



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA  
FACTIBILIDAD DE LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BIOFERTILIZANTE  
ORGÁNICO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

**ADRIAN ANTONIO PÉREZ AGUALONGO**

**MAYKEL ISRAEL CUEVA OCHOA**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA  
FACTIBILIDAD DE LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BIOFERTILIZANTE  
ORGÁNICO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTORES: ADRIAN ANTONIO PÉREZ AGUALONGO**

**MAYKEL ISRAEL CUEVA OCHOA**

**DIRECTOR: ING. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE**

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Adrián Antonio Pérez Agualongo, Maykel Israel Cueva Ochoa**

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 Autores.

Nosotros Adrian Antonio Pérez Agualongo, Maykel Israel Cueva Ochoa, declaramos que el presente trabajo de titulación 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 titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de marzo de 2022



**Adrian Antonio Pérez Agualongo**  
**025000920-6**



**Maykel Israel Cueva Ochoa**  
**230029773-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **DISEÑO DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA FACTIBILIDAD DE LA CREACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BIOFERTILIZANTE ORGÁNICO**, realizado por los señores: **ADRIAN ANTONIO PÉREZ AGUALONGO, MAYKEL ISRAEL CUEVA OCHOA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b> (año-mes-día)
Ing. Julio César Moyano Alulema <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-03-14
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-03-14
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>		2022-03-14

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, que por su gracia nos ha permitido completar una etapa tan importante en nuestra formación profesional, a nuestros padres que han sido pilares fundamentales en la construcción de nuestros valores, que con su cariño y apoyo incondicional han sembrado en nuestra vida la semilla de perseverancia para alcanzar nuestras metas.

A nuestros maestros que han formado parte de toda nuestra vida académica aportando cada uno su pequeño granito de arena que hoy en día se ve reflejado en cada uno de los logros que vamos alcanzando.

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de alcanzar una profesión y poder aportar a la sociedad con ética y esmero.

A los ingenieros que desde su experiencia y su paciencia nos formaron como futuros ingenieros industriales.

A toda nuestra familia que gracias a su apoyo y comprensión en cada una de las etapas de este gran logro.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

## CAPITULO I

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2</b>	<b>Problemática.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4</b>	<b>Alcance.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1</b>	<i>Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
<b>1.5.2</b>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
<b>1.6</b>	<b>Marco Teórico Conceptual.....</b>	<b>5</b>
<b>1.7</b>	<b>Complejos industriales.....</b>	<b>5</b>
<b>1.7.1</b>	<i>Complejos industriales.....</i>	<i>5</i>
<b>1.7.2</b>	<i>Diseño de plantas industriales.....</i>	<i>5</i>
<b>1.8</b>	<b>Análisis y localización de la planta.....</b>	<b>6</b>
<b>1.8.1</b>	<i>Localización de la planta.....</i>	<i>6</i>
<b>1.8.2</b>	<i>Método de ponderación de factores.....</i>	<i>6</i>
<b>1.8.3</b>	<i>Factores que intervienen en la localización de planta.....</i>	<i>6</i>
<b>1.8.4</b>	<i>Aplicación de la metodología de factores ponderados.....</i>	<i>8</i>



1.8.5	<i>Elección final del sitio</i> .....	8
1.8.6	<i>Método de Brown y Gibson</i> .....	9
1.8.7	<i>Factores críticos</i> .....	9
1.8.8	<i>Factor Objetivo (F.O)</i> .....	9
1.8.9	<i>Factor subjetivo (F.S)</i> .....	9
1.9	<b>Capacidad instalada</b> .....	10
1.9.1	<i>Capacidad instalada de una planta industrial</i> .....	10
1.10	<b>Importaciones de biofertilizantes al Ecuador</b> .....	11
1.11	<b>Importaciones de fertilizantes químicos en el Ecuador</b> .....	11
1.12	<b>Estimación de la demanda para la capacidad instalada.</b> .....	12
1.12.1	<i>Descripción de la capacidad instalada (CI)</i> .....	12
1.13	<b>Distribución de Planta</b> .....	14
1.13.1	<i>Distribución de planta por proceso o función</i> .....	14
1.13.2	<i>Distribución de planta por producto o en serie</i> .....	15
1.13.3	<i>Metodología SLP (Systematic Layout Planning)</i> .....	16
1.14	<b>Proceso Industrial</b> .....	17
1.14.1	<i>Diseño del proceso industrial</i> .....	18
1.14.2	<i>Representación gráfica del proceso</i> .....	18
1.15	<b>Logística de Aprovisionamiento.</b> .....	19
1.15.1	<i>Áreas de almacenamiento</i> .....	20
1.15.2	<i>Distribución de materias primas a las áreas</i> .....	20
1.16	<b>Biofertilizantes</b> .....	20
1.17	<b>Biodigestor</b> .....	21
1.17.1	<i>Parámetros a considerar en la ubicación del Biodigestor</i> .....	22
1.17.2	<i>Tipos de Biodigestores</i> .....	22
1.17.3	<i>Características generales de un biodigestor</i> .....	23
1.17.4	<i>Parámetros necesarios para el diseño de un biodigestor</i> .....	23
1.17.5	<i>Biodigestión anaeróbica</i> .....	24
1.18	<b>Métodos Experimentales</b> .....	24

1.18.1	<i>Factores que intervienen el diseño experimental</i> .....	25
1.18.2	<i>Diseño factorial Mixto</i> .....	25
1.19	<b>Máquinas y Equipos</b> .....	28
1.19.1	<i>Mezcladora Industrial de eje sencillo</i> .....	28
1.19.2	<i>Molino de martillos</i> .....	30
1.19.3	<i>Biodigestor</i> .....	31
1.19.4	<i>Tuberías</i> .....	32
1.19.5	<i>Transportador tornillo sin fin de canal</i> .....	33
1.19.6	<i>Bombas trituradoras centrífugas</i> .....	34
1.19.7	<i>Sistema de filtrado de separación</i> .....	35
1.19.8	<i>Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna</i> .....	36
1.19.9	<i>Dosificadora</i> .....	37
1.19.10	<i>Ensacadora saco boca abierta</i> .....	38
1.20	<b>Simulación del proceso</b> .....	39
1.21	<b>Software CAD para diseños</b> .....	39

## CAPITULO II

2	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	41
2.1	<b>Caracterización del proyecto</b> .....	41
2.2	<b>Ubicación de la planta</b> .....	41
2.2.1	<i>Macrolocalización</i> .....	41
2.2.2	<i>Método de Factores Ponderados (Macrolocalización)</i> .....	43
2.2.3	<i>Método de factores ponderados (Microlocalización)</i> .....	43
2.2.4	<i>Método de Brown y Gibson (Microlocalización)</i> .....	44
2.3	<b>Ubicación geográfica</b> .....	46
2.4	<b>Estimación de la demanda potencial de fertilizante para la zona 3 del Ecuador</b> .	46
2.5	<b>Estimación de la demanda real para la planta industrial</b> .....	55
2.6	<b>Tipo de presentación del biofertilizante</b> .....	56

2.6.1	<i>Carga máxima en Kg según el género y edad</i> .....	56
2.7	<b>Diseño de la capacidad Instalada</b> .....	57
2.7.1	<i>Disponibilidad del recurso humano en horas laborales mensuales</i> .....	57
2.7.2	<i>Capacidad de la maquinaria y equipos</i> .....	58
2.7.3	<i>Capacidad instalada máxima de la planta</i> .....	60
2.7.4	<i>Capacidad real utilizada de la planta</i> .....	61
2.8	<b>Distribución de Planta (Método SLP)</b> .....	62
2.8.1	<i>Tabla relacional de actividades</i> .....	63
2.8.2	<i>Diagrama relacional de actividades (Representación Nodal)</i> .....	64
2.9	<b>Diagrama flujo de procesos</b> .....	66
2.10	<b>Secuencia de producción de biofertilizante</b> .....	67
2.11	<b>Diagrama de recorrido de la materia prima</b> .....	69
2.12	<b>Representación gráfica de la planta</b> .....	70
2.12.1	<i>Layout 2D</i> .....	70
2.12.2	<i>Layout 3D</i> .....	70
2.12.3	<i>Diseño de la planta 3D</i> .....	74
2.13	<b>Logística de aprovisionamiento</b> .....	78
2.13.1	<i>Hojas de mora con tallo</i> .....	78
2.13.2	<i>Estiércol animal (Vacuno) y suero de leche.</i> .....	80
2.13.3	<i>Melaza, cascaras de huevos, levadura sal y ceniza.</i> .....	81
2.13.4	<i>Cadena de suministro de la planta de Biofertilizante</i> .....	82
2.13.5	<i>Mapa del sector de Tisaleo</i> .....	82
2.14	<b>Análisis de producción de biofertilizante</b> .....	83
2.14.1	<i>Investigación experimental</i> .....	86
2.15	<b>Simulación en FlexSim</b> .....	93
2.15.1	<i>Relación equivalente de la materia prima a parámetros del software</i> .....	96
2.15.2	<i>Relación equivalente de los tiempos de operación de cada máquina a elementos del software</i> .....	100

## CAPITULO III

<b>3</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>103</b>
<b>3.1</b>	<b>Demanda potencial estimada de biofertilizantes en la Zona 3 .....</b>	<b>103</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Demanda real utilizada en la planta industrial .....</i>	<b>103</b>
<b>3.2</b>	<b>Capacidad máxima de la planta de biofertilizante.....</b>	<b>104</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Capacidad real de la planta utilizada .....</i>	<b>104</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Pronóstico de la demanda para tres años posteriores.....</i>	<b>105</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Tiempos de producción .....</i>	<b>106</b>
<b>3.3</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos experimentales en MINITAB de prueba. ....</b>	<b>107</b>
<b>3.4</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos de laboratorio (Biofertilizante).....</b>	<b>113</b>
<b>3.5</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos en FlexSim .....</b>	<b>116</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>125</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>126</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Factores que intervienen en el método de ponderación.....	7
<b>Tabla 2-1:</b>	Abonos de origen orgánico.....	11
<b>Tabla 3-1:</b>	Fertilizantes Químicos: N,P y/o K.....	12
<b>Tabla 4-1:</b>	Símbolos y Denominación para un Diagrama de procesos. ....	19
<b>Tabla 5-1:</b>	Componentes Biofertilizante Orgánico para 140 litros. ....	21
<b>Tabla 6-1:</b>	Tabla ANOVA para el diseño factorial mixto AxBxC.....	27
<b>Tabla 7-1:</b>	Equipos de la planta.....	28
<b>Tabla 8-1:</b>	Características técnicas de la mezcladora de eje sencillo. ....	29
<b>Tabla 9-1:</b>	Características técnicas del molino de martillo. ....	30
<b>Tabla 10-1:</b>	Características técnicas del Biodigestor .....	31
<b>Tabla 11-1:</b>	Características técnicas de la tubería PVC. ....	32
<b>Tabla 12-1:</b>	Características técnicas del transportador tornillo sin fin de canal.....	33
<b>Tabla 13-1:</b>	Características técnicas de la bomba trituradora centrífuga. ....	34
<b>Tabla 14-1:</b>	Características técnicas de un sistema de filtrado de separación.....	35
<b>Tabla 15-1:</b>	Características técnicas del Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna .....	36
<b>Tabla 16-1:</b>	Características técnicas de la Dosificadora. ....	37
<b>Tabla 17-1:</b>	Características técnicas de la Ensacadora saco boca abierta. ....	38
<b>Tabla 1-2:</b>	Lt/Día de leche por Provincia.....	42
<b>Tabla 2-2:</b>	Aplicación del método de factores ponderados (Macrolocalización).....	43
<b>Tabla 3-2:</b>	Aplicación del método de factores ponderados (Microlocalización) .....	44
<b>Tabla 4-2:</b>	Índice de importancia relativa para cada factor.....	45
<b>Tabla 5-2:</b>	Determinación de la ubicación Método Brown y Gibson. ....	45
<b>Tabla 6-2:</b>	Determinación del factor subjetivo.....	45
<b>Tabla 7-2:</b>	Uso de suelos por regiones en el Ecuador. ....	47
<b>Tabla 8-2:</b>	Uso de suelos para la zona 3.....	47
<b>Tabla 9-2:</b>	Uso de suelos según su categoría en la zona 3. ....	48

<b>Tabla 10-2:</b>	Cultivos de mayor producción para Cotopaxi.....	48
<b>Tabla 11-2:</b>	Cultivos de mayor producción para Tungurahua.....	49
<b>Tabla 12-2:</b>	Cultivos de mayor producción para Chimborazo.....	49
<b>Tabla 13-2:</b>	Cultivos de mayor producción para Pastaza.....	50
<b>Tabla 14-2:</b>	Estimación de la demanda para Cotopaxi.....	51
<b>Tabla 15-2:</b>	Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.....	51
<b>Tabla 16-2:</b>	Uso de fertilizantes en el Ecuador según el ICEX.....	52
<b>Tabla 17-2:</b>	Estimación de la demanda para Tungurahua.....	52
<b>Tabla 18-2:</b>	Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.....	52
<b>Tabla 19-2:</b>	Estimación de la demanda para Chimborazo.....	53
<b>Tabla 20-2:</b>	Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.....	53
<b>Tabla 21-2:</b>	Estimación de la demanda para Pastaza.....	54
<b>Tabla 22-2:</b>	Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.....	54
<b>Tabla 23-2:</b>	Total de la demanda estimada anual y mensual zona 3.....	55
<b>Tabla 24-2:</b>	Cuota de mercado sobre la demanda potencial.....	56
<b>Tabla 25-2:</b>	Carga máxima de trabajo según la edad.....	57
<b>Tabla 26-2:</b>	Días y horas de trabajo disponibles mensualmente.....	57
<b>Tabla 27-2:</b>	Relación de proporción de biofertilizante sólido.....	59
<b>Tabla 28-2:</b>	Relación de proporción de biofertilizante líquido.....	59
<b>Tabla 29-2:</b>	Cantidad obtenida de biofertilizante sólido con biodigestores al 50%.....	61
<b>Tabla 30-2:</b>	Cantidad obtenida de biofertilizante líquido con biodigestores al 50%.....	62
<b>Tabla 31-2:</b>	Valoración de las proximidades.....	62
<b>Tabla 32-2:</b>	Justificación de los valores de las proximidades.....	62
<b>Tabla 33-2:</b>	Tabla relacional de actividades.....	63
<b>Tabla 34-2:</b>	Ciclos de producción de los biodigestores a la mitad de su capacidad en 120 días. .....	67
<b>Tabla 35-2:</b>	Producción de biofertilizante a media capacidad en biodigestores para 120 días. .....	68
<b>Tabla 36-2:</b>	Dimensiones de la planta industrial.....	71

<b>Tabla 37-2:</b>	Nivel de iluminación respecto a cada área. ....	73
<b>Tabla 38-2:</b>	Principales sectores y concentración de cultivo de mora. ....	78
<b>Tabla 39-2:</b>	Superficies y muestra de la cantidad de productores de mora. ....	79
<b>Tabla 40-2:</b>	Cronogramas de ruta para la recolección de hojas de mora con tallos. ....	79
<b>Tabla 41-2:</b>	Comunidad con más producción de y cantidad de ganado vacuno. ....	80
<b>Tabla 42-2:</b>	Cronogramas de ruta para la recolección de estiércol. ....	80
<b>Tabla 43-2:</b>	Cronogramas de ruta para la recolección de suero de leche. ....	81
<b>Tabla 44-2:</b>	Cronogramas de ruta para la recolección de melaza, cáscaras de huevos, levadura, sal y ceniza. ....	81
<b>Tabla 45-2:</b>	Cantidades de materia prima para la experimentación.....	83
<b>Tabla 46-2:</b>	Análisis de laboratorio primeras 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa).....	84
<b>Tabla 47-2:</b>	Análisis de laboratorio segundas 4 muestras desfase 10 días.....	85
<b>Tabla 48-2:</b>	Regiones climáticas.....	86
<b>Tabla 49-2:</b>	Tipo de recubrimiento.....	86
<b>Tabla 50-2:</b>	Componentes del biofertilizante.....	86
<b>Tabla 51-2:</b>	Cantidades experimentales de biofertilizante líquido y sólido.....	87
<b>Tabla 52-2:</b>	Diseño Factorial Mixto con tres factores.....	89
<b>Tabla 53-2:</b>	Réplicas elevadas al cuadrado.....	90
<b>Tabla 54-2:</b>	Sumatoria de cuadrados de los factores.....	90
<b>Tabla 55-2:</b>	Interacción entre A y B.....	91
<b>Tabla 56-2:</b>	Interacción entre A y C.....	91
<b>Tabla 57-2:</b>	Interacción entre B y C.....	91
<b>Tabla 58-2:</b>	Interacción entre A, B y C.....	92
<b>Tabla 59-2:</b>	Sumatoria de cuadrados de las interacciones.....	92
<b>Tabla 60-2:</b>	Tabla ANOVA.....	93
<b>Tabla 61-2:</b>	Datos.....	96
<b>Tabla 62-2:</b>	Relación equivalente de Hojas de mora con tallos a bloques.....	96
<b>Tabla 63-2:</b>	Relación equivalente de Melaza con tallos a bloques.....	97
<b>Tabla 64-2:</b>	Relación equivalente de Sal con bloques.....	97

<b>Tabla 65-2:</b> Relación equivalente de Estiércol Vacuno con bloques .....	98
<b>Tabla 66-2:</b> Relación equivalente de Levadura con bloques .....	98
<b>Tabla 67-2:</b> Relación equivalente de Levadura con bloques .....	99
<b>Tabla 68-2:</b> Relación equivalente de Cáscaras de huevos con bloques .....	99
<b>Tabla 69-2:</b> Relación equivalente de Suero de leche con bloques .....	99
<b>Tabla 70-2:</b> Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina trituradora .....	100
<b>Tabla 71-2:</b> Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina mezcladora .....	100
<b>Tabla 72-2:</b> Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina secadora.....	101
<b>Tabla 73-2:</b> Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina ensacadora .....	101
<b>Tabla 74-2:</b> Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina embotelladora.....	101
<b>Tabla 1-3:</b> Total de la demanda estimada anual y mensual zona 3.....	103
<b>Tabla 2-3:</b> Cuota de mercado sobre la demanda potencial. ....	103
<b>Tabla 3-3:</b> Relación de proporción de biofertilizante sólido.....	104
<b>Tabla 4-3:</b> Relación de proporción de biofertilizante líquido. ....	104
<b>Tabla 5-3:</b> Cantidad obtenida de biofertilizante sólido con biodigestores al 50%.....	105
<b>Tabla 6-3:</b> Cantidad obtenida de biofertilizante líquido con biodigestores al 50%. ....	105
<b>Tabla 7-3:</b> Proyección de la demanda. ....	105
<b>Tabla 8-3:</b> Tiempos teóricos y de simulación para la producción de Biofertilizante.....	107
<b>Tabla 9-3:</b> Análisis de laboratorio primeras 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa) .....	114
<b>Tabla 10-3:</b> Análisis de laboratorio segundas 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa) desfase 10 días .....	115



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Representación gráfica de la Capacidad Instalada, efectiva y real. ....	14
<b>Figura 2-1:</b>	Distribución por proceso.....	15
<b>Figura 3-1:</b>	Distribución por producto.....	15
<b>Figura 4-1:</b>	Pasos de la metodología SLP.....	17
<b>Figura 5-1:</b>	Elementos de un Biodigestor.....	23
<b>Figura 6-1:</b>	Mezcladora industrial de eje sencillo.....	29
<b>Figura 7-1:</b>	Molino de martillo.....	30
<b>Figura 8-1:</b>	Biodigestor.....	32
<b>Figura 9-1:</b>	Tubería PVC.....	33
<b>Figura 10-1:</b>	Transportador tornillo sin fin de canal.....	34
<b>Figura 11-1:</b>	Bomba trituradora centrífuga.....	34
<b>Figura 12-1:</b>	Sistema de filtración de separación con tanque de fibra de vidrio.....	35
<b>Figura 13-1:</b>	Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna.....	37
<b>Figura 14-1:</b>	Dosificadora.....	38
<b>Figura 15-1:</b>	Ensacadora saco boca abierta.....	39
<b>Figura 1-2:</b>	Superficie con uso agropecuario. ....	46
<b>Figura 2-2:</b>	Uso de insumos químicos y orgánicos para cultivos permanentes y transitorios. .....	50
<b>Figura 3-2:</b>	Ciclo de carga y descarga de los biodigestores.....	59
<b>Figura 4-2:</b>	Líneas de relación entre departamentos.....	64
<b>Figura 5-2:</b>	Diagrama Nodal.....	65
<b>Figura 6-2:</b>	Diagrama de flujo de procesos.....	66
<b>Figura 7-2:</b>	Secuencia gráfica de la producción de biofertilizante.....	67
<b>Figura 8-2:</b>	Imagen de referencia.....	67
<b>Figura 9-2:</b>	Diagrama de recorrido.....	69
<b>Figura 10-2:</b>	Layout 2D.....	70
<b>Figura 11-2:</b>	Vista frontal de la planta de Biofertilizante.....	74

<b>Figura 12-2:</b>	Área de descarga y clasificación de la Materia Prima .....	75
<b>Figura 13-2:</b>	Área de triturado y Área de mezclado .....	75
<b>Figura 14-2:</b>	Área de los Biodigestores .....	76
<b>Figura 15-2:</b>	Área de secado y Área de filtrado .....	76
<b>Figura 16-2:</b>	Área de ensacado y Área de embotellado .....	77
<b>Figura 17-2:</b>	Área de almacenamiento de producto terminado.....	77
<b>Figura 18-2:</b>	Cadena de suministro.....	82
<b>Figura 19-2:</b>	Sector de Tisaleo.....	82
<b>Figura 20-2:</b>	Simulación planta de Biofertilizante orgánico sin conexiones .....	94
<b>Figura 21-2:</b>	Simulación planta de Biofertilizante orgánico sin conexiones .....	95
<b>Figura 22-2:</b>	Simulación terminada sin conexiones.....	95
<b>Figura 1-3:</b>	Diseño Factorial Mixto 3 Factores MINITAB.....	107
<b>Figura 2-3:</b>	Factores del Diseño Experimental .....	108
<b>Figura 3-3:</b>	Tabla ANOVA.....	108
<b>Figura 4-3:</b>	Calidad del modelo .....	109
<b>Figura 5-3:</b>	FlexSim pre-proceso biodigestión. ....	116
<b>Figura 6-3:</b>	Cantidad de elementos en cada Queue.....	119
<b>Figura 7-3:</b>	Recorrido final de operarios.....	120
<b>Figura 8-3:</b>	Simulación terminada .....	124

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Proyección de la demanda mensual en funciona de la cuota de mercado .....	106
<b>Gráfico 2-3:</b>	Proyección de la demanda anual en cantidad de sacos.....	106
<b>Gráfico 3-3:</b>	Diagrama de Pareto .....	109
<b>Gráfico 4-3:</b>	Gráficas 4 en 1.....	110
<b>Gráfico 5-3:</b>	Gráfica de Normalidad .....	110
<b>Gráfico 6-3:</b>	Gráfica de intervalos múltiples.....	111
<b>Gráfico 7-3:</b>	Gráfica de intervalos Componentes BIOL .....	111
<b>Gráfico 8-3:</b>	Gráfica de inérvalos Temperatura .....	112
<b>Gráfico 9-3:</b>	Gráfica de intervalos Tipo de recubrimiento.....	113
<b>Gráfico 10-3:</b>	Indicadores de producción pre-proceso biodigestión .....	117

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** DESARROLLO DEL BIODIGESTOR EN LA REGIÓN SIERRA

**ANEXO B:** DESARROLLO DEL BIODIGESTOR EN LA REGIÓN COSTA

## RESUMEN

El presente proyecto investigativo se basa en el diseño de la capacidad instalada óptima para la factibilidad en la creación de una planta industrial de producción de biofertilizante orgánico, determinando primero cuales son los principales parámetros de diseño a considerar en la creación de la planta donde se ha considerado la logística antes y durante el proceso de producción, se aplicaron todos los conocimientos y métodos adquiridos durante el transcurso de la carrera, necesarios para el desarrollo de este proyecto, en materia de distribución de plantas, simulación de procesos donde se comprobó de forma visual las operaciones dentro de la planta industrial, además del movimiento de materia prima dentro del proceso productivo hasta la transformación final del producto, diseño experimental que mediante el análisis de muestras en un laboratorio se comprobó el porcentaje de propiedades de interés que desarrolló el biofertilizante e ingeniería de producción. Esta propuesta es una alternativa viable que permite tener buenos resultados en cuanto a la producción de biofertilizante de manera eficiente, con una capacidad de producción 1023 sacos (40 kilogramos) de biofertilizante sólido y 892 tanques (100 litros) de biofertilizante líquido que mediante una buena gestión productiva este producto resulte económicamente atractivo y eficiente, siendo una opción a los fertilizantes químicos tradicionales como aporte a la conservación del medio ambientación y preservación de los suelos. El diseño de la capacidad instalada y distribución de la planta industrial se aplicó correctamente debido a que la simulación de esta en el software FlexSim mostró que los indicadores de producción son factibles, se recomienda realizar un estudio para aprovechar el gas metano producido en los biodigestores de manera que el diseño de la planta pueda sustentar parte de la energía de la planta.

**Palabras clave:** <BIOFERTILIZANTE>, <BIODIGESTORES>, <CAPACIDAD INSTALADA>, <LOGISTICA DE APROVISIONAMIENTO>, <FLEXSIM>.

0964-DBRA-UPT-2022



## SUMMARY

This research project is based on the design of the optimal installed capacity for the feasibility in the creation of an industrial factory for the production of organic biofertilizer. First determining which are the main design parameters to consider in the creation of the factory where the logistics before and during the production process have been considered, all the knowledge and methods acquired during the course of the career were applied, necessary for the development of this project, in terms of factory process simulation where the operations within the industrial factory were visually verified, in addition to the movement of raw materials within the production process until the final transformation of the product, experimental design that through the analysis of samples in a laboratory, the percentage of properties of interest that the biofertilizer developed and production engineering were verified. This proposal is a viable alternative that will allow having good results in terms of biofertilizer production in an efficient way, with a production capacity of 1023 sacks (40 kilograms) of solid biofertilizer and 892 tanks (100 liters) of liquid biofertilizer so that through a good productive management this product will be economically attractive and efficient, being an option to traditional chemical fertilizers as a contribution to the conservation of the environment through the environment and preservation of soils. The design of the installed capacity and distribution of the industrial factory was correctly applied by simulating in the FlexSim software, which showed that the production indicators are feasible. It is recommended to perform a study to take advantage of the methane gas produced in the biodigesters so that the plant design can sustain part of the energy in the factory.

**Keywords:** <ORGANIC BIOFERTILIZER>, <BIODIGESTORS>, <INSTALLED CAPACITY>, <PROVISIONING LOGISTICS>, <FLEXSIM (SOFTWARE)>.



Mgs. Mónica Paulina Castillo Niama.  
C.I. 060311780-5

## **INTRODUCCIÓN**

Al ser el Ecuador un país destacado por su agricultura, en 2017 se estableció una superficie cultivable de 5,46 millones de hectáreas equivalentes al 6% del territorio nacional según datos del ICEX (Gorospe Arrien 2018).

La utilización prolongada de fertilizantes químicos se ha visto evidenciada en el desgaste de los suelos cultivables, generando en muchos casos infertilidad de las tierras, además de productos que pueden llegar a ser nocivos para la salud de los consumidores.

Según (Gorospe Arrien, 2018) “Se estima que aproximadamente el 99,5% del total de fertilizantes que se comercializan en el país provienen del extranjero, teniendo en cuenta que el consumo de fertilizantes por hectáreas es de 313,6 kg de tierra cultivable”

La propuesta de una planta de producción de biofertilizante orgánico como aporte al sector agrícola del país se basa en la factibilidad de una producción eficiente bajo los parámetros de diseño correctos que puedan ofertar un producto nacional competitivo con buenos estándares de calidad.

Las metodologías aplicadas se centran en una buena logística de aprovisionamiento, distribución de planta y producción, considerando todos los parámetros de diseño necesarios, además la simulación desarrollada y controlada en FlexSim como parte de la evaluación del diseño propuesto obteniendo una producción lo más próxima a la capacidad instalada.

## CAPITULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Introducción

En el Ecuador actualmente no existe una planta de nivel industrial reconocida, dedicada a la producción y comercialización biofertilizante para la zona 3 territorial.

Debido al uso prologando de fertilizante químicos en los suelos ecuatorianos, se han generado graves daños a las propiedades y minerales de las tierras cultivables, debido a que le oferta del mercado en su mayoría se inclina a la comercialización de estos fertilizantes, consecuencia de la falta de productos orgánicos en el mercado.

Gracias a la demanda de productos ecuatorianos en el exterior cada año se incrementa la utilidad de los suelos para el cultivo, y con ello crece la demanda de productos para mejorar la productividad de las superficies, siendo esta la oportunidad para que los biofertilizantes aumenten su presencia como opción en el mercado. De esta manera se genera una producción ambientalista con productos de calidad sin exponer las propiedades de los suelos.

En el marco teórico se abordarán los conceptos bases necesarios para el desarrollo del trabajo investigativo, el estudio parte desde la definición de la problemática de manera que se entienda la finalidad y el alcance del presente proyecto, considerando los objetivos a los que se quiere llegar, la revisión bibliográfica abarca temas de distribución y organización de planta, capacidad instalada y localización de la planta, logística antes y durante el proceso, diseño experimental y simulación de procesos.

#### 1.2 Problemática

Según (Econ. Sánchez et al. 2018), Parte de la economía ecuatoriana se basa en la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, que aportan al PIB (Producto Interno Bruto) nacional el 9,63%, siendo la agricultura el cuarto sector económico más representativo con el 0,1% al 2019 según el BCE (Banco Central del Ecuador), sin embargo, esta misma actividad es la que está desgastando los suelos debido al excesivo uso de fertilizantes químicos. “La situación de los suelos en Ecuador es realmente crítica”, sostiene (Manuel Suquilanda 2011), experto en agricultura orgánica. En la larga trayectoria del país se ha visto en la necesidad del uso prolongado de varios fertilizantes químicos



en un intento desmesurado de mejorar la producción, sin medir las consecuencias a largo plazo que estos provocan.

El estado agrícola actual del país es el resultado de aproximadamente 60 años de la aplicación de los mismos procedimientos agrarios, con los cuales se han desencadenado varias erosiones químicas, físicas y biológicas.(Suquilanda 2011).

Teniendo en cuenta que la gran variedad de fertilizantes químicos disponibles en el mercado, que en su mayoría son perjudiciales, los más utilizados en nuestro país son: Fertilizantes nitrogenados, Fertilizantes fosfóricos, Fertilizantes Potásicos, Complejos binarios y Complejos ternarios. Los principales daños que los fertilizantes químicos provocan son inicialmente a la tierra, pero también se ven afectados las personas que se nutren de los alimentos que se comercializan.(Gorospe Arrien 2018).

En el país existen pocas empresas de tipo industrial dedicadas a la producción de biofertilizantes, por lo tanto, es necesario impulsar la creación de plantas industriales comprometidas con el ambiente, basándose principalmente en la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Organización y distribución de plantas, simulación de procesos, así como análisis de la capacidad instalada.

Como una propuesta a la problemática actual de la agricultura es necesario el diseño de la capacidad instalada en la creación de plantas industriales para la fabricación de fertilizantes orgánicos contribuyendo en la recuperación de los suelos intentado devolver parcialmente la fertilidad de los mismos, mejorando los procesos agrícolas con procedimientos orgánicos basados principalmente en la utilización de biofertilizantes como parte de unas Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).

En consecuencia, el no tomar acción en la recuperación de los suelos esto puede desencadenar una serie de problemas futuros que afectaran no solo la fertilidad de las tierras, sino también al aumento de costos de producción de los alimentos, la calidad de los mismos, obligando un mayor esfuerzo por partes de los agricultores, desembocando en un alza de precios en los alimentos que afectará a directamente a los consumidores.

### **1.3 Justificación**

El trabajo investigativo se centra en fortalecer el sector agrícola del Ecuador en base al diseño de la capacidad instalada para la factibilidad de una planta de producción de biofertilizantes orgánicos accesibles para todos los grandes y pequeños agricultores a un costo prudente, mejorando la calidad de los productos de consumo. Así mismo se logra una gran aportación al sector agrícola gracias al uso de los biofertilizantes orgánicos en la recuperación de los suelos desgastados y en la minimización de los daños causados por los fertilizantes convencionales.

Existen muchas técnicas que ayudan a la recuperación de los suelos ya que lo ideal de un suelo saludable es un PH neutro (7), mismo que se busca regular o igualar con la ayuda de un biofertilizante orgánico.

De esta forma también se busca promover la creación de plantas industriales de fertilizantes orgánicos que sean factibles, así como sustentables en largo plazo comprometidas con el medio ambiente y con la integridad de las personas.

### **1.4 Alcance**

El trabajo de investigación se centró en el diseño de la capacidad instalada de una planta industrial de producción de biofertilizante orgánico, aplicando los diferentes métodos y técnicas de diseño y organización de plantas, logística antes y durante el proceso y la aplicación de una simulación en el software FlexSim que permite obtener resultados en función de la capacidad real de la planta, siendo este proyecto de investigación un incentivo para la creación de plantas industriales enfocados en la producción de biofertilizantes que contribuyan en el desarrollo de la agricultura y en la recuperación de los suelos ecuatorianos.

### **1.5 Objetivos**

#### ***1.5.1 Objetivo general***

Diseñar la capacidad instalada óptima para la creación de una planta industrial de producción de biofertilizante orgánico.

#### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Determinar los parámetros de diseño a través de una investigación bibliográfica que sean necesarios para la creación de la planta industrial propuesta.
- Diseñar el modelo de distribución de planta a través de la aplicación de la metodología SLP, para obtener una buena gestión productiva y optimización de los espacios.
- Evaluar la estrategia diseñada a través de un modelo de simulación desarrollada en FlexSim para la obtención de una producción que se ajuste a la capacidad instalada planteada.

## **1.6 Marco Teórico Conceptual**

### **1.7 Complejos industriales**

#### ***1.7.1 Complejos industriales.***

Según (Casals y Núria Forcada, 2012)“Los complejos industriales son tan importantes que no sería posible explicar la historia de la humanidad sin tenerlos en cuenta. El desarrollo de las necesidades de la industria, las tendencias arquitectónicas y la evolución de los materiales disponibles en cada época marcan cada una de los tiempos y la evolución de los complejos industriales a lo largo de la historia.”

Debe entenderse que un complejo industrial es la unión de varias plantas industriales, las cuales conllevan un proceso desde la obtención de materia prima hasta la transformación de un bien útil para la sociedad.

