenamiento de materia prima (Ceniza)														
Pesado de la ceniza (40 kg)				3										
Transporte de la ceniza al tanque biodigestor	8		3											
Almacenamiento de materia prima (Microorganismos de montaña)														
Pesado de los microorganismos de montaña (160 kg)				3										
Transporte de los microorganismos al tanque biodigestor	10		3											
Almacenamiento de materia prima (Cascaras de huevo)														
Pesado de la cascara de huevo (20 kg)				2										
Transporte de las cascara de huevo al tanque biodigestor	4		2											
Almacenamiento de materia prima (Azucar)														
Pesado del azucar (160 kg)				3										
Transporte del azucar al tanque biodigestor	4		2											
Almacenamiento de materia prima (Suero de leche)														
Medir 120 litros de suero de leche				5										
Transporte del suero de leche al tanque biodigestor	5		2											

4.5. Simulación del proceso productivo

Se realizó la simulación del proceso productivo empleado el software FLEXSIM, para lo cual se desarrolló del diseño de la planta en el software considerando la ubicación de las máquinas en los puestos de trabajo según la distribución de planta propuesta, y estimando los tiempos de proceso en base a la capacidad de las diferentes máquinas y cantidad de materias primas requeridas.



Figura 6-4: Layout de la planta en el software Flexsim
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para la simulación se consideró el uso de 2 operarios encargados de realizar las actividades productivas, estos operarios realizarán las siguientes funciones:

- Picado de los residuos de mora: Operario 1.
- Transporte de las materias primas a los biodigestores: Operarios 1 y 2.
- Preparación de las diferentes máquinas: Operarios 1 y 2.
- Envasado del biol: Operarios 1 y 2.
- Transporte del biol envasado al almacenamiento final del biol: Operarios 1 y 2.
- Transporte de residuos sólidos del separador a la máquina secadora: Operarios 1 y 2.
- Transporte de residuos sólidos de la máquina secadora al molino: Operarios 1 y 2.
- Transporte de residuos sólidos del molino al almacenamiento final del biosol: Operarios 1 y 2.

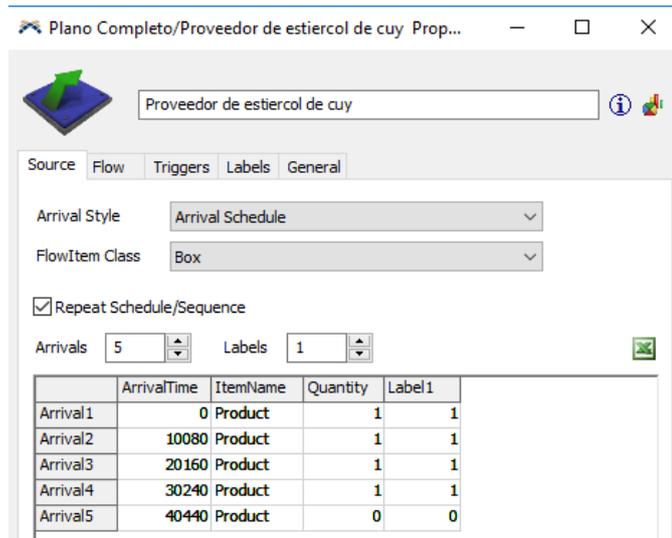


Figura 7-4: Aprovisionamiento de materia prima
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para la simulación se configuró el aprovisionamiento de la materia prima semanalmente, mediante la programación como se muestra en la figura 7-4, el tiempo está dado en minutos y los arribos por lotes, es decir semanalmente llegara a los almacenamientos la cantidad necesaria de cada materia prima para la producción.

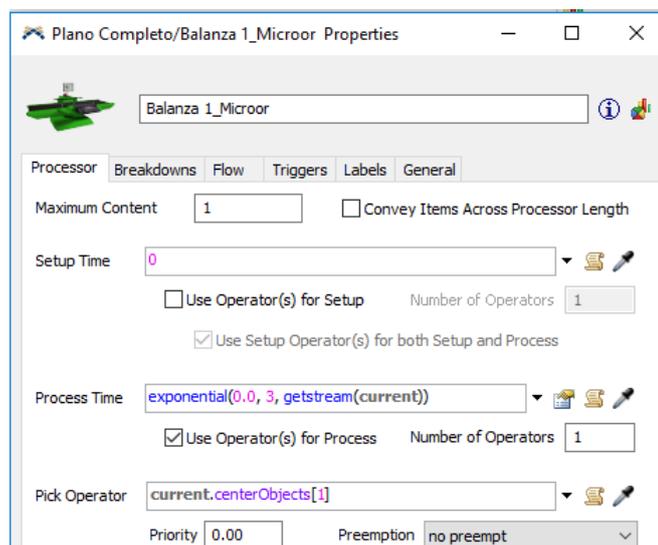


Figura 8-4: Operación de pesado
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El tiempo de las diferentes operaciones o actividades del proceso se estimaron en base a la capacidad de las diferentes máquinas y se utilizó una distribución Exponencial que permite distribuir los tiempos de espera en la simulación como se muestra en el ejemplo de la actividad de pesado en la figura 8-4.

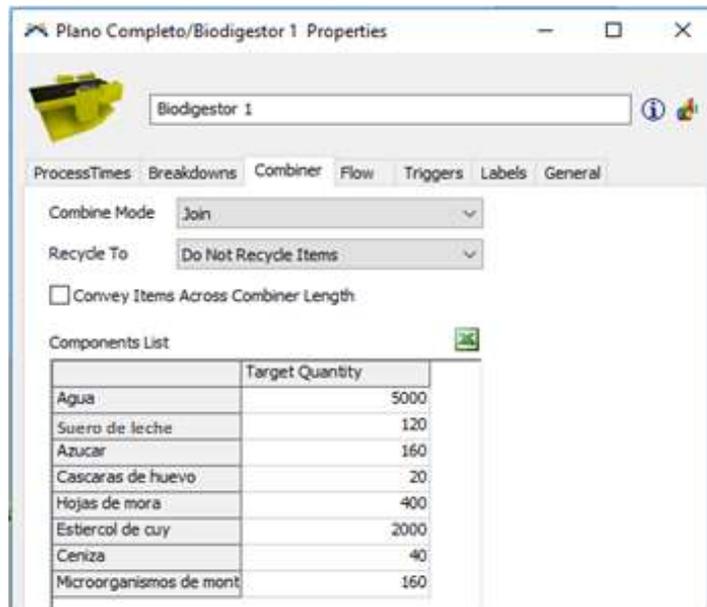


Figura 9-4: Combinación de las materias primas
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para representar la mezcla o combinación de todas las materias primas se utilizó la herramienta Combiner que permitió simular la operación de biodigestión con la cantidad requerida de cada materia prima como se muestra en la figura 9-4.

