



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS
POR EL GANADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y
FERTILIZANTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR

ROBERTO ESTEBAN VARGAS SUASNAVAS

Riobamba-Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS
POR EL GANADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y
FERTILIZANTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR: ROBERTO ESTEBAN VARGAS SUASNAVAS
DIRECTOR: Ing. JOHN OSWALDO ORTEGA CASTRO MSc.

Riobamba-Ecuador

2022

© 2022, Roberto Esteban Vargas Suasnavas

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

Yo, Roberto Esteban Vargas Suasnavas, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, día 7 de noviembre de 2022





Roberto Esteban Vargas Suasnavas

172181522-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS POR EL GANADO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y FERTILIZANTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**, realizado por el señor **ROBERTO ESTEBAN VARGAS SUASNAVAS**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Carrasco Baquero PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		7-noviembre-2022
Ing. John Oswaldo Ortega Castro MSc DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		7-noviembre-2022
Ing. Vicente Javier Parra León MSc ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		7-noviembre-2022

DEDICATORIA

El presente proyecto dedico a las personas que confiaron en mí y siempre estuvieron al pendiente de cada momento por el cual pasé, a mis padres y mi hermano que fueron una gran ayuda durante toda esta etapa de mi vida ya que sin ellos no hubiese podido concretar todo mi proceso académico.

Roberto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme seguir adelante, pese a los momentos duros que viví, el me dio la oportunidad de seguir cursando mis estudios y adquirir experiencias en la vida.

Al Ingeniero Carlos Santos en la Estación Experimental Tunshi por abrirme las puertas para realizar mi tesis en las instalaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Finalmente, a mi familia ya que el recurso económico utilizado para este trabajo fue financiado por ellos para concretar mis estudios superiores.

Roberto

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN	
.....	xvii
i	
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones	3
1.2.1. Limitaciones	3
1.2.2. Delimitaciones	3
1.3. Problema general de investigación	4
1.4. Problemas específicos de investigación.....	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Justificación	5
1.6.1. Justificación Teórica	5
1.6.2. Justificación metodológica.....	6
1.6.3. Justificación práctica	6
1.7. Hipótesis	6
1.7.1 Hipótesis nula	6
1.7.2 Hipótesis Alternativa	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Antecedentes de investigación	7
2.1.1	Contaminantes de la producción de ganado	7
2.1.2	Residuos sólidos y estiércoles	7
2.1.3	Acumulación de estiércol en los pastizales ganaderos	8
2.1.4	La contaminación del suelo	9
2.1.5	Principios físicos, químicos y biológicos que conducen a la generación de biogás	10
2.1.6	Impactos ambientales del estiércol	10
2.1.6.1	<i>En suelo</i>	11
2.1.6.2	<i>En agua</i>	12
2.1.6.3	<i>En el aire</i>	12
2.1.7	Fermentación anaerobia	13
2.1.8	Proceso de biodigestión	14
2.1.9	Digestión anaerobia	14
2.1.9.1	<i>Fase hidrolítica (hidrolisis)</i>	14
2.1.9.2	<i>Fase acidogénica</i>	15
2.1.9.3	<i>Fase acetogénica</i>	15
2.1.9.4	<i>Fase metanogénica</i>	15
2.1.9.5	<i>Formula de combustión de biogás</i>	15
2.1.10	Factores que influyen para alcanzar una eficiente digestión anaerobia	15
2.1.10.1	<i>Temperatura</i>	15
2.1.10.3	<i>Tiempo de retención</i>	16
2.1.11	El biól	16
2.1.12	Los Fermentadores	17
2.1.13	El Biodigestor	17
2.1.14	Eficiencia de un biodigestor	17
2.1.15	Elementos que componen un biodigestor	17
2.1.15.1	<i>Tanque de digestión</i>	17
2.1.15.2	<i>Laguna de compensación</i>	18
2.1.15.3	<i>Registro de carga</i>	18
2.1.15.4	<i>Conducto de carga</i>	18

2.1.16	<i>Cálculos para el diseño de un biodigestor</i>	18
2.1.16.1	<i>Características de estiércoles</i>	18
2.1.17	<i>Cálculo de cargas y relaciones</i>	19
2.1.18	<i>Temperatura optima</i>	20
2.1.19	<i>Ecuaciones</i>	22
2.1.20	<i>Clasificación de los digestores</i>	24
2.1.20.2	<i>Biodigestores tubulares, o taiwaneses, flexibles.</i>	25
2.1.20.3	<i>Biodigestores Chinos o rígidos</i>	25
2.1.21	<i>Economía circular</i>	26
2.1.22	<i>Objetivos de desarrollo sustentable</i>	26
2.1.22.1	<i>Fin de la pobreza</i>	27
2.1.22.2	<i>Hambre Cero</i>	27
2.1.22.3	<i>Salud y Bienestar</i>	27
2.1.22.4	<i>Educación de Calidad</i>	27
2.1.22.5	<i>Igualdad de Genero</i>	28
2.1.22.6	<i>Energía asequible y no contaminante</i>	28
2.1.22.7	<i>Trabajo Decente y Crecimiento Económico</i>	28
2.1.22.8	<i>Industria, Innovación e Infraestructura.</i>	28
2.1.22.9	<i>Reducción de las desigualdades</i>	28
2.1.22.15	<i>. Paz, Justicia e Instituciones Sólidas</i>	30