#### ***1.7.2 Diseño de plantas industriales***

El diseño de una planta industrial no es una tarea sencilla, generalmente estas están constituidas por diferentes secciones y áreas de trabajo que conforman un proceso productivo. Ninguna de estas áreas puede dejarse al azar, la ubicación de cada máquina, equipo, herramientas o puesto de trabajo debe analizarse y estudiarse en función de obtener la máxima productividad en cada una de estas secciones.

Las plantas industriales están caracterizadas según el proceso productivo y dependerán de los métodos de producción, la maquinaria, las operaciones industriales, el producto y los volúmenes de fabricación. Uno de los mayores retos es lograr una planta flexible a los cambios en los procesos, con el tiempo los diferentes procesos de producción experimentan modificaciones por

diferentes razones ya sea para mejorar algún parámetro económico, productivo u ambiental. Y la planta deberá adaptarse al cambio. (Casals y Núria Forcada 2012)

Para finalizar es necesario tener en cuenta que toda planta industrial debe cumplir con las condiciones mínimas de seguridad, versatilidad, accesibilidad y funcionalidad.

## **1.8 Análisis y localización de la planta**

### ***1.8.1 Localización de la planta***

Una ubicación estratégica es un factor fundamental en la creación inicial de las plantas industriales, es tan importante como si se tratase de la selección de un proceso industrial. En esta etapa para la determinación del lugar geográfico se deben tener en cuenta todos los aspectos y constituyentes tangibles, así como los intangibles que resultan más complejos de evaluar.

El estudio de la localización de plantas puede resultar extenso, complejo y costoso debido a toda la información que se debe analizar, pero asegurar el éxito en la localización geográfica inicial de la planta puede ahorrarle muchos gastos a futuro por una posible reubicación de la planta u otros aspectos.

### ***1.8.2 Método de ponderación de factores***

La aplicación del método de factores ponderados consiste determinar los principales componentes en una localización, se asigna una valoración de acuerdo a la consideración de importancia que esta represente, esta valoración puede estimarse en un rango del 1 al 10 siendo 1 el valor mínimo de importancia y 10 el valor máximo, esta escala puede variar dependiendo del criterio o la experiencia del evaluador.

### ***1.8.3 Factores que intervienen en la localización de planta***

Es un hecho que existen muchos factores importantes que se deben tener en cuenta para la ubicación de cada planta industrial, y que además estos pueden variar según el tipo de planta industrial o el tipo de proceso productivo, pero existen un grupo de factores que resultan casi imprescindibles como: materias primas, transportes, mano de obra, agua industrial, energías, clima, entre otros.

Los factores que se pueden considerar en la aplicación del método son:

**Tabla 1-1:** Factores que intervienen en el método de ponderación.

MATERIA PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuentes de M.P.</li> <li>- Disponibilidad</li> <li>- Suministros de M.P.</li> <li>- Conocimiento del mercado</li> </ul>
MERCADOS	<p>Según el producto a producir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio actual y futuro</li> <li>- Demanda</li> <li>- Tendencias</li> </ul>
CONTROL AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Legislación</li> <li>- Afluentes</li> <li>- Concentración de polución</li> <li>- Disección de desperdicios</li> </ul>
ENERGIA ELECTRICA Y COMBUSTIBLES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad</li> <li>- Cantidad</li> <li>- Calidad</li> <li>- Confiabilidad</li> <li>- Tipos de fuentes de energías</li> </ul>
DESARROLLO Y DISPONIBILIDAD DE TERRENO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características del terreno</li> <li>- Disponibilidad de espacio</li> <li>- Costo del suelo</li> <li>- Estructura del suelo</li> <li>- Acceso a servicios</li> </ul>
CONDICIONES CLIMATICAS	<p>Según el tipo de producto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presiones atmosféricas</li> <li>- Efectos sobre el producto</li> <li>- Humedad y temperatura</li> </ul>
COMUNICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte del personal</li> <li>- Señales de antena y celular</li> <li>- Conexión a internet</li> </ul>
MEDIO DE TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hacia las fuentes de M.P.</li> <li>- Hacia el mercado</li> <li>- Frecuencias</li> <li>- Distancias</li> </ul>
ASPECTOS LEGALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impuestos</li> </ul>

	- incentivos
MANO DE OBRA	- disponibilidad - calidad - costo - relaciones sindicales
RESTRICCIONES	- Autopistas - Aeropuertos - Cuarteles - Reservas nacionales
OTROS	- Mantenimiento - Seguridad

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

#### **1.8.4 Aplicación de la metodología de factores ponderados**

Según (Diéguez Matellán et. Al, 2017) los pasos a seguir en la aplicación de la metodología de factores ponderados es la siguiente:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes (factores que afectan la selección de la localización).
2. Asignar un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa en los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, 1-10 o 1-100)
4. Hacer que los evaluadores califiquen cada localidad para cada factor, utilizando la escala del paso 3.
5. Multiplicar cada calificación por los pesos de cada factor, y totalizar la calificación para cada localidad.
6. Hacer una recomendación basada en la máxima calificación en puntaje, considerando los resultados de sistemas cuantitativos también

La ecuación es la siguiente

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i \cdot F_{ij}$$

Donde,

S<sub>j</sub>: Puntuación global de cada alternativa

W<sub>i</sub>: Peso ponderado de cada factor i.

F<sub>ij</sub>: Puntuación de las alternativas j para cada uno de los factores i.

#### **1.8.5 Elección final del sitio**

Después de haber determinado una región como ubicación macro de la planta, se debe identificar una ubicación específica a nivel micro, donde se estimarán los costos por metro cuadrado, el espacio disponible para la venta, condiciones del suelo y los posibles costos de cimentación, se puede aplicar la metodología de ponderación de factores para tener una idea más clara al priorizar los parámetros en la Microlocalización, para finalmente poder establecer los pilares de la planta industrial.

#### **1.8.6 Método de Brown y Gibson**

También se lo conoce como el método sinérgico, es un algoritmo el cual combina factores posibles de cuantificar con el objetivo de evaluar entre varias opciones las mejores condiciones en la instalación de una planta industrial.(Cardona 2014)

#### **1.8.7 Factores críticos**

Son los parámetros clave dentro de los cuales se basa el funcionamiento de la organización o planta industrial, la ponderación que reciben estos factores son binarios es decir (0,1) y pueden ser: Energía eléctrica, Mano de obra, Materia prima y Seguridad.

#### **1.8.8 Factor Objetivo (F.O)**

Son factores posibles de cuantificar en términos de costos como pueden ser: Mano de obra, materia prima, transporte, mantenimiento, etc. Por lo cual se puede calcular el costo total de cada locación  $C_i$ , el  $FO_i$  se determina multiplicando  $C_i$  por la suma de los recíprocos de los costos de cada lugar ( $1/C_i$ ) y tomando el recíproco de su resultado, es decir:

$$FO_i = \frac{1/C_i}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}$$

Una característica importante de este factor es que siempre la suma de los  $FO_i$  es igual a 1.

#### **1.8.9 Factor subjetivo (F.S)**

Son aspectos de tipo cualitativo que para determinar su valor relativo  $FS_i$ , debe considerarse una calificación  $W_j$ , para cada valor subjetivo ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) mediante la comparación pareada de dos factores.

Según esto se escoge un factor sobre otro o de igual manera ambos reciben la misma calificación, luego se da a cada localización una ordenación jerárquica en función de cada factor subjetivo  $R_{ij}$ , en cada localización se combina el factor  $W_j$  con su ordenación jerárquica  $R_{ij}$  y de esta manera se determina el factor subjetivo  $FS_i$ .

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} * W_j$$

A partir de esto se procede a calcular el índice de importancia relativa de cada factor, combinando dichos factores objetivos y subjetivos mediante el cual se añade una ponderación relativa a los mismos (K) por último, se determina la Medida de Preferencia de Locación (MPL) y se elige la que tenga un mayor valor.

## **1.9 Capacidad instalada**

### ***1.9.1 Capacidad instalada de una planta industrial***

La capacidad instalada de una planta industrial es el poder máximo de producción en un tiempo determinado con la consideración de todos los recursos disponibles como: equipos, maquinaria y recursos humanos, entre otros.

Entendiendo que la capacidad de la planta no en todas las empresas se aprovecha al máximo esta dependen directamente del control y planeación de la producción establecidos por parte de los administradores, además de las estimaciones de la demanda o mercado objetivo por parte de la compañía, medida que ayuda a proteger el capital de la empresa incurriendo en excesivos gastos en la adquisición innecesaria.

Determinantes que influyen en la capacidad de una planta industrial están: maquinaria y equipos, mano de obra directa e indirecta, el capital y la organización de la planta. (Camacho Dillon 2013)

La capacidad de la planta se puede definir de diferentes formas según sea la más apropiada:



- El tiempo efectivo de la utilización del capital asumiendo que las secciones de una planta industrial siguen diferentes conductas en términos de utilización, se puede definir como el promedio de tiempo utilizado en cada una de estas secciones.
- Como el nivel de producto actualmente logrado y la capacidad de producción de la planta que puede ser cuantificado en diferentes términos económicos.
- La relación entre el tiempo y la capacidad efectiva de utilización, la cual es una medida indirecta del aprovechamiento y que está dada como resultado del tiempo efectivo de utilización del capital y la capacidad instalada.
- En términos más simples puede definirse como el poder máximo de producción en unidades que una planta industrial puede lograr en base a los recursos disponibles.

### 1.10 Importaciones de biofertilizantes al Ecuador

Es evidente la demanda de biofertilizantes en Ecuador como se puede observar en la Tabla 2-1, según datos del ICEX existe un nivel importante en importación de estos abonos de origen orgánico. Se puede destacar que a medida que baja el volumen aumenta el precio en valor unitario para la operación.

**Tabla 2-1:** Abonos de origen orgánico.

<b>Año</b>	<b>Kilogramos</b>	<b>Valor Unitario USD/Kg</b>	<b>País de origen</b>
2013	11.014.909	0,85	Perú, EE.UU, México
2014	7.497.554	0,96	Perú, EE.UU, México
2015	540.783	1,21	Francia, Brasil y España
2016	289.452	1,52	Francia, España y Colombia

Fuente: ICEX

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 1.11 Importaciones de fertilizantes químicos en el Ecuador

Como se muestra en la Tabla 3-1, la importación de fertilizantes químicos al Ecuador es mayor que a la de fertilizantes orgánicos, esto debido a que los abonos químicos han ganado mayor cuota de mercado por su eficiencia, pero a costa de una mayor degeneración de los suelos a largo plazo. Además, se puede evidenciar una demanda constante de fertilizantes como se muestran en los datos del ICEX.

**Tabla 3-1:** Fertilizantes Químicos: N,P y/o K.

<b>Año</b>	<b>Kilogramos</b>	<b>Valor Unitario USD/Kg</b>	<b>País de origen</b>
2013	122.143.022	0,80	EE.UU, España, Noruega y Rusia
2014	167.507.951	0,74	EE.UU, China, Noruega y España
2015	143.205.662	0,77	EE.UU, China, México y España
2016	124.852.974	0,67	China, EE.UU, España y Rusia

**Fuente:** ICEX

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### **1.12 Estimación de la demanda para la capacidad instalada.**

La estimación de la demanda es el comportamiento futuro de como actuara la demanda de un producto, obteniendo así un margen sustancial de cuanto se debe producir para satisfacer la misma, con lo cual se establece una capacidad de producción para un determinado periodo de tiempo, estableciendo factores requeridos que intervienen en la producción como: Empleados, materia prima, maquinaria y capital.

En empresas ya establecidas con algunos años de funcionamiento la estimación de la demanda se basa en la revisión y análisis de datos históricos y en el caso de empresas nacientes se puede estimar la demanda conforme a la revisión bibliográfica de los datos, tablas y aproximaciones que se encuentran disponibles en instituciones como el MAGAP, INEC u otras fuentes de igual validez e importancia.

Es importante la aplicación de la metodología de investigación deductiva que indica una revisión partiendo de lo general a lo particular, Se debe entender que el método deductivo de investigación es una técnica de indagación que proporciona un encadenamiento lógico en la revisión bibliográfica que conllevan a obtener una o varias conclusiones acerca de algo más específico.

#### ***1.12.1 Descripción de la capacidad instalada (CI)***

Según (Camacho Dillon, 2013) La metodología empleada para el cálculo de la CI en la industria de la manufactura, dependiente de factores como: costos fijos, tamaño crítico, volumen de producción volumen de ventas, precio unitario entre otros. En términos más simples la capacidad instalada de una planta industrial se entiende como el número de unidades de producto tangible o intangible que la planta industrial está en condiciones de suministrar al mercado.

El cálculo de la capacidad instalada para una planta industrial que fabrica pocos tipos de productos se resume:

- En el cálculo de la disponibilidad horas – máquina
- La demanda o pronósticos estimados de producción.
- Tiempo de producción del producto
- Relación entre el tiempo disponible de horas máquina por día entre el tiempo implementado en la producción del producto.

En resumen, la capacidad instalada en una planta industrial es la producción máxima que esta puede alcanzar en condiciones ideales que se expresa en unidades de un producto con respecto al tiempo. El cálculo se puede realizar en función del producto y la capacidad disponible de sus recursos humanos y materiales por un tiempo de estimación.

$$CI = CUP * UP * TP$$

Donde.

CI = Capacidad instalada.

CUP = Capacidad de una unidad de producción (maquina o operario)

UP = Unidades de producción

TP = Tiempo proyectado

#### ***1.12.1.1 Capacidad efectiva***

La capacidad efectiva usualmente es menor que la capacidad instalada de una planta, es decir que la mayoría de las plantas industriales utilizan sus recursos en una tasa menor a la capacidad máxima diseñada esto les permite trabajar con mayor eficiencia debido a que no se extienden al límite de sus capacidades. Es decir que en la capacidad efectiva se tienen en cuenta paros normales que son necesarios para el funcionamiento correcto de la planta.

#### ***1.12.1.2 Producción real***

La producción real es la cantidad de productos que una planta alcanza realmente con respecto a la capacidad diseñada, esto ya considerando los paros en la producción y los tiempos muertos que se presentan en condiciones reales de trabajo, es decir que la producción real es la más próxima al número de unidades que se van a producir normalmente.

<b>CAPACIDAD INSTALADA</b>		
<b>CAPACIDAD EFECTIVA</b>		<b>PAROS NORMALES</b>
<b>PRODUCCIÓN REAL</b>	<b>TIEMPOS MUERTOS</b>	<b>PAROS NORMALES</b>

**Figura 1-1:** Representación gráfica de la Capacidad Instalada, efectiva y real.

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 1.13 Distribución de Planta

Diseñar una buena distribución de planta consiste en determinar la posición correcta de los diferentes elementos que integran el proceso productivo, por lo tanto, es esencial tener en cuenta la forma y diseño de dichos elementos. (VALLHONRAT y COROMINAS 2016)

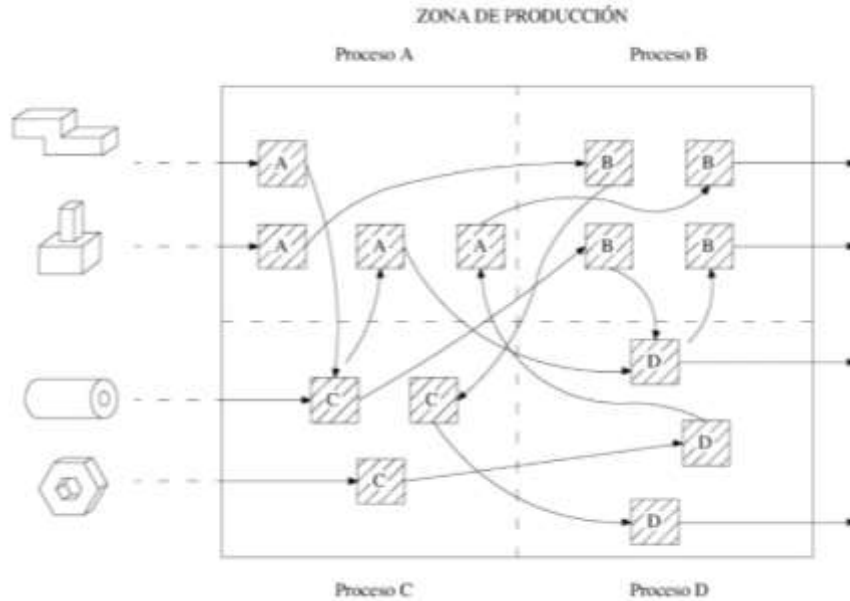
Lograr una buena distribución es un factor clave que permite a la planta ahorrar muchos recursos humanos, monetarios o simplemente aprovechar de mejor manera aquellos que tiene disponible, ya que la ubicación ordenada y precisa de las áreas, las máquinas y herramientas facilitan la tarea en la producción evitando movimientos, transportes o acciones innecesarias.

Para aplicar una buena distribución de planta es necesario conocer cuáles son los diferentes tipos de distribuciones en planta con sus principales características, de esta forma se puede aplicar la metodología idónea para la distribución en planta adecuada.

#### *1.13.1 Distribución de planta por proceso o función*

Se trata de la agrupación de máquinas de iguales características, las cuales se ubican de manera que faciliten el traslado de los operarios y se simplifique la supervisión técnica, ya que el movimiento del producto a fabricar no es una secuencia estándar.

Este tipo de distribución es mayormente usada cuando la maquinaria es excesivamente cara y resulta difícil su movilidad, cuando se oferta una variedad de productos que tienen una secuencia de fabricación distinta, cuando la demanda es pequeña o interrumpida.



**Figura 2-1:** Distribución por proceso

Fuente: Casals Miquel; Núria Forcada X

### 1.13.2 Distribución de planta por producto o en serie

Esta distribución de planta está condicionada a la fabricación en cadena de un determinado tipo de producto y se organiza en función de esta, la disposición es mayormente apropiada cuando la demanda de un producto en específico es alta y su secuencia de fabricación esta normalmente normalizada.

Este tipo de distribución es mayormente usada cuando no se vería en el diseño del producto y cuando se tienen altos volúmenes de producción.



**Figura 3-1:** Distribución por producto

Fuente: Casals Miquel; Núria Forcada X.

### ***1.13.3 Metodología SLP (Systematic Layout Planning)***

Esta metodología ha sido la más aceptada en cuanto a la resolución de problemas de distribución de planta a partir de ciertos criterios cualitativos, es aplicable para distribuciones completamente nuevas o distribuciones de planta ya existentes.(Sandoval Ramírez 2013)

Este método consiste principalmente en fijar un cuadro operacional de fases y una serie de pasos que permitan identificar, observar y evaluar todos los elementos involucrados en la distribución y las relaciones existentes entre ellas.

Este proceso conlleva cuatro fases que pueden superponerse uno con el otro.

En la Fase I se establece la localización de la planta a distribuir, es decir que se busca una correcta ubicación geográfica basada en ciertos factores que beneficien a la empresa, en caso de que se trate de una redistribución de planta se analiza si es conveniente mantener la ubicación actual o si se trasladara a una nueva.

En la Fase II se establece el patrón de flujo para el área en específica que será distribuida además se indicará el tamaño, la relación, departamento o área sin preocuparse todavía de la distribución, con el fin de obtener un bosquejo de la futura planta.

En la Fase III se desarrolla más a profundidad la planificación en donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o equipos.

La Fase IV implica los movimientos físicos y ajustes que sean necesarios según se vayan colocado las maquinas o equipos para obtener lo que es la distribución de planta final.



**Figura 4-1:** Pasos de la metodología SLP.

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

#### **1.14 Proceso Industrial**

Un proceso industrial es el desarrollo organizado y planificado de una serie de pasos para la consecución de uno o varios tipos de productos, dependiendo del bien que se quiere obtener se emplean diferentes recursos disponibles en la planta como: materiales, humanos y maquinaria.

El movimiento de recursos en una planta industrial es fundamental para el desarrollo del proceso industrial. El movimiento de materiales es probablemente el recurso que se mueve con mayor frecuencia, cada movimiento debe representar un cambio al material que genere valor agregado al producto final.

El movimiento de recursos humanos entre las diferentes áreas de trabajo se debe realizar según un plan establecido o una necesidad, el movimiento de los operarios es necesario para contribuir en las operaciones de cada proceso.

El movimiento de la maquinaria puede representar grandes costos y pérdidas de tiempo cuando se trata de maquinaria difícil de transportar, sin embargo, existen maquinaria móvil que puede ser movida para realizar una operación necesaria. Finalmente, el movilizar materiales, hombres y máquinas al mismo tiempo debe evitarse en la medida de lo posible esto puede simbolizar una mala gestión del proceso industrial.

### ***1.14.1 Diseño del proceso industrial***

Para diseñar un proceso industrial es necesario tomar en cuenta tres etapas importantes: la identificación, selección y la secuenciación.

En la etapa de identificación del proceso industrial se establecen los parámetros más relevantes del diseño del producto como: el tipo de fabricación en serie o por función, el número de componentes y sus características además la relación de los materiales.

En la selección del proceso se definirán el tipo de operaciones fundamentales, se establecerán y estandarizarán los procesos y finalmente se seleccionarán los métodos.

Para la etapa de secuenciación se definirán los diagramas a seguir en la consecución del producto, en donde se detallará el orden a seguir, como pueden ser los denominados diagramas de procesos.

### ***1.14.2 Representación gráfica del proceso***

Se debe representar de una manera gráfica, ordenada y entendible el orden de fabricación que se va a llevar a cabo en la concesión de un bien a fabricar, esta manera permite estandarizar el proceso en la planta, existen diferentes tipos de diagramas que facilitan la representación gráfica del proceso.

#### ***1.14.2.1 Diagrama de proceso***

Este diagrama sirve para representar de manera ordenada el proceso de fabricación aplicado en un producto. Se construye muchas veces de manera vertical jerarquizando las operaciones según el orden en el proceso.







#### ***1.14.2.2 Diagrama de recorrido***

Es un diagrama a escala, que indica el lugar donde se efectúan las actividades determinadas de un proceso y el trayecto seguido por los trabajadores, los materiales o el equipo que las ejecutara. (GECO 2019)

Los símbolos que suelen ser utilizados para la elaboración de estos diagramas son:



**Tabla 4-1:** Símbolos y Denominación para un Diagrama de procesos.

SIMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Operación	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
	Transporte	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro .
	Inspección	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
	Espera	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentaneo.
	Almacenamiento	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia de un almacén.
	Combinada	Indica varias actividades simultaneas.

Fuente: GECCO

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 1.15 Logística de Aprovisionamiento.

Un sistema logístico de aprovisionamiento incluye cada uno de los proveedores junto con todas las operaciones necesarias para colocar dentro de la planta las materias primas que son necesarias para la elaboración de un producto, considerando que todos estos procedimientos deben llevar a cabo una optimización de los recursos.

En cuanto al desarrollo de un plan logístico adecuado, este depende de la política de aprovisionamiento, el volumen de materia prima, sistemas de transporte y almacenes existentes ya que por lo general se pretende lo siguiente.(Arbones Malisani 1990)

1. La reducción de manera significativa en los trasportes innecesarios, de manera que esto ayude en la movilización eficaz de materiales.
2. Reducir manipulaciones innecesarias, es decir cambiar la materia prima el menor número de veces.
3. Reducir los stocks, procurando minimizarlos, así como el volumen y el espacio ocupado por ellos.
4. Reducir las clasificaciones, así como el número de recipientes en los cuales se deberán almacenar.

Por lo tanto, reducir al máximo un proceso logístico conlleva a la utilización de los mínimos medios humanos y materiales de una manera sencilla, cómoda y barata.

### ***1.15.1 Áreas de almacenamiento***

Estos espacios deben tener la capacidad necesaria para el almacenamiento ordenado de materias primas de diversas categorías (sólidos, líquidos y semi-sólidos), están diseñados o adaptados para asegurar las buenas condiciones de almacenamiento. Es conveniente mantener estas áreas limpias, secas a temperaturas aceptables.

La clasificación de materias primas se realiza en base a sus características como: tamaño, cantidad, empleo y compatibilidad con otras materias primas, de tal modo que cada grupo ocupe un espacio en específico lo cual facilita su identificación y localización. (Apaza Paco, Lizárraga Chávez y Herrera Choque 2015)

### ***1.15.2 Distribución de materias primas a las áreas***

La distribución de materias primas en las diferentes áreas de producción se ejecuta de manera ordenada y sistemática, basada en la estandarización conforme al diagrama de procesos, el responsable de esta área debe verificar visualmente que, durante la distribución de materias primas, no exista tránsito de personas, productos terminados u otros materiales.

## **1.16 Biofertilizantes**

Los biofertilizantes son compuestos preparados de microorganismos los cuales se aplican al suelo y/o planta con el único fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir en gran medida la contaminación generada por los agroquímicos.

Estos biofertilizantes tienen la particularidad de estar compuestos en un 100% de materiales orgánicos que muchas veces son desechados como desperdicios, pero que con un proceso adecuado se pueden transformar en un producto totalmente útil, por esta razón los insumos orgánicos son una gran opción para los cultivos gracias a que son económicamente viables de producir y ayudan a reciclar los residuos aportando en la recuperación de los suelos.

Según (Bojórquez Armenta et al., 2010) los microorganismos utilizados son clasificados dentro de dos grupos:

El primer grupo incluye microorganismos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias que promueven el crecimiento de la planta, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando hierro y fósforo inorgánico.

El segundo grupo incluye microorganismos los cuales son capaces de disminuir o prevenir efectos de deterioro de microorganismos patógenos.

### 1.16.1.1 Composición referencial para la elaboración de biofertilizante orgánico (140 litros)

**Tabla 5-1:** Componentes Biofertilizante Orgánico para 140 litros.

Denominación	Cantidad	Unidades
Capacidad	140	Litros
Tallos y hojas de mora	5	Kilogramos
Melaza	3	Litros
Sal	1,5	Kilogramos
Estiércol	25	Kilogramos
Levadura	350	Gramos
Ceniza	2	Kilogramos
Cáscara de huevo	100	Gramos
Suero de leche	6	Litros
Agua	Hasta completar 140	Litros

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## 1.17 Biodigestor

Es un recipiente cerrado en el cual se introduce una mezcla necesaria de elementos orgánicos, las bacterias en ausencia de oxígeno degeneran la materia orgánica disuelta en un medio acuoso que con el pasar de los días se transforma en un biofertilizante de tipo sólido, líquido y presencia de gas metano. (Gómez Muñoz 2012)

Es necesario tomar en cuenta las condiciones climáticas en las que se va a instalar el Biodigestor, ya que según las temperaturas en las que se encuentra el mismo puede favorecer o no en el proceso de Biodigestión Anaeróbica.

Los Biodigestores son muy importantes ya que indirectamente contribuyen en la preservación de la vida de los suelos, aumentado la producción y favoreciendo en la conservación del medio ambiente a través del reciclaje de materiales orgánicos.(Restrepo Rivera, 2007)

### ***1.17.1 Parámetros a considerar en la ubicación del Biodigestor***

Para asegurar el buen funcionamiento del Biodigestor es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos que se detallan a continuación:

Las distancias entre el Biodigestor y el almacén de gas no deben ser mayor a 30 metros ya que la tubería para el transporte del mismo puede resultar costosa.

Puede resultar ventajoso que el Biodigestor se encuentre a una altura adecuada que facilite el transporte de la solución acuosa de Biofertilizante.

Debe encontrarse a una distancia prudente de 10 a 15 metros de cualquier fuente de agua como ríos, pozos u otros para evitar posibles contaminaciones.

Debe encontrarse de forma que reciba la mayor cantidad de energía solar, evitando en gran medida exponer al flujo continuo de vientos

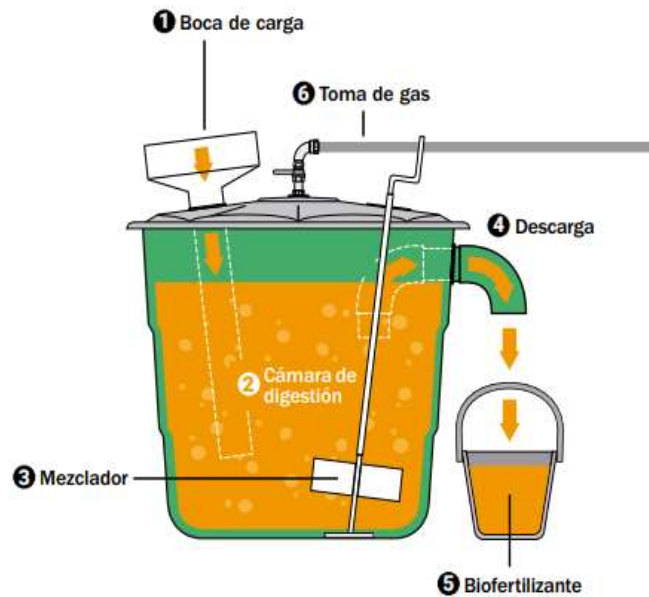
### ***1.17.2 Tipos de Biodigestores***

Biodigestor de régimen semi-continuo: Es el más utilizado en el medio rural cuando se requiere para uso doméstico, se realiza una carga inicial con un gran volumen de materias primas posteriormente se agregan nuevos volúmenes de carga, la descarga será proporcional a la cantidad de materia prima ingresada.

Biodigestor de régimen continuo: Están diseñados principalmente para la obtención de biogás y se usa frecuentemente en el tratamiento de aguas negras y otras aplicaciones industriales, su principal característica es una alimentación continua y su mayor ventaja es la generación de gas constante.

Biodigestores discontinuos o de régimen estacionario: Se carga principalmente en un solo lote de materia prima, transcurrido un cierto periodo de tiempo de degradación disminuye relativamente el volumen de materia prima ingresado y el rendimiento de biogás, se realiza el proceso de descarga para dar inicio a un nuevo ciclo de fermentación.(Varnero Moreno 2011)

### 1.17.3 Características generales de un biodigestor



**Figura 5-1:** Elementos de un Biodigestor

Fuente: (Fe, 2019)

El proceso de alimentación en un biodigestor se realiza mediante la boca de carga (1) que dependiendo del diseño del tanque puede encontrarse en la parte superior o inferior, la materia prima procesada se almacena en la cámara de digestión (2) que se encuentra al interior del tanque donde tiene lugar el proceso de Biodigestión anaeróbica, el mezclador (3) puede resultar útil según las dimensiones del biodigestor (tanques pequeños), la zona de descarga (4) representada de forma general permite el desalojo del producto procesado, en un proceso más técnico se tiene una zona para facilitar la descarga del sólido y el líquido por separado, finalmente está la toma de gas (6) que se ubica en la parte superior que es donde el gas se almacena por su baja densidad que permite transportarlo a un tanque de gas.(Fe, 2019)

### 1.17.4 Parámetros necesarios para el diseño de un biodigestor

Según (Campos Cuní 2011) los parámetros de diseño que son necesarios para una planta de biofertilizante son:

- Volumen del digestor: Volumen de la materia orgánica más el agua
- Volumen de la cámara de fermentación.
- Volumen de la campana: Valor máximo de almacenamiento de gas
- Volumen de carga: Volumen total de materia ya diluido que penetra dentro del digestor por día.

- Tiempo de retención: Incide la cantidad de tiempo en días que permanece el material dentro del digestor.

### ***1.17.5 Biodigestión anaeróbica***

Es un proceso de descomposición biológica en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y mediante la intervención de un grupo de bacterias la materia prima se descompone en un tiempo determinado, la variedad de productos que se obtendrán al haber concluido este proceso son de tipo: gaseoso, líquido y sólido.

Según (Gómez Muñoz 2012) El metano, es el principal componente dentro de la biodegradación ya que oscila entre un 40%-70% del volumen del contenedor y este dependerá directamente de la materia prima ingresada en el Biodigestor.

#### ***1.17.5.1 Etapas de la Biodigestión anaeróbica***

Este proceso se lleva a cabo dentro de tres etapas consecutivas:

1. Hidrolisis: En esta etapa la materia orgánica es metabolizada por las enzimas extracelulares con lo cual se obtienen los productos intermedios.
2. Acidogénesis: En esta fase los productos intermedios se convierten en ácido acético, hidrogeno y dióxido de carbono.
3. Metanogénesis: En este último procedimiento las bacterias anaeróbicas convierten los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono.

### **1.18 Métodos Experimentales**

En la industria actual es cada vez más habitual experimentar con diseños de prueba con la finalidad de dar solución a un determinado problema, o resolver simplemente un conjunto de interrogantes. El plantear un diseño experimental es una forma eficiente mediante datos comprobables de evidenciar una hipótesis o una idea que pueden parecer una obviedad o que resulte difícil de esclarecer a simple vista. (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2008)

Para la experimentación es fundamental primero analizar cuáles de los factores son los más influyentes en la variable respuesta que se pretende medir, esto con el fin de no generar costos innecesarios en variables que no tienen nivel de significancia dentro del experimento, es necesario aleatorizar el orden de las corridas esto asemeja al experimento a la realidad. Por último, se debe

considerar cuantas mediciones se van a realizar de esta forma se puede determinar el modelo más apropiado para la resolución y obtención de las conclusiones que posteriormente servirán para tomar decisiones importantes y aceptar o rechazar las hipótesis que se plantearon.

### ***1.18.1 Factores que intervienen el diseño experimental***

En el desarrollo de experimentos intervienen diferentes tipos de variables o factores en donde se desarrollan algunas interrogantes al plantear un experimento.

Variable(s) de respuesta: Ayuda a identificar el efecto o resultado de cada prueba experimental por lo que mide el desempeño de un proceso o la calidad de un cierto tipo de producto, el objetivo de diseñar un experimento radica en la mejora de la variable(s) respuesta.

Factores controlables: Son características de los materiales o productos los cuales pueden ser modificados a conveniencia durante la experimentación, de manera que la persona que lleva a cabo el experimento posea cierto control sobre el desarrollo experimental.

Factores no controlables: Al contrario de los factores controlables como indica su nombre estas características no se pueden controlar durante la experimentación.

Factores de estudio: Son aquellas variables que se estudian en la experimentación se ven estrechamente relacionados con la variable(s) respuesta, estos pueden ser controlables o no controlables lo que refleja un efecto sobre la respuesta de interés.

Niveles o tratamientos: Se tratan de aquellos valores que se le asignan a cada factor de estudiado en el desarrollo del experimento, es necesario una combinación de niveles para probar cada tratamiento y obtener una variable respuesta.

Error aleatorio y error experimental: Cuando se desarrolla un estudio experimental parte de la variabilidad observada en la respuesta no se podrá explicar, ya que siempre existe un residuo que se debe a causas comunes o aleatorias que generan una variabilidad natural dentro del proceso.