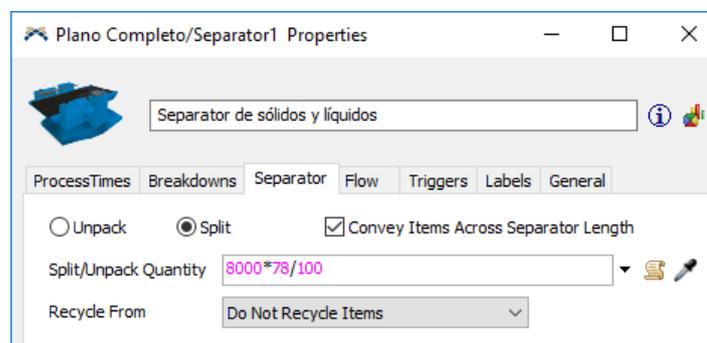


Figura 10-4: Separación del biol y biosol
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Para simular la separación del biol y biosol se utilizó la herramienta Separator, la expresión que determina la cantidad de biol a obtener se muestra en la figura 10-4, de este proceso se obtiene el 78% de biol y 22% de biosol.

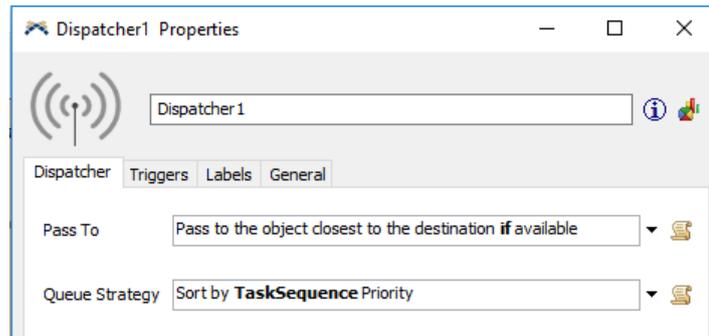


Figura 11-4: Gestión de los trabajadores
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El direccionamiento de los 2 trabajadores empleados en la simulación se realizó mediante la utilización de la herramienta Dispatcher, el cual permite dar la configuración necesaria para que los trabajadores realicen las actividades que están inmediatamente disponibles y considerando también cual es el trabajador que está más cerca de la actividad inmediata disponible, mediante la configuración que se muestra en la figura 11-4.

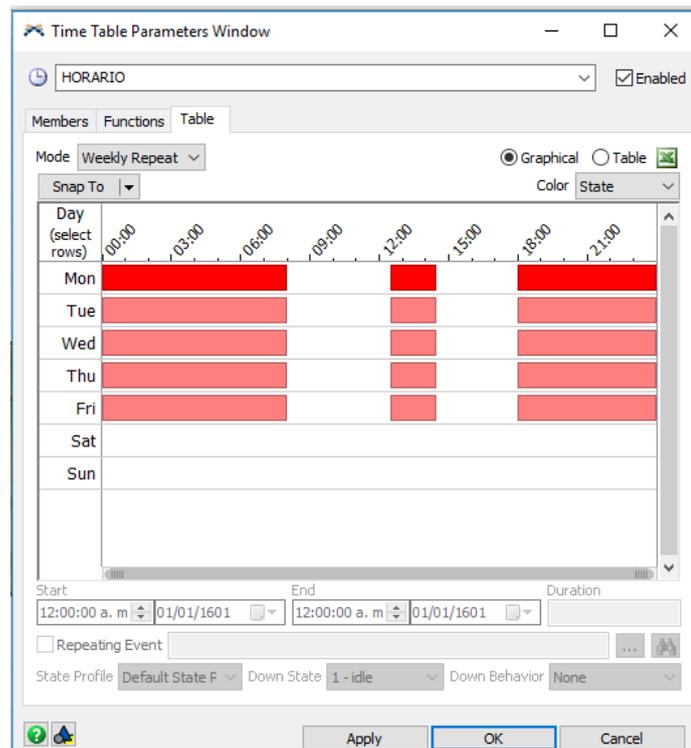


Figura 12-4: Horario de trabajo
 Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Se estableció el horario de trabajo para la simulación como se observa en la figura 12-4, donde las franjas rojas representan el tiempo en que los trabajadores no se encuentran realizando las actividades laborales, por lo tanto, el horario de trabajo establecido es de 08:00 a 12:30 y de 14:30 a 18:00.

4.5.1. Análisis de los resultados obtenidos de la ejecución de la simulación.

Cabe mencionar que la secuencia de llenado de los biodigestores es de 1 cada semana para la producción continua, obteniendo a partir del segundo mes la descarga de los biodigestores semanalmente.

4.5.1.1. Utilización de los operarios

Para la simulación, al tratarse de un proceso productivo en el cual se requiere un período de tiempo largo de biodigestión se realizó la simulación para un tiempo de 86400 minutos correspondiente a 2 meses de producción, en la cual se obtuvo los siguientes resultados:

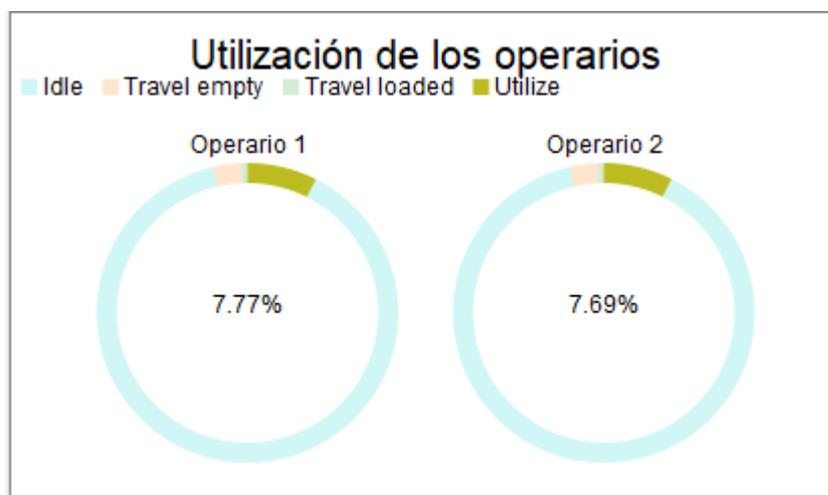


Gráfico 2-4: Utilización de los operarios
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Al finalizar el tiempo de ejecución de la simulación se obtuvo que el porcentaje de ocupación de los operarios 1 y 2 son 7.77% y 7.69%, esto es debido a que la mayoría del tiempo del proceso corresponde al tiempo del proceso de biodigestión, por lo que los operarios deben esperar necesariamente hasta que los biodigestores cumplan el tiempo estimado de biofermentación de 30 días aproximadamente, periodo en el cual los operarios tienen baja utilización.