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	31
3.1.	Localización de la investigación	31
3.1.1	<i>Ubicación geográfica:</i>	31
3.1.2	<i>Mapa georreferenciado</i>	32
3.1.3	<i>Visión.</i>	32
3.1.4	<i>Misión.</i>	32
3.1.5	<i>Principios y Valores</i>	33
3.2.	Investigación documental	33
3.2.1	<i>Materiales</i>	33
3.2.2	<i>Equipos</i>	33
3.2.3	<i>Método</i>	33

3.3.	Cálculo de parámetros constructivos del biodigestor	34
3.3.1	<i>Materiales</i>	34
3.3.2	<i>Método</i>	34
3.3.3	<i>Cantidad de estiércol necesario</i>	34
3.3.4	<i>Cantidad de agua necesaria</i>	35
3.3.5	<i>Volumen del biodigestor</i>	35
3.3.6	<i>Tamaño de zanja</i>	36
3.4.	Delimitar el área para implementación	38
3.4.1	<i>Materiales</i>	38
3.4.2	<i>Método</i>	38
3.5.	Determinar impactos ambientales en la zona de construcción.	39
3.5.1	<i>Materiales</i>	39
3.5.2	<i>Método</i>	39
3.6.	Preparar el terreno dentro de la estación experimental	41
3.6.1	<i>Materiales</i>	41
3.6.2	<i>Método</i>	41
3.7.	Excavación del terreno	42
3.7.1	<i>Materiales</i>	42
3.7.2	<i>Equipos</i>	42
3.7.3	<i>Método</i>	42
3.8.	Construcción de caja de entrada y salida	43
3.8.1	<i>Materiales</i>	43
3.8.2	<i>Método</i>	43
3.9.	Instalación de protección de piso.	44
3.9.1	<i>Materiales</i>	44
3.9.2	<i>Método</i>	44
3.10.	Instalación del biodigestor	45
3.10.1	<i>Materiales</i>	45
3.10.2	<i>Método</i>	45
3.11.	Instalación de válvula liberadora de presión y trampa de sulfuros	47
3.11.1	<i>Materiales</i>	47
3.12.	Construcción de cubierta de protección	48
3.12.1	<i>Materiales</i>	48
3.12.2	<i>Método</i>	48

3.13.	Llenado de la primera carga	50
3.13.1	<i>Materiales</i>	50
3.13.2	<i>Método</i>	50
3.14.	Toma de muestras	51
3.14.1	<i>Materiales</i>	51
3.14.2	<i>Método</i>	51
3.15.	Métodos de control de calidad de los datos mediante la medición de composición química.....	53
3.15.1	<i>Materiales</i>	54
3.15.2	<i>Método</i>	54
3.16.	Revisión final de fallas en el biodigestor	54
3.16.1	<i>Materiales</i>	54
3.16.2	<i>Método</i>	55
3.17.	Instalación del calefón.....	55
3.17.1	<i>Materiales</i>	55
3.17.2	<i>Equipos</i>	56
3.17.3	<i>Método</i>	56
3.18.	Modelos de análisis e interpretación.....	56
3.18.1	<i>Materiales</i>	56
3.18.2	<i>Equipos</i>	56
3.18.3	<i>Método</i>	56
3.18.4	<i>Análisis de objetivos de desarrollo sustentables</i>	56
3.18.5	<i>Materiales</i>.....	56
3.18.6	<i>Equipos</i>	57
3.18.7	<i>Método</i>	57
3.18.7.1	<i>Objetivos aplicables</i>.....	57
3.19.	Manual de funcionamiento.....	58
3.19.1	<i>Importancia</i>	58
3.19.2	<i>Carga diaria</i>.....	58
3.19.2.1	<i>Proceso</i>.....	59
3.19.3	<i>Mantenimiento</i>	59
3.19.4	<i>Advertencia</i>.....	60
3.19.5	<i>Uso del gas</i>	60
3.19.6	<i>Recomendaciones</i>	60