### ***1.18.2 Diseño factorial Mixto***

Este modelo es aplicable cuando se requiere investigar la influencia de tres o más factores, considerando (A, B y C) sobre una o más variables respuesta, en la cual cada una de las

combinaciones de los diferentes factores nos crea percepciones más detalladas acerca de la incidencia en la experimentación. (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2008)

### 1.18.2.1 Método estadístico

En un diseño factorial AxBxC el comportamiento de la variable respuesta Y puede describirse mediante la siguiente manera:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del nivel i-ésimo del factor A

$\beta_j$  = Efecto del nivel j-ésimo del factor B

$\gamma_k$  = Efecto del nivel k-ésimo del factor C

$(\alpha\beta)_{ij}$ ,  $(\alpha\gamma)_{ik}$ ,  $(\beta\gamma)_{jk}$  = Efectos de interacción dobles (de dos factores) en los niveles ij, ik, jk, respectivamente

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto de interacción triple en la combinación ijk

$\varepsilon_{ijkl}$  = Representa el error aleatorio en la combinación ijkl y l son las réplicas o repeticiones del experimento

### 1.18.2.2 Hipótesis de interés

El estudio experimental de tres factores (A, B y C) ayuda a determinar los efectos A, B, C, AB, AC, BC y ABC, en donde el detalle con el que pueden estudiarse los mismo depende del número de niveles presentado en cada factor.

En síntesis, se tiene siete efectos de interés y con ellos se puede plantear las siete hipótesis nulas e hipótesis alternativas.

### 1.18.2.3 Sumatoria de Cuadrados

$$SC_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n Y_{ijkl}^2 - \frac{Y^2}{N}$$

Donde N= abcn es el total de réplicas en el experimento.



$$SC_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i...}^2}{bcn} - \frac{Y_{....}^2}{N};$$

$$SC_A = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j..}^2}{bcn} - \frac{Y_{....}^2}{N};$$

$$SC_A = \sum_{k=1}^c \frac{Y_{..k..}^2}{abn} - \frac{Y_{....}^2}{N};$$

$$SC_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij..}^2}{cn} - \frac{Y_{....}^2}{N} - SC_A - SC_B;$$

$$SC_{AC} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c \frac{Y_{i.k.}^2}{bn} - \frac{Y_{....}^2}{N} - SC_A - SC_C;$$

$$SC_{BC} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y_{.jk..}^2}{an} - \frac{Y_{....}^2}{N} - SC_B - SC_C;$$

$$SC_{ABC} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \frac{Y_{ijk.}^2}{n} - \frac{Y_{....}^2}{N} - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC};$$

Al restar todas estas sumatorias de cuadrados de los efectos y las de interacción con las sumatorias de cuadrados totales se tiene la suma de cuadrados del error.

$$SC_E = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC}$$

#### 1.18.2.4 Tabla ANOVA

La tabla 6-1 sirve para probar las hipótesis que se han de formular con anterioridad, al efecto cuyo valor-p sea menor al valor especificado para alfa, se designa estadísticamente significativo con lo cual se acepta la hipótesis alternativa.

**Tabla 6-1:** Tabla ANOVA para el diseño factorial mixto AxBxC

FV	SC	GL	CM	F <sub>O</sub>	Valor-p
Efecto A	SC <sub>A</sub>	a-1	CM <sub>A</sub>	CM <sub>A</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>A</sup> )
Efecto B	SC <sub>B</sub>	b-1	CM <sub>B</sub>	CM <sub>B</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>B</sup> )
Efecto C	SC <sub>C</sub>	c-1	CM <sub>C</sub>	CM <sub>C</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>C</sup> )
Efecto AB	SC <sub>AB</sub>	(a-1)(b-1)	CM <sub>AB</sub>	CM <sub>AB</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>AB</sup> )
Efecto AC	SC <sub>AC</sub>	(a-1)(c-1)	CM <sub>AC</sub>	CM <sub>AC</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>BC</sup> )
Efecto BC	SC <sub>BC</sub>	(b-1)(c-1)	CM <sub>BC</sub>	CM <sub>BC</sub> /CM <sub>E</sub>	P (F > F <sub>O</sub> <sup>ABC</sup> )
Efecto ABC	SC <sub>ABC</sub>	(a-1)(b-1)(c-1)	CM <sub>ABC</sub>	CM <sub>ABC</sub> /CM <sub>E</sub>	
Error	SC <sub>E</sub>	abc(n-1)	CM <sub>E</sub>		
Total	SC <sub>T</sub>	abcn-1			

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Fuente:** (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar 2008)

### **1.18.2.5 Software estadístico**

Minitab permite el análisis de datos estadísticos ya sean básicos o avanzados, proponiendo respuestas significativas dentro del proceso experimental frecuentemente es muy utilizado como herramienta metodológica para la mejora continua de procesos Seis Sigma. (Jonathan Ryan, Barbara Jeiner 2013)

## **1.19 Máquinas y Equipos**

Para el desarrollo del biofertilizante es necesario contar con maquinaria que faciliten el proceso y permitan optimizar mejor el tiempo, estas se detallan a continuación:

**Tabla 7-1:** Equipos de la planta

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Mezcladora Industrial de eje sencillo	1
Molino de martillos	1
Biodigestor	2
Tuberías	Según la necesidad
Transportador tornillo sin fin de canal	3
Bombas trituradoras centrífugas	2
Sistema de filtrado de separación	1
Secador de Lecho Fluidizado con calefacción interna	1
Dosificadora	1
Ensayadora saco boca abierta	1

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### **1.19.1 Mezcladora Industrial de eje sencillo**

La mezcladora de eje sencillo está fabricada en acero inoxidable para proporcionar una gran durabilidad y eficiencia, cumple efectivamente con las tareas de mezcla de productos en diferentes plantas de producción como: avicultura, ganadería, industria química y farmacéutica, etc.

Comprende una mezcla uniforme con un coeficiente de variación del 5% el cual se obtiene con solo 240 segundos de mezcla.

En la tabla 8-1 se muestran algunas características técnicas de la mezcladora de eje sencillo.

**Tabla 8-1:** Características técnicas de la mezcladora de eje sencillo.

Denominación	Característica técnica
Capacidad	12 000 litros.
Eje secillo	Paletas.
Material de Fabricación	Acero al cárbo o acero inoxidable según sea el requerimiento.
Compuerta en toda la logitud del equipo	Operación neumática con apertura de mas de 90 grados.
Porcentaje de residuo de fondo	$\leq 0,2\%$
Motor de alta eficiencia	IE2 tres fases 220/440 V - 60 Hz
Velocidades	De 1200 a 1800 rpm
Tiempo de mezcla	25 - 30 min
Llenado	2 min
Descarga	1 min
Dimensiones	L: 5,7 m; A: 2,5 m; H: 3,22 m

Fuente: METALTECO

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 6-1:** Mezcladora industrial de eje sencillo

Fuente: METALTECO

### 1.19.2 Molino de martillos

La máquina molino de martillos está diseñada para tareas demandantes en la reducción de partículas, emplea una lluvia de golpes de martillo a altas velocidades las cuales permiten la destrucción y desintegración de la materia prima.

En la tabla 9-1 se muestran algunas características técnicas del molino de martillo:

**Tabla 9-1:** Características técnicas del molino de martillo.

Denominación	Característica técnica
Capacidad	De hasta 30 Toneladas por hora (TPH) en función de las condiciones de molienda.
Medida promedio de partículas	5 mm
Puertas	Sistema de apertura deslizantes
Mecanizado de soportes para el motor y chumaceras	Garantiza el alineamiento y perpendicularidad entre los elementos móviles del equipo.
Válvula neumática	Para el enrutamiento del material.
Unidad motriz reversible	Permite que el sistema trabaje en los dos sentidos de giro.
Chumaceras	De tipo pesado
Motor eléctrico de alta eficiencia	IE2 tres fases 220/440 V - 60 Hz, montado sobre placas de acero mecanizadas
Velocidades	De 1200 a 1800 rpm
Número de martillos	7200
Dimensiones	L: 5 m; A: 2,5 m; H: 2,5 m

Fuente: METALTECO

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 7-1:** Molino de martillo

Fuente: METALTECO

### 1.19.3 Biodigestor

Contenedor de cualidades herméticas, en el cual se deposita una mezcla de materiales orgánicos a fermentar durante un tiempo determinado, para la obtención de biogás y biofertilizante. Un Biodigestor tropicalizado es una composición completa de elementos adaptados a las características climatológicas y de espacio que existen en los países Latino Americanos.

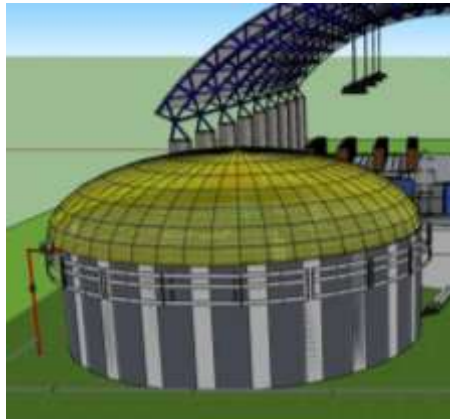
En la tabla 10-1 se muestran algunas características técnicas del Biodigestor:

**Tabla 10-1:** Características técnicas del Biodigestor

<b>Denominación</b>	<b>Característica técnica</b>
Capacidad	De hasta 250 m <sup>3</sup> en función del tipo de materia prima ingresada
Material de construcción	Paredes y piso de hormigón
Forraje	Lana de vidrio para mantener la temperatura
Tuberías	con sistema de doble membrana de PVC
Cámara de aire	Para lograr un mejor aislamiento
Cañería de alimentación	Circula el fluido de calefacción para aumentar los valores térmicos
Agitadores	Potencia de 1 - 22 KW, Eje de 6,5m y potencias de hasta 30 HP
Dimensiones	H: 8,52 m; $\phi$ : 17,5 m
Cubierta	De vidrio templado tipo domo
Válvulas de seguridad	Hechas de acero inoxidable regulan presiones de -3 mbar - 20 mbar

**Fuente:** AquaLimpia

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 8-1:** Biodigestor

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

#### **1.19.4 Tuberías**

Es un conducto el cual cumple la función específica de transportar agua u otros fluidos, en este caso se emplea una tubería de tipo PVC la cual contiene una superficie interior lisa que permite tener una menor pérdida de carga considerando un gran diámetro para la movilización segura de la mezcla de biofertilizante de tipo sólido y líquido también llamado lodos.

En la tabla 11-1 se muestran algunas características técnicas de la tubería PVC:

**Tabla 11-1:** Características técnicas de la tubería PVC.

<b>Denominación</b>	<b>Característica técnica</b>
Diámetro nominal Dn (mm)	540
Diámetro interno Di (mm)	500
Presión de trabajo	30 PSI
	0,20 Mpa
	2,04 kgf/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** PLASTIGAMA

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 9-1:** Tubería PVC

Fuente: PLASTIGAMA

### ***1.19.5 Transportador tornillo sin fin de canal***

Es una máquina de transporte continuo la cual tiene la posibilidad de trabajar desde diferentes ángulos siempre y cuando sea adaptado para el fin en el que se opera, están diseñados de acuerdo a la movilización del tipo de material y cuentan con la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de proceso.

En la tabla 12-1 se muestran algunas características técnicas del transportador tornillo sin fin de canal:

**Tabla 12-1:** Características técnicas del transportador tornillo sin fin de canal.

<b>Denominación</b>	<b>Característica técnica</b>
Longitud	Canal y tornillo sin fin 1 y 2: 4,45 m, Canal y tornillo sin fin 3: 4,85 m
Sin fin	Consta de un motoreductor directo con árbol, ensamblado con bridas con posibilidades de montaje tanto en zona carga como en descarga
Potencia de motor	1,1 - 15 Kw
Relación de reducción	1:5, 1:7, 1:10, 1:15, 1:20, Depende de las exigencias del cliente
Tornillo sin fin	De hélice helicoidal

Fuente: EcuRED

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 10-1:** Transportador tornillo sin fin de canal

Fuente: EcuRED

### 1.19.6 Bombas trituradoras centrífugas

Las bombas trituradoras centrífugas están diseñadas para el procesamiento de lodos industriales, plantas depuradoras, biofertilizantes, etc. Son auto aspirantes incluso funcionan cuando la mezcla esta seca y son muy eficientes si el material con el que se trabaja posee componentes extraños.

En la tabla 13-1 se muestran algunas características técnicas de la bomba trituradora centrífuga.

**Tabla 13-1:** Características técnicas de la bomba trituradora centrífuga.

Denominación	Característica técnica
Diámetro de succión	500 mm
Potencia	1 - 1100 Kw
De tipo	Trituradoras
Sistema	De doble corte
Eficiencia	Hidráulica
Sello mecánico	Doble
Sensores	De sonda térmica
Distancia de auto aspiración	9 m de profundidad

Fuente: AquaLimpia

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 11-1:** Bomba trituradora centrífuga



Fuente: AquaLimpia

### 1.19.7 Sistema de filtrado de separación

Este sistema permite la separación de un biofertilizante líquido y solido-liquido (lodos), mediante el cual el lodo se queda depositado en el fondo de las depuradoras para su posterior extracción cuando se haya eliminado la mayor cantidad de líquido.

En la tabla 14-1 se muestran algunas características técnicas de un sistema de filtrado de separación.

**Tabla 14-1:** Características técnicas de un sistema de filtrado de separación.

Denominación	Característica técnica
Material	Plástico de polipropileno, Acero al carbón
Material exterior	Fibra de vidrio
Resistencia	Al óxido
Filtro	Bolsillo F7
Marco	De aluminio
Medio filtrante	Sintético no tejido
Eficiencia de filtro	90 - 95% @ 1 micras
Dimensiones	24x24x24" (595x595x600) mm
Área filtrante	4, 28 m <sup>2</sup>
Flujo de aire nominal	3 200 m <sup>3</sup> /h
Resistencia inicial	80 Pa
Lavable	Si

Fuente: Carbotecnia, PREMIUMFILTERS

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 12-1:** Sistema de filtración de separación con tanque de fibra de vidrio.

Fuente: Carbotecnia

### ***1.19.8 Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna***

Esta nueva tecnología emplea un intercambiador de calor de tubos con lo cual se proporciona el calor necesario para la deshidratación del material sólido – líquido (lodos), se utiliza un tratamiento térmico a más de 80 °C cuando finaliza este proceso se obtiene un lodo totalmente seco, limpio y reducido a polvo conservando los minerales (N, P, K) y demás nutrientes que necesitan los cultivos, es un secador de alta eficiencia y ahorro de energía.

En la tabla 15-1 se muestran algunas características técnicas del Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna:

**Tabla 15-1:** Características técnicas del Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna

<b>Denominación</b>	<b>Característica técnica</b>
Eficiencia aproximada de ahorro energético	90%
Fluidización normal	Con aire caliente
Reducción de pérdidas de calor	Mayor eficiencia de secado
Uso de un distribuidor de aire especial	Evita fugas de material
Fácil de	Instalar, operar y mantener
Tipo	GWLN80.0
Temperaturas	80 - 300 °C
Deshidratación	6000 - 19000 (Kg/h)
Potencia instalada	650 - 1300 Kw
Presión de vapor	0,1 - 2,0 Mpa
Dimensiones	L: 2 m; A: 5 m; H: 7 m

**Fuente:** SHANDONG TIANLI ENERGY CO., LTD.

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 13-1:** Secador de Lecho Fluidizado con Calefacción Interna.

Fuente: SHANDONG TIANLI ENERGY CO., LTD.

### 1.19.9 Dosificadora

El proceso de dosificación consiste en agregar un determinado líquido, teniendo en cuenta las cantidades exactas en litros o mililitros optimizando de esta manera el tiempo de envasado, este tipo de maquinaria se puede trabajar en sobremesa o con sistema semiautomático.

En la tabla 16-1 se muestran algunas características técnicas de la Dosificadora.

**Tabla 16-1:** Características técnicas de la Dosificadora.

Denominación	Característica técnica
Capacidad de llenado	Hasta 100 ml - 1 000 ml o 200 ml - 2 000 ml en volumen
Boquillas en línea	2 para diferente diámetro o alto de botellas con guías regulables
Sistema de guías corredizas	Para posicionar boquillas
Boquillas	Compuestas por pistón de succión, con micro cilindro para sistema antigoteo y electro válvulas neumáticas con presiones de 60- 80 PSI
Reductor	De volumen con tornillos y tuercas guías sólidos al pistón de empuje
Dosificación automática	Con secuencia de tiempo entre unas y otras con panel de control eléctrico el cual regula la velocidad de trabajo controlado por temporizadores
Capacidad máxima	200 botallas en 2 minutos
Volumen de botellas	3 Lt
Voltaje de trabajo	110 - 220 V
Potencia	800 W
Tanque dosificador	60 Lt
Presión de aire	0,8 Mpa
Material	Acero inoxidable 304
Dimensiones	L: 1,10 m; A: 0,80 m; H: 1,60m

Fuente: CORPMAQPLAST

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 14-1:** Dosificadora

Fuente: CORPMAQPLAST

#### **1.19.10 Ensacadora saco boca abierta**

La máquina ensacadora es la adaptación de un silo de almacenamiento en donde se concentra el material sólido aprovechando la fuerza de la gravedad y el diseño de la tolva ayuda a que el componente caiga llenando los sacos hasta 50 Kg con la ayuda de un operario para no sobrepasar la medida estimada.

En la tabla 17-1 se muestran algunas características técnicas de la Ensacadora saco boca abierta.

**Tabla 17-1:** Características técnicas de la Ensacadora saco boca abierta.

Denominación	Característica técnica
Sectores de aplicación	Árido, grava, fertilizantes, granulados.
Tolva/Báscula	Suspendida de tres células de carga
Pesaje	Electrónico digital
Llenado de sacos	Por gravedad a través de alimentador de cinta
Altura de boca	Ajustable bajo demanda
Producción media en base a densidad del producto	0,6 Kg/Lt - 1,6 Kg/Lt
Funcionamiento	Manual
Peso de la máquina	1 200 Kg
Producción	4 sacos de 40 Kg en 1 min
Características mecánicas	Bastidor de apoyo. Tolva receptora producto
	Alimentador de banda 1,5 / 2 Kw
	Tolva / Báscula de pesada previa
	Sistema de amortiguación y cierre inferior de doble compuerta, accionamiento neumático
	Detector de presencia de saco
Características electrónicas	Tolvin con pinza sujetasacos
	Altura boca de ensaque: 1,25 m
	Armario de maniobra sobre chasis de la ensacadora, con mandos manuales
Estructura	Equipo de control AE-9228 EN SAC
	Acero al carbón

Fuente: ARCO MET7

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 15-1:** Ensacadora saco boca abierta

**Fuente:** ARCO MET7

### **1.20 Simulación del proceso**

La simulación de los procesos desempeña un papel fundamental para el estudio y análisis de los sistemas en etapa de diseño, es decir antes de implantar dichos sistemas, de esta forma gracias a los resultados y todas las posibilidades de modificación que se permiten en el software se puede pronosticar el comportamiento del proceso productivo a implementar.

Según (Díaz Martínez, Zárate Cruz y Román Salinas, 2018) “La simulación en FlexSim es la representación gráfica de algún proceso, sistema de producción o sistema real a través del tiempo, diseñada en una computadora, la simulación compromete la generación de un historial artificial de un sistema y su observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real.”

El uso de FlexSim en la simulación de un sistema que se pretende implementar representa una gran ventaja al intentar predecir el comportamiento que va a tener. Con el uso del software se busca asemejarse en la medida de lo posible al modelo real que se pretende conseguir estableciendo los parámetros necesarios

### **1.21 Software CAD para diseños**

El dibujo asistido por computadora (CAD) facilita la realización de trabajos en procesos de diseños, garantizando una mayor eficacia y productividad en el desarrollo de proyectos a etapas tempranas.

Según (FRAPPER, Olivier, 2008), “AUTOCAD es una aplicación universal de Diseño y Dibujo asistido por computadora”, presenta muchas herramientas didácticas y avanzadas con las cuales facilita la creación de todo tipo de diseños dándole un grado de precisión muy alto. Una característica muy importante de este software es que permite crear modelos en 2D Y 3D con la facilidad de observar cada ángulo del diseño y modificarlo posteriormente.

SketchUp es un software desarrollado por Google que permite crear y modificar todo tipo de diseños en 3D de una manera intuitiva, fácil y rápida, dadas las características singulares, el manejo y edición de componentes que posee, hace que este programa sea diferente frente a otros programas de diseño CAD como el antes mencionado. (Gaspar 2011)

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Caracterización del proyecto

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad el diseño de la capacidad instalada para la factibilidad de la creación de una planta de producción industrial de biofertilizante orgánico, por lo cual es necesario la utilización de tecnologías en simulación y diseño en 3D, considerando las variables presentes en el desarrollo del tema propuesto, este trabajo corresponde directamente a una investigación experimental.

Según (Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar, 2008) manifiesta que; el diseño de experimentos es una de las formas más eficaces de hacer pruebas, ya que consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar, para obtener datos que al ser analizados estadísticamente proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas y de esta manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso intentando resolver un problema o lograr mejoras.

#### 2.2 Ubicación de la planta

Una buena ubicación de la planta es uno de los factores más importante cuando se pretende implementar un proyecto exitoso pues se deben considerar los aspectos más importantes que le permitan a la planta crecer de manera exponencial y además ahorrar grandes costos en transportes u otras consideraciones.

La planta industrial se enfoca en el abastecimiento del mercado de la zona 3 inicialmente donde se encuentran las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza donde se destacan mayormente la región sierra, para luego crecer abasteciendo el mercado de otras zonas del Ecuador.

##### 2.2.1 *Macrolocalización*

El principal propósito de la planta industrial es la producción de biofertilizante orgánico, donde se obtiene tres componentes: sólido, líquido y gas metano.

En la fabricación del biofertilizante es necesario grandes cantidades de materia prima principalmente solidas como son las hojas de mora y estiércol animal, además otras liquidas como el suero de leche y la melaza, entre otras.

Las condiciones climáticas favorables para el proceso representan otro factor importante para la localización de la planta, además de otros factores como la facilidad logística de transporte de materiales al igual que la cercanía al mercado objetivo, entre otros.

En base a las condiciones antes mencionadas se aplica el método de ponderación de factores para determinar la macro localización,

### **2.2.1.1 Consideración de la hoja de mora**

El enfoque investigativo es determinar que provincias del Ecuador disponen grandes cantidades de materia prima necesaria y específica en el proceso (hojas de mora), según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, “La provincia con mayor producción de mora es Tungurahua que aporta con el 41% de la producción total de la fruta y además abarca el 32% de la superficie cosechada. Le sigue la provincia de Bolívar con el 25% de la producción total, por otro lado, la provincia de Cotopaxi aporta con 19% de la producción total y, por último, se encuentran provincias como Chimborazo, Pichincha y Imbabura que representan el 8%, 5% y 2% respectivamente de la producción total”.

### **2.2.1.2 Consideración del estiércol animal**

Para la obtención de estiércol animal se consideran las provincias más relevantes en la tenencia de ganado vacuno enfocados más en el de tipo lechero.

**Tabla 1-2:** Lt/Día de leche por Provincia.

<b>Provincias</b>	<b>Litros/Día</b>
Cotopaxi	150.901
Chimborazo	200.294
Tungurahua	200.173
Pastaza	13.281
Pichincha	520.666

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería y Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En base a los datos obtenidos mediante la revisión bibliográfica se puede destacar las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas como posibles opciones para la localización futura de la planta de producción.



### 2.2.2 Método de Factores Ponderados (Macrolocalización)

**Tabla 2-2:** Aplicación del método de factores ponderados (Macrolocalización)

FACTORES	PESO	ALTERNATIVAS									
		PICHINCHA	TUNGURAHUA	CHIMBORAZO	COTOPAXI	STO DGO	PICHINCHA	TUNGURAHUA	CHIMBORAZO	COTOPAXI	STO DGO
Disponibilidad de materias primas	32%	6	9	6	7	4	1.92	2.88	1.92	2.24	1.28
Condiciones climáticas favorables para el proceso	15%	6	6	6	6	8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2
Facilidad logística de transporte	15%	7	8	7	7	7	1.05	1.2	1.05	1.05	1.05
Cercanía al mercado clientes	10%	7	6	6	5	7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7
Disponibilidad y costo del terreno	8%	3	7	7	6	6	0.24	0.56	0.56	0.48	0.48
Disponibilidad de mano de obra	5%	7	8	8	8	8	0.35	0.4	0.4	0.4	0.4
Accesibilidad vial	5%	7	7	6	6	7	0.35	0.35	0.3	0.3	0.35
Accesibilidad a los servicios básicos	5%	7	7	7	7	7	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Seguridad en general	5%	7	7	6	6	7	0.35	0.35	0.3	0.3	0.35
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>						6.21	7.59	6.38	6.52	6.16

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

- La valoración del peso para los factores está dada en porcentajes.
- La escala de valoración para cada provincia es de 1 – 10.

Una vez aplicado el método de factores ponderados a las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, se ha obtenido como opción más idónea la provincia de Tungurahua que cumple con la mayor parte de los factores importantes en la determinación de la macrolocalización.

### 2.2.3 Método de factores ponderados (Microlocalización)

Para la Microlocalización de la planta partiendo de la provincia de Tungurahua como lo indica la Macrolocalización, se aplicó el método de factores ponderados, donde se contempló de la misma forma la facilidad de materia prima disponible, además de otros aspectos que se consideran importantes para la elección final de la ubicación de la planta industrial.

“Según el Ministerio de agricultura y ganadería los cantones de mayor producción de cultivos de mora en Tungurahua son Tisaleo y Ambato (Huachi grande, Montalvo, Constantino Fernández y Ambatillo)”

**Tabla 3-2:** Aplicación del método de factores ponderados (Microlocalización)

ALTERNATIVAS											
FACTORES	PESO	AMBATO	TISALEO	PÍLLARO	CEVALLOS	PELILEO	AMBATO	TISALEO	PÍLLARO	CEVALLOS	PELILEO
Disponibilidad de materias primas	40%	7	8	7	7	6	2.8	3.2	2.8	2.8	2.4
Condiciones climáticas favorables para el proceso	20%	7	7	7	7	7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Facilidad logística de transporte	17%	7	6	6	5	7	1.19	1.02	1.02	0.85	1.19
Disponibilidad y costo del terreno	8%	6	7	7	7	6	0.48	0.56	0.56	0.56	0.48
Accesibilidad vial	5%	8	7	7	7	7	0.4	0.35	0.35	0.35	0.35
Accesibilidad a los servicios básicos	5%	8	7	7	7	7	0.4	0.35	0.35	0.35	0.35
Seguridad en general	5%	7	7	6	6	7	0.35	0.35	0.3	0.3	0.35
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>						<b>7.02</b>	<b>7.23</b>	<b>6.78</b>	<b>6.61</b>	<b>6.52</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

- La valoración del peso para los factores está dada en porcentajes.
- La escala de valoración para cada provincia es de 1 – 10.

Una vez aplicado el método de factores ponderados para la microlocalización donde se tienen en cuenta los cantones de Ambato, Tisaleo, Píllaro, Cevallos y Pelileo. Se ha determinado mediante este método que el cantón Tisaleo cumple mayormente con las condiciones favorables y necesarias para establecer la planta de producción de biofertilizante industrial.

#### 2.2.4 Método de Brown y Gibson (Microlocalización)

Para la microlocalización es necesario la aplicación de un segundo método de estudio el cual permite la confirmación de la ubicación final de la planta de producción, este método considera factores importantes dentro de las posibles locaciones como son: disponibilidad de materia prima, condiciones climáticas, cercanía al mercado, disponibilidad de mano de obra, accesibilidad vial, accesibilidad a los servicios básicos y seguridad.

Se toma el valor referencial de un índice  $k = 0,75$

**Tabla 4-2:** Índice de importancia relativa para cada factor.

Factor	Índice de importancia relativa (Wj)
Disponibilidad de materia prima	0.24
Condiciones climáticas	0.16
Cercanía al mercado	0.20
Disponibilidad de mano de obra	0.16
Accesibilidad vial	0.08
Accesibilidad a los servicios básicos	0.16
Seguridad	0.04

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 5-2:** Determinación de la ubicación Método Brown y Gibson.

K =	0.75				
Ciudad	Servicios: Costos Fijos C <sub>i</sub> (\$/mes)	1/C <sub>i</sub>	Factor		MPL <sub>i</sub>
	Energía, arriendo y agua		FO <sub>i</sub>	FS <sub>i</sub>	
Ambato	4000	0.000250	0.224	0.148	0.205
Tisaleo	3500	0.000286	0.256	0.345	0.278
Pillaro	3300	0.000303	0.271	0.248	0.266
Pelileo	3600	0.000278	0.249	0.299	0.261
		0.001117	1.000		

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 6-2:** Determinación del factor subjetivo

Factor	Disponibilidad de materia prima				Condiciones climáticas				Cercanía al mercado				Disponibilidad de mano de obra				Accesibilidad vial				Accesibilidad a los servicios básicos				Seguridad											
Índice de importancia relativa (Wj)	0.24				0.16				0.2				0.16				0.08				0.16				0.04											
Ciudad	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	COMPARACIÓN	SUMA	R <sub>ij</sub>	FS <sub>i</sub>								
Ambato	1	1	0	2	0.222	0	0	0	0	0.000	0	1	0	1	0.167	1	0	0	1	0.125	1	1	0	2	0.2	1	0	0	1	0.100	1	1	0	2	0.222	0.148
Tisaleo	1	1	1	3	0.333	1	0	1	2	0.333	1	0	1	2	0.333	1	1	1	3	0.375	1	1	1	3	0.3	1	1	1	3	0.300	1	1	1	3	0.333	0.345
Pillaro	0	1	1	2	0.222	0	1	1	2	0.333	0	1	0	1	0.167	0	1	1	2	0.25	1	1	0	2	0.2	1	1	1	3	0.300	0	1	0	1	0.111	0.248
Pelileo	1	1	0	2	0.222	1	1	0	2	0.333	1	0	1	2	0.333	1	0	1	2	0.25	1	1	1	3	0.3	1	1	1	3	0.300	1	1	1	3	0.333	0.299
Total	9				6				6				8				10				10				9											

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Finalmente se determinó que el cantón de Tisaleo cumple con todos los factores necesarios para la ubicación de la planta industria, corroborando la información establecida con el método de factores ponderados.

### 2.3 Ubicación geográfica

En la ubicación geográfica dentro del sector de Tisaleo se analiza un terreno adecuado de aproximadamente una hectárea en la cual los primeros 500 m<sup>2</sup> se establece la construcción de la planta industrial, posteriormente los metros cuadrados de terreno sobrante se emplean para futuras expansiones.

### 2.4 Estimación de la demanda potencial de fertilizante para la zona 3 del Ecuador

La aplicación de la metodología de investigación deductiva que indica un estudio partiendo de lo general a lo particular, donde se busca determinar la demanda de biofertilizante para la estimación de la capacidad instalada en la planta industrial. Lo General es la superficie completa del Ecuador, tierras dispuestas para el cultivo de labor agropecuario (Cultivo permanentes, transitorios y barbecho, pastos naturales y cultivados) por año.

Luego se centra la demanda en la zona 3 del Ecuador que abarca a las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Pastaza. La determinación de los cultivos transitorios y permanentes más representativos para cada provincia en hectáreas cultivadas, de esta forma estimar una demanda enfocada de manera particular en la zona que se quiere producir.

Según datos proporcionados por el (ESPAC, 2020), Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua de la superficie a cargo de productores a nivel nacional al menos 5,20 millones de hectáreas se encuentran bajo labor agropecuario con cultivos permanentes, transitorios, pastos cultivados, entre otros, y alrededor de 7,26 millones de hectáreas están sin uso agropecuario pertenecientes a montes, bosques y páramos.



**Figura 1-2:** Superficie con uso agropecuario.

Fuente: ESPAC 2020

La superficie total del Ecuador es de 12.462.614 hectáreas que se encuentran segmentadas según su uso o condición geográfica, en la tabla 7-2 se muestra el uso de los suelos según su categoría para cada región del Ecuador donde no se considera la región insular.

**Tabla 7-2:** Uso de suelos por regiones en el Ecuador.

REGIÓN	USO DEL SUELO (Has.)								
	Total	Cultivos Permanentes	Cultivos Transitorios y Barbecho	Descanso	Pastos Cultivados	Pastos Naturales	Páramos	Montes y Bosques	Otros Usos
TOTAL NACIONAL	12,462,614	1,442,973	822,516	215,014	2,067,795	871,378	249,139	6,112,324	681,476
REGIÓN SIERRA	3,856,651	252,971	237,711	69,724	549,601	571,452	234,948	1,734,704	205,540
REGIÓN COSTA	4,883,288	1,036,446	548,942	135,899	1,125,324	245,041	14,191	1,467,277	310,169
REGIÓN AMAZÓNICA	3,722,676	153,556	35,863	9,391	392,871	54,885		2,910,342	165,768

Fuente: ESPAC 2020

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La demanda potencial para las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza es la cantidad en Kg de biofertilizante que potencialmente pueden ser consumidos para este sector, esto en función de los cultivos transitorios y permanentes más representativos para cada una de estas provincias.

El estudio de la demanda se centró en la zona 3 del Ecuador que comprende las provincias: **Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza**, para las cuales se determinó el uso de los suelos en general, en la tabla 8-2 se observa el total de extensión de territorial para la zona 3.

**Tabla 8-2:** Uso de suelos para la zona 3.

ZONA 3	TOTAL USO DE SUELOS (Has)
COTOPAXI	398.779,6
CHIMBORAZO	373.071,1
TUNGURAHUA	153.504,9
PASTAZA	821.594,2
<b>TOTAL</b>	<b>1.746.949,8</b>

Fuente: ESPAC 2020

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para cada una de las provincias de la zona 3 es necesario determinar el uso de los suelos según los cultivos permanentes y transitorios que son más aprovechados en labor agropecuario, además son los cultivos que mayormente necesitan del uso de fertilizantes para mejorar su producción. En la tabla 9-2 se muestra en hectáreas la extensión territorial para estos cultivos.

**Tabla 9-2:** Uso de suelos según su categoría en la zona 3.

PROVINCIAS	USO DE SUELOS SEGÚN CATEGORIAS (Has)	
	Cultivos permanentes	Cultivos transitorios y barbecho
COTOPAXI	23.724,6	34.102,9
CHIMBORAZO	3.022,4	37.672,4
TUNGURAHUA	6.203,5	13.177,1
PASTAZA	4.406,2	819,6
<b>TOTAL</b>	<b>37.356,7</b>	<b>85.772,0</b>

Fuente: ESPAC 2020

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La estimación de la demanda total para la zona 3 del Ecuador se realizó en base a los productos más representativos para cada provincia, los datos proporcionados por el ESPAC muestran el tipo de producto, su clasificación, la superficie plantada y cosechada y su producción anual en toneladas.

Para la provincia de Cotopaxi se muestran los siguientes productos ver tabla 10-2.