4.5.1.2. Utilización de las máquinas

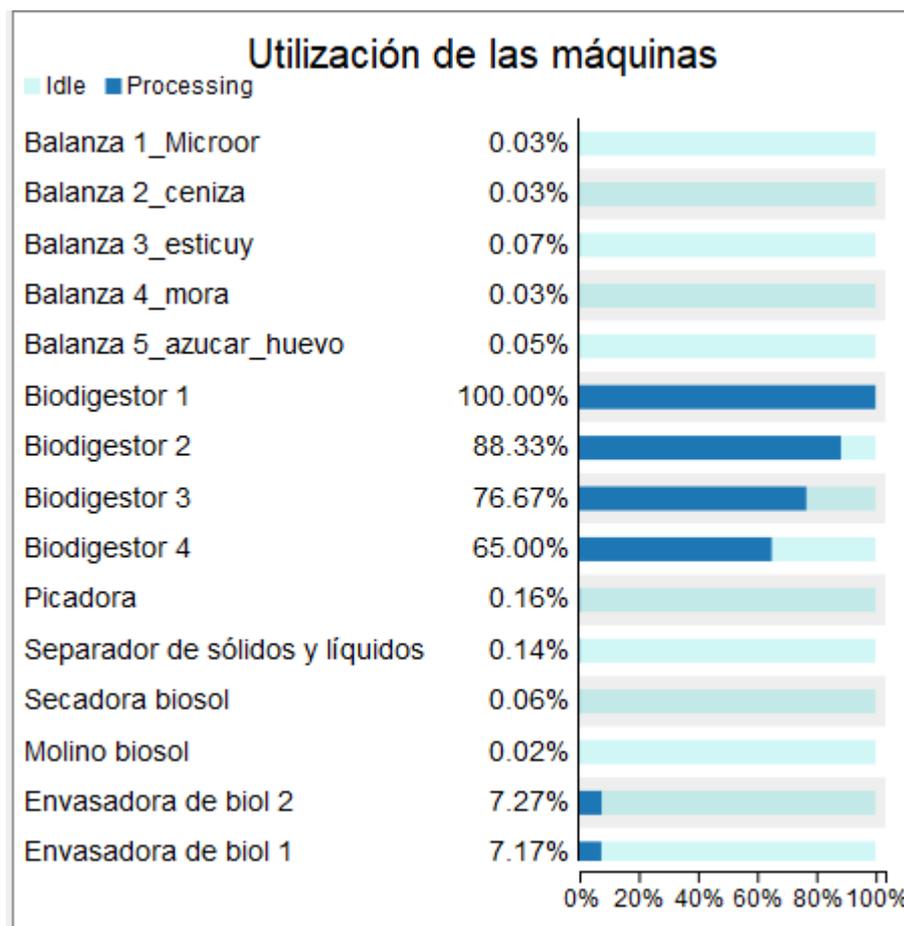


Gráfico 3-4: Utilización de las máquinas
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

En la gráfica de utilización de las máquinas, se puede observar que, a excepción de los biodigestores, los porcentajes de utilización de las demás máquinas son bajos durante el tiempo de simulación, debido a que la mayoría de máquinas únicamente trabajan cuando un biodigestor debe ser llenado o vaciado. Se debe considerar que la gráfica representa valores bajos debido a la relación con el tiempo elevado de simulación.

4.5.1.3. Cantidad de producto terminado obtenido

Cantidad de producto terminado		
Object	Input	Output
Plano Completo/Almacenamiento biol	24900.00	24900.00
Plano Completo/Almacenamiento final biosol	7040.00	7040.00

Gráfico 4-4: Total producto terminado
Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Mediante la simulación se determina que los 4 biodigestores están en capacidad de producir aproximadamente 24900 litros de BIOL mensualmente, comprobando que se puede satisfacer la demanda determinada en el estudio de mercado, la cual fue de 23167 litros de BIOL mensual. Por otra parte, se obtiene también 7040 kg de BIOSOL producto de los lodos residuales que puede ser empleado en la elaboración de compostaje.

4.6. Análisis económico/financiero

4.6.1. Estudio económico

Dentro del estudio económico se presentan los presupuestos que son necesarios para que la elaboración del biofertilizante, los componentes de estudio económico son los activos fijos, activos diferidos y capital de trabajo. Se detalla cada uno de estos en las siguientes tablas:

- **ACTIVOS FIJOS:**

Tabla 8-4: Costo de terreno

Descripción	V. Unitario	Cantidad	V. Total
Terreno	\$ 25	700 m2	\$17.500

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 9-4: Costos de infraestructura

INFRAESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Estructura de almacenamientos y galpón para maquinas	Estructura metálica / material y mano de obra	m2	500	\$ 30,00	\$ 15.000,00
Paredes exteriores e interiores, pisos y puertas	Paredes, pisos y puertas del galpón/ mano de obra	m2	500	\$ 47,00	\$ 23.500,00
Paredes exteriores e interiores, pisos y puertas área administrativa	Paredes - área administrativa y servicios	m2	50	\$47,00	\$ 2.350,00
Instalaciones Hidrosanitarias	Agua potable, desagües, aguas lluvias, accesorios	m2	500	\$12,00	\$ 6.000,00
Instalaciones Eléctricas	Electricidad, iluminación	m2	500	\$10,00	\$ 5.000,00
Acabados Interiores	Recubrimientos área administrativa y de servicios	m2	250	\$20,00	\$ 5.000,00
Áreas exteriores	Estacionamientos	m2	50	\$22,00	\$ 1.100,00
VALOR TOTAL					\$ 57.950,00
Valor por m2					\$ 115,9

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 10-4: Costo maquinaria

Maquinaria y equipos	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Picadora JF30P	1	\$1.593	\$1.593
Balanza	5	\$500	\$2.500
Biodigestor	4	\$20.000	\$80.000
Electrobomba centrifuga	6	\$90	\$540
Máquina envasadora dual	1	\$3.500	\$3.500
Máquina secadora	1	\$1.800	\$1.800
Molino	1	\$1.500	\$1.500
Tanque Rotoplas 10000 L	1	\$950	\$950
Tanque de acero inoxidable 200 L	1	\$350	\$350
Transportador de pallets	1	\$1.200	\$1.200
Separador de sólidos y líquidos	1	\$15.000	\$15.000
Pallets	5	\$5	\$25
Estufa de secado	1	\$340	\$340
Mufla	1	\$890	\$890
Espectrofotómetro	1	\$1.490	\$1.490
pH-metro	1	\$35	\$35
Conductímetro	1	\$13	\$13
TOTAL			\$111.726

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 11-4: Costos de equipos de oficina