**Tabla 10-2:** Cultivos de mayor producción para Cotopaxi.

CULTIVOS PERMANENTES DE MAYOR PRODUCCIÓN			
Cultivos permanentes	Superficie (Ha)		Producción anual Tm
	Plantada	Cosechada	
Banano	2.898,0	2.898,0	134.174,0
Caña de azúcar para otros usos	2.548,0	2.407,0	80.613,0
CULTIVOS TRANSITORIOS DE MAYOR PRODUCCIÓN			
Cultivos transitorios	Superficie (Ha)		Producción anual Tm
	Plantada	Cosechada	
Brócoli	5.496,0	5.496,0	93.241,0
Papa	3.838,0	3.603,0	39.281,0

Fuente: ESPAC

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la provincia de Tungurahua se muestran los siguientes productos ver tabla 11-2.

**Tabla 11-2:** Cultivos de mayor producción para Tungurahua.

<b>CULTIVOS PERMANENTES DE MAYOR PRODUCCIÓN</b>			
<b>Cultivos permanentes</b>	<b>Superficie (Ha)</b>		<b>Producción anual Tm</b>
	<b>Plantada</b>	<b>Cosechada</b>	
Tomate de árbol	1.420,0	748,0	12.051,0
Aguacate	1.340,0	1.191,0	5.498,0
<b>CULTIVOS TRANSITORIOS DE MAYOR PRODUCCIÓN</b>			
<b>Cultivos transitorios</b>	<b>Superficie (Ha)</b>		<b>Producción anual Tm</b>
	<b>Plantada</b>	<b>Cosechada</b>	
Papa	3.464,0	3.323,0	52.313,0
Maíz suave choclo	3.702,0	3.597,0	14.743,0

Fuente: ESPAC

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la provincia de Chimborazo se muestran los siguientes productos ver tabla 12-2.

**Tabla 12-2:** Cultivos de mayor producción para Chimborazo.

<b>CULTIVOS PERMANENTES DE MAYOR PRODUCCIÓN</b>			
<b>Cultivos permanentes</b>	<b>Superficie (Ha)</b>		<b>Producción anual Tm</b>
	<b>Plantada</b>	<b>Cosechada</b>	
Tomate de árbol	104,0	49,0	1.064,0
Orito	167,0	167,0	718,0
<b>CULTIVOS TRANSITORIOS DE MAYOR PRODUCCIÓN</b>			
<b>Cultivos transitorios</b>	<b>Superficie (Ha)</b>		<b>Producción anual Tm</b>
	<b>Plantada</b>	<b>Cosechada</b>	
Papa	5.426,0	4.308,0	47.299,0
Cebolla blanca	4.516,0	4.435,0	30.483,0

Fuente: ESPAC

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la provincia de Pastaza se muestran los siguientes productos ver tabla 13-2.

**Tabla 13-2:** Cultivos de mayor producción para Pastaza.

CULTIVOS PERMANENTES DE MAYOR PRODUCCIÓN			
Cultivos permanentes	Superficie (Ha)		Producción anual Tm
	Plantada	Cosechada	
Caña de azúcar para otros usos	2.401,0	2.393,0	38.919,0
Plátano	798,0	406,0	3.813,0
CULTIVOS TRANSITORIOS DE MAYOR PRODUCCIÓN			
Cultivos transitorios	Superficie (Ha)		Producción anual Tm
	Plantada	Cosechada	
Yuca	721,0	721,0	2.922,0
Maíz duro seco	190,0	190,0	180,0

Fuente: ESPAC

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la figura 2-2 se muestra el porcentaje de insumos químicos, orgánicos y en los que no se aplica ningún tipo de fertilizantes para cultivos permanentes y transitorios.



**Figura 2-2:** Uso de insumos químicos y orgánicos para cultivos permanentes y transitorios.

Fuente: ESPAC 2020

Para la estimación de la demanda en cada una de las provincias de la zona 3 del Ecuador inicialmente se determinó el número de hectáreas destinadas para cultivos permanentes y transitorios con los productos más representativos en cada una de estas, se determinó la cantidad necesaria de fertilizantes (Kg/Ha) en función de tablas que se muestran posteriormente, finalmente se obtiene la cantidad aproximada de fertilizantes en cada provincia al multiplicar el número de hectáreas cultivadas de cada producto por la cantidad de fertilizante ocupado para cada uno.



En la provincia de Cotopaxi los cultivos más representativos son: brócoli, papa, caña de azúcar y banano, en función de las hectáreas cultivadas para esta provincia se estima una demanda de 3.548.989,65 Kg de fertilizantes, véase la tabla 14-2.

**Tabla 14-2:** Estimación de la demanda para Cotopaxi.

PROVINCIA DE COTOPAXI					
Cultivo Permanente (Producto)			Cultivos Transitorios (Producto)		
	Banano	Caña azucar		Brócoli	Papa
Hectáreas (Has)	2.898,00	2.548,00	Hectáreas (Has)	5.496,00	3.838,00
Insumos Químicos (I.Q)	56,80%	56,80%	Insumos Químicos (I.Q)	79,00%	79,00%
Insumos Orgánicos (I.O)	3,00%	3,00%	Insumos Orgánicos (I.O)	3,90%	3,90%
No usan ningún tipo de insumo	32,40%	32,40%	No usan ningún tipo de insumo	7,90%	7,90%
Has de I.Q	1.646,06	1.447,26	Has de I.Q	4.341,84	3.032,02
Has de I.O	86,94	76,44	Has de I.O	214,34	149,68
Cantidad de I.Q/Has (Kg)	462,02	193,12	Cantidad de I.Q/Has (Kg)	234,73	448,69
Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60	Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60
Estimacion Demanda (Kg)	787.776,69	303.468,24	Estimacion Demanda (Kg)	1.086.366,17	1.407.378,55
<b>TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA COTOPAXI (Kg)</b>					<b>3.584.989,65</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 15-2 se muestra la cantidad de insumos químicos (Kg/Ha) para los productos más representativos que se consideran en el estudio de la provincia de Cotopaxi.

**Tabla 15-2:** Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.

INTENSIDAD DE USO FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVOS PERMANENTES Y TRANSITORIOS			
Cultivos Transitorios		Cultivos Permanetes	
Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha	Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha
banano	462,02	brócoli	234,73
caña azucar	193,12	papa	448,69

Fuente: ESPAC 2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la cantidad de insumos orgánicos utilizados por tierra cultivable véase la tabla 16-2, datos que muestra el ICEX.

**Tabla 16-2:** Uso de fertilizantes en el Ecuador según el ICEX.

FERTILIZANTES EN ECUADOR	
ICEX (ESPAÑA IMPORTACIONES E INVERSIONES)	Cantidad fertilizante tierra cultivable Kg/Ha 313.6

Fuente: ICEX

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la provincia de Tungurahua los cultivos más representativos son: tomate de árbol, aguacate, papa y maíz suave, en función de las hectáreas cultivadas para esta provincia se estima una demanda de 2.530.999,67 Kg de fertilizantes, véase la tabla 17-2.

**Tabla 17-2:** Estimación de la demanda para Tungurahua.

PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
Cultivo Permanente (Producto)			Cultivos Transitorios (Producto)		
	Tomate de árbol	Aguacate		Papa	Maíz suave (Choclo)
Hectáreas (Has)	1.420,00	1.340,00	Hectáreas (Has)	3.464,00	3.702,00
Insumos Químicos (I.Q)	56,80%	56,80%	Insumos Químicos (I.Q)	79,00%	79,00%
Insumos Orgánicos (I.O)	3,00%	3,00%	Insumos Orgánicos (I.O)	3,90%	3,90%
No usan ningún tipo de insumo	32,40%	32,40%	No usan ningún tipo de insumo	7,90%	7,90%
Has con I.Q	806,56	761,12	Has con I.Q	2.736,56	2.924,58
Has con I.O	42,60	40,20	Has con I.O	135,10	144,38
Cantidad de I.Q/Has (Kg)	566,88	192,00	Cantidad de I.Q/Has (Kg)	448,69	200,43
Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60	Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60
Estimacion Demanda (Kg)	470.582,95	158.741,76	Estimacion Demanda (Kg)	1.270.234,32	631.440,65
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA TUNGURAHUA (Kg)					2.530.999,67

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 18-2 se muestra la cantidad de insumos químicos (Kg/Ha) para los productos más representativos que se consideran en el estudio de la provincia de Tungurahua.

**Tabla 18-2:** Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.

INTENSIDAD DE USO FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVOS PERMANENTES Y TRANSITORIOS			
Cultivos Transitorios		Cultivos Permanetes	
Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha	Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha
papa	566,88	tomate de árbol	448,69
maiz suave	192,00	aguacate	200,43

Fuente: ESPAC 2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la cantidad de insumos orgánicos utilizados por tierra cultivable véase la tabla 16-2, datos que muestra el ICEX.

En la provincia de Chimborazo los cultivos más representativos son: tomate de árbol, orito, papa y cebolla blanca, en función de las hectáreas cultivadas para esta provincia se estima una demanda de 2.740.629,34 Kg de fertilizantes, véase la tabla 19-2.

**Tabla 19-2:** Estimación de la demanda para Chimborazo.

PROVINCIA DE CHIMBORAZO					
Cultivo Permanente (Producto)			Cultivos Transitorios (Producto)		
	Tomate de árbol	Orito		Papa	Cebolla blanca
Hectáreas (Has)	104,00	167,00	Hectáreas (Has)	5.426,00	4.516,00
Insumos Químicos (I.Q)	56,80%	56,80%	Insumos Químicos (I.Q)	79,00%	79,00%
Insumos Orgánicos (I.O)	3,00%	3,00%	Insumos Orgánicos (I.O)	3,90%	3,90%
No usan ningún tipo de insumo	32,40%	32,40%	No usan ningún tipo de insumo	7,90%	7,90%
Has de I.Q	59,07	94,86	Has de I.Q	4.286,54	3.567,64
Has de I.O	3,12	5,01	Has de I.O	211,61	176,12
Cantidad de I.Q/Has (Kg)	566,88	48,67	Cantidad de I.Q/Has (Kg)	448,69	183,61
Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60	Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60
Estimacion Demanda (Kg)	34.465,23	6.187,38	Estimacion Demanda (Kg)	1.989.691,51	710.285,22
<b>TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA CHIMBORAZO (Kg)</b>					<b>2.740.629,34</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 20-2 se muestra la cantidad de insumos químicos (Kg/Ha) para los productos más representativos que se consideran en el estudio de la provincia de Chimborazo.

**Tabla 20-2:** Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.

INTENSIDAD DE USO FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVOS PERMANENTES Y TRANSITORIOS			
Cultivos Transitorios		Cultivos Permanetes	
Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha	Tipo de cultivo	NPK Kg/Ha
tomate de árbol	566,88	papa	448,69
orito	48,67	cebolla blanca	183,61

Fuente: ESPAC 2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la cantidad de insumos orgánicos utilizados por tierra cultivable véase la tabla 16-2, datos que muestra el ICEX.

En la provincia de Pastaza los cultivos más representativos son: caña de azúcar, plátano, yuca y maíz duro seco, en función de las hectáreas cultivadas para esta provincia se estima una demanda de 394.325,98 Kg de fertilizantes, véase la tabla 21-2.

**Tabla 21-2:** Estimación de la demanda para Pastaza.

PROVINCIA DE PASTAZA					
Cultivo Permanente (Producto)			Cultivos Transitorios (Producto)		
	Caña de azúcar	Plátano		Yuca	Maíz duro seco
Hectáreas (Has)	2.401,00	798,00	Hectáreas (Has)	721,00	190,00
Insumos Químicos (I.Q)	56,80%	56,80%	Insumos Químicos (I.Q)	79,00%	79,00%
Insumos Orgánicos (I.O)	3,00%	3,00%	Insumos Orgánicos (I.O)	3,90%	3,90%
No usan ningún tipo de insumo	32,40%	32,40%	No usan ningún tipo de insumo	7,90%	7,90%
Has de I.Q	1.363,77	453,26	Has de I.Q	569,59	150,10
Has de I.O	72,03	23,94	Has de I.O	28,12	7,41
Cantidad de I.Q/Has (Kg)	193,12	105,19	Cantidad de I.Q/Has (Kg)	37,73	136,86
Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60	Cantidad de I.O/Has (Kg)	313,60	313,60
Estimacion Demanda (Kg)	285.960,46	55.187,82	Estimacion Demanda (Kg)	30.310,92	22.866,78
<b>TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA PASTAZA (Kg)</b>					<b>394.325,98</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 22-2 se muestra la cantidad de insumos químicos (Kg/Ha) para los productos más representativos que se consideran en el estudio de la provincia de Pastaza.

**Tabla 22-2:** Uso de fertilizantes químicos para cultivos permanentes y transitorios.

INTENSIDAD DE USO FERTILIZANTES QUÍMICOS EN CULTIVOS PERMANENTES Y TRANSITORIOS			
Cultivos Transitorios		Cultivos Permanetes	
Tipo de cultivo	NPK	Tipo de cultivo	NPK
	Kg/Ha		Kg/Ha
caña azucar	193,12	yuca	37,73
plátano	105,19	maíz duro seco	136,86

Fuente: ESPAC 2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la cantidad de insumos orgánicos utilizados por tierra cultivable véase la tabla 16-2, datos que muestra el ICEX.

Se puede corroborar que existe demanda y oportunidad para los biofertilizantes en la zona 3 del Ecuador donde se realizó el estudio y se calculó una necesidad total aproximada de 9.250.944,64 kg anuales como se muestra en la tabla 23-2.

**Tabla 23-2:** Total de la demanda estimada anual y mensual zona 3.

TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA TUNGURAHUA (Kg)	2.530.999,67
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA COTOPAXI (Kg)	3.584.989,65
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA CHIMBORAZO (Kg)	2.740.629,34
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA PASTAZA (Kg)	394.325,98
<b>TOTAL DEMANDA ESTIMADA ANUAL PARA LA ZONA 3 (Kg)</b>	<b>9.250.944,64</b>
<b>TOTAL DEMANDA ESTIMADA MENSUAL PARA LA ZONA 3 (Kg)</b>	<b>770.912,05</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## 2.5 Estimación de la demanda real para la planta industrial

El ministerio de agricultura y ganadería manifiesta que en la provincia de Chimborazo desde enero a noviembre en 2015 se vendió 9.288 sacos de fertilizantes, dividiendo esta cantidad por 11 meses de enero hasta noviembre se tiene una demanda mensual de 845 sacos aproximadamente. (MAGAP 2015)

Según el centro de gestión integral de residuos sólidos que administra el municipio de Loja en esta zona se produce y comercializa 600 sacos mensuales de abono orgánico de la mejor calidad en la región del sur.

La planta industrial no está en condiciones de abarcar la demanda potencial calculada para la zona 3 (véase la tabla 23-2), en base a los datos de la demanda potencial se debe estimar una cuota de mercado inicial para la planta, para esto se deben tener en cuenta factores como: que la marca es nueva en el mercado y no cuenta con una clientela establecida, por esta razón se debe establecer un porcentaje acorde en función de datos recabados del mercado.

La cuota de mercado inicial establecida es del 5,3 % en función de la demanda potencial calculada para la zona 3, en base a estos datos la planta debe producir un total de 40.935,43 Kg de fertilizante sólido que distribuido en sacos de 40 Kg da un total de 1.023 unidades, véase la tabla 24-2.

**Tabla 24-2:** Cuota de mercado sobre la demanda potencial.

<b>CUOTA DE MERCADO</b>	<b>CANTIDAD SOBRE LA DEMANDA MENSUAL (Kg)</b>	<b>SACOS DE 40 Kg</b>
5.1%	39,316.51	982.9
5.2%	40,087.43	1002.2
5.3%	40,935.43	1023.4
5.4%	41,629.25	1040.7
5.5%	42,400.16	1060.0
5.6%	43,171.07	1079.3
5.7%	43,941.99	1098.5
5.8%	44,712.90	1117.8
5.9%	45,483.81	1137.1
6.0%	46,254.72	1156.4

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## **2.6 Tipo de presentación del biofertilizante**

El biofertilizante se comercializa de muchas formas en el mercado, tantas cuantas sean posibles, se puede vender al granel en kilogramos o libras, puede ser comercializado por sacos y además en litros como biofertilizante líquido.

En el trabajo de titulación “Comercialización de fertilizantes orgánicos elaborados por la empresa Luckysoil S.A.” se realizó un estudio para conocer las preferencias de compra de una cantidad determinada de personas donde se determinó que de 241 personas dedicadas al agro el 90,04% por razones de comodidad prefieren la presentación en sacos y el 4,57% prefieren al granel en Lb y Kg.(López Prieto 2017)

### **2.6.1 Carga máxima en Kg según el género y edad**

El decreto ejecutivo 2393 de Ecuador en el capítulo V (MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO), art 128 manipulación de materiales expresa que la manipulación de materiales debe ser mecanizada en la medida de lo posible, además establece los siguientes límites en función del peso máximo con el que un trabajador puede laborar. (INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL 1986)

**Tabla 25-2:** Carga máxima de trabajo según la edad.

DESCRIPCIÓN	CARGA MÁXIMA
Varones de 16 a 18 años	22,68 Kg
Mujeres de 18 a 21 años	11,34 Kg
Mujeres de 21 años o mas	22,68 Kg
Varones de más de 18 años	79,37 Kg

Fuente: IESS

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El documento “MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS” de la universidad de la Rioja en servicio de prevención de riesgos laborales manifiesta que el peso máximo adecuado en trabajadores sanos, entrenados previamente y en condiciones seguras es de 40 Kg. (Universidad de la Rioja 2015)

En base a las fuentes estudiadas se establece que la presentación del biofertilizante sólido debe ser en sacos de 40 Kg para su venta al público, bajo estos parámetros se puede garantizar no sobrepasar los límites establecidos por los organismos reguladores evitando sanciones laborales y además una mayor facilidad de carga para los trabajadores.

## 2.7 Diseño de la capacidad Instalada

### 2.7.1 Disponibilidad del recurso humano en horas laborales mensuales

Para determinar la capacidad instalada de la planta es necesario primero establecer un cronograma de trabajo tomando en cuenta las políticas laborales del ministerio de trabajo ecuatoriano que establece que los días de descanso serán sábados, domingos y días festivos.

Con una jornada normal de trabajo y un mes ideal de 30 días laborables sin interrupciones por motivos de feriados tenemos.

**Tabla 26-2:** Días y horas de trabajo disponibles mensualmente

Jornada diaria de trabajo	8 horas
Número de días laborales por semana	5 días

Horas laborales por semana	40 horas
Número de días laborales mensualmente	22 días
Turnos de trabajo por día	1 turno
Horas comprendidas por turno de trabajo.	8 horas

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El horario de trabajo establecido para la planta industrial es de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:00 p.m. con un tiempo de una 1 hora destinada para el almuerzo.

Número de horas mensuales = Jornada diaria de trabajo \* Número de días laborales mensualmente

$$\text{NHM} = 8 \text{ horas} * 22 \text{ días}$$

$$\text{NHM} = 176 \text{ horas/mensuales}$$

Con base a los datos se establece una disponibilidad de 176 horas laborales mensualmente en la planta industrial, las 176 horas laborales / mensuales son condiciones ideales de trabajo donde no se consideran días festivos, ni tiempos improductivos por operarios como pueden ser tiempos de receso para los cuales se estima un tiempo de 30 min y tiempo por necesidades fisiológicas o imprevistas que pueden ser 20 min, con un aproximado de 50 min improductivos, tiempo que para el estudio de la capacidad instalada no se considera.

### **2.7.2 Capacidad de la maquinaria y equipos**

La capacidad de la planta para producir biofertilizante orgánico está en función de las capacidades técnicas de la maquinaria implementada en el proceso productivo, en la planta industrial existen diferentes equipos indispensables en la producción y son: dos biodigestores, mezcladora de eje sencillo, molino de martillo, secadora de lecho fluidizado, dosificador y una ensacadora de saco boca abierta.

#### **2.7.2.1 Biodigestores**

Cada biodigestor tiene una capacidad de carga de 250.000 litros de mezcla procesada, el proceso de degradación de la materia en el biodigestor dura 40 días sin interrupciones, la planta industrial cuenta con dos biodigestores de igual magnitud, es decir que la planta está en condiciones de procesar 500.000 litros de mezcla para entregar 164.021,2 Kg de fertilizante sólido y 357.142,9



Lt de fertilizante líquido en 60 días si se cargan los biodigestores con un desfase de 20 días. Los datos antes mencionados se encuentran en la tabla 27-2 y tabla 28-2 respectivamente.

**Tabla 27-2:** Relación de proporción de biofertilizante sólido.

<b>RELACIÓN DE PROPORCIÓN</b>			
	<b>Lt</b>	<b>Kg</b>	<b>Dias</b>
Experimentación	1.89	0.62	40
1 Biodigestor	250,000.0	82,010.6	
2 Biodigestor	500,000.0	164,021.2	60

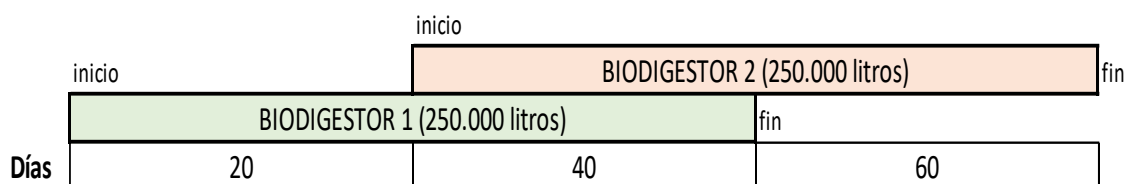
Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 28-2:** Relación de proporción de biofertilizante líquido.

<b>RELACIÓN DE PROPORCIÓN</b>			
	<b>Lt</b>	<b>Lt</b>	<b>Dias</b>
Experimentación	1,89	1,35	40
1 Biodigestor	250.000,0	178.571,4	
2 Biodigestor	500.000,0	357.142,9	60

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para el ciclo de carga de los biodigestores se establece un desfase de 20 días a partir de la carga inicial del primer biodigestor, este desfase permite tener dos entregas de producto procesado en un lapso de 2 meses aproximadamente, la primera entrega del biodigestor 1 en los 40 primeros días y la segunda entrega del biodigestor 2 después de 20 días más, la cantidad entregada dependerá directamente de la carga inicial en cada biodigestor.



**Figura 3-2:** Ciclo de carga y descarga de los biodigestores.

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### ***2.7.2.2 Mezcladora de eje sencillo***

Esta máquina tiene la capacidad de mezclar un máximo de 12.000 litros de materia prima, en un rango de revoluciones que van desde 1.200 a 1.800 rpm, el tiempo requerido para obtener una mezcla uniforme según las necesidades del proceso va desde 25 a 30 minutos.

### ***2.7.2.3 Molino de martillos***

Esta máquina tiene la capacidad de triturar la materia prima reduciéndola a pequeños trozos de 5 mm aproximadamente, tiene la capacidad de procesar un máximo de hasta 6 toneladas por hora y trabaja en un rango de 1.200 a 1.800 rpm.

### ***2.7.2.4 Secador de lecho fluidizado***

Secador de lecho fluidizado tiene la capacidad de procesar 10.000 Kg de biofertilizante sólido en un tiempo de 30 min, cabe mencionar que el producto ingresado en estado de humedad es mucho más denso, en consecuencia, también es más pesado.

### ***2.7.2.5 Máquina dosificadora***

La máquina dosificadora permite optimizar el proceso de llenado de recipientes según la necesidad del producto, funciona de manera autónoma en su mayoría y tiene una capacidad de llenar hasta 200 botellas de 3 litros cada 2 minutos (dato referencial) según las dimensiones de esta.

### ***2.7.2.6 Máquina ensacadora***

Esta máquina es una adaptación de un silo de almacenamiento que aprovecha el diseño de la tolva y la fuerza de gravedad para el llenado de los sacos, tiene una capacidad de llenado de 4 sacos (40Kg) en un minuto.

## ***2.7.3 Capacidad instalada máxima de la planta***

La capacidad máxima de producción de la planta industrial está directamente condicionada a la capacidad de los biodigestores, el tiempo de degradación de la materia prima necesario para la producción de biofertilizante es de 40 días, los biodigestores se cargan con un desfase de 20 días, es decir que la planta está en condiciones de entregar en los primeros 40 días 82.010,6 Kg de biofertilizante sólido y 178.571,4 Lt de biofertilizante líquido del primer biodigestor, 20 días

después otra entrega en las misma proporciones provenientes del biodigestor 2, dando un total de 164.021,2 Kg biofertilizante sólido y 357.142,9 Lt de biofertilizante líquido en un total de 60 días.

Los datos antes mencionados están en la tabla 27-2 y tabla 28-2 respectivamente.

#### **2.7.4 Capacidad real utilizada de la planta**

La capacidad real de la planta está en función del volumen unidades mensuales a producir, la cuota de mercado se estableció en 5,3 % de la demanda potencial, es decir que la planta industrial debe producir un total de 40.935,43 Kg o 1023 sacos de 40 Kg mensuales para cumplir con la cuota de mercado establecida para la producción inicial.

La capacidad de trabajo de los biodigestores para la producción de 1023 unidades de biofertilizante es del 50 % de la capacidad total en cada uno, con los biodigestores trabajando a la mitad de su capacidad la planta está en condiciones de cumplir con la cuota de mercado establecida inicialmente.

Los biodigestores se llenan con 125.000 litros de mezcla de biofertilizante manteniendo un desfase de 20 días entre cada uno, con los biodigestores a la mitad de su capacidad en un lapso de 2 meses o 60 días aproximadamente se obtiene 82.010,6 Kg de biofertilizante sólido y 178.571,4 Lt de biofertilizante líquido.

Los datos mencionados se encuentran en la tabla 29-2 y tabla 30-2 respectivamente.

**Tabla 29-2:** Cantidad obtenida de biofertilizante sólido con biodigestores al 50%.

	<b>Lt</b>	<b>Kg</b>	<b>Dias</b>
1 Biodigestor	125.000,0	41.005,3	40
2 Biodigestor	125.000,0	41.005,3	60
<b>TOTAL</b>	<b>250.000,0</b>	<b>82.010,6</b>	

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 18-2:** Cantidad obtenida de biofertilizante líquido con biodigestores al 50%.

	<b>Lt</b>	<b>Lt</b>	<b>Dias</b>
1 Biodigestor	125.000,0	89.285,7	40
2 Biodigestor	125.000,0	89.285,7	60
TOTAL	250.000,0	178.571,4	

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## 2.8 Distribución de Planta (Método SLP)

En la aplicación de este método se considera la tabla 31-2 de valor de relación y la tabla 32-2 de justificación de proximidades, que indican los parámetros necesarios a tener en consideración en una eficaz distribución de planta.

Estas tablas permiten la integración de los servicios anexos a los servicios productivos, operacionales y de oficinas, mediante su ejecución se consigue prever la disposición de servicios en los que no hay recorrido de materia prima.

**Tabla 31-2:** Valoración de las proximidades

Tipo de relación	Definición
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente necesaria
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 32-2:** Justificación de los valores de las proximidades

Código	Motivos
1	Flujo de materiales
2	Facilidad de supervisión
3	Personal común
4	Contacto necesario
5	Conveniencia

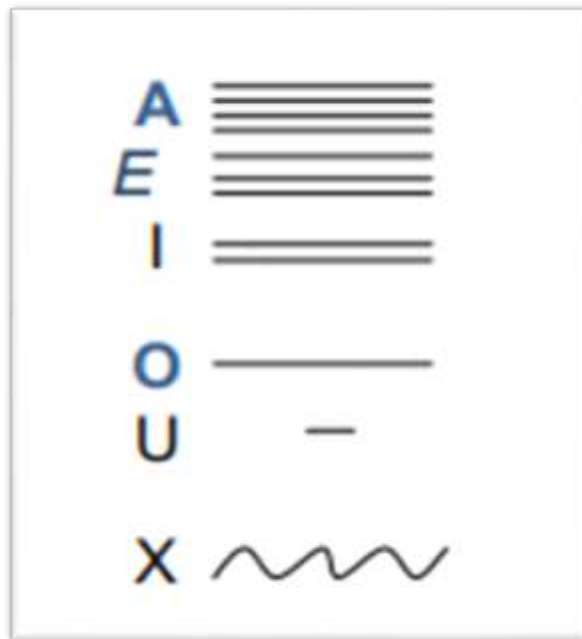
Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



### 2.8.2 Diagrama relacional de actividades (*Representación Nodal*)

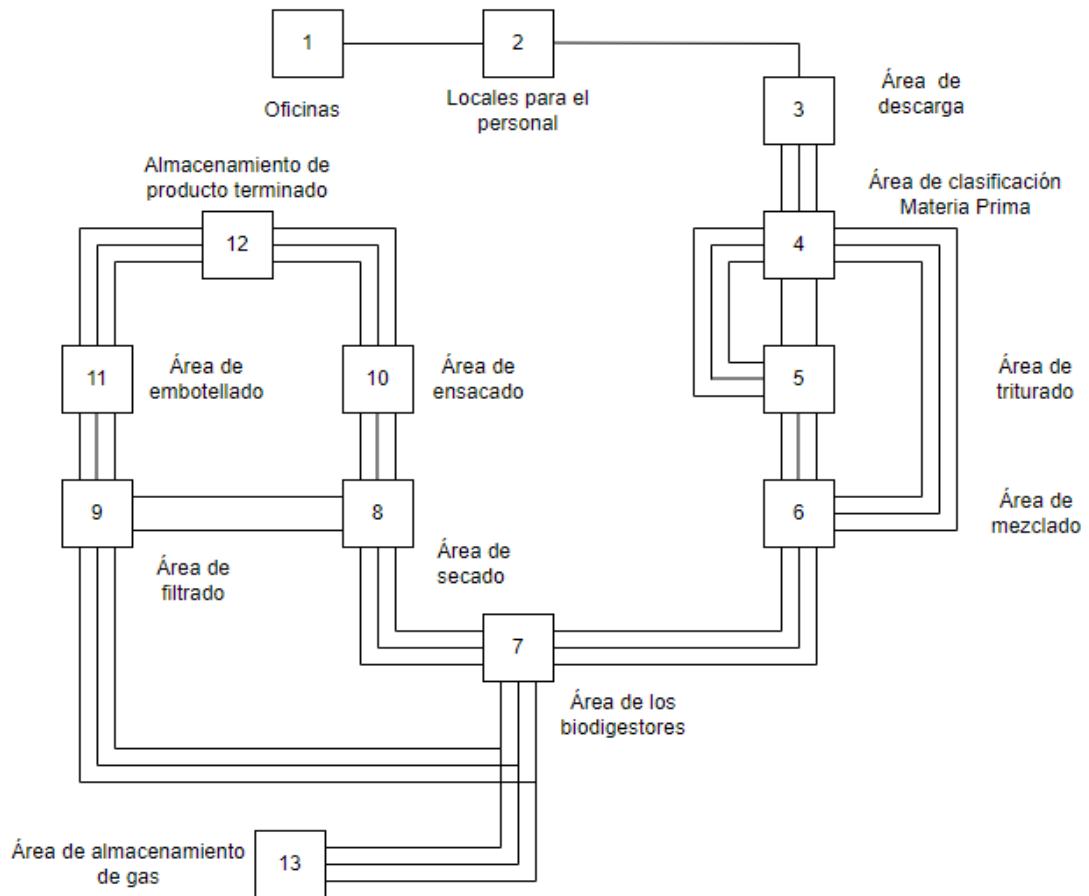
A partir de la tabla relacional de actividades se realiza el diagrama nodal, que representara la disposición relativa de los departamentos.

Los departamentos se representan con cuadrados, y las relaciones entre ellas se representan con líneas como se muestra a continuación:



**Figura 4-2:** Líneas de relación entre departamentos

**Fuente:** <https://n9.cl/jpnj>



**Figura 5-2:** Diagrama Nodal

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## 2.9 Diagrama flujo de procesos

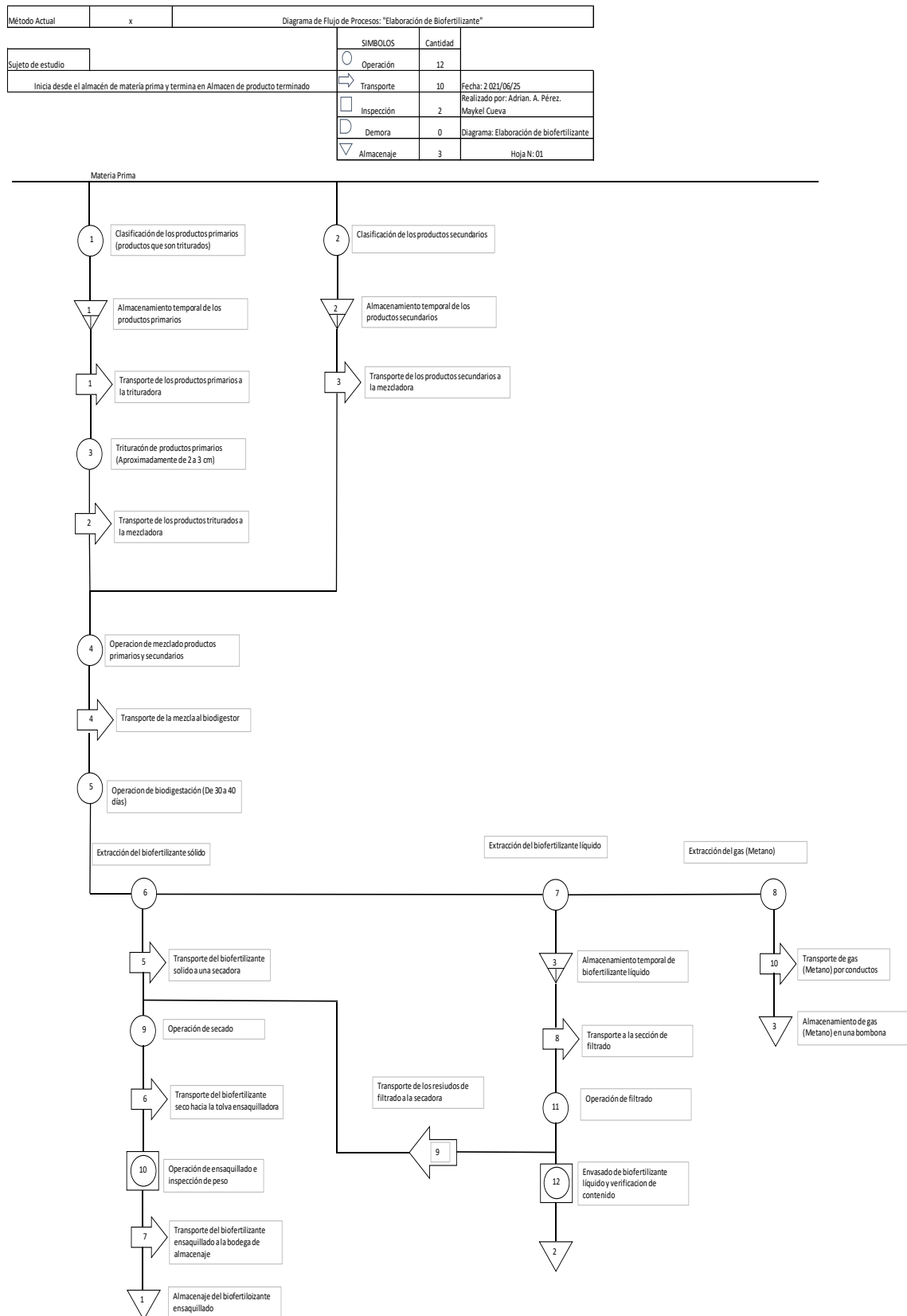
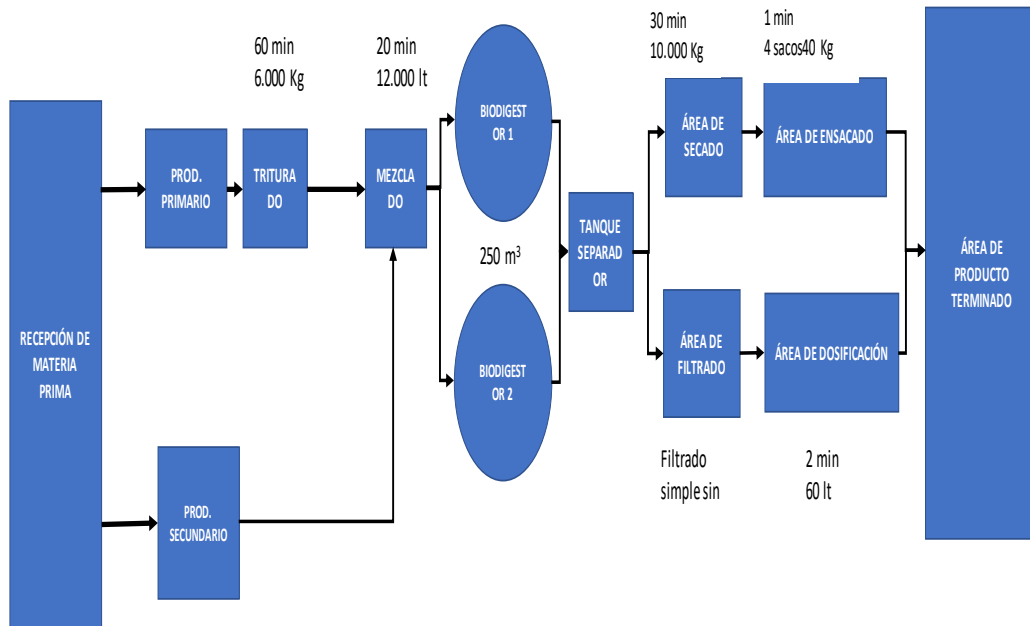


Figura 6-2: Diagrama de flujo de procesos

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



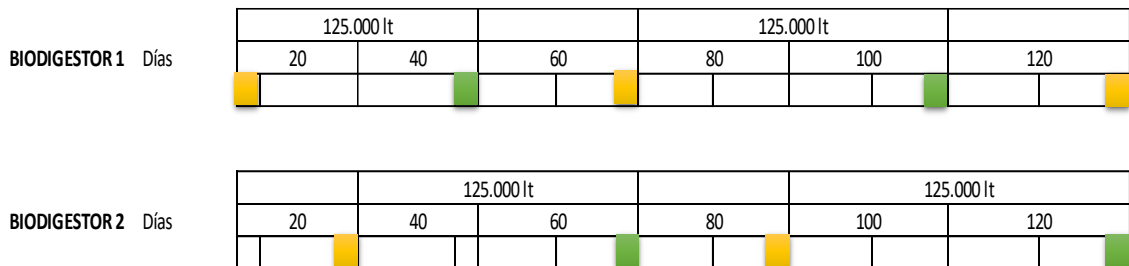
## 2.10 Secuencia de producción de biofertilizante



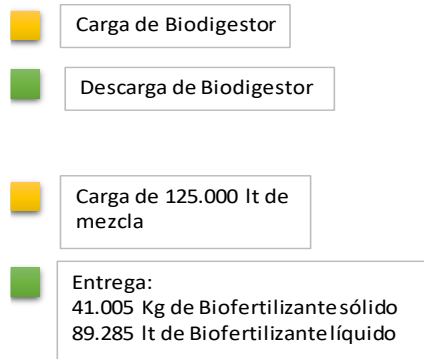
**Figura 7-2:** Secuencia gráfica de la producción de biofertilizante

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 34-2:** Ciclos de producción de los biodigestores a la mitad de su capacidad en 120 días.



Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Figura 8-2:** Imagen de referencia

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

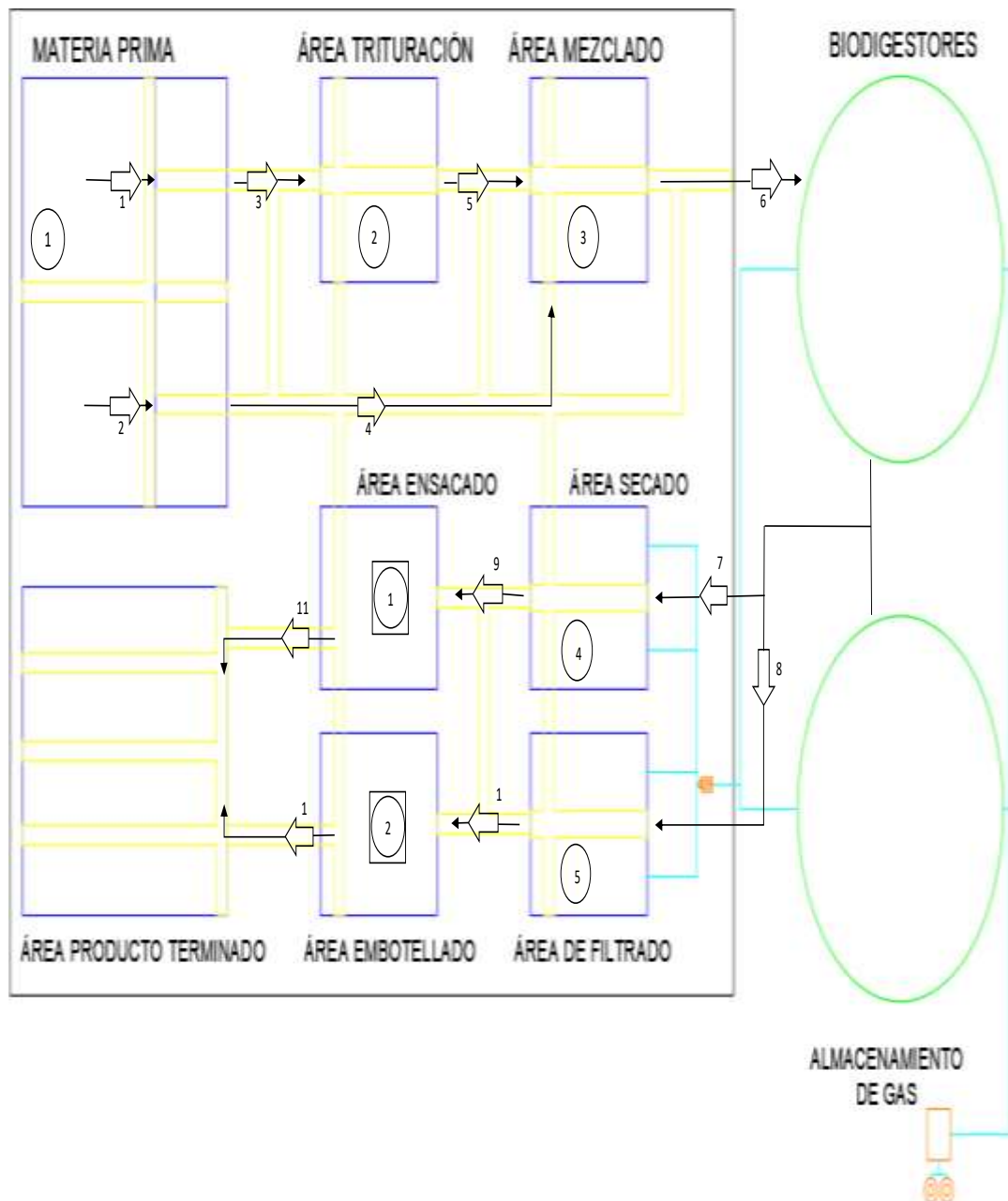
**Tabla 35-2:** Producción de biofertilizante a media capacidad en biodigestores para 120 días.

Biodigestor	Días	Carga	Descarga	Entrega
<b>1</b>	20	125.000lt		
	40		125.000 lt	Entrega: 41.005 Kg Biofertilizante sólido y 89.285 lt Biofertilizante líquido
	60	125.000 lt		
	80			
	100		125.000 lt	Entrega: 41.005 Kg Biofertilizante sólido y 89.285 lt Biofertilizante líquido
	120	125.000 lt		
<b>2</b>	20	125.000 lt		
	40			
	60		125.000 lt	Entrega: 41.005 Kg Biofertilizante sólido y 89.285 lt Biofertilizante líquido
	80	125.000 lt		
	100			
	120		125.000 lt	Entrega: 41.005 Kg Biofertilizante sólido y 89.285 lt Biofertilizante líquido
<b>TOTAL</b>		625.000 lt		164.020 Kg Biofertilizante sólido y 357.140 lt Biofertilizante líquido

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

## 2.11 Diagrama de recorrido de la materia prima

La figura 9-2 representa de manera gráfica la secuencia de movimientos que se ejecuta desde la salida de la materia prima en bodega hasta el almacenamiento de producto terminado, el sentido de movimiento está representado con una flecha la cual se encuentra numerada según el orden de secuencia

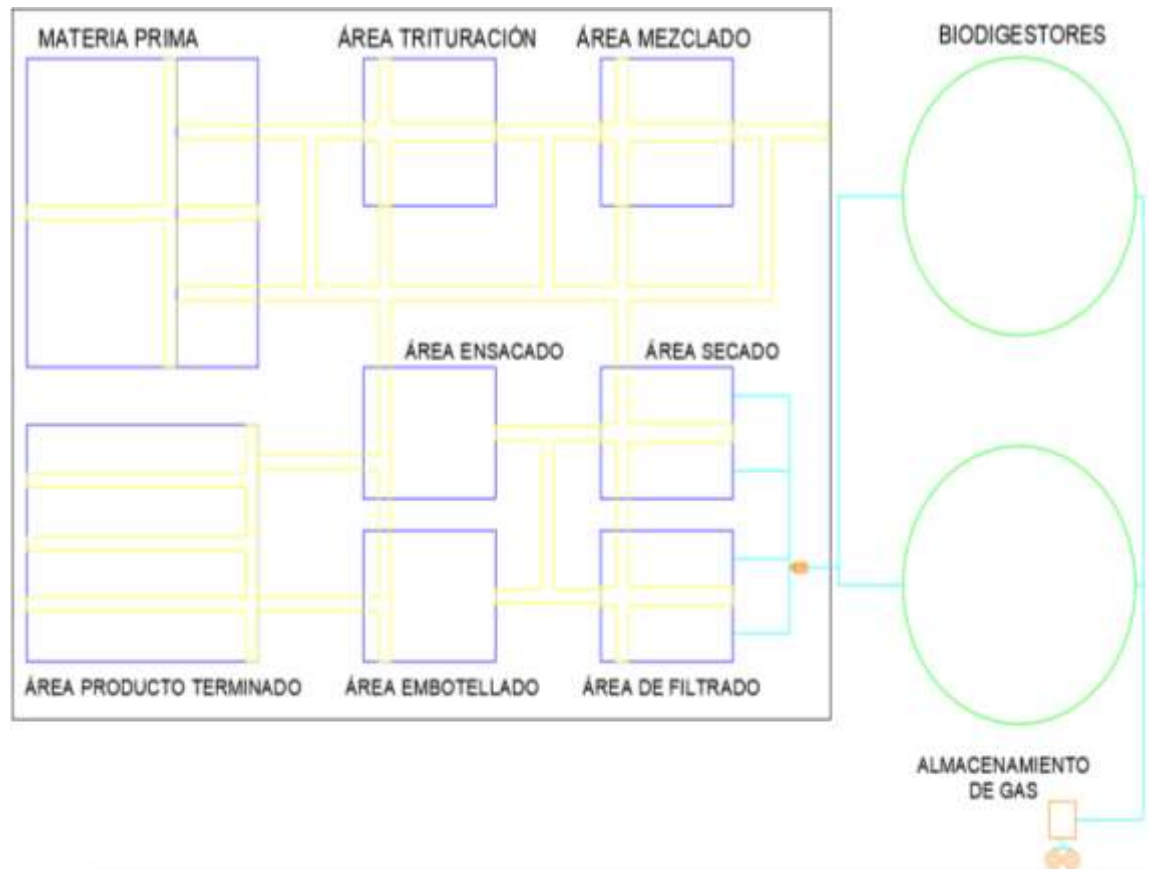


**Figura 9-2:** Diagrama de recorrido

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva Maykel 2021

## 2.12 Representación gráfica de la planta

### 2.12.1 Layout 2D



**Figura 10-2:** Layout 2D

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En el layout en 2D (figura 10-2), se detallan cada una de las áreas de trabajo con línea azul, los pasillos para el transporte de materias primas con color amarillo, de color verde los biodigestores de la planta, con celeste las líneas de tuberías y finalmente de naranja la bombona de almacenamiento de gas con la bomba centrífuga, todo en base a los parámetros detallados posteriormente establecidos por Decreto ejecutivo 2393 que rige en el país.

La finalidad del Layout es mostrar de manera gráfica la distribución en planta de cada una de las áreas y componentes ubicados con base a los resultados de la metodología SLP.

### 2.12.2 Layout 3D

El diseño en 3D representa una idea más clara de la distribución en planta final, considerados cada uno de los parámetros de diseño de la normativa legal vigente en el país que mejoran las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores.

El decreto ejecutivo 2393 proporciona los parámetros para el diseño de pasillos, suelos, techos, accesos e iluminación entre otras, necesarios para el diseño final de la planta.

### 2.12.2.1 *Tamaño de la planta industrial*

La superficie necesaria para establecer una planta de producción de biofertilizante debe tener un tamaño considerable de al menos una hectárea, la característica principal en la elección del terreno es la regularidad de la superficie que permite una mayor utilización de este.

En la siguiente tabla se detalla la utilización del terreno desde la nave industrial hasta cada una de las diferentes áreas de producción, la superficie de terreno sobrante puede ser utilizada a futuro con diferentes propósitos de ampliación de la planta.

**Tabla 36-2:** Dimensiones de la planta industrial

DESCRIPCIÓN	ÁREA EN (m <sup>2</sup> )
Terreno Total	10.000
Nave industrial	2.790
Área de biodigestores	1.012,50
Materia prima	341,25
Área triturado	93,30
Área mezclado	93,30
Área de secado	83,30
Área de filtrado	83,30
Área de ensacado	84,30
Área de embotellado	85,30
Producto terminado	262,50
Espacio sobrante	6.197,50

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 2.12.2.2 *Suelo*

El pavimento constituirá un conjunto homogéneo, liso y continuo será de un material consistente, impermeable, y no deslizante o susceptible de serlo por el uso o proceso de trabajo así mismo teniendo características de fácil limpieza.

Al pavimento se lo dotara de una pendiente de hasta 1.5% con desagües o canales.(INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL, 1986)

### ***2.12.2.3 Altura requerida del techo de la nave industrial***

De acuerdo con el Artículo 23 Techos del (Decreto 2393), pone en consideración que la altura de los techos debe reunir las condiciones necesarias para resguardar la integridad de los trabajadores de las diferentes condiciones climáticas.

Para la planta de Biofertilizante se requiere 18 columnas las cuales están distribuidas uniformemente dentro de la nave industrial, estas poseen una altura de 7,35m con un largo de 0,67m y ancho de 1,22m.

La cubierta es de tipo autoportante y curva con una altura de 11,35m, la longitud total de la columna y el techo es de 18,70m.

### ***2.12.2.4 Cargas por soportar***

Las cargas por soportar provenientes de los sistemas de almacenamiento pueden ser cargas a piso, cargas de pallets, descarga de estanterías, entre otros, por otro lado, las cargas generadas por los equipos utilizados para el transporte y almacenamiento de materiales, algunos ejemplos son los equipos de levantamiento y montacargas.

### ***2.12.2.5 Acceso***

Se debe considerar que exista la facilidad de movimiento tanto para el personal de trabajo como de los diferentes equipos de transporte, materia prima y además de elementos necesarios para la producción de biofertilizante.

El (Decreto 2393), en su Artículo 24. De pasillos, en lo referente a pasillos proporciona indicaciones sobre las dimensiones y consideraciones de estos, utilizados tanto para la movilidad del personal y materiales, este artículo indica una distancia mínima de 800 mm para los pasillos, además de la señalética en caso de existir elementos móviles de las máquinas que puedan provocar impactos con los trabajadores.

Los pasillos de la planta de biofertilizante cuentan con ancho de 0,90 m para lugares donde se recibe la materia prima y se almacena producto terminado, en el caso de las áreas de trabajo en donde se encuentre la maquinaria se tiene un valor de 1,2 m de ancho.

### 2.12.2.6 Iluminación

La iluminación en los lugares de trabajo permite que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder movilizarse dentro de las instalaciones, además permite desarrollar con efectividad las actividades propuestas sin correr ningún tipo de riesgo que ponga en peligro su seguridad y salud.

La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo debe adaptarse a las características de la actividad que se efectúa en ella, teniendo en cuenta:

- a) Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependen de las condiciones de visibilidad.
- b) Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

En las áreas de trabajo se tiene una iluminación natural que es una de las ventajas de utilizar naves industriales abiertas, esta luz debe complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas.

La regulación estipulada en el (Decreto 2393),, específicamente en el Artículo 56. Iluminación, Niveles Mínimos, en el cual indica la iluminación mínima requerida en luxes dependiendo de las actividades a realizarse durante la jornada laboral.

Por lo tanto, en la planta de biofertilizante la iluminación está compuesta por 12 luminarias distribuidas paralelamente por toda la nave industrial, se dispone que para pasillos de movilidad del personal se tendrá una iluminación de 20 luxes, para pasillos de transporte de materiales se considera un valor de 50 luxes, para las áreas involucradas en la producción de biofertilizante hay un valor de 200 luxes, finalmente las demás áreas como la de almacenamiento de producto terminado se estipula un valor de iluminación mínima de 100 luxes.

**Tabla 37-2:** Nivel de iluminación respecto a cada área.

DESCRIPCIÓN	Luxes
Pasillos de movilidad del personal	20
Pasillos para movilidad de material	50
Áreas de producción	200
Área almacenamiento de producto terminado	93

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 2.12.2.7 Instalación de maquinarias

De acuerdo con el (Decreto 2393), capítulo I, para la instalación de máquinas fijas en el artículo 73, manifiesta que las máquinas estarán situadas en áreas de amplitud suficiente que permita su correcto montaje y una ejecución segura de las operaciones propuestas. Estas máquinas se ubicarán sobre suelos o pisos sólidos con la resistencia suficiente para soportar las cargas estáticas y dinámicas previsibles para cada tipo de máquina.

### 2.12.3 Diseño de la planta 3D

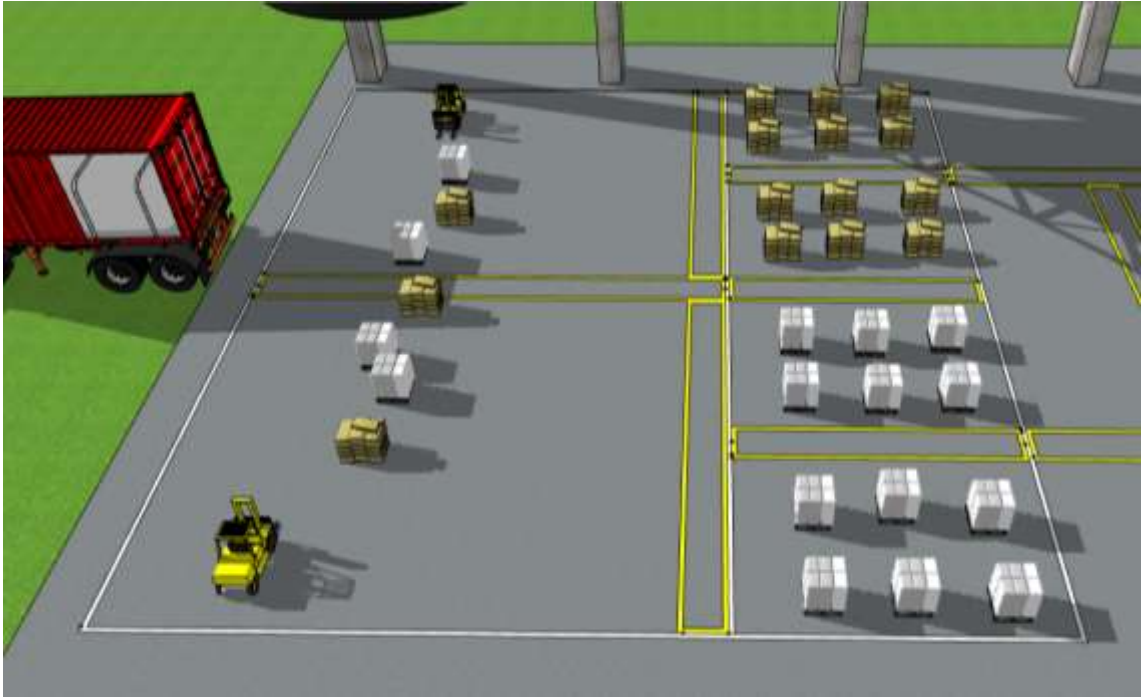


**Figura 11-2:** Vista frontal de la planta de Biofertilizante

**Realizado por:** Pérez Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 11-2 muestra la forma en que se ubican las áreas de trabajo y la maquinaria utilizada en el proceso, está distribuida de manera uniforme de acuerdo con la metodología implementada con la finalidad de desarrollar el producto en cuestión.

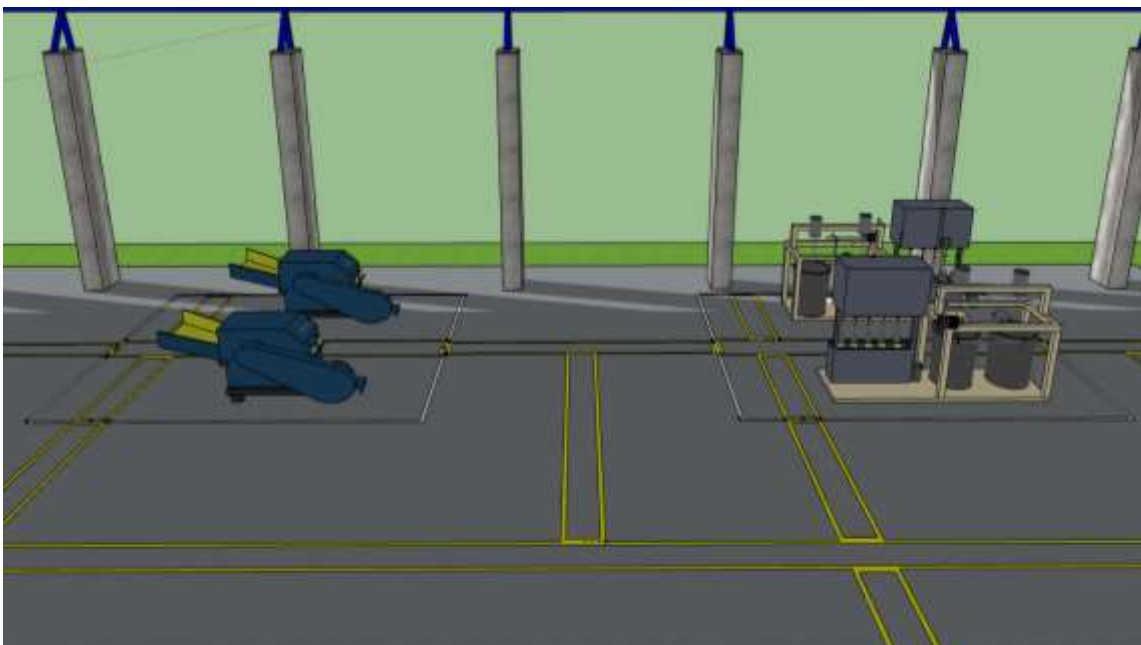




**Figura 12-2:** Área de descarga y clasificación de la Materia Prima

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva Maykel 2021

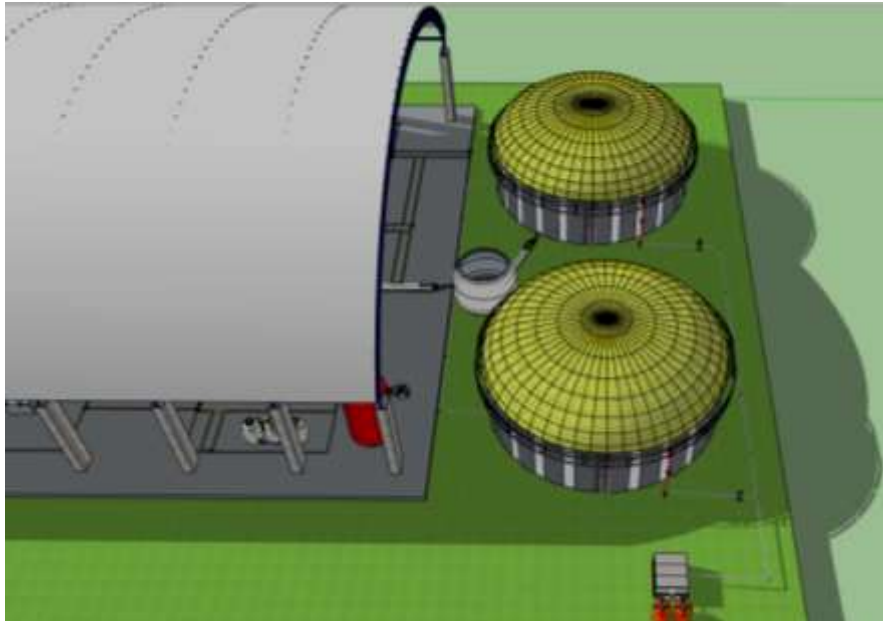
La figura 12-2 muestra el área de trabajo en la cual se receipta la materia prima para posteriormente se proceder a su clasificación en materia prima primaria y secundaria respectivamente



**Figura 13-2:** Área de triturado y Área de mezclado

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

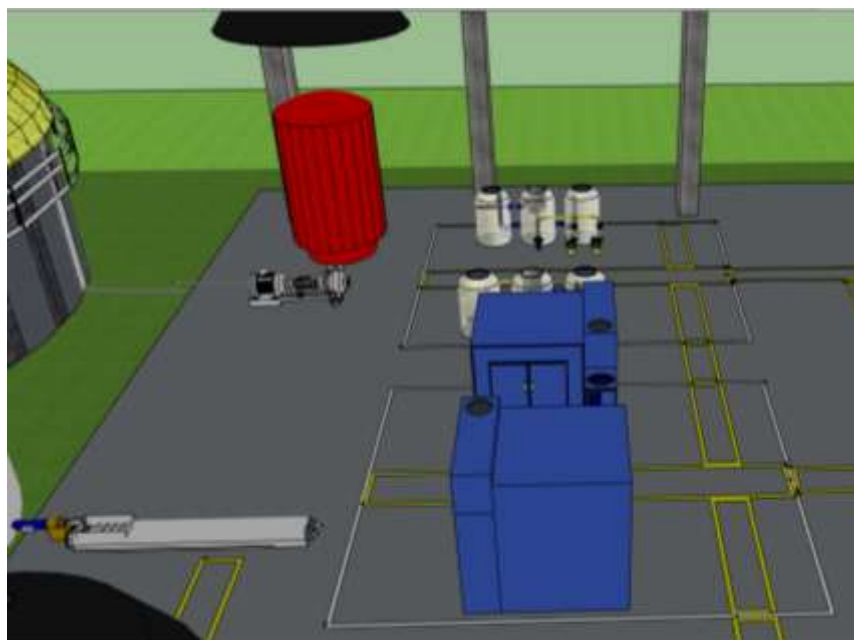
La figura 13-2, muestra el área de triturado, la maquinaria se encarga de moler toda la materia prima de tipo primaria, posteriormente esta pasa al área de mezcla, donde una vez molida la materia prima primaria se mezcla con la de tipo secundaria para lograr un conjunto uniforme.



**Figura 14-2:** Área de los Biodigestores

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

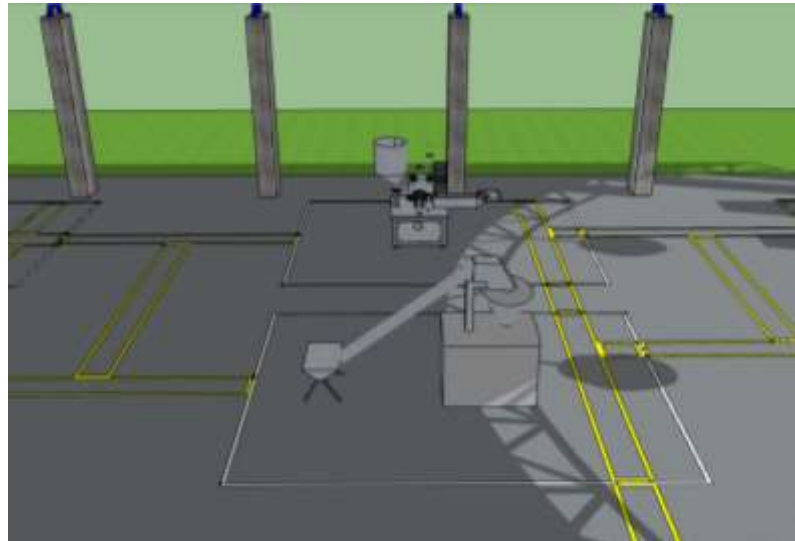
La figura 14-2 muestra los biodigestores donde se traslada la mezcla final, donde se realiza el proceso de biodigestión anaeróbica en un periodo de 40 días.



**Figura 15-2:** Área de secado y Área de filtrado

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

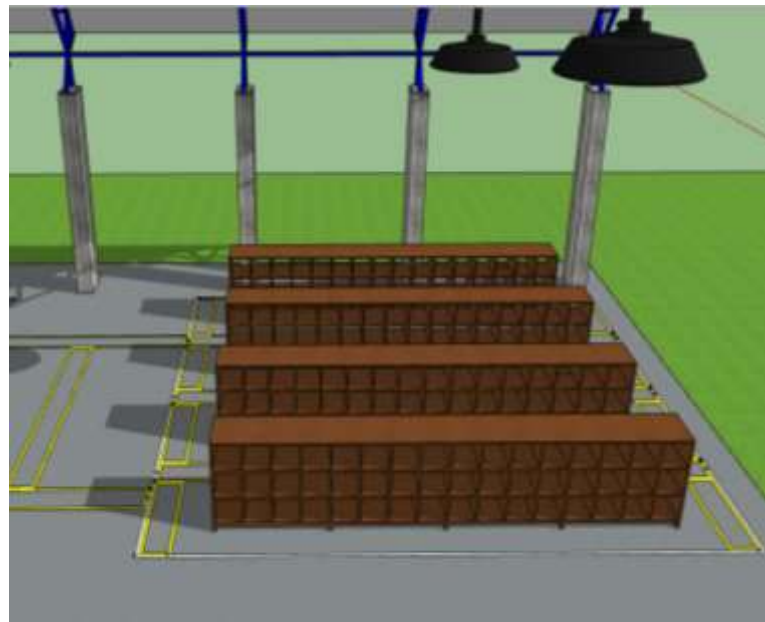
En la figura 15-2 una vez que se haya cumplido el ciclo de Biodigestión se procederá a separar la parte sólida y líquida, para ello se utiliza tornillos sin fin que conducirán la parte sólida hacia una máquina secadora y una bomba de succión para la parte líquida que conducirá a un filtro.



**Figura 16-2:** Área de ensacado y Área de embotellado

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 16-2 muestra el área de dosificación y ensacado donde se procede al llenado de los tanques de líquido y al ensacado de la parte sólida.



**Figura 17-2:** Área de almacenamiento de producto terminado

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la figura 17-2, se muestra el área de almacenamiento de producto terminado, cuenta con 4 racks para el almacenamiento del producto sólido y líquido.

### 2.13 Logística de aprovisionamiento

Para el proceso de aprovisionamiento se consideran factores tales como: tipo de producción que se desarrolla dentro de la empresa, materias primas que se conservan y se pueden almacenar y materias primas que se degeneran con el paso del tiempo, es decir todo esto sirve para establecer un punto de sincronización en la producción, de este modo y con un tiempo de antelación se establece una planificación de rutas convenientes en las que los distintos proveedores entregan la materia prima necesaria.

#### 2.13.1 Hojas de mora con tallo

En este sector se establece convenios con los agricultores o asociaciones existentes, lo cual permita abastecerse de la cantidad necesaria de materia prima para que la empresa de biofertilizante cumpla con la demanda propuesta.

En la tabla 38-2 se muestra los principales sectores y la concentración del cultivo de mora a fin de determinar la localización con más plantación de este tipo de producto.

**Tabla 38-2:** Principales sectores y concentración de cultivo de mora.

<b>Comunidad</b>	<b>Concentración del cultivo de mora %</b>
San Francisco	30
El calvario	14
Chillo La Esperanza	14
San Luis	13
San Juan	9
Santa Lucía Centro	9
Tisaleo Centro	7
San Diego	4

**Fuente:** PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2019

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 39-2 se evidencia las superficies en m<sup>2</sup> y una muestra de la cantidad de productores de mora.

**Tabla 39-2:** Superficies y muestra de la cantidad de productores de mora.

Superficie en m <sup>2</sup>	Productores (muestra)	%
100 - 1 000	32	25
1 001 - 2 000	36	27
2 001 - 3 000	6	5
3 001 - 4 000	38	29
4 001 - 5 000	2	2
5 001 - 7 000	14	11
Más de 7 000	1	1
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>100</b>

Fuente: PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La relación de la tabla 38-2 y 39-2, considera como proveedores potenciales las comunidades de San Francisco (SF), El Calvario (EC) y San Luis (SL), considerando que estas locaciones se encuentran a una distancia de 5 km, 11 km y 20 km respectivamente de la ubicación de la planta industrial (PI).