Cantidad	Detalle	V. Unitario	V. Total
5	Computadora	\$ 800	\$ 4.000
2	Teléfono	\$ 50	\$ 100
5	Impresora	\$ 350	\$ 1.750
		Total	\$ 910

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 12-4: Costos de muebles y enseres

Cantidad	Detalle	V. Unitario	V. Total
5	Escritorios	\$ 150	\$ 750
1	Mesa para reuniones	\$ 250	\$ 250
5	Archivadores	\$ 150	\$ 750
10	Sillas	\$ 20	\$ 200
		Total	\$1.950

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 13-4: Costos Globales de Activos Fijos

Descripción	Valor
Terreno	\$17.500
Infraestructura	\$ 57.950,00
Maquinaria	\$111.726
Equipo de oficina	\$ 910
Muebles y enseres	\$1.950
Total	\$ 190.036

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 14-4: Depreciaciones de activos fijos

Descripción	Valor	Vida Útil años	% de depreciación	Valor residual	Depreciación anual
Infraestructura	\$ 57.950	20	5%	\$ 2897,5	\$ 2.752,63
Maquinaria	\$111.726	10	10%	\$ 11.172,6	\$ 10.055,34
Equipo de oficina	\$ 910	10	10%	\$ 91	\$ 81,9
Muebles y enseres	\$1.950	10	10%	\$ 195	\$175,5
Total					\$ 13.065,37

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

- **ACTIVOS DIFERIDOS:**

Tabla 15-4: Presupuesto de activos diferidos

Detalle	Valor
Gastos de constitución	\$ 800
Permisos del MAGAP	\$ 400
Elaboración proyecto	\$ 1.500
Instalaciones	\$ 2.000
Total	\$ 4.700

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

- **CAPITAL DE TRABAJO:**

Tabla 16-4: Costos de materia Prima

ITEM	Descripción	Cantidad anual	Valor unitario (Kg) y (L)	Valor total
1	Estiércol de cuy	96.000 kg	\$ 0,05	\$ 4.800
2	Hojas de mora picadas	19.200 kg	\$ 0,13	\$ 2.496
3	Microorganismos de montaña	7.680 kg	\$ 0,25	\$ 1.920
4	Azúcar morena.	7.680 kg	\$ 1	\$7.680
5	Cáscara de huevo	960 kg	\$ 0,10	\$ 96
6	Suero de leche	5.760 L	\$ 0,10	\$ 576
7	Ceniza	1.920 kg	\$ 0,15	\$ 288
8	Agua no potable	240.000 L	\$ 0.002	\$480
9	Envases plásticos	299.520 unidades	\$ 0.20	\$ 59.904
TOTAL				\$78.240

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 17-4: Costo de la mano de obra directa

Descripción	Cantidad	Valor mensual	Valor Anual
Operarios 1	1	\$ 400	\$ 4.800
Operarios 2	1	\$ 400	\$ 4.800
TOTAL			\$ 9.600

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 18-4: Costo de la mano de obra indirecta

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Anual
Inspector de calidad	1	\$ 600	\$ 7.200
Jefe de Producción	1	\$ 700	\$ 8.400
Contador	1	\$ 600	\$ 7.200
Secretaria	1	\$ 500	\$ 6.000
Vendedor	1	\$ 500	\$ 6.000
TOTAL			\$34.800

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 19-4: Costos de servicios Básicos

ITEM	Descripción	Valor mensual	Valor anual
1	Agua	\$ 20	\$ 240
2	Energía eléctrica	\$ 80	\$ 960
3	Teléfono	\$ 25	\$ 300
4	Internet	\$ 30	\$ 360
TOTAL		\$155	\$ 1.860

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 20-4: Presupuesto Capital de Trabajo

Descripción	Valor
Mano de obra directa	\$ 9.600
Mano de obra indirecta	\$34.800
Materia prima indirecta	\$78.240
Servicios básicos	\$ 1.860
Total	\$ 124.500

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

TOTAL INVERSIÓN DEL PROYECTO

Tabla 21-4: Presupuesto de la inversión total

Activo	Valor
Activos Fijos	\$ 190.036
Activos Diferidos	\$ 4.700
Capital de trabajos	\$ 124.500
Total	\$ 319.236

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La inversión total proviene de los presupuestos en activos fijos, activos diferidos, capital de trabajo que da un total de \$ 319.236 para que la organización pueda iniciar sus actividades productivas.

4.6.2. Estudio financiero

Para poner en funcionamiento la planta procesadora de biofertilizante orgánico se requiere una inversión inicial de \$ 319.236 de este monto se espera que el 50% sea cubierto por los socios y 50% mediante la solicitud de un crédito a la Corporación Financiera Nacional, entidad pública que otorga créditos para el sector agropecuario.

Tabla 22-4: Financiamiento de la inversión

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Aporte propio	\$ 159.618	50%
Aporte de crédito	\$ 159.618	50%
Total	\$ 319.236	100%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La amortización se estima a un plazo de 5 años, a una tasa de 12% de interés anual y pagos anuales, que se deberán realizar a la Corporación Financiera Nacional.

Tabla 23-4: Amortización del préstamo del CFN

Crédito	\$ 159.618,00	Plazo	5 años		
Tasa anual	12%	Cuota anual	\$44,279.59		
Años	Saldo Anterior	Cuota anual	Capital	Interés	Saldo Final
0	\$159.618,00				\$ 159,618.00
1		\$44,279.59	\$25,125.43	\$ 19,154.16	\$ 134,492.57
2		\$44,279.59	\$28,140.48	\$ 16,139.11	\$ 106,352.10
3		\$44,279.59	\$31,517.34	\$ 12,762.25	\$ 74,834.76
4		\$44,279.59	\$35,299.42	\$ 8,980.17	\$ 39,535.35
5		\$44,279.59	\$39,535.35	\$ 4,744.24	\$ 0,00

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 24-4: Presupuesto de Ingresos

Años	Costo unitario	Margen de Utilidad	Precio de venta	Demanda anual proyectada (Litros)	Ingreso Total Anual
1	\$0,45	45%	\$0,82	264.994	\$217.219,08
2	\$0,45	45%	\$0,82	270.048	\$221.439,36
3	\$0,45	45%	\$0,82	275.036	\$225.529,52
4	\$0,45	45%	\$0,82	280.327	\$229.869,14
5	\$0,45	45%	\$0,82	285.708	\$234.280,6
6	\$0,45	45%	\$0,82	291.044	\$238.656,08

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 25-4: Total costos fijos

ITEM	Descripción	Valor
1	Depreciaciones	\$837.97
2	Mano de obra directa	\$ 800
3	Mano de obra indirecta	\$ 2900
TOTAL		\$ 4537.97

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Tabla 26-4: Total costos variables

ITEM	Descripción	Valor
1	Materia prima	\$ 6520
2	Servicios básicos	\$155
TOTAL		\$ 6675

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El flujo de caja es un estado financiero básico que muestra cambios en la situación financiera, a través de la variación del efectivo debido a los ingresos y egresos que se generan por la actividad propia de la empresa. En este caso el flujo de caja de ha proyectado para un horizonte de evaluación de cinco años.