**Tabla 40-2:** Cronogramas de ruta para la recolección de hojas de mora con tallos.

Cronograma de rutas				
Rutas	Tiempo de entrega (horas)	Cantidad (Kg)	Valor por (Tm)	Costo de transporte
R1: PI-SL-EC-SF-PI	2:30	4456.089	\$20.00	\$200
R2: PI-SF-EC-SL-PI	2:00	4456.089	\$20.00	\$150
R3: PI-EC-SF-SL-PI	3:30	4456.089	\$20.00	\$300

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En base a la revisión bibliográfica se determina un cronograma de rutas, tabla 40-2 que permite emplear un menor tiempo en la recolección de esta materia prima así mismo con un menor costo de transporte.

### 2.13.2 Estiércol animal (Vacuno) y suero de leche.

En este sector se evidencia una gran disponibilidad de ganado vacuno, que en su mayoría se dedica a la producción de leche, por lo tanto, con una estrategia viable de aprovisionamiento se consigue recolectar estos dos tipos de materia prima para así evitar costes de transporte incensario.

En la tabla 41-2 se observa de manera ordenada la comunidad con más producción de lecha, así como la cantidad de ganado vacuno.

**Tabla 41-2:** Comunidad con más producción de y cantidad de ganado vacuno.

Comunidad	Num. Vacas	Promedio de Lts diario	Producción promedio	%
Alobamba	50	8	400	1
Chilco La Esperanza	600	12	7200	18.1
El Calvario	100	10	1000	2.5
San Diego	20	10	200	0.5
San Francisco	300	10	3000	7.5
San Juan	30	7	210	0.5
San Luis	30	4	120	0.3
Santa Lucía Arriba	900	12	10800	27.2
Santa Lucía Centro	200	8	1600	4
Santa Lucía La Libertad	30	8	240	0.6
Quinchicoto	1500	10	15000	37.7
<b>TOTAL</b>	<b>3760</b>		<b>39770</b>	<b>100</b>

Fuente: PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2019

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la recolección de suero de leche y el estiércol se tiene principalmente las comunidades de Quinchicoto (Q), Santa Lucía Arriba (SLA) y Chilco La Esperanza (CLE) como principales proveedores de esta materia prima, las cuales se encuentran a una distancia de 5,5 km, 13 km y 25 km respectivamente de la planta industrial.

**Tabla 42-2:** Cronogramas de ruta para la recolección de estiércol.

Cronograma de rutas				
Rutas	Tiempo de entrega (horas)	Cantidad (Kg)	Valor por (Tm)	Costo de transporte
R1: PI-CLE-SLA-Q-PI	3:30	22.280	\$15.00	\$450
R2: PI-Q-SLA-CLE-PI	2:30	22.280	\$15.00	\$350
R3: PI-SLA-Q-CLE-PI	3:00	22.280	\$15.00	\$400

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 43-2:** Cronogramas de ruta para la recolección de suero de leche.

Cronograma de rutas				
Rutas	Tiempo de entrega (horas)	Cantidad (Lt)	Valor (3Lt)	Costo de transporte
R1: PI-CLE-SLA-Q-PI	3:30	5.347,30	\$0.15	-
R2: PI-Q-SLA-CLE-PI	2:30	5.347,30	\$0.15	-
R3: PI-SLA-Q-CLE-PI	3:00	5.347,30	\$0.15	-

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 42-2 y 43-2 se observa la ruta optima que permite el abastecimiento de estas materias primas empleando un menor consto de transporte y un menor tiempo en la entrega.

### 2.13.3 *Melaza, cascaras de huevos, levadura sal y ceniza.*

A consideración de que esta materia prima se necesita en menores proporciones en relación con las demás, se establece un convenio con un proveedor específico dentro de la ciudad de Ambato (ATF) el cual permite el abastecimiento de esta, el tramo a recorrer en específico es de 13 km, de donde se encuentra ubicada la planta industrial.

En relación con las rutas se considera una sola como se indica en la tabla 44-2 con una suma agregada al valor de transporte y la medida exacta requerida de cada materia prima.

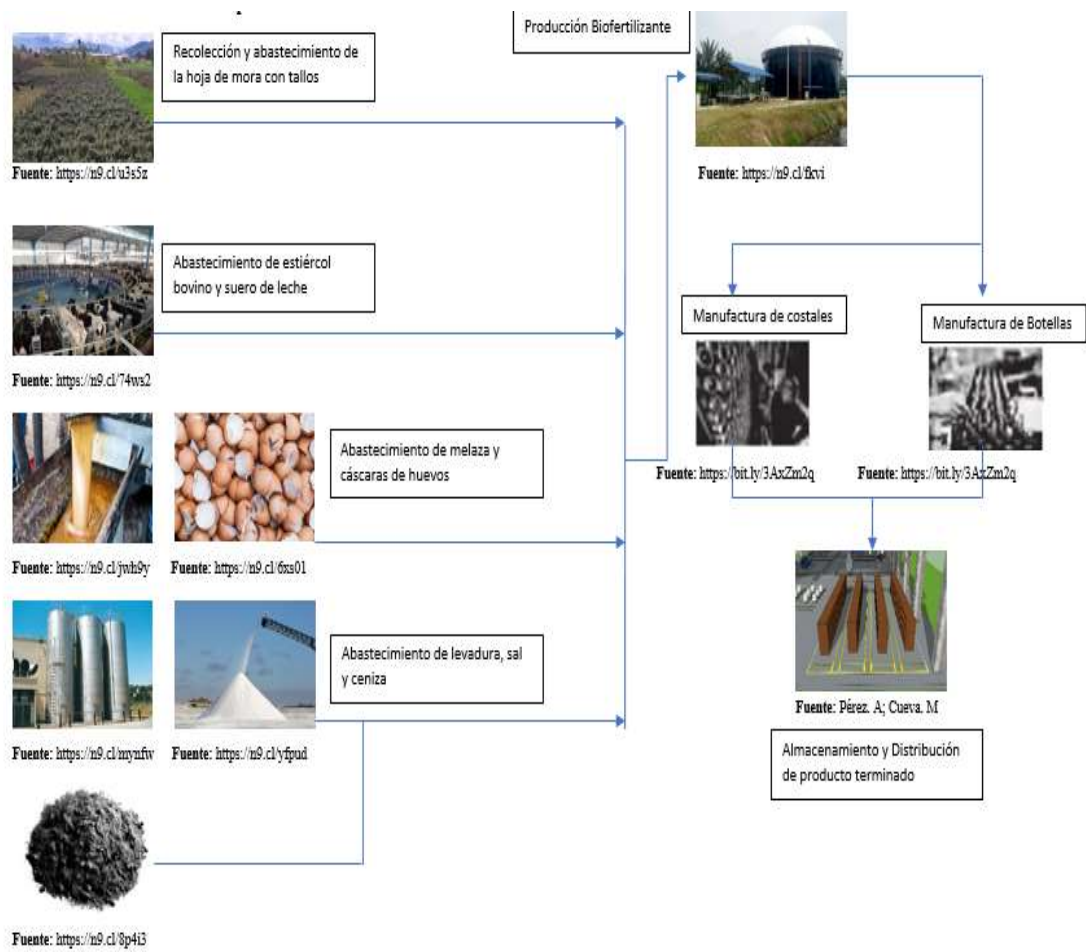
**Tabla 44-2:** Cronogramas de ruta para la recolección de melaza, cáscaras de huevos, levadura, sal y ceniza.

Cronograma de rutas					
Rutas	Tiempo de entrega (horas)	Denominación	Cantidad	Valor	Costo de transporte
R1: PI-ATF-PI	2:30	Melaza	2.673,65 Lt	10\$ -100Lt	\$120.00
		Cáscaras de huevos	89,2 Kg	0.50\$ Kg	\$50.00
		Levadura	311,93 Kg	\$20 - 50Kg	\$80.00
		Sal	1.336,83 Kg	18\$ -Tm	\$70.00
		Ceniza	1.782,44 Kg	2\$ - Tm	\$80.00
				<b>TOTAL</b>	\$400.00

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Una vez establecido el cronograma de aprovisionamiento, y que además las materias primas se encuentren dentro de la empresa se realiza una clasificación adecuada de los productos de manera primaria y secundaria las mismas que seguirán el proceso de producción establecido.

### 2.13.4 Cadena de suministro de la planta de Biofertilizante.

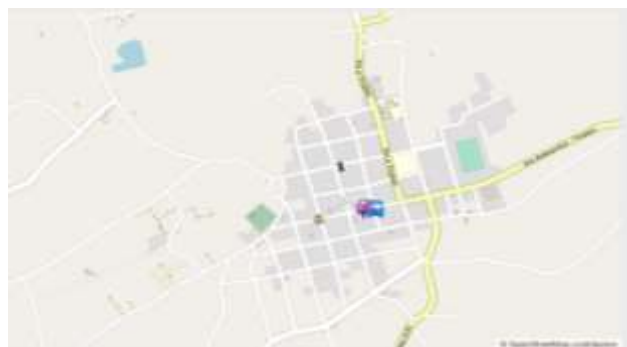


**Figura 18-2:** Cadena de suministro

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 2.13.5 Mapa del sector de Tisaleo

El mapa del sector Tisaleo permite tener una idea aproximada de las rutas que deben seguir los transportes de aprovisionamiento según el plan logístico establecido.



**Figura 19-2:** Sector de Tisaleo

Fuente: Google Maps



## 2.14 Análisis de producción de biofertilizante

La experimentación y comprobación para identificar en qué ambiente se desarrolla mejor el proceso de biodigestión, se tomó como base la región Sierra y Costa, en la primera región se considera la ciudad de Guaranda en la que oscila una temperatura de 14°C a 20 °C, en la segunda región se considera la ciudad de Santo Domingo que tiene temperaturas entre los 25°C a 26°C, posteriormente se desarrolló biodigestores caseros teniendo en cuenta los parámetros básicos para su diseño como: el espacio adecuado para el desarrollo de la biodigestión anaeróbica así como un espacio para almacenar el gas (Metano).

Cada uno de los biodigestores se cubrió con aluminio y plástico negro, el proceso de biodigestión tiene una duración de 40 días donde se observó un aumento de volumen de gas metano, para el análisis de componentes es necesario recurrir a un laboratorio que permite determinar los componentes como son el Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), Fósforo (P) y Potasio (K).

Como biodigestor se consideró una botella de 1 Galón que sirva como recipiente hermético y la proporción de materia prima con la que se realiza el biofertilizante se especifica en la siguiente tabla 45-2.

**Tabla 45-2:** Cantidades de materia prima para la experimentación

Denominación	Cantidad
Hojas de mora con tallos	67,5 gr
Melaza	40,5 gr
Sal	20,25 gr
Estiércol	337,5 gr
Levadura	4,725 gr
Ceniza	27 gr
Cáscaras de huevos	1,35 gr
Suero de leche	81 ml
Agua	1,81 lt

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Una vez transcurrido el tiempo necesario para la degradación de la materia prima se obtuvieron varias muestras en específico 4, las cuales se enviaron a un laboratorio para su posterior análisis y determinación de elementos químicos, posteriormente se analizó otras 4 muestras con un desfase de 10 para analizar posibles cambios significativos de elementos químicos dentro de estas composiciones.

A continuación, se presentan los análisis de laboratorio.

**Tabla 46-2:** Análisis de laboratorio primeras 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa)

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #1 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	32,5 M	39.5	42
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	42,5 A	130	97.5
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	92 A	112	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #2 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	49 M	59.5	63
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	29 M	89	66.5
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	96 M	114	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #3 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	30 M	36.5	38
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	41 A	125	94
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	93 A	113	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #4 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	49 M	59.5	63
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	27 M	83	62
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	94 M	112	

Realizado por: Ing. Andres Clavijo C. Técnico del Laboratorio de Suelos

**Tabla 47-2:** Análisis de laboratorio segundas 4 muestras desfase 10 días.

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #1 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	34 M	41	44
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	40 A	122	92
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	95 A	116.0	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #2 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	55 M	67	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	31 M	92	71
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	90 M	106	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #3 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	32 M	65,8	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	39 A	216	162.5
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	92 A	186.7	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #4 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	54 M	65.5	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	30 M	92	68
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	90 M	107	

Realizado por: Ing. Andres Clavijo C. Técnico del Laboratorio de Suelos

### 2.14.1 Investigación experimental

Con los datos necesarios obtenidos en el análisis de laboratorio se aplicó el modelo de Diseño Factorial Mixto con tres factores, con el cual se distribuyen los datos de manera aleatoria, partiendo de esto es necesario formular las hipótesis de estudio (nulas y alternativas), las mismas que sirven de base para demostrar si los factores de interés tienen efectos positivos o negativos dentro de cada una de las regiones, finalmente se puede generar las respectivas conclusiones de este análisis experimental..

#### 2.14.1.1 Factores considerados dentro de la experimentación

##### 2.14.1.1.1 Regiones climáticas

**Tabla 48-2:** Regiones climáticas

Regiones	
Región Sierra	Región Costa
$\bar{T}$ 25°C	$\bar{T}$ 15°

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

##### 2.14.1.1.2 Material con el que se recubrieron los biodigestores

**Tabla 49-2:** Tipo de recubrimiento

Tipo de Material recubierto	
Aluminio	Plástico

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

##### 2.14.1.1.3 Tipos de componentes químicos dentro del biofertilizante

**Tabla 50-2:** Componentes del biofertilizante

Componentes del biofertilizante
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)
Fósforo (P)
Potasio (K)

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Por consiguiente, con todos los datos necesarios se establece una tabla general que permite aplicar el método de Diseño Factorial Mixto de tres factores.

### 2.14.1.2 Cantidades obtenidas en la experimentación biofertilizante líquido y sólido

**Tabla 51-2:** Cantidades experimentales de biofertilizante líquido y sólido

	ALUMINIO		PLÁSTICO	
	B. Líquido (lt)	B. Sólido (Kg)	B. Líquido (lt)	B. Sólido (Kg)
<b>COSTA</b>	1.3	0.59	1.3	0.62
<b>SIERRA</b>	1.4	0.65	1.4	0.64
<b>PROMEDIO</b>	1.35	0.62	1.35	0.63

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 2.14.1.3 Formulación de hipótesis para los factores

Factor de interés A: Componentes químicos del Biofertilizante: Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), Fósforo (P), Potasio (K).

H<sub>0</sub>: El porcentaje de componentes no afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_0: \mu_{NH_3-N} = \mu_p = \mu_K$$

H<sub>a</sub>: El porcentaje de componentes si afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_a: \mu_{NH_3-N} \neq \mu_p \neq \mu_K$$

Factor de interés B: Temperatura región Sierra y Costa

H<sub>0</sub>: La temperatura promedio empleada para el desarrollo del biofertilizante no afecta a la efectividad del mismo.

$$H_0: \mu_{25^\circ C} = \mu_{15^\circ C}$$

H<sub>a</sub>: La temperatura promedio empleada para el desarrollo del biofertilizante si afecta a la efectividad del mismo.

$$H_a: \mu_{25^\circ C} \neq \mu_{15^\circ C}$$

Factor de interés C: Tipo de recubrimiento Aluminio, Plástico

H<sub>0</sub>: El tipo de material con el que se recubrió el biodigestor no afecta en la efectividad del biofertilizante.

$$H_0: \mu_{Al} = \mu_{Pls}$$

H<sub>a</sub>: El tipo de material con el que se recubrió el biodigestor si afecta en la efectividad del biofertilizante.

$$H_a: \mu_{Al} \neq \mu_{Pls}$$

#### **2.14.1.4 Formulación de hipótesis para las interacciones**

Factor de interés AxB: Componentes químicos del Biofertilizante: Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), Fósforo (P), Potasio (K) y Temperatura región Sierra y Costa

H<sub>0</sub>: El porcentaje de componentes y la temperatura en donde se encuentre el biodigestor no afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_0; (\alpha, \beta) = 0$$

H<sub>a</sub>: El porcentaje de componentes y la temperatura en donde se encuentre el biodigestor si afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_a; (\alpha, \beta) \neq 0$$

Factor de interés AxC: Componentes químicos del Biofertilizante: Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), Fósforo (P), Potasio (K) y Tipo de recubrimiento Aluminio, Plástico

H<sub>0</sub>: El porcentaje de componentes y el tipo de recubrimiento del biodigestor no afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_0; (\alpha, \gamma) = 0$$

H<sub>a</sub>: El porcentaje de componentes y el tipo de recubrimiento del biodigestor si afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_a; (\alpha, \gamma) \neq 0$$

Factor de interés BxC: Temperatura región Sierra y Costa y Tipo de recubrimiento Aluminio, Plástico

H<sub>0</sub>: La temperatura y el tipo de recubrimiento del biodigestor no afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_0; (\beta, \gamma) = 0$$

H<sub>a</sub>: La temperatura y el tipo de recubrimiento del biodigestor si afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_a; (\beta, \gamma) \neq 0$$

Factor de interés AxBxC: Componentes del Biofertilizante: Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), Fósforo (P), Potasio (K), Temperatura región Sierra y Costa y Tipo de recubrimiento Aluminio, Plástico

H<sub>0</sub>: Los componentes químicos del biofertilizante, la temperatura y el tipo de recubrimiento del biodigestor no afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_0; (\alpha, \beta, \gamma) = 0$$

H<sub>a</sub>: Los componentes químicos del biofertilizante, la temperatura y el tipo de recubrimiento del biodigestor si afecta a la efectividad del Biofertilizante.

$$H_a; (\alpha, \beta, \gamma) \neq 0$$

### 2.14.1.5 Aplicación del moldeo estadístico Diseño Factorial Mixto con 3 Factores

Mediante el siguiente modelo estadístico es posible determinar cuáles de los factores influyen o no significativamente dentro de la experimentación ver tabla 52-2, primero se calcula la sumatoria de cada factor luego este resultado se lo eleva al cuadrado y se realiza una suma total, por último, se promedia cada factor y se suman respectivamente.

**Tabla 52-2:** Diseño Factorial Mixto con tres factores

COMPONENTES DEL BIOFERTILIZANTE (A)	Temperatura (B)				Y <sub>i...</sub>	Y <sub>i...</sub> <sup>2</sup>	Promedio Y <sub>i...</sub>
	25 °C		15°C				
	Tipo de recubrimiento (C)		Tipo de recubrimiento (C)				
	Aluminio	Plástico	Aluminio	Plástico			
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	34	55	32.5	49	335.5	112560.25	41.9375
	32	54	30	49			
Fósforo (P)	40	31	42.5	29	279.5	78120.25	34.9375
	39	30	41	27			
Potasio (K)	95	90	92	96	742	550564	92.75
	92	90	93	94			
	682		675		1357	741244.5	
	56.833		56.250				
	465124		455625		1841449		
	920749						
	663		694				
	55.250		57.833				
	439569		481636				
	921205						
			Y <sub>...k...</sub> <sup>2</sup> =		1841449		

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 53-2 se puede determinar la sumatoria de cuadrados totales elevando cada una de las réplicas al cuadrado.

**Tabla 53-2:** Réplicas elevadas al cuadrado

COMPONENTES DEL BIOFERTILIZANTE (A)	Temperatura (B)			
	25 °C		15°C	
	Tipo de recubrimiento (C)		Tipo de recubrimiento (C)	
	Aluminio	Plástico	Aluminio	Plástico
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	1156	3025	1056.25	2401
	1024	2916	900	2401
Fósforo (P)	1600	961	1806.25	841
	1521	900	1681	729
Potasio (K)	9025	8100	8464	9216
	8464	8100	8649	8836
				93772.5

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Los resultados de la sumatoria de cuadrados de cada factor se utilizarán posteriormente en la tabla Anova para su respectivo análisis.

**Tabla 54-2:** Sumatoria de cuadrados de los factores

$$SCT = \sum Y_{ijkl}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad \boxed{17045.46}$$

$$SC_A = \sum_{i=1}^K \frac{Y_{i..}^2}{bcn} - \frac{Y_{..}^2}{N} = \quad \boxed{15928.52}$$

$$SC_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{acn} - \frac{Y_{..}^2}{N} = \quad \boxed{2.04}$$

$$SC_C = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.jk}^2}{abn} - \frac{Y_{..}^2}{N} = \quad \boxed{40.0416667}$$

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 55-2 se muestra las interacciones entre el factor A y el factor B en la cual se suman los valores respectivos y posteriormente se elevan al cuadrado para realizarse una sumatoria total.



**Tabla 55-2:** Interacción entre A y B

AxB					
A	B		A	B	
	25°C	15°C		25°C	15°C
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	175	160.5	Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	30625	25760.25
Fósforo (P)	140	139.5	Fósforo (P)	19600	19460.25
Potasio (K)	367	375	Potasio (K)	134689	140625
					370759.5

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 56-2:** Interacción entre A y C

AxC					
A	C		A	C	
	Aluminio	Plástico		Aluminio	Plástico
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	128.5	207	Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	16512.25	42849
Fósforo (P)	162.5	117	Fósforo (P)	26406.25	13689
Potasio (K)	372	370	Potasio (K)	138384	136900
					374740.5

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 56-2 se muestra las interacciones entre el factor A y el factor C en la cual se suman los valores respectivos y posteriormente se elevan al cuadrado para realizarse una sumatoria total.

**Tabla 57-2:** Interacción entre B y C

TPO DE RECUBRIMIENTO			TPO DE RECUBRIMIENTO		
TEMPERATURA	Aluminio	Plástico	TEMPERATURA	Aluminio	Plástico
25°C	332	350	25°C	110224	122500
15°C	331	344	15°C	109561	118336
					460621

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 57-2 se muestra las interacciones entre el factor B y el factor C en la cual se suman los valores respectivos y posteriormente se elevan al cuadrado para realizarse una sumatoria total.

**Tabla 58-2:** Interacción entre A, B y C

COMPONENTES DEL BIOPERTILIZANTE (A)	Temperatura (B)				COMPONENTES DEL BIOPERTILIZANTE (A)	Temperatura (B)			
	25 °C		15 °C			25 °C		15 °C	
	Tipo de recubrimiento (C)		Tipo de recubrimiento (C)			Tipo de recubrimiento (C)		Tipo de recubrimiento (C)	
	Aluminio	Plástico	Aluminio	Plástico		Aluminio	Plástico	Aluminio	Plástico
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	66	109	62.5	98	Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	4356	11881	3906.25	9604
Fósforo (P)	79	61	83.5	56	Fósforo (P)	6241	3721	6972.25	3136
Potasio (K)	187	180	185	190	Potasio (K)	34969	32400	34225	36100
									187511.5

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En la tabla 58-2 se muestra las interacciones entre el factor A, el factor B y el factor C en la cual se suman los valores respectivos y posteriormente se elevan al cuadrado para realizarse una sumatoria total.

Los resultados de la sumatoria de cuadrados de cada interacción se utilizarán posteriormente en la tabla Anova 60-2 para su respectivo análisis.

**Tabla 59-2:** Sumatoria de cuadrados de las interacciones

$$SC_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij}^2}{cn} - \frac{Y_{..}^2}{N} - SC_A - SC_B = \boxed{32.27}$$

$$SC_{AC} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij}^2}{bn} - \frac{Y_{..}^2}{N} - SC_A - SC_C = \boxed{989.520833}$$

$$SC_{BC} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij}^2}{an} - \frac{Y_{..}^2}{N} - SC_B - SC_C = \boxed{1.04166667}$$

$$SC_{ABC} = \sum \frac{y_{ijk}^2}{n} - FC - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} = \boxed{35.27083333}$$

$$SC_E = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC} = \boxed{16.750}$$

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Una vez desarrollado el modelo estadístico se realiza la tabla ANOVA en la cual se establece un nivel de confianza del 95% y se determinan los factores e interacciones que tienen incidencia significativa en esta experimentación.

**Tabla 60-2:** Tabla ANOVA

FV	SC	GL	CM	F <sub>0</sub>	F <sub>α</sub>	CD
A	15928.52	2	7964.26	5705.74	3.885	MUY SIGNIFICATIVO
B	2.04	1	2.04	1.46	4.747	NO SIGNIFICATIVO
C	40.04166667	1	40.04	28.69	4.747	SIGNIFICATIVO
AB	32.27	2	16.14	11.56	3.885	SIGNIFICATIVO
AC	989.5208333	2	494.76	354.46	3.885	MUY SIGNIFICATIVO
BC	1.041666667	1	1.04	0.75	4.747	NO SIGNIFICATIVO
ABC	35.27083333	2	17.64	12.63	3.885	SIGNIFICATIVO
ERROR	16.75	12	1.40			
TOTAL	17045.46	23				

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

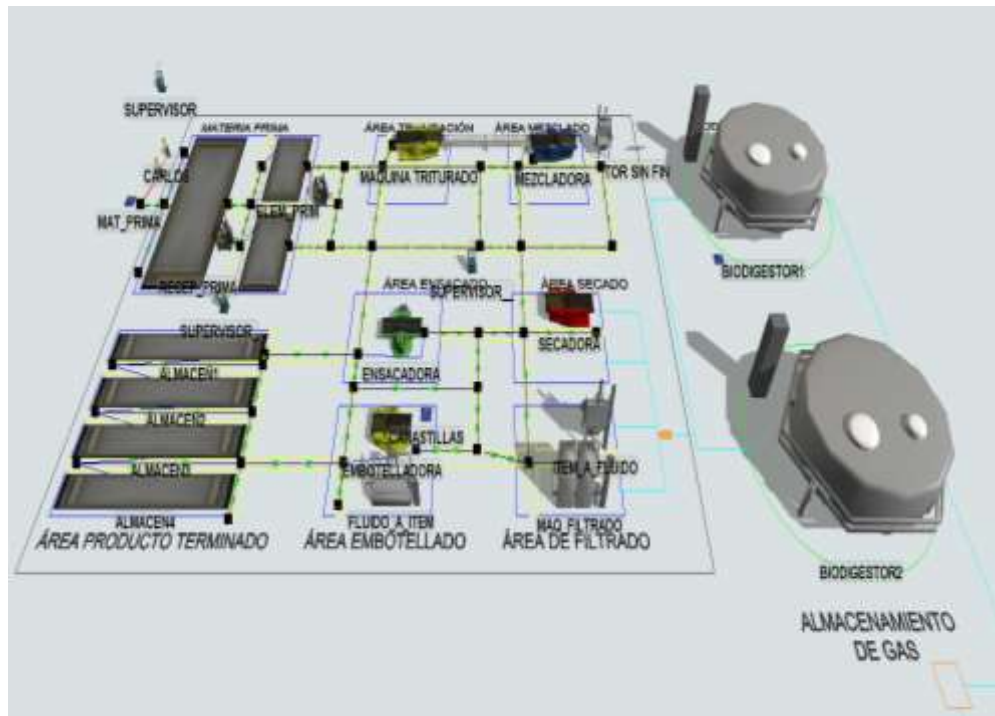
Con la tabla 60-2 se puede concluir que el factor A, el factor C y las interacciones AB, AC y ABC influyen de manera significativa en el desarrollo del biofertilizante por lo que con un nivel de confianza del 95% se aceptan las hipótesis nulas respectivas de cada factor e interacción respectivamente.

### 2.15 Simulación en FlexSim

Para la simulación en FlexSim se utilizó la versión de prueba gratuita que permite la aplicación de 30 elementos, el desarrollo del modelo se hizo en base a la distribución de planta establecida donde se consideran parámetros de dimensiones y distancias, la utilización de este software permitió tener una idea clara del desarrollo del proceso productivo y además algunas observaciones.

Este modelo de la planta está diseñado para trabajar al 50% de la capacidad de la planta, la simulación muestra sobre todo el proceso pre-biodigestión y post-biodigestión para un biodigestor, se ha omitido el tiempo que conlleva la biodigestión anaeróbica que es de 40 días.

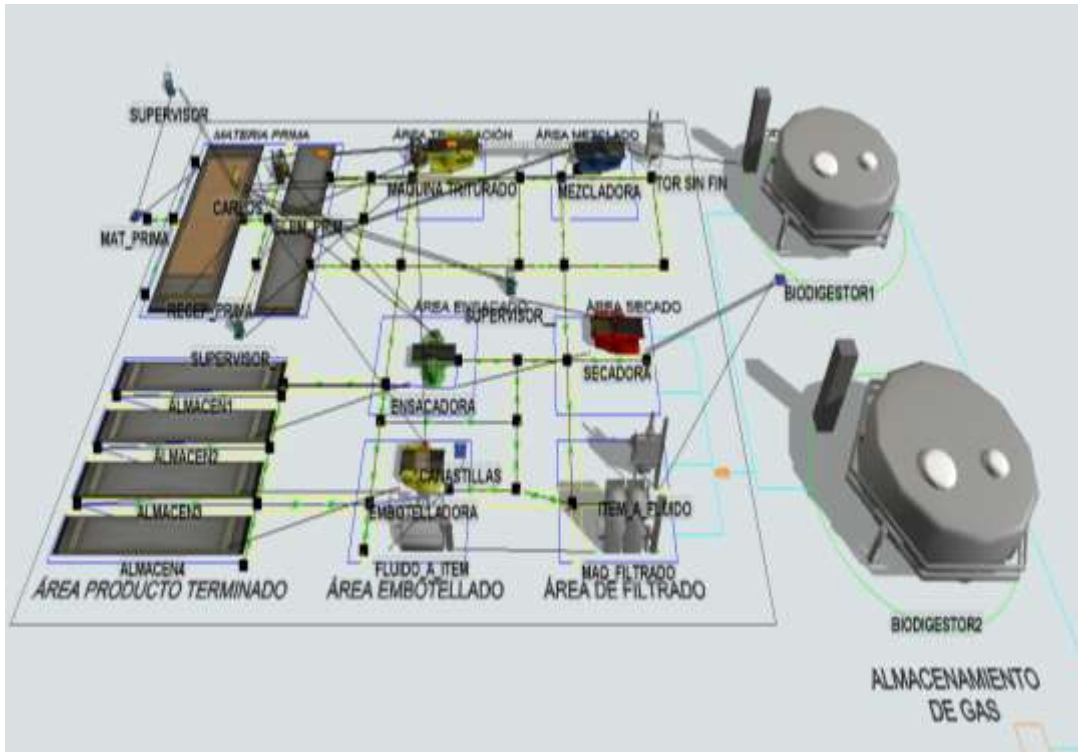
Es necesario la mención de que el uso de este importante software fue fines académicos sin ánimos de lucro de ningún aspecto, con el fin de destacar la importancia de este programa en la simulación de los procesos industriales.



**Figura 20-2:** Simulación planta de Biofertilizante orgánico sin conexiones

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

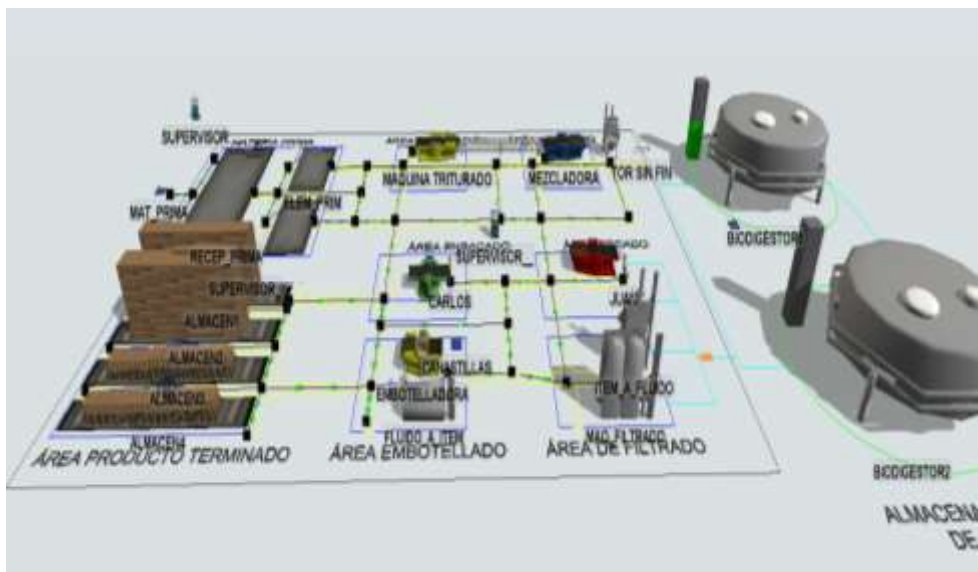
La figura 20-2 muestra el modelo y distribución de la planta, se han omitido las líneas de conexión entre los elementos para una mejor apreciación en la ubicación de cada maquinas u operario que participa de la simulación.



**Figura 21-2:** Simulación planta de Biofertilizante orgánico sin conexiones

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 21-2 muestra la simulación en desarrollo, con materia prima almacenada y las conexiones entre cada uno de los elementos, es importante realizar de manera apropiada cada una de las conexiones y la configuración de la cada máquina para evitar fallos en la simulación.



**Figura 22-2:** Simulación terminada sin conexiones

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 22-2 muestra la simulación terminada, donde se omiten las conexiones para una mejor apreciación de los productos terminados.

### 2.15.1 Relación equivalente de la materia prima a parámetros del software

Considerando que la simulación en FlexSim es una proyección acertada a la planta de producción real, es necesario relacionar los parámetros adecuados para la configuración del modelo, de esta forma se puede asegurar que los resultados obtenidos van a servir de base en el asentamiento y producción de la planta.

La simulación se realiza con la planta al 50 % de la capacidad de producción para cumplir con la demanda establecida, es decir que la simulación muestra el proceso de pre-biodigestión y post biodigestión, que se realiza en la planta industrial.

La demanda mensual estimada para la zona 3 del Ecuador, que comprende las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pastaza es de alrededor de 1023 sacos de 40 Kg de biofertilizante sólido.


**Tabla 61-2:** Datos

DATOS EN FLEXSIM	
Demanda mensual (Kg)	40930.42
Demana en Quintales de 40 (Kg)	1023.2605

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Los datos que se relacionan para el diseño del modelo son los que se estiman en la logística de aprovisionamiento para la producción de 125 000 litros de biofertilizante total que resulta en el 50% del volumen de producción de un biodigestor.

**Tabla 62-2:** Relación equivalente de Hojas de mora con tallos a bloques

MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Hojas de mora con tallos	4456.09	
	100	44.561


Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para las hojas de mora con tallos los mismos que conforman el grupo de los elementos primarios, estos deben pasar por el proceso de trituración, se calculan 4.456,09 Kg de materia prima neta.

Para la relación en el Software ver tabla 62-2, se representó sacos de 100 Kg de hojas de mora con tallos correspondientes a cada bloque que proporciona el source, lo que resulta en un total de 44,56 unidades de bloques.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea a 45 bloques.

**Tabla 63-2:** Relación equivalente de Melaza con tallos a bloques


MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (lt)	Relación # de bloques
Melaza	2673.65	
	200	13.368

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la melaza se requieren 2.673,65 litros, en la simulación de la planta de biofertilizante se ha relacionado 200 litros a cada bloque dando un resultado de 13,37 unidades.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea 13 bloques.

**Tabla 64-2:** Relación equivalente de Sal con bloques


MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Sal	1336.83	
	100	13.368

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Con respecto a la sal se requieren 1.336,83 Kg, para el biofertilizante se ha relacionado 100 Kg de sal a cada bloque en donde se obtiene como resultado 13.37 unidades.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea 13 bloques.

**Tabla 65-2:** Relación equivalente de Estiércol Vacuno con bloques


MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Estiércol Vacuno	22280.44	
	100	222.804

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El estiércol vacuno es otro de los elementos primarios por lo que se requiere en grandes cantidades aproximadamente 22.280,44 Kg se relaciona de manera que cada bloque representa 100 Kg de esta, dándonos un resultado de 222,80 unidades.

Para el modelo solo nos sirven unidades enteras se redondea a 223 bloques.

**Tabla 66-2:** Relación equivalente de Levadura con bloques

MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Levadura	311.93	
	50	6.239


Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

De la levadura se requieren 311,93 Kg, para la simulación se ha relacionado a cada bloque con 50 Kg de esta, dándonos un resultado de 6,24.

En FlexSim se trabajó con unidades enteras por eso se redondea 6 bloques.



**Tabla 67-2:** Relación equivalente de Levadura con bloques


MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Ceniza	1782.44	
	100	17.824

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Con respecto a la ceniza se requieren 1.782,44 Kg para la simulación se ha relacionado a cada bloque con 100 Kg de esta, dándonos un resultado de 17,82 unidades.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea 18 bloques.

**Tabla 68-2:** Relación equivalente de Cáscaras de huevos con bloques


MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (Kg)	Relación # de bloques
Cáscaras de huevos	89.12	
	50	1.782

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Con respecto a las cáscaras de huevos se requieren 89,12 Kg, para la simulación se ha relacionado a cada bloque con 50 Kg de esta, dándonos un resultado de 1,782 unidades.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea 2 bloques

**Tabla 69-2:** Relación equivalente de Suero de leche con bloques

MATERIA PRIMA		
Denominación	Cantidad (lt)	Relación # de bloques
Suero de leche	5347.31	
	200	26.737

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Del suero de leche se necesita 5.347,31 litros, para la simulación se ha relacionado a cada bloque con 100 litros de esta, dándonos un resultado de 26,74 unidades de bloques.

En FlexSim se trabaja con unidades enteras por eso se redondea 27 bloques.

### 2.15.2 Relación equivalente de los tiempos de operación de cada máquina a elementos del software

**Tabla 70-2:** Relación equivalente tiempo de operación es segundos de la Máquina trituradora

Máquina Trituradora			
Capacidad de triturado	Peso (T)	Minutos (min)	Segundos (s)
	6	60	
	26,83	268,26	16.095,39

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El modelo se ha configurado inicialmente en segundos. La máquina trituradora tiene una capacidad de producción de 6 Toneladas por hora, en esta máquina se trituran los elementos primarios: Hojas de mora con tallos, estiércol vacuno y cascara de huevo, con un total de 26,83 Toneladas, esto da una relación de 268,26 minutos o 16.095,39 segundos, tiempo con el que se configuró la simulación.

**Tabla 71-2:** Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina mezcladora

Máquina Mezcladora			
Capacidad de mezclado	Capacidad (lt)	Minutos (min)	Segundos (s)
	12.000,0	20	
	10,40	207,95	12.477,0

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La máquina mezcladora tiene una capacidad de 12.000 litros y para conseguir una mezcla homogénea se tarda 20 min, es necesario procesar 125.000 litros de mezcla para cumplir con la demanda inicial, los cuales se dividen para los 12.000 litros de capacidad que dan un total de 10,39 paradas de mezclado, esto por 20 minutos da un total de 207,95 min o 12.477,05 segundos que se aplican al modelo.

**Tabla 72-2:** Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina secadora

Máquina Secadora			
Capacidad de secado	Peso (Kg)	Minutos (min)	Segundos (s)
	10.000,0	30	
	41.005,3	123,02	7.380,95

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La máquina de secado tiene una capacidad de producción equivalente a 10.000 Kg por cada media hora (30 min), la relación con respecto a la cantidad de materia que debe procesar es igual a 41.005,29 Kg que con una regla de tres simple se obtienen 123,02 minutos o 7.380 segundos para la configuración del modelo.

**Tabla 73-2:** Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina ensacadora

Máquina Ensacadora			
Capacidad de llenado sacos de 40 Kg	Num. de Sacos	Tempo de llenado (min)	Tempo de llenado (s)
	4	1	
	1	0,25	15 a 16

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la capacidad de llenado de los sacos se relaciona el tiempo aproximado de 4 sacos de 40 Kg por minuto es decir 0,25 minutos o 15 a 16 segundos aproximadamente.

**Tabla 74-2:** Relación equivalente tiempo de operación en segundos de la Máquina embotelladora

Máquina Embotelladora				
Capacidad de llenado de 200 botellas	# de Botellas	3 lt cada botella	Tiempo de llenado (min)	Tiempo de llenado (s)
	200	3*200=600 litros	2	
	# de Tanques	100 lt cada tanque		
	892	100*892=89285 litros	297.6166667	17857

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La máquina embotelladora tiene una capacidad de llenado de 200 botellas de 3 litros cada una, es decir 600 litros totales en un tiempo de 2 minutos, para el llenado de taques de 100 litros de

biofertilizante líquido, con un total de 892 tanques, se tiene una relación de 297,62 minutos que es lo mismo 17.857 segundos.

## CAPITULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### 3.1 Demanda potencial estimada de biofertilizantes en la Zona 3

**Tabla 1-3:** Total de la demanda estimada anual y mensual zona 3.

TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA TUNGURAHUA (Kg)	2.530.999,67
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA COTOPAXI (Kg)	3.584.989,65
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA CHIMBORAZO (Kg)	2.740.629,34
TOTAL DE LA DEMANDA ESTIMADA PARA PASTAZA (Kg)	394.325,98
<b>TOTAL DEMANDA ESTIMADA ANUAL PARA LA ZONA 3 (Kg)</b>	<b>9.250.944,64</b>
<b>TOTAL DEMANDA ESTIMADA MENSUAL PARA LA ZONA 3 (Kg)</b>	<b>770.912,05</b>

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Para la zona 3 del Ecuador se ha estimado una demanda anual de 9.250.944,64 Kg y una demanda mensual de 770.912,05 Kg, donde se analizaron varios datos obtenidos mediante la revisión bibliográfica de instituciones importantes del país como lo son el INEC, MAGAP, entre otras.

Con esto queda demostrado que existe una demanda potencial dentro de esta zona, por consiguiente, dar abasto a la misma sería imposible por lo que se considera una cuota inicial de mercado que permita crecer exponencialmente a la planta industrial de acuerdo a la acogida del producto ofertado.

#### 3.1.1 Demanda real utilizada en la planta industrial

Como punto de partida dentro de la empresa se establece una cuota inicial de mercado ver tabla 1-3, esto para reducir en gran medida la demanda potencial antes calculada ver tabla 2-3, en este caso la cuota de mercado ayuda a establecer un punto de partida de producción.

**Tabla 2-3:** Cuota de mercado sobre la demanda potencial.

CUOTA DE MERCADO	CANTIDAD SOBRE LA DEMANDA MENSUAL (Kg)	SACOS DE 40 Kg
5.1%	39,316.51	982.9
5.2%	40,087.43	1002.2
5.3%	40,935.43	1023.4
5.4%	41,629.25	1040.7
5.5%	42,400.16	1060.0
5.6%	43,171.07	1079.3
5.7%	43,941.99	1098.5
5.8%	44,712.90	1117.8
5.9%	45,483.81	1137.1
6.0%	46,254.72	1156.4

Como cuota inicial de mercado se considera un porcentaje del 5,3% obteniendo una demanda mensual de 40.935.43 Kg los mismos que son distribuidos en sacos de 40 Kg obteniendo una cantidad de 1.023 sacos, esto se alcanza con el 50% de la capacidad de la planta industrial.

### 3.2 Capacidad máxima de la planta de biofertilizante

**Tabla 3-3:** Relación de proporción de biofertilizante sólido.

RELACIÓN DE PROPORCIÓN			
	Lt	Kg	Dias
Experimentación	1.89	0.62	40
1 Biodigestor	250,000.0	82,010.6	
2 Biodigestor	500,000.0	164,021.2	60

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 4-3:** Relación de proporción de biofertilizante líquido.

RELACIÓN DE PROPORCIÓN			
	Lt	Lt	Dias
Experimentación	1,89	1,35	40
1 Biodigestor	250.000,0	178.571,4	
2 Biodigestor	500.000,0	357.142,9	60

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La capacidad de producción máxima que tiene la planta industrial con dos biodigestores para producir 250.000 litros de biofertilizante cada uno, dando un total de 500.000 litros entre ambos, resultan en una producción de 164.021,2 kg y 357.142,9 lt de biofertilizante sólido y líquido respectivamente en un rango de 60 días.

#### 3.2.1 Capacidad real de la planta utilizada

La capacidad utilizada del modelo de planta industrial se ajusta a la demanda estimada, es decir que para cumplir con esta la capacidad de la planta es al 50 % no da un total de 250 000 litros de biofertilizante, lo cual no da para entregar 2 050,26 sacos de 40 kg en biofertilizante sólido y 1785,7 tanques de 100 litros de biofertilizante líquido en dos periodos, la primera entrega a los 40 días y el segundo a los 60 días, cada entrega de 1025 sacos y 892,8 tanques aproximadamente.

**Tabla 5-3:** Cantidad obtenida de biofertilizante sólido con biodigestores al 50%.

	<b>Lt</b>	<b>Kg</b>	<b>Dias</b>
1 Biodigestor	125.000,0	41.005,3	40
2 Biodigestor	125.000,0	41.005,3	60
TOTAL	250.000,0	82.010,6	

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

**Tabla 6-3:** Cantidad obtenida de biofertilizante líquido con biodigestores al 50%.

	<b>Lt</b>	<b>Lt</b>	<b>Dias</b>
1 Biodigestor	125.000,0	89.285,7	40
2 Biodigestor	125.000,0	89.285,7	60
TOTAL	250.000,0	178.571,4	

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 3.2.2 *Pronóstico de la demanda para tres años posteriores*

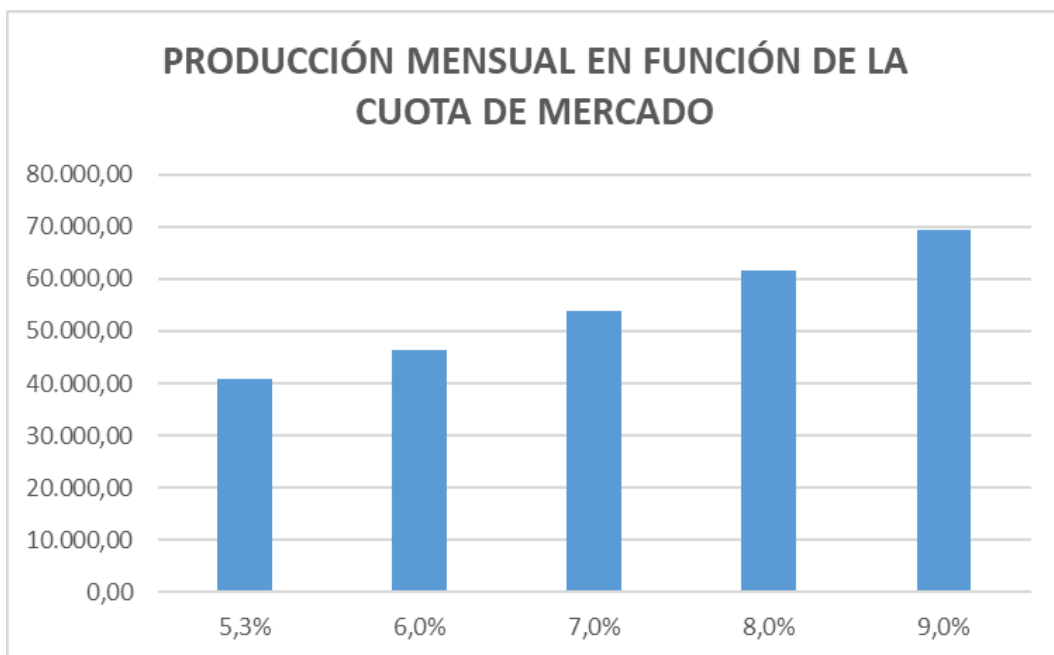
Para el pronóstico de la demanda se considera la cuota de mercado como factor fundamental para proyectar la demanda año tras año, este factor representa la cantidad de producto que ofrece la planta industrial con respecto a la demanda potencial, para el crecimiento de la cuota de mercado se analizan parámetros de acogida del producto dentro del mercado, así como el aumento de nuevos clientes entre otros.

Para la proyección de la demanda la cuota de mercado va en aumento en 1% anual en base a los parámetros antes mencionados, que permite un aumento en al menos 7.709,12 Kg mensuales para cada año, los datos mencionados se encuentran en la tabla 7-3.

**Tabla 7-3:** Proyección de la demanda.

<b>AÑO</b>	<b>CUOTA DE MERCADO</b>	<b>PRODUCCIÓN MENSUAL (Kg)</b>	<b>SACOS DE 40 Kg</b>
2021	5,3%	40.935,43	1023,39
2022	6,0%	46.254,72	1156,37
2023	7,0%	53.963,84	1349,10
2024	8,0%	61.672,96	1541,82
2025	9,0%	69.382,08	1734,55

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Gráfico 1-3:** Proyección de la demanda mensual en funciona de la cuota de mercado

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Gráfico 2-3:** Proyección de la demanda anual en cantidad de sacos.

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 3.2.3 *Tiempos de producción*

En la siguiente tabla 8-3 se muestran los tiempos teóricos y de simulación respectivos para cada proceso dentro del ciclo productivo, los tiempos teóricos fueron establecidos de acuerdo con la capacidad de cada una de las máquinas por lo tanto el tiempo resultante en la simulación es una referencia aproximada.



**Tabla 8-3:** Tiempos teóricos y de simulación para la producción de Biofertilizante

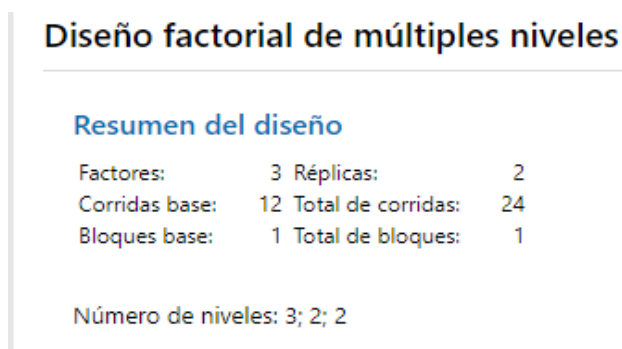
Demanda para 1.023 Sacos mensuales de 40Kg con una producción al 50% de la capacidad de la Planta Industrial (250.000 lt)		
Tipo de Máquina	Tiempo teórico de producción	Tiempo de Simulación
Molino de martillos	6 T/H	4,47 H
Mezcladora	12.000 lt x 20 min	3,45 H
Secadora	10.000 Kg x 30 min	2,05 H
Ensacadora	4 Sacos de 40 Kg x 1 min	4,26 H
Dosificadora	200 Botellas de 3 lt x 2 min	4,96 H
Tiempo total de simulación		23,19 H
Biodigestor	125.000 lt de Biofertilizante	40 Días

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

### 3.3 Procesamiento y análisis de datos experimentales en MINITAB de prueba.

Para este desarrollo experimental se utilizó MINITAB de prueba gratuita el cual permite la interacción de algunas herramientas para realizar el estudio estadístico de todas las variables consideradas anteriormente.

La utilización de este software es con fines académicos sin ánimos de lucro de ningún aspecto, con el fin de destacar la importancia de este programa en el desarrollo y análisis de experimentos.



**Figura 1-3:** Diseño Factorial Mixto 3 Factores MINITAB

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 1-3 indica el diseño que se implementa mediante esta herramienta estadística, se trata de un diseño factorial mixto de 3 factores con 2 réplicas y un total de corridas de 24.

### Información del factor

Factor	Niveles Valores
COMPONENTES BIOL	3 Nitrógeno amoniacal; Fósforo; Potasio
TEMPERATURA	2 15; 25
TIPO DE RECUBRIMIENTO	2 Aluminio; Plástico

**Figura 2-3:** Factores del Diseño Experimental

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 2-3 indica los factores con sus respectivos niveles, los cuales van a estar sometidos a estudios de diferente tipo.

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Modelo	11	17028.7	1548.06	1109.06
Lineal	4	15970.6	3992.65	2860.41
COMPONENTES BIOL	2	15928.5	7964.26	5705.74
TEMPERATURA	1	2.0	2.04	1.46
TIPO DE RECUBRIMIENTO	1	40.0	40.04	28.69
Interacciones de 2 términos	5	1022.8	204.57	146.56
COMPONENTES BIOL*TEMPERATURA	2	32.3	16.14	11.56
COMPONENTES BIOL*TIPO DE RECUBRIMIENTO	2	989.5	494.76	354.46
TEMPERATURA*TIPO DE RECUBRIMIENTO	1	1.0	1.04	0.75
Interacciones de 3 términos	2	35.3	17.64	12.63
COMPONENTES BIOL*TEMPERATURA*TIPO DE RECUBRIMIENTO	2	35.3	17.64	12.63
Error	12	16.8	1.40	
Total	23	17045.5		
Fuente	Valor p			
Modelo	0.000			
Lineal	0.000			
COMPONENTES BIOL	0.000			
TEMPERATURA	0.250			
TIPO DE RECUBRIMIENTO	0.000			
Interacciones de 2 términos	0.000			
COMPONENTES BIOL*TEMPERATURA	0.002			
COMPONENTES BIOL*TIPO DE RECUBRIMIENTO	0.000			
TEMPERATURA*TIPO DE RECUBRIMIENTO	0.405			
Interacciones de 3 términos	0.001			
COMPONENTES BIOL*TEMPERATURA*TIPO DE RECUBRIMIENTO	0.001			
Error				
Total				

**Figura 3-3:** Tabla ANOVA

**Realizado por:** Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La figura 3-3 indica la tabla ANOVA de manera que se puede corroborar con los datos obtenidos mediante el método analítico ver tabla Anova, por lo tanto, el factor A, C, AC, ABC, y AB son significativos es decir que con un nivel de confianza del 95% se aceptan las hipótesis nulas respectivas de cada factor e interacción respectivamente.

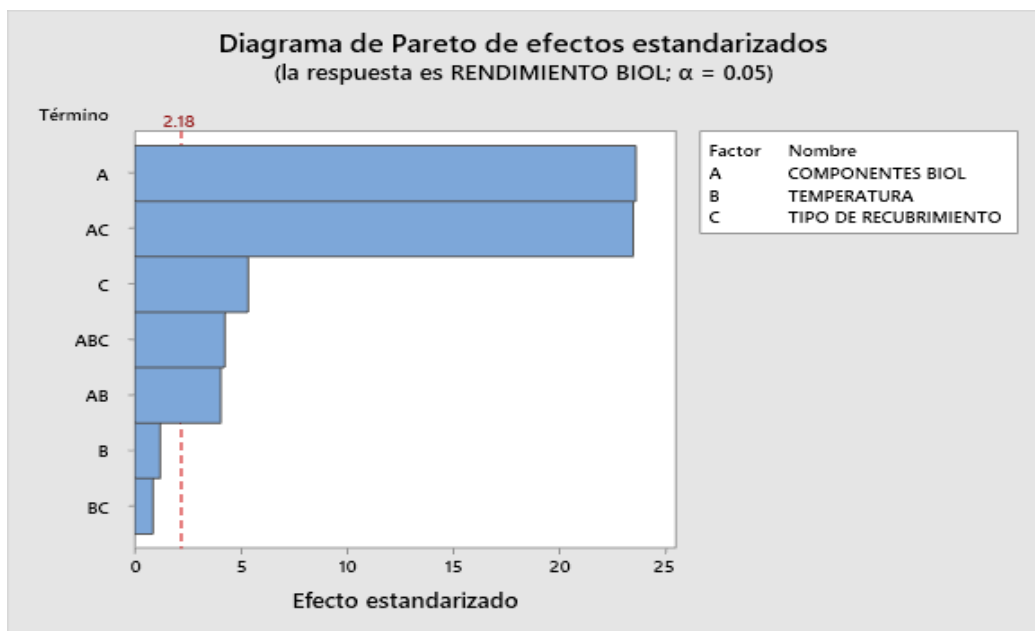
## Resumen del modelo

	S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
	1.18145	99.90%	99.81% 99.61%

**Figura 4-3:** Calidad del modelo

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

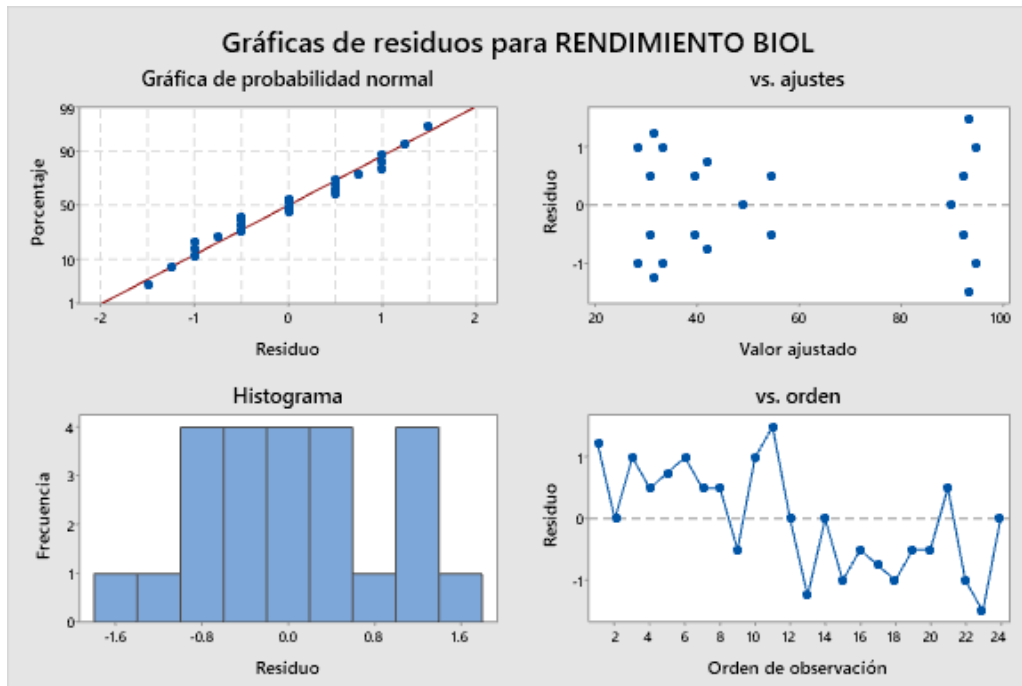
La figura 4-3 indica la calidad del modelo que es de un 99.81% es decir que el análisis de datos realizado esta correcto.



**Gráfico 3-3:** Diagrama de Pareto

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

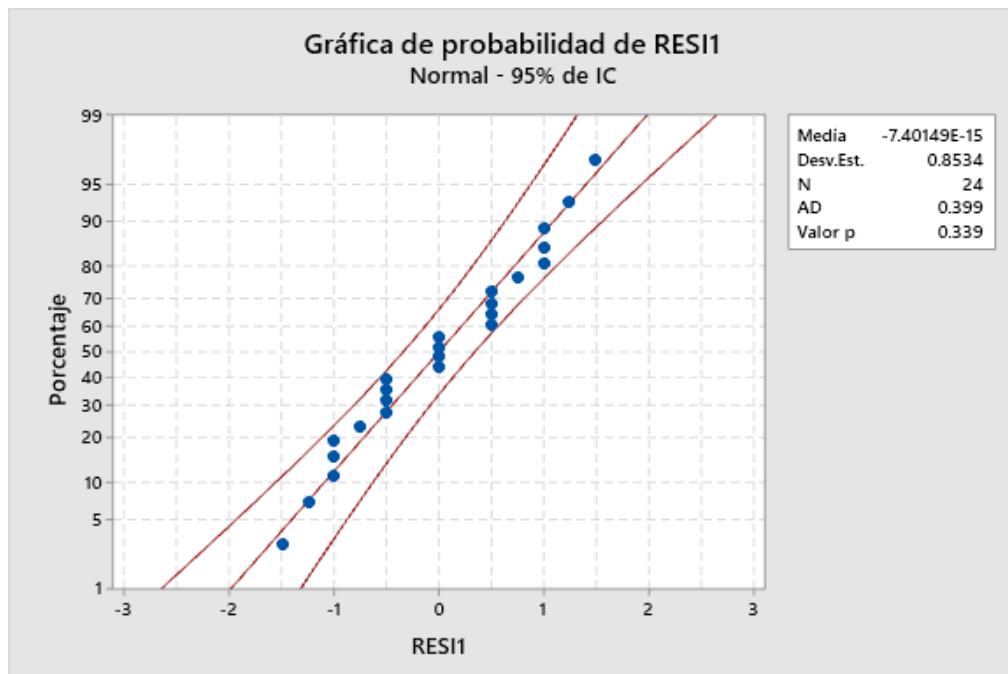
El gráfico 3-3 indica el diagrama de Pareto con un valor 2.18 que representa el valor crítico T-Student de manera que se puede comprobar que los resultados de la tabla ANOVA son los correctos los factores A, C, AC, ABC y AB tienen incidencia significativa dentro de la experimentación.



**Gráfico 4-3:** Gráficas 4 en 1

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

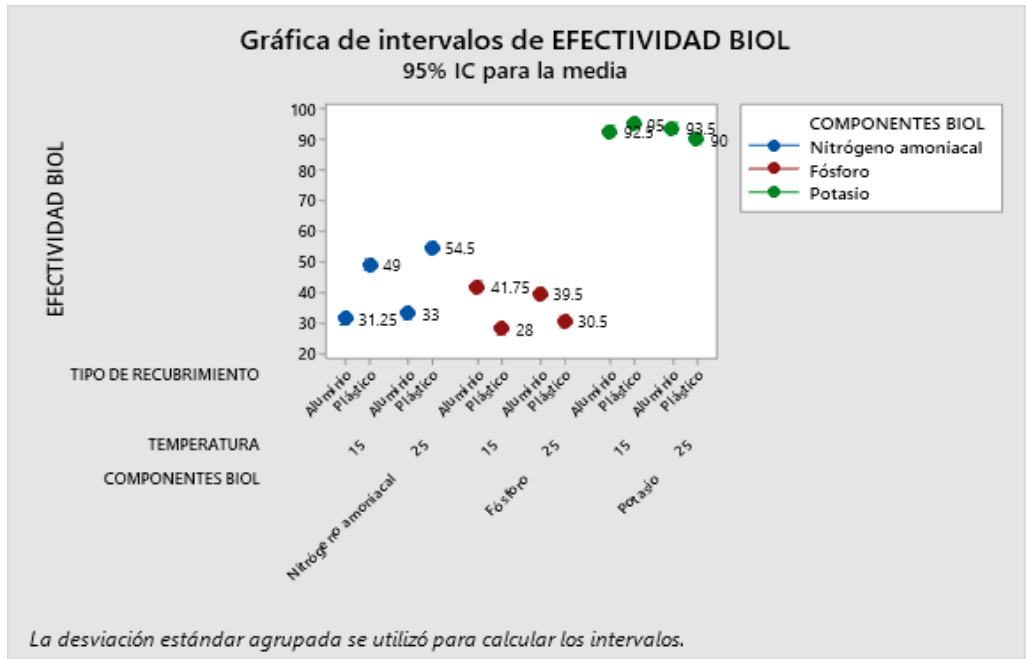
El gráfico 4-3 cuatro en uno indica que la distribución de los datos es normal y el supuesto de homogeneidad de varianza se cumple.



**Gráfico 5-3:** Gráfica de Normalidad

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

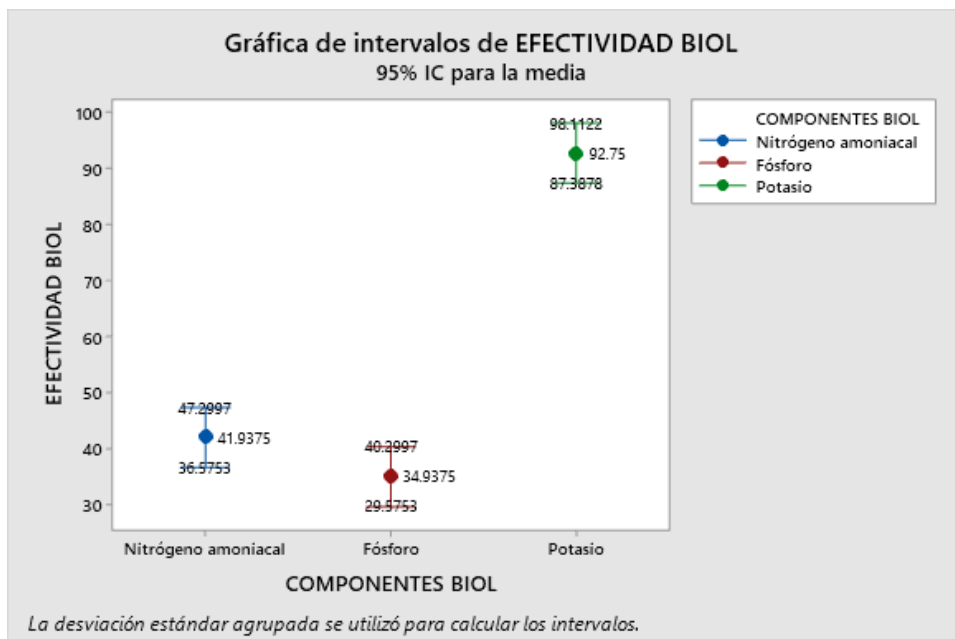
El gráfico 5-3 de probabilidad demuestra que la distribución de los datos es normal.



**Gráfico 6-3:** Gráfica de intervalos múltiples

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

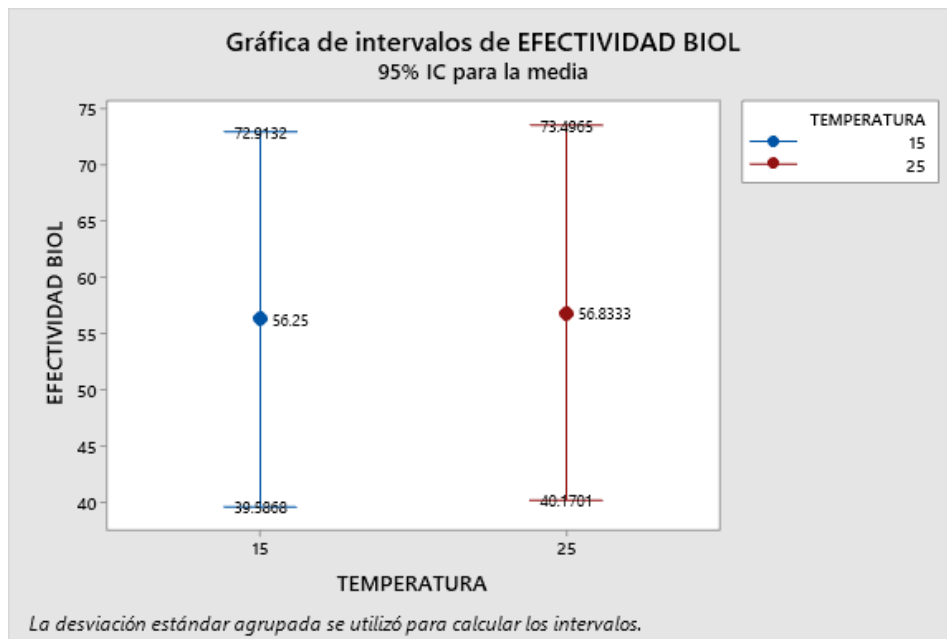
El gráfico 6-3 indica los intervalos múltiples que representa la eficiencia del biofertilizante relacionado con el porcentaje de cada elemento químico respecto al tipo de recubrimiento y a la temperatura



**Gráfico 7-3:** Gráfica de intervalos Componentes BIOL

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

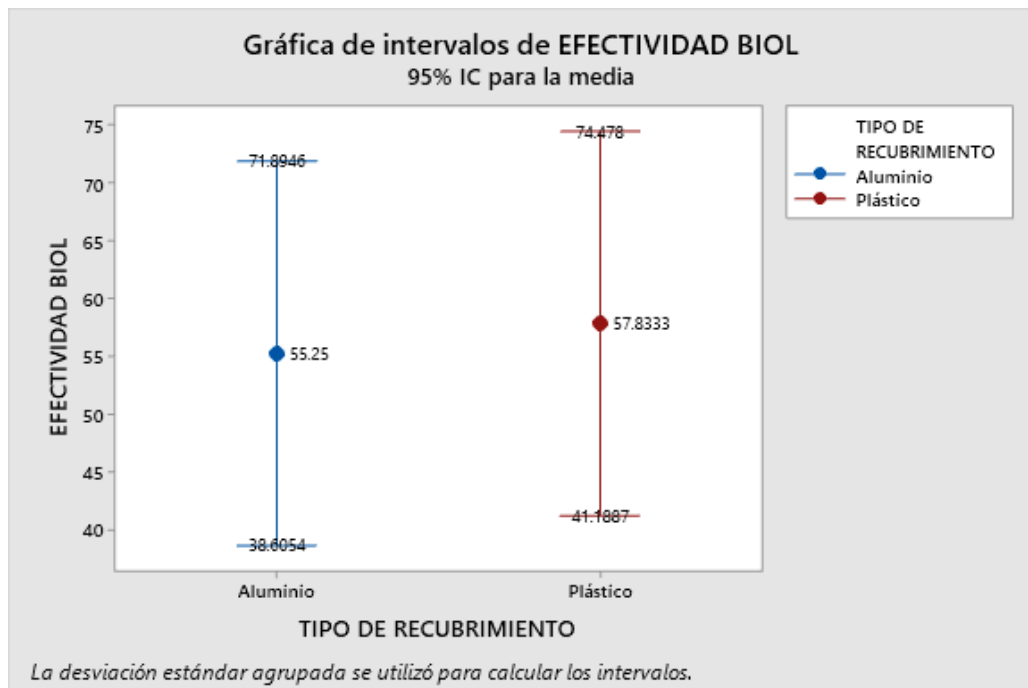
El gráfico 7-3 indica los intervalos relacionados con el tipo de elementos químicos del biofertilizante se puede que exista mayor concentración de potasio.