Tabla 27-4: Flujo de caja proyectada

DETALLE	0	1	2	3	4	5
Ventas	\$ 217,219.08	\$ 221,439.36	\$225,529.52	\$229,869.14	\$234,280.60	\$238,656.08
Créditos	\$159,618.00					
Capital propio	\$ 159,618.00					
Total Ingresos	\$319,236.00	\$ 221,439.36	\$225,529.52	\$229,869.14	\$234,280.60	\$238,656.08
Activo fijo	\$190,036.00					
Activo diferido	\$4,700.00					
Capital de trabajo	\$124,500.00					
Presupuesto de operaciones		\$ 134,555.64	\$134,555.64	\$141,283.42	\$148,347.59	\$155,764.97
(-) Depreciaciones		\$ 13,065.37	\$13,065.37	\$13,065.37	\$13,065.37	\$13,065.37
Total, egresos		\$ 121,490.27	\$ 121,490.27	\$ 128,218.05	\$ 135,282.22	\$142,699.60
Flujo caja	\$ 319,236.00	\$99,949.09	\$104,039.25	\$ 101,651.09	\$98,998.38	\$95,956.48

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Una vez obtenido los flujos de caja proyectados se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR):

Tabla 28-4: Cálculo del VAN y TIR

Tasa de descuento	12%
VAN	\$42,660.49
TIR	17%

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

Criterios de decisión:

Tabla 29-4: Criterio de aceptación VAN

Valor	Significado	Decisión
$VAN < 0$	La inversión genera ganancias por debajo de la tasa de rentabilidad TIR	No se acepta el proyecto ya que no tendrá ningún beneficio
$VAN = 0$	La inversión no genera ni ganancias ni pérdidas	No se acepta el proyecto ya que no tendrá ningún beneficio
$VAN > 0$	La inversión genera ganancias por encima de la tasa de rentabilidad TIR	El proyecto debe ser aceptado

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El valor del VAN obtenido fue $\$42,660.49 > 0$, por lo tanto, el proyecto debe ser aceptado.

Tabla 30-4: Criterio de aceptación TIR

Valor	Significado	Decisión
TIR < Tasa de descuento	La rentabilidad que se genera es menor a la requerida	El proyecto debe ser rechazado
TIR = Tasa de descuento	La rentabilidad que produce no genera ni ganancias ni pérdidas	El proyecto es indiferente
TIR > Tasa de descuento	La inversión genera ganancias por encima de la tasa de rentabilidad TIR	El proyecto debe ser aceptado

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

La Tasa Interna de Retorno obtenida fue 17% > 12%, por lo tanto, el proyecto debe ser aceptado. El proyecto es viable ya que indica una buena rentabilidad.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DEL CAPITAL

Tabla 31-4: Criterio de aceptación VAN

Años	Inversión	Flujo neto	Flujo acumulado
0	\$ 319,236.00		
1		\$ 99,949.09	\$ 99,949.09
2		\$ 104,039.25	\$ 203,988.34
3		\$ 101,651.09	\$ 305,639.43
4		\$ 98,998.38	\$ 404,637.80
5		\$ 95,956.48	\$ 500,594.28

Realizado por: Siza Isaac y Sailema Edwin, 2022

El período de recuperación es el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial del proyecto para esto se aplicó la siguiente fórmula:

$$PRC = \text{Año anterior a cubrir inversión} + \frac{\text{Inversión} - \sum \text{primeros flujos}}{\text{Flujo de año que supera la inversión}}$$

$$PRC = 3 + \frac{\$ 319,236.00 - \$ 305,639.43}{\$ 98,998.38}$$

$$PRC = 3.14 \text{ años}$$

CONCLUSIONES

- Se determinó la ubicación de la planta productora de biofertilizante en base a la presencia de los principales factores que intervienen en el proceso productivo mediante el método de ponderación de factores, estableciendo la macrolocalización en la provincia de Tungurahua y la microlocalización en el cantón Tisaleo por las condiciones más favorables en relación a la presencia de materia prima, accesibilidad, servicios básicos, condiciones climatológicas y mano de obra disponible.
- Se realizó el diseño 3D de la planta de producción considerando los parámetros de dimensionamiento y seguridad mediante el software Solid Works, obteniendo que para la ubicación de las diferentes máquinas y el correcto desplazamiento de los trabajadores en la planta es necesario disponer de un espacio mínimo de trabajo de $496.97 m^2$.
- En base al punto de equilibrio se estableció el tipo de distribución óptimo para la planta, obteniendo que la cantidad de equilibrio es 12244 litros y es menor a la cantidad de producción mensual de 24960 litros, por lo tanto, el tipo de distribución adecuada para la planta de producción de biofertilizante es la distribución lineal, y se ubicó los puestos de trabajo mediante el diagrama de actividades en base al análisis de movimientos y relación entre puestos de trabajo.
- Se realizó la simulación del proceso productivo mediante el software Flexsim para un tiempo de 86400 minutos que corresponde a 2 meses, empleando 2 operarios que realizan las actividades para la elaboración del biofertilizante, obteniendo como resultados que la utilización promedio de los operarios es del 7.8%, y la cantidad de promedio de biol que se puede producir mensualmente es de 24900 litros de biol, cantidad suficiente para satisfacer la demanda mensual de 23167.

RECOMENDACIONES

- En base a la presencia de residuos sólidos (BIOSOL) obtenidos del proceso, se debe considerar plantear un estudio para la elaboración de compost utilizando este recurso para darle un valor agregado.
- Respetar la designación de los puestos de trabajo y el tipo de distribución, para desarrollar las labores productivas de una forma simplificada y económicamente factible.
- En base a la existencia de nuevos criterios de distribución de los puestos de trabajo, realizar una simulación del proceso mediante el software Flexsim para determinar la factibilidad de realizar cambios en el proceso.