**Gráfico 8-3:** Gráfica de inervalos Temperatura

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El gráfico 8-3 indica los intervalos respecto a la temperatura es decir que la efectividad del biofertilizante no depende de este factor por lo que la ubicación de la planta está bien especificada.



**Gráfico 9-3:** Gráfica de intervalos Tipo de recubrimiento

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

El gráfico 9-3 indica los intervalos con respecto al tipo de recubrimiento por lo que se puede concluir que la efectividad del biofertilizante no está directamente relacionada al tipo de recubrimiento que recibe el biodigestor.

### 3.4 Procesamiento y análisis de datos de laboratorio (Biofertilizante)

En las tablas que se muestran a continuación se reflejan cada uno de los componentes químicos que resultaron en el desarrollo del biofertilizante, los más importantes que se consideraron son el Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), Fósforo (P) y Potasio (K), los mismos que son considerados por aportar los nutrientes necesarios en el desarrollo de un cultivo de tal manera que ayudan a la conservación de los suelos.

		<b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS</b>			
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> <b>Nombre:</b> Adrian Perez <b>Dirección:</b> Pichincha y Selva alegre <b>Ciudad:</b> Guaranda <b>Teléfono:</b> 0969216811			<b>Provincia:</b> Bolívar <b>Cantón:</b> Guaranda <b>Parroquia:</b> San Pablo de		
<b>PARA EL USO DEL LABORATORIO</b>					
<b>N° Reporte:</b> ### <b>N° Muestra Lab. :</b> ### <b>Fecha de Muestreo:</b> 0000/00/00 <b>Fecha de Ingreso:</b> 2021-08-18 <b>Fecha de Salida:</b> 2021-08-20					

**Tabla 9-3:** Análisis de laboratorio primeras 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa)

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #1 Aluminio</b>			
Nutriente	Valores en mg/l		
	NH3-N	NH3	NH4
<b>Amoniaco</b>	32,5 M	39.5	42
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	P	PO4	P2O5
	42,5 A	130	97.5
<b>Potasio</b>	K	K2O	
	92 A	112	

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #2 Plástico</b>			
Nutriente	Valores en mg/l		
	NH3-N	NH3	NH4
<b>Amoniaco</b>	49 M	59.5	63
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	P	PO4	P2O5
	29 M	89	66.5
<b>Potasio</b>	K	K2O	
	96 M	114	

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #3 Aluminio</b>			
Nutriente	Valores en mg/l		
	NH3-N	NH3	NH4
<b>Amoniaco</b>	30 M	36.5	38
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	P	PO4	P2O5
	41 A	125	94
<b>Potasio</b>	K	K2O	
	93 A	113	

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #4 Plástico</b>			
Nutriente	Valores en mg/l		
	NH3-N	NH3	NH4
<b>Amoniaco</b>	49 M	59.5	63
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	P	PO4	P2O5
	27 M	83	62
<b>Potasio</b>	K	K2O	
	94 M	112	

Realizado por: Ing. Andres Clavijo C. Técnico del Laboratorio de Suelo

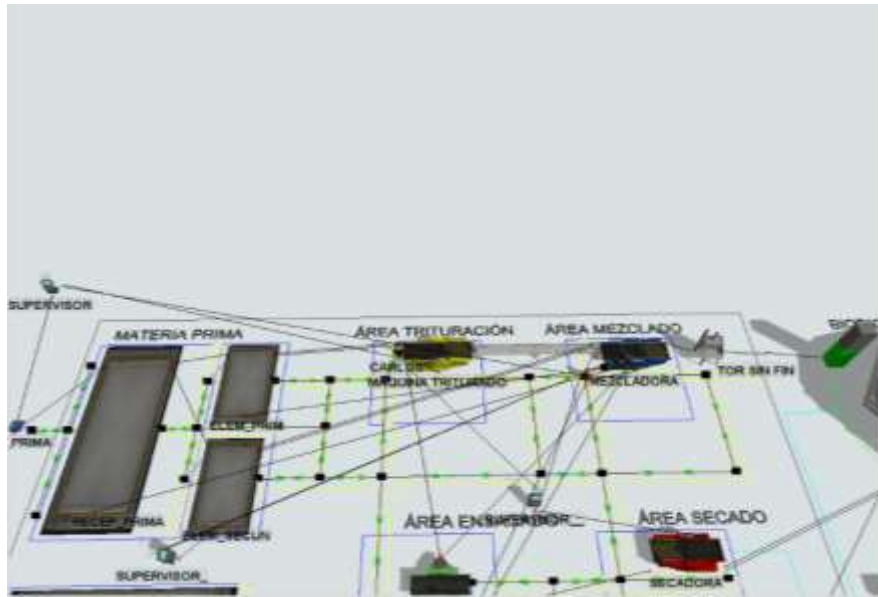


**Tabla 10-3:** Análisis de laboratorio segundas 4 muestras (2 Sierra y 2 Costa) desfase 10 días

<b>ANÁLISIS QUÍMICO #1 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	34 M	41	44
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	40 A	122	92
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	95 A	116.0	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #2 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	55 M	67	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	31 M	92	71
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	90 M	106	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #3 Aluminio</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	32 M	65,8	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	39 A	216	162.5
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	92 A	186.7	
<b>ANÁLISIS QUÍMICO #4 Plástico</b>			
<b>Nutriente</b>	<b>Valores en mg/l</b>		
<b>Amoniaco</b>	<b>NH3-N</b>	<b>NH3</b>	<b>NH4</b>
	54 M	65.5	70
<b>Nitrato</b>	0		
<b>Fósforo</b>	<b>P</b>	<b>PO4</b>	<b>P2O5</b>
	30 M	92	68
<b>Potasio</b>	<b>K</b>	<b>K2O</b>	
	90 M	107	

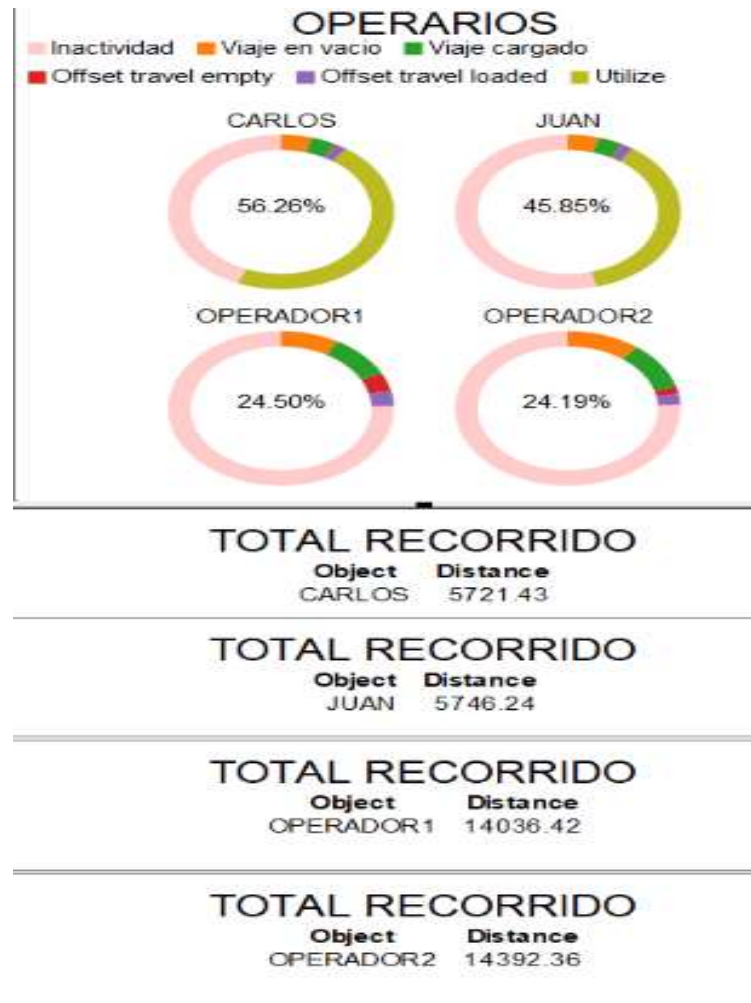
Realizado por: Ing. Andres Clavijo C. Técnico del Laboratorio de Suelos

### 3.5 Procesamiento y análisis de datos en FlexSim



**Figura 5-3:** FlexSim pre-proceso biodigestión.

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Gráfico 10-3:** Indicadores de producción pre-proceso biodigestión

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Con respecto a los operarios, durante el proceso de carga del biodigestor se obtienen los siguientes resultados, Carlos tiene un 45,6 % de utilidad representada de color amarillo verdoso, se puede percibir también que tiene un tiempo de inactividad que se debe muy seguramente a la espera que toma después de realizar el control de la máquina trituradora, también se ve representado el porcentaje de movimiento con carga y sin carga en el proceso de aprovisionamiento de materia prima.

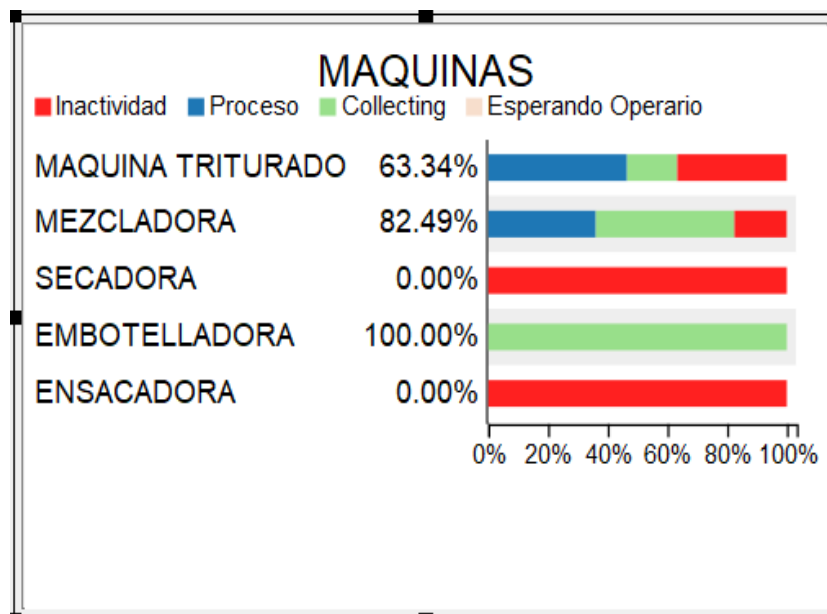
El segundo operario denominado Juan tiene un 35,2 % de utilidad en las actividades del proceso pre-biodigestión, se puede destacar que su porcentaje de inactividad es mayor que el de Carlos esto se debe a que el tiempo de la maquina triturado que maneja Carlos es mayor a la mezcladora que maneja Juan, también se ve representado su movimiento con carga y sin carga en el proceso de aprovisionamiento de materia prima.

En líneas generales se puede observar que las actividades pre-biodigestión están balanceadas entre los dos operarios, en la graficas se puede verificar de manera visual el porcentaje de actividad e inactividad de ambos trabajadores, confirmando que no existe sobrecarga sobre un solo trabajador.

Por otro lado, los operadores de los montacargas que mejoran la eficiencia en el transporte de los materiales, en el grado de utilización de estos importa: el porcentaje de transporte con carga (color naranja), sin carga (color verde) y la inactividad (color rosado), en la gráfica se puede apreciar de manera visual la relación de cada uno de estos. También es importante mencionar que existe igualdad en la distribución de transporte para cada montacargas.

Otra observación clara es el alto grado de inactividad de cada uno de los montacargas, por esta razón se debe estudiar la posibilidad de trabajar con solo un montacargas en la planta industrial.

En la tabla del total recorrido por parte de los operarios y operadores se puede destacar la igualdad general en las distancias que cada uno de estos recorre en el cumplimiento de las actividades que cada uno de ellos debe realizar, los operarios recorren entre 5.721 a 5.746 metros respectivamente, y los montacargas recorren entre 14.036 a 14.392 metros respectivamente.



**Gráfico 11-3:** Funcionalidad de máquinas (Trituradora y Mezcladora)

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

La máquina trituradora y mezcladora desempeñan una labor importante durante el proceso pre-biodigestión, la trituradora tiene un 63,34 % de ocupación que se compone de un 46,8 % aproximadamente de tiempo de proceso y un 16,6 % de tiempo donde la máquina se está cargando con alguna materia prima, el resto corresponde a el tiempo de inactividad de la máquina que transcurre seguramente cuando se está realizando el proceso de mezclado.

Por otro lado, la maquina mezcladora tiene un 82,49 % de ocupación que está compuesto de 36,5 % aproximadamente de tiempo de proceso y un 45,7 % de tiempo de carga de la maquina con materia prima, que en este caso es mayor debido a que la mezcladora recibe los productos primarios ya triturados y los elementos secundarios para su posterior mezcla, el tiempo de inactividad es pequeño y se debe al tiempo que la mezcladora espera que la trituradora termine con los elementos primarios.

Finalmente, con respecto a las máquinas trituradora y mezcladora se puede destacar que existe una distribución de los procesos balanceada de manera que se pueda aprovechar el recurso del tiempo en la maquinaria.

<b>ALM MAT PRIMA</b>		
	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>
<b>RECEP_PRIMA</b>	193.0	21.0

---

<b>ELEM PRIMARIOS</b>		
	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>
<b>ELEM_PRIM</b>	1.0	0.1

---

<b>ELEM SECUNDARIOS</b>		
	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>
<b>ELEM_SECUN</b>	44.0	1.6

**Figura 6-3:** Cantidad de elementos en cada Queue

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En esta figura 6-3, se puede controlar la cantidad de elementos que pasan por cada uno de los Queue de almacenamiento, para el almacén de Materia Prima alcanza un máximo de 193 unidades que debido a sus condiciones de área puede almacenar sin inconvenientes, es necesario recalcar que las 193 unidades no son el total de unidades que pasaron por este almacenamiento sino representa el máximo de unidades que alcanzó en un determinado momento.

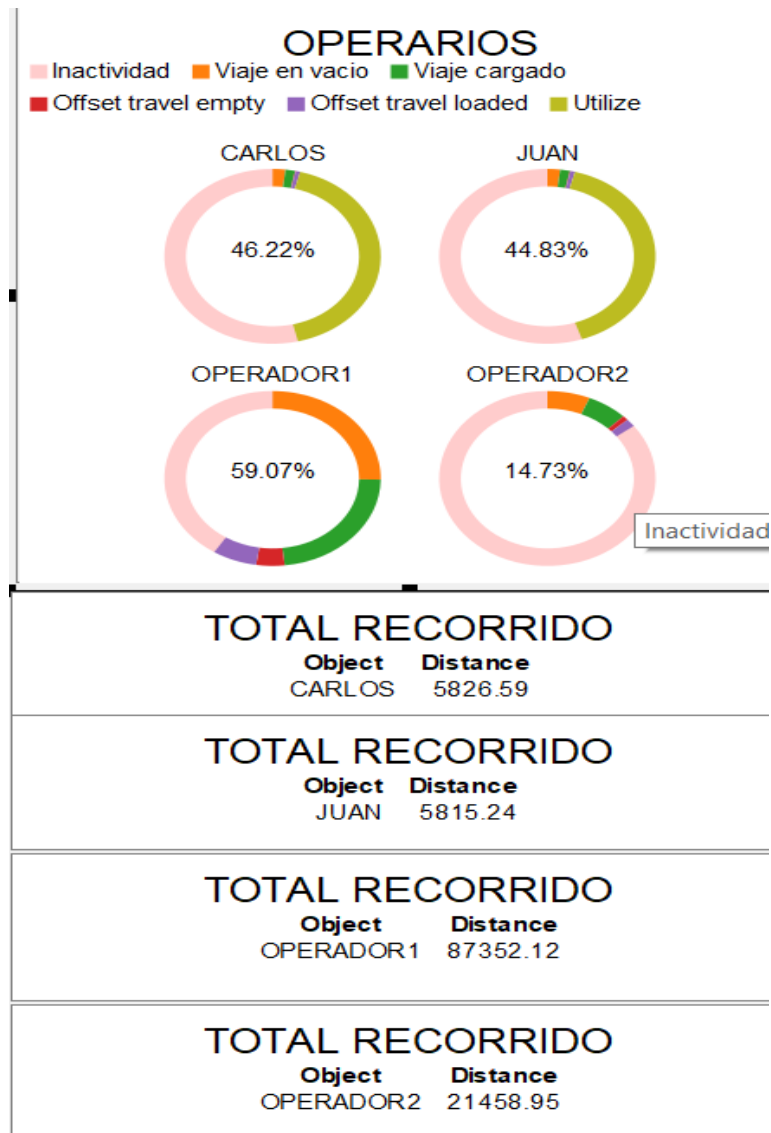
Para el Queue de Elementos Primarios se puede destacar que el máximo de contenido que este alcanza es de 1 unidad por esta razón se debe estudiar la posibilidad de eliminar este almacenamiento temporáneo con el fin de minimizar esfuerzos y tiempo sin perjudicar el proceso de clasificación de la materia prima.

Por último, el Queue de Elementos Secundarios se puede notar que alcanza un máximo de 44 unidades almacenadas, las condiciones del almacén pueden cubrir perfectamente este número de unidades.



**Figura 7-3:** Recorrido final de operarios

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



**Gráfico 12-3:** Indicadores de producción post-proceso de biodigestión

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

Con respecto a los operarios, durante el proceso de carga del biodigestor se obtienen los siguientes resultados, Carlos tienen un 42,1 % de utilidad representada de color amarillo verdoso, el total de 46,22 % es el porcentaje de utilidad del trabajador más los porcentajes de viaje con y sin carga entre otros. Se puede notar también que tiene un porcentaje de inactividad acumulado desde el proceso de aprovisionamiento hasta la última actividad de almacenar el producto terminado, el tiempo de inactividad es apropiado para evitar una sobrecarga en los trabajadores

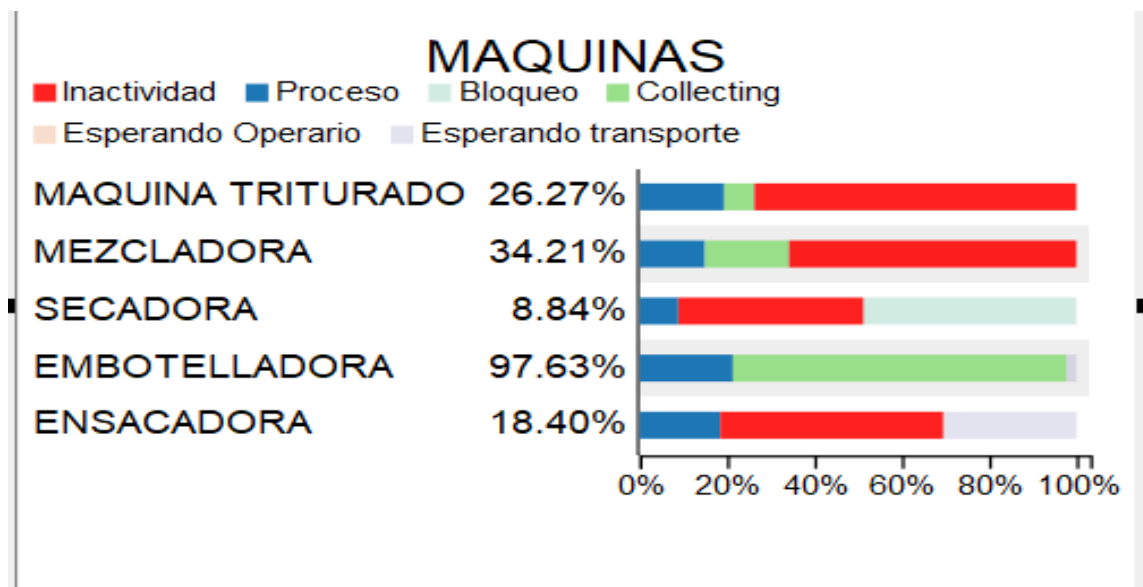
El segundo operario denominado Juan tiene un 40,7 % de utilidad que sumado a los porcentajes de desplazamientos con y sin carga y otras actividades da un total de 44,83 % representado en la

gráfica. Se puede notar que su porcentaje de inactividad es casi igual al de Carlos, con eso se puede comprobar que no existe sobrecarga en un solo operario.

En líneas generales se puede resumir que las actividades en todo el proceso están balanceadas entre los dos operarios, en la graficas se puede verificar de manera visual el porcentaje de actividad e inactividad de ambos trabajadores.

Por otro lado, con los operadores de los montacargas se puede observar: el porcentaje de transporte con carga (color naranja), sin carga (color verde) y la inactividad (color rosado), en la gráfica se puede apreciar de manera visual la relación de cada uno de estos. Es importante mencionar que el montacargas Operador 1 tiene mayor grado de utilidad en la planta con respecto al Operador 2, por esta razón se debe estudiar la posibilidad de empezar la planta con solo un montacargas sin que esto afecte de manera significativa al proceso.

En el gráfico 12-3 del total recorrido por parte de los operarios se puede destacar la igualdad en las distancias que recorren en el cumplimiento de las actividades, los operarios recorren entre 5.826 a 5.815 metros respectivamente, y entre los montacargas si se puede notar una gran diferencia final en las distancias recorridas ya que el Operador 1 recorre 87.352 m y el Operador 2 recorre 21.458m, por esta razón se analiza la posibilidad de contar con solo un montacargas o intentar balancear las actividades.



**Gráfico 13-3:** Funcionalidad de máquinas (Trituradora, Mezcladora, Secadora, Embotelladora y Ensacadora)

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021



El diagrama de barras que se muestra en el gráfico 13-3 muestra el grado de utilización de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso completo de fabricación, la máquina trituradora tiene un 19,28% en tiempo de proceso y un 6,99% en tiempo de carga y una inactividad de 73,69% sobre el total del tiempo del proceso.

La máquina mezcladora tiene un 14,95% en tiempo de proceso y un 19,28% en tiempo de carga, una inactividad de 65,74% sobre el total del tiempo del proceso.

La máquina secadora tiene un 8,85% en tiempo de proceso y un 42,31% en tiempo de inactividad y 48,76% en tiempo de bloqueo que se da por el tiempo que debe esperar por la restricción de dimensiones de la tolva de ensacado.

La embotelladora con 21,36% en tiempo de proceso y un 76,27% de tiempo de espera collecting debido a que siempre existe disponibilidad de pallets para la máquina de embotellado.

Finalmente, con la maquina ensacadora se tiene un 18,40% de tiempo de proceso, 51,05% de inactividad y un 30,51% de tiempo de espera por transporte, claramente existe un inconveniente con el tiempo de espera por un transporte que se podría optimizar distribuyendo la carga entre los dos montacargas.

Existen varios factores mencionados que se pueden mejorar en base a los datos arrojados por FlexSim, se pueden estudiar en función de mejorar antes de llevar esta planta a su construcción.

ALM MAT PRIMA			
	Maximum	Average	
RECEP_PRIMA	193.0	8.7	
ELEM PRIMARIOS			
	Maximum	Average	
ELEM_PRIM	1.0	0.0	
ELEM SECUNDARIOS			
	Maximum	Average	
ELEM_SECUN	44.0	0.7	
ALMACEN 1			
	Current	Maximum	Average
ALMACEN1	506.0	506.0	147.9
ALMACEN 2			
	Current	Maximum	Average
ALMACEN2	518.0	518.0	139.8
ALMACEN 3			
	Current	Maximum	Average
ALMACEN3	51.0	51.0	23.0
ALMACEN 4			
	Current	Maximum	Average
ALMACEN4	48.0	48.0	22.6

**Figura 8-3:** Simulación terminada

Realizado por: Pérez, Adrian; Cueva, Maykel 2021

En conclusión, al terminar la simulación de la planta industrial se puede verificar el número de productos terminados que se ubican en los almacenes 1, 2, 3 y 4. El modelo se configuro para que se distribuyan los productos a los diferentes almacenes de manera equitativa, los Queue 1 y 2 están destinados para biofertilizante sólido y se tiene 506 en el almacén 1 y 518 en el almacén 2 dándonos un total de 1.024 unidades de fertilizante sólido.

Por otro lado, el almacén 3 cuenta con 51 pallets de 9 unidades cada uno y el almacén 4 tiene 48 pallets dándonos un total de 891 unidades de biofertilizante liquido adicional una que se encuentra en la embotelladora total 892 unidades.

## CONCLUSIONES

- El diseño de la capacidad instalada de la planta es eficiente para cumplir con la demanda establecida para la zona 3 del Ecuador, además está dimensionada para producir el doble de esta si el mercado incrementa.
- La capacidad real instalada de la planta está relacionada directamente a la cuota de mercado de 5,3% sobre la demanda potencial estimada en la zona 3, la capacidad de operación de los biodigestores es al 50% para cumplir la demanda mensual establecida.
- Se han considerado los parámetros de diseño y seguridad necesarios para la distribución de la planta industrial amparados en el decreto 2393, los cuales se ven reflejados en el diseño de planta 3D.
- Para la distribución en planta se aplicó la metodología SLP que permite optimizar el espacio y además aproximar las áreas de trabajo más importantes entre sí para mejorar la eficiencia.
- Los parámetros adecuados para el análisis experimental se tomaron en consideración de aquellos que influyen significativamente en el desarrollo del biofertilizante como son: Componentes químicos, Temperatura y Tipo de recubrimiento del biodigestor, en base al método aplicado se demostró que el segundo y tercer parámetro no tienen incidencia sobre la efectividad del biodigestor, considerando que el componente químico que predominó en el biofertilizante fue el Potasio (K).
- El software FlexSim es clave en el proceso de simulación en la producción de biofertilizante, este permite modificar varios parámetros como son: las unidades a producir, tiempo de maquinaria, tiempo de operación de los operarios, entre otros, de esta forma se obtienen conclusiones técnicas antes de llevar la planta industrial a su cimentación.
- Una vez que el producto final (Biofertilizante) ha cumplido con todo el proceso industrial se deben realizar varias estrategias que permitan dar a conocer, ofertar y distribuir el producto en cuestión, teniendo en cuenta que el mismo no puede ser almacenado durante largos periodos de tiempo.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe realizar un estudio para aprovechar el gas metano que se produce en el proceso de descomposición en los biodigestores, de manera que el diseño de la planta pueda sustentar parte de la energía utilizada dentro de la misma, como un modelo autosustentable.
- Es importante entender que el diseño de la planta industrial planteado es solo es una propuesta, la cual puede estar sujeta a modificaciones de acuerdo al criterio técnico y personal para obtener un mejor rendimiento en cuanto al proceso industrial.
- Si se requiere profundizar en la experimentación será necesario considerar la elaboración de más biodigestores, de esta manera obtener varias muestras con sus respectivas mediciones y de esta forma realizar un estudio más detallado de cómo se puede mejorar el biofertilizante o de ser el caso implementar nuevas materia prima en su elaboración.

## BIBLIOGRAFÍA

- APAZA PACO, J.P., LIZÁRRAGA CHÁVEZ, G.A. y HERRERA CHOQUE, V.** *Logística de almacenamiento de materia prima en la industria farmacéutica* [en línea]. Bolivia 2015. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-02652015000100011#:~:text=La logística del almacenamiento se,de medicamentos sea de calidad.&text=Solo se %22despachará%22 materia prima,aprobación de control de calidad.](http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652015000100011#:~:text=La logística del almacenamiento se,de medicamentos sea de calidad.&text=Solo se %22despachará%22 materia prima,aprobación de control de calidad.)
- ARBONES MALISANI, E.A.,** *Logística Empresarial*. [en línea]. Marcombo. Colombia 1990. s.n. ISBN 978-84-267-0798-7. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/45865>.
- BOJÓRQUEZ ARMENTA, A.D., CIPRIANO GARCIA, G.J., BÁEZ CAMACHO, R., SÁNCHEZ APOCADA, M.Á., MONTOYA, L.G. y PÉREZEUSEBIO, N.,** *Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México*. [en línea]. México 2010. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46112896007>.
- CAMACHO DILLON, F.R.,** «CAPACIDAD INSTALADA» *una evaluación al sector manufacturero Ecuatoriano*. Quito 2013:
- CAMPOS CUNÍ, B.,** *Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino*. [en línea]. La Habana 2011. [Consulta: 3 junio 2021]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542011000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007).
- CARDONA, G.,** *DECISIONES FINANCIERAS EN EL SECTOR FORESTAL*. [en línea]. Santiago 2014. [Consulta: 3 junio 2021]. Universidad Nacional de Santiago del Estero. ISBN 978-987-1676-28-6. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-14-Decisiones-financieras-CARDONA.pdf>.
- CASALS, M. y NÚRIA FORCADA, X.R.,** *Diseño de Complejos Industriales. Fundamentos* [en línea]. Barcelona 2012. [Consulta: 3 junio 2021]. s.n. ISBN 978-84-7653-742-8. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/59324>.
- DÍAZ MARTÍNEZ, M.A., ZÁRATE CRUZ, R. y ROMÁN SALINAS, R.V.,** *Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba*. Pánuco 2018.
- ECON. SÁNCHEZ, A.M., ECON. VAYAS, T., ING. MAYORGA, F. y ING. FREIRE, C.,** *Sector Agrícola Ecuador. Universidad Técnica de Ambato 2018*. [en línea]. Ambato, 2018. pp. 4. Disponible en: <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Diagnóstico-sector-agrícola-Ecuador.pdf>.

**ESPAC, 2020.** *Tabulados ESPAC.* [en línea]. S.l.: Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion ESPAC 2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion ESPAC 2020.pdf).

**FE, S.,** *Manual de Uso del Biodigestor.* 2019. [en línea], pp. 23. Disponible en: <https://www.santafe.gov.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/09/Manual-de-uso-de-biodigestores-1000l.pdf>.

**GASPAR, J.,** *Google SketchUp Pro8 paso a paso en español* [en línea]. VectorPro. Sao Paulo 2011. [Consulta: 4 junio 2021]. s.n. ISBN 978-85-61453-06-0. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=EPnfAgAAQBAJ&pg=PA228&dq=que+es+software+sketchup+pro&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjM1fbPxYTyAhV8FFkFHRoEAUMQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepage&q=que es software sketchup pro&f=false>.

**GECO,** Diagrama de Recorrido. 2019. [en línea]. Disponible en: [https://gecousb.com.ve/guias/GECO/Métodos y Tiempos \(TS-2440\)/Material Teórico \(TS-2440\)/TS-2440 Diagrama de Recorrido.pdf](https://gecousb.com.ve/guias/GECO/Métodos y Tiempos (TS-2440)/Material Teórico (TS-2440)/TS-2440 Diagrama de Recorrido.pdf).

**GÓMEZ MUÑOZ, S.,** *Diseño, Construcción y Puesta a Punto de un Biodigestor Tubular* [en línea]. S.l.: Carlos III de Madrid 2012. [Consulta: 4 junio 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/30046846.pdf>.

**GOROSPE ARRIEN, I.,** *Fertilizantes en Ecuador.* 2018. . S.l.:

**GUTIÉRREZ PULIDO, H. y DE LA VARA SALAZAR, R.,** *Análisis y Diseño de experimentos.* [en línea]. Segunda. México 2008. s.n. ISBN 970-10-6526-3. Disponible en: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseno\\_experimentos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf).

**INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL, (IESS), 1986.** *SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO.* [en línea]. Disponible en: <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>.

**JONATHANRYAN, BARBARA JEINER, B.C.,** *Minitab Handbook* 2013. [en línea]. 1. Boston: s.n. ISBN 13-978-1-133-93944-3. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=jSwLAAAAQBAJ&pg=PA7&dq=minitab&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjOztfc8szyAhXTVTABHWjbDd4Q6AEwCXoECAMQAg#v=onepage&q=minitab&f=false>.

**LE FRAPPER, O., 2008.** *AUTOCAD Diseño, dibujo y presentación detallada 2008* [en línea]. ENI. Barcelona: s.n. ISBN 978-2-7460-4180-6. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=EtFuIbNNrLcC&pg=PA12&dq=que+es+el+software+autocad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwibxI3\\_wYTyAhWPEFkFHbD7Dg0Q6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q=que es el software autocad&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=EtFuIbNNrLcC&pg=PA12&dq=que+es+el+software+autocad&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwibxI3_wYTyAhWPEFkFHbD7Dg0Q6AEwAXoECAMQAg#v=onepage&q=que es el software autocad&f=false).

- LÓPEZ PRIETO, P.A., 2017.** *Comercialización de fertilizantes orgánicos elaborados por la empresa Luckysoil S.A* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13476/1/UPS-GT001826.pdf>.
- MAGAP,** *Consumo de fertilizantes en Chimborazo.* 2015. [en línea]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/en-chimborazo-se-vendio-9-288-sacos-de-fertilizantes/>.
- RESTREPO RIVERA, J.,** *Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca.* Primera. Cali 2007. [Consulta: 9 junio 2021]. s.n. ISBN 978--958-44-1261-4.
- SANDOVAL RAMÍREZ, A.,** Cuadernillo de ejercicios de Diagrama de Recorrido y Bloques. [en línea]. TECNOLOGIC. México 2013. [Consulta: 9 junio 2021] s.n., pp. 47. Disponible en: <http://www.tesoem.edu.mx/alumnos/cuadernillos/2013.013.pdf>.
- SUQUILANDA, M.,** *Decae suelo fértil en Ecuador.* [en línea]. Quito, 2011. [Consulta: 9 junio 2021] pp. 1. Disponible en: <https://lahora.com.ec/noticia/1101096821/decae-suelo-frtil-en-ecuador>.
- UNIVERSIDAD DE LA RIOJA, 2015.** **MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.** [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/cargas.pdf>.
- VALLHONRAT, J.M. y COROMINAS, A.,** *Localización, distribución en planta y manutención* [en línea]. Vanguard G. Barcelona 1991. [Consulta: 9 junio 2021] s.n. ISBN 978-84-267-0814-4. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/45871>.
- VARNERO MORENO, M.T.,** *MANUAL DE BIOGÁS* [en línea]. Chile 2011. s.n. ISBN 978-95-306892-0. Disponible en: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>.

## ANEXOS

**ANEXO A:** Desarrollo del Biodigestor en la Región Sierra

**ANEXO B:** Desarrollo del Biodigestor en la Región Costa

### ANEXO A: DESARROLLO DEL BIODIGESTOR EN LA REGIÓN SIERRA

#### 1.- Armar el Biodigestor casero



#### 2.- Pesado de materia prima









### 3.- Biodigestor a media capacidad



## ANEXO B: DESARROLLO DEL BIODIGESTOR EN LA REGIÓN COSTA

### 1.- Biodigestor casero





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA**  
**EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**  
**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:**

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Adrian Antonio Pérez Agualongo; Maykel Israel Cueva Ochoa
<b>FORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera;</b> INGENIERÍA INDUSTRIAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERO INDUSTRIAL
<b>f. Documentalista responsable:</b>