GLOSARIO

Biodigestión anaeróbica: La Biodigestión o Digestión Anaeróbica, consiste en un proceso biológico complejo, el cual es desarrollado por microorganismos anaerobios, es decir, que trabajan en ausencia de oxígeno transformando la materia orgánica (residuos domésticos, estiércoles, efluentes industriales, restos de cosechas, etc.) (Reyes Aguilera, 2017)

Biomasa: La biomasa es, por tanto, materia orgánica utilizada como fuente energética. En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. (Félix Herrán et al., 2008)

Biol: El Biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio. El biol es un producto estable biológicamente, rico en nutrientes y una baja carga de patógenos. (Espinoza Rodríguez)

Biosol: El biosol es el segundo efluente de salida del biodigestor. El biosol presenta una cantidad bastante equilibrada de nutrientes los cuales influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, es un producto de uso orgánico que ayuda a fortalecer las plantas. (Espinoza Rodríguez)

Biogás: El biogás es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico). (Espinoza Rodríguez)

Sustrato: Un sustrato se considera la materia sólida que interviene en el proceso de biodigestión. El sustrato puede incluir materiales bióticos o abióticos. Por ejemplo, leguminosas, residuos orgánicos, etc. (Soto & Meléndez Celis, 2004)

Gasómetro: Lugar donde se almacena el biogás proveniente del proceso de biodigestión. (Larco, 2004)

BIBLIOGRAFIA

BALDERRABANO BRIONES, J., et al. *Calidad e innovación en los procesos productivos*. [En línea]. México: Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C., 2018. [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible en: <http://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2019/03/Calidad-e-Innovacio%CC%81n-06-7.pdf#page=29>.

BARRERA, V.H., et al. "Tipificación de los productores de mora de Ecuador para optimizar sus estrategias de medios de vida". *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP*. [En línea], 2017. (Ecuador), p.2. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4660>

CANO HERNÁNDEZ, M., et al. "Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas". *Agrociencia* [En línea], 2016. (México) vol. 50, no. 4, pp. 471-479. [Consulta: 29 Julio 2021] ISSN 1405-3195. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952016000400471&lng=es&nrm=iso&tlng=es

CÁRDENAS CASTILLO, Y.Y. Evaluación agronómica y fenología de dos clones de mora sin espinas (*Rubus glaucus* Benth) para determinar su potencial comercial. Tumbaco, Ecuador. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Quito. 2013. pp.4-5. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1005>

CARDONA CASTELBLANCO, S. y HERNÁNDEZ RÍOS, L.J. 2008. Aprovechamiento de residuos de podas mediante compostaje en la escuela Militar de Aviación «Marco Fidel Suárez» [en línea] (Trabajo de titulación). (Administrador ambiental) Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia. 2008. p.13. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <http://red.uao.edu.co/handle/10614/6399>

CASACA, Á.D. El Cultivo de la Mora (Parte I). [Blog]. Costa rica, 2020. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_mora_parte_i.asp

CORTEZ GÓMEZ, L.E. "Factores determinantes para la toma de decisión de la ubicación de la empresa Senbox". [En línea], 2017, (Machala--Ecuador), p.7. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10880>

COYACHAMÍN CHILIQINGA, J.F. 2020. Diseño de un biorreactor para la obtención de compost a partir de hojas de mora y estiércol de cuy para el grupo de investigación ENAMPDOD de la Facultad de Mecánica. (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2020.

CUATRECASAS ARBÓS, L. 2017. *Ingeniería de procesos y de planta: ingeniería lean* [en línea]. Barcelona-España: Profit Editorial. 2017. ISBN 978-84-16904-00-6. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: <https://todoproyecto.files.wordpress.com/2020/08/ingenieria-de-procesos-y-de-planta-ingenieria-lean-lluis-cuatrecasas.pdf>

EL COMERCIO. Cuatro tipos de moras tiene el país. El Comercio [Blog]. Ecuador, 2011. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/cuatro-tipos-de-moras-pais.html>.

ESPINOZA BURGOS, W.E. Estudio de factibilidad para la creación de una planta productora de abono orgánico. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2014. p.5. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4386>

ESPINOZA RODRÍGUEZ, J.M. Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de abonos en base a desechos orgánicos, para la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad Nacional de Loja, Ecuador. 2013. pp.2-4. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/6272>

FÉLIX HERRÁN, J.A; et al. "Importancia de los abonos orgánicos". *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*. [En línea], 2008, (México), ISSN 1665-0441. pp. 58-62. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art%5b1%5d%204%20Abonos.pdf>

FUERTES ALARCÓN, V. *Ingeniería de plantas*. Riobamba-Ecuador, 2018, pp. 10-13.

GALARZA, D., et al. *El cultivo de la mora en el Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Fruticultura, 2016. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4878>

GALLEGOS CHILQUINGA, T.F. Obtención de biol a partir de residuos vegetales y animales en un bioreactor comercial. (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021.

LARCO, E., "Preparación de lixiviados de compost y lombricompost". *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* [En línea], 2004, (Costa Rica) No. 73 p.80. [Consulta: 26 abril 2021]. ISSN 1659-0082. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:80/handle/11554/6694>

MEJÍA PINO, D.J. y ALVAREZ OCHOA, M.V., Diseño de una planta para el procesamiento de compost a base de lechuguín. [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. 2013. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/25150>

MEZA URDIALEZ, A.J., El sistema de comercialización y su influencia en la competitividad de la cooperativa "COPRACUY" de la provincia de Tungurahua en el período 2016. [En línea], (Trabajo de titulación), (Maestría). Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato-Ecuador. 2017. p.67. [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/408>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, *Boletín situacional mora*. [Blog]. Ecuador, 2019. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/frutas/mora>

MORENO TERÁN, H.L. Evaluación de la altura optima de poda de formación en el cultivo de mora de castilla (*Rubus glaucus bent*), en el cantón Pimampiro, provincia de Imbabura [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. 2012. pp.7-8. [Consulta: 2021-04-16]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/462>

NEGRO, M.J., et al. "Producción y gestión del compost". [En línea], 2000, (España), p.1 [Consulta: 26 abril 2021]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/16792>

PONTÓN SIGCHA, R.D., Diseño de un Sistema para la Obtención de Biol Mediante los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en el Cantón Joya de los Sachas. [En línea], (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2011. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/681>

REYES AGUILERA, E.A. "Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos". *Revista Científica de FAREM-Estelí*, [En línea], 2017. no. 24, pp. 74-75. [Consulta: 15 agosto 2021]. ISSN 2305-5790. Disponible en: <https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/5552>

RUS ARIAS, E. Costo de producción. [Blog]. 2020 [Consulta: 5 noviembre 2021]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/costo-de-produccion.html>.

SALAS BACALLA, J., *Tipos básicos de distribución de planta*. [Blog]. 2008 [Consulta: 29 julio 2021]. Disponible en: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v01_n2/tipos.htm

SALAZAR LÓPEZ, B. *Métodos de Distribución y Redistribución en planta*. [Blog]. 2019 [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disen-y-distribucion-en-planta/metodos-de-distribucion-y-redistribucion-en-planta/>.

SOTO, G. y MELÉNDEZ CELIS, G. "Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos". *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. [En línea], 2004, (Costa Rica), No. 72, p. 91. [Consulta: 19 abril 2021]. Disponible en: <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/318>

VILLANUEVA CASTRILLÓN, J. 2008. "La simulación de procesos, clave en la toma de decisiones". *DYNA ingeniería e industria*. [En línea], 2008, vol. 83, no. 4, pp. 2212-223. ISSN 0012-7361. [Consulta: 21 abril 2021]. Disponible en: <https://www.revistadyna.com/busqueda/la-simulacion-de-procesos-clave-en-toma-de-decisiones>

ANEXOS

ANEXO A: MODELO DE ENCUESTA APLICADA

ENCUESTA PARA LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DEL CANTÓN TISALEO

La presente encuesta tiene el objetivo de conocer el criterio de los productores agrícolas del cantón Tisaleo en relación al consumo de fertilizantes o abonos orgánicos.

Parroquia:..... **Actividad:**.....

Marque con una x la respuesta que considere pertinente:

1. ¿Compra usted abono orgánico para sus cultivos?

Sí () No ()

2. ¿Qué tipo de abono compra para sus cultivos?

Sólidos () Líquido ()

3. ¿Qué tipo de abono orgánico adquiere usted para sus cultivos?

- **Compost:** Abono sólido obtenido mediante un proceso de descomposición de desperdicios orgánicos ()
- **Biol:** Abono líquido foliar que incrementa y estimula el óptimo crecimiento obtenido mediante un proceso de biofermentación) ()
- **Humus:** Abono orgánico natural que se crea a partir de la descomposición de materias orgánicas presentes en la capa superficial de un suelo. ()
- **Estiércol de animales** ()
- **Otros** () Especifique.....

4. ¿Qué aspectos usted considera más importantes al momento de comprar el abono?

El precio () La cantidad () La calidad () La presentación ()
La marca () La disponibilidad en el mercado ()

5. ¿Dónde compra usted el abono regularmente?

Almacenes Agropecuarios locales () Almacenes agropecuarios de otros cantones ()
Otros () Especifique.....

6. **¿Con que frecuencia compra usted abono orgánico?**

Cada mes () Cada 3 meses () cada 6 meses () Cada año ()

7. **Si se creara una empresa productora de BIOL en el cantón Tsaleo, ¿estaría usted dispuesto a comprar este producto?**

Si () No ()

8. **¿Qué cantidad de BIOL estaría dispuesto a comprar trimestralmente, estimando que aproximadamente 2 litros de biol deben ser mezclado con 18 litros de agua para abastecer una mochila de fumigación 20 litros?**

De 1 a 5 litros () De 5 a 10 litros () De 10 a 20 litros ()
De 20 a 50 litros () Más de 50 litros ()

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO B: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

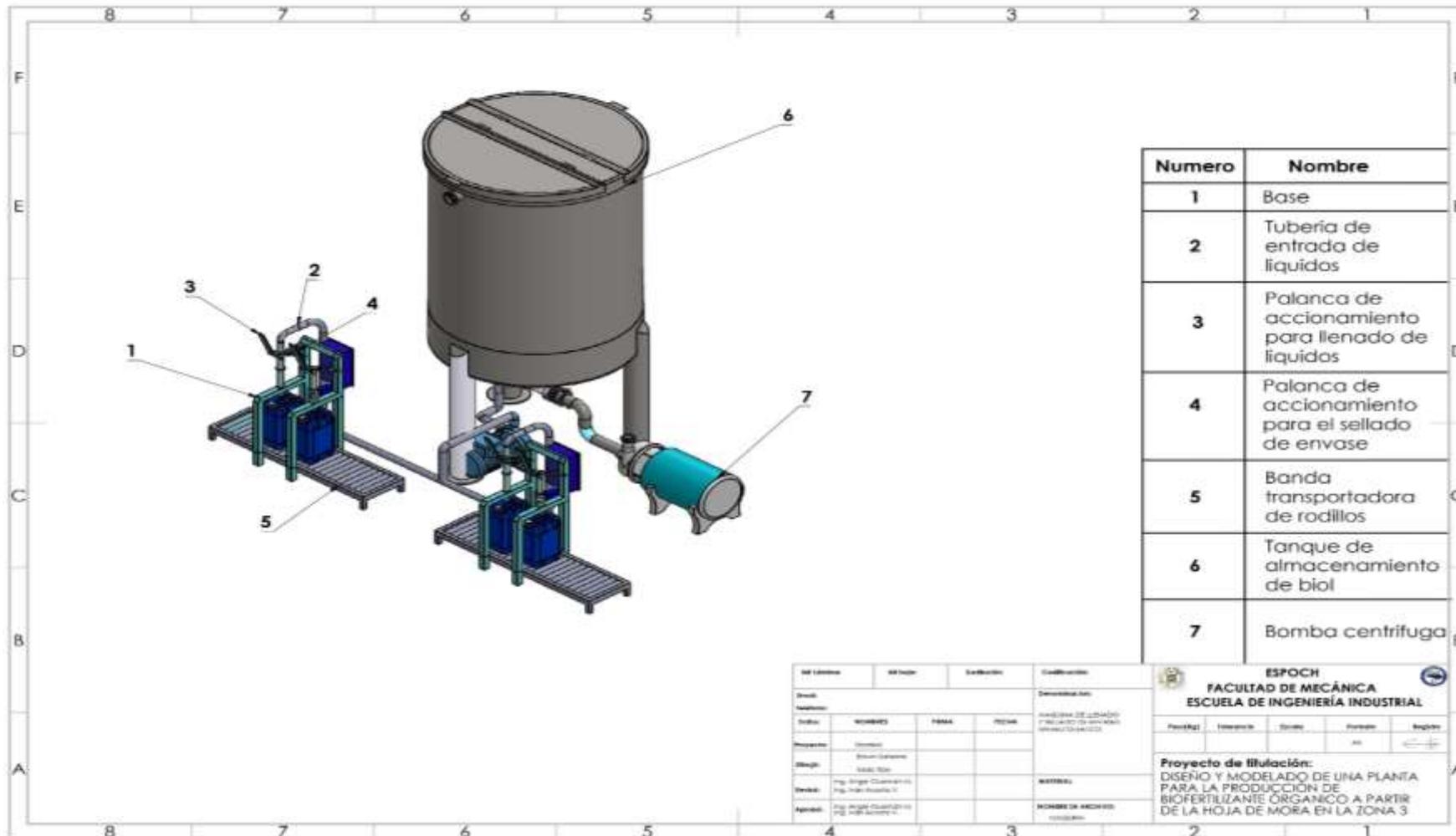


ANEXO D: SEPARADOR DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

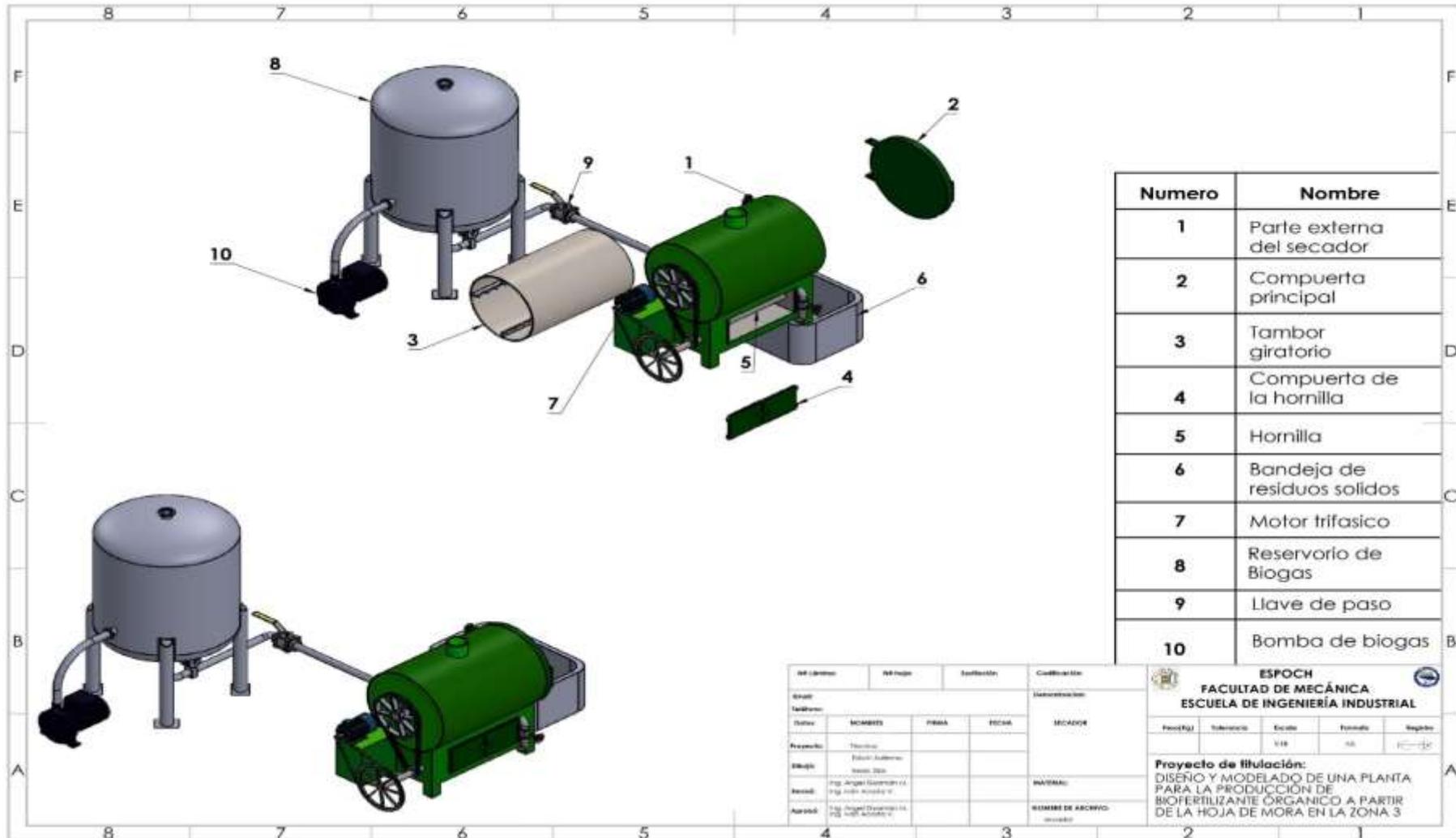
Numero	Nombre
1	Oscilador
2	Entrada insumos a separar
3	Moto-reductor
4	Tornillo sinfin
5	Criba
6	Salida de prensa
7	Regulador de expulsion
8	Vertedero fase liquida
9	Contrapesos
10	Motor trifasico
11	Bomba centrifuga
12	Tuberia de transporte de biofermentacion
13	Tuberia de transporte de fase liquida
14	Bandeja de almacenamiento de fase solida

Elaborado	Revisado	Verificado	Coordinado
ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
Proyecto de titulación: DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3.			

ANEXO E: MÁQUINA ENVASADORA



ANEXO F: MÁQUINA SECADORA



Numero	Nombre
1	Parte externa del secador
2	Compuerta principal
3	Tambor giratorio
4	Compuerta de la hornilla
5	Hornilla
6	Bandeja de residuos solidos
7	Motor trifasico
8	Reservorio de Biogas
9	Llave de paso
10	Bomba de biogas

Alumno	Apellido	Expediente	Codificación
Nombre	Apellido	PRIMA	FECHA
Proyecto	Nombre		
Diseño	Apellido		
Revisó	Ing. Angel Guzman S.A.		
Aprobó	Ing. Angel Guzman S.A.		

ESPOCH
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Periodo	Tolerancia	Escala	Formato	Región
VII		1:1	A4	

Proyecto de titulación:
 DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3

ANEXO G: MOLINO/TRITURADORA

Numero	Nombre
1	Entrada de solidos a moler
2	Salida de solidos molidos
3	Tambor principal
4	Motor trifasico

SE	SE	SE	SE	SE
SE	SE	SE	SE	SE
SE	SE	SE	SE	SE
SE	SE	SE	SE	SE
SE	SE	SE	SE	SE
SE	SE	SE	SE	SE

ESPOCH					
FACULTAD DE MECÁNICA					
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL					
Nombre	Apellido	Fecha	Paralelo	Instituto	

Proyecto de titulación:
DISEÑO Y MODELADO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO A PARTIR DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3.

ANEXO H: DISEÑO EN 3D EN SOLIDWORK DE LA PLANTA DE BIOFERTILIZANTE A PARTIR DE LA HOJA DE MORA EN LA ZONA 3.

https://drive.google.com/file/d/1aaCQ85mU8zgcjQ_whbNq0zPLwHAc4g06/view?usp=sharing

ANEXO I: SIMULACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL SOFTWARE FLEXSIM.

https://drive.google.com/file/d/1w6zyPbn1mGZ2uJ3I_aIN-BwJS7zEdEQ_/view?usp=sharing

ANEXO J: DOCUMENTOS VARIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE TITULACION.

<https://drive.google.com/file/d/15Ubehm1cgKk6WCIfOR6llbCcNeyxfhOQ/view?usp=sharing>

ANEXO K: VIDEOS DEL SOLIDWORKS Y LA SIMULACION EN FLEXSIM.

<https://www.youtube.com/watch?v=U4FIQ1dju1U>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZLAI-xdDsIw>