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	61
4.1.	Dimensionamiento del biodigestor	61
<i>4.1.1</i>	<i>Resultados de cálculos de diseño</i>	<i>61</i>
4.2.	Relación temperatura interna y externa del invernadero en el tiempo de retención establecido	62
<i>4.2.1</i>	<i>Interpretación</i>	<i>64</i>
4.3.	Análisis de biól.....	65
<i>4.3.1</i>	<i>Interpretación</i>	<i>68</i>
4.4.	Análisis de PH.....	69
<i>4.4.1</i>	<i>Interpretación</i>	<i>70</i>
4.5.	Relación de alimentación de biodigestor	71
<i>4.5.1</i>	<i>Interpretación</i>	<i>71</i>
4.6.	Análisis fisicoquímicos	72
<i>4.6.1</i>	<i>Composición química del biól</i>	<i>72</i>
<i>4.6.2</i>	<i>Interpretación</i>	<i>72</i>
<i>4.6.3</i>	<i>Análisis de pH.....</i>	<i>72</i>
<i>4.6.4</i>	<i>Interpretación</i>	<i>73</i>
<i>4.6.5</i>	<i>Conductividad</i>	<i>73</i>
<i>4.6.6</i>	<i>Interpretación</i>	<i>74</i>
<i>4.6.7</i>	<i>Otros elementos</i>	<i>74</i>
<i>4.6.8</i>	<i>Interpretación</i>	<i>75</i>
<i>4.6.9</i>	<i>Materia orgánica</i>	<i>75</i>
<i>4.6.10</i>	<i>Interpretación</i>	<i>75</i>

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	76
5.1.	Propuesta	76
<i>5.1.1</i>	<i>Propuesta realizada</i>	<i>76</i>
<i>5.1.2</i>	<i>Propuesta planteada</i>	<i>76</i>

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

GLOSARIO
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características fisicoquímicas de algunos estiércoles típicos.....	18
Tabla 2-2.	Kg de estiércol diario producido por tipo de animal.....	19
Tabla 3-2.	Cálculo de estiércol disponible.	19
Tabla 4-2.	Mezcla con agua para carga diaria.....	19
Tabla 5-2.	Relación entre temperatura y tiempo de retención recomendado para lograr producción de biogás aceptables.....	20
Tabla 6-2.	Temperatura de trabajo de un biodigestor, en diferentes eco regiones, considerando o no el diseño solar.	20
Tabla 7-2.	Producción de biogás según la temperatura y tiempo de retención.	21
Tabla 8-2.	Equivalencias energéticas del biogás.....	21
Tabla 9-2.	Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias.	21
Tabla 10-2.	Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular.....	22
Tabla 11-2.	Ecuaciones consideradas para el diseño de biodigestores.	23
Tabla 1-3.	Relación calefón consumo de biogás.....	34
Tabla 2-3.	Resumen de carga diaria.....	35
Tabla 3-3	Resumen de carga de agua.....	35
Tabla 4-3	Resumen del volumen del biodigestor.....	36
Tabla 5-3:	Recopilación de especies identificadas.....	40
Tabla 6-3:	Objetivos aplicables.....	57
Tabla 1-4:	Resumen de dimensionamiento de la zanja.....	61
Tabla 1-4:	Parámetros de diseño.....	62
Tabla 2-4:	Temperatura hora solar pico y TR.....	62
Tabla 3 -4:	Coloración de salida.....	65
Tabla 4-4:	Producción de biól.....	66
Tabla 5-4:	Toma de muestras de pH.....	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	23
Ecuación 2	23
Ecuación 3	23
Ecuación 4	23
Ecuación 5	23
Ecuación 6	23
Ecuación 7	23
Ecuación 8	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2.	Esquema de una zanja trapezoidal, con sus diferentes parámetros de medida...	24
Ilustración 2-2.	Muestras de biodigestor batch.....	25
Ilustración 3-2	Biodigestor tubular de polietileno a la izquierda y Biodigestor chino a la derecha.	26
Ilustración 1-3:	Mapa georreferenciado de ubicación de estudio.....	32
Ilustración 2-3:	Medición del terreno mediante flexómetro.....	39
Ilustración 3-3:	Especie 1	40
Ilustración 4-3:	Especie 2	40
Ilustración 5-3:	Especie 3	40
Ilustración 6-3:	Especie 4.....	40
Ilustración 7-3:	Preparación manual del terreno	42
Ilustración 8-3:	Excavación manual a la izquierda y retirada de material a la derecha.....	43
Ilustración 9-3:	Construcción de	44
	caja de entrada.....	44
Ilustración 10-3:	Finalización de instalación de cubierta inferior	45
Ilustración 11-3:	Templado del plástico reactor a la izquierda y anclaje de tubería a.....	46
	la derecha.	46
Ilustración 12-3:	Instalación del plástico reactor dentro	47
	de la zanja.....	47
Ilustración 12-3:	válvulas de seguridad.....	48
Ilustración 13-3	Medición de estructura metálica	49
	de invernadero.....	49
Ilustración 14-3:	Instalación de estructura en zanja.	49
Ilustración 15-3:	Instalación de cubierta superior.	50
Ilustración 16-3:	De izquierda a derecha balanza.....	51
	sin estiércol y balanza con.....	51
	estiércol	51
Ilustración 17-3:	Toma de datos de PH caja de entrada a la izquierda y caja de salida a la derecha.	52
Ilustración 18-3:	Análisis de nivel de PH de ambas cajas.....	52
Ilustración 19-3:	Prueba de flameado de.....	53

	biogás.	53
Ilustración 20-3:	Control de temperatura interna	53
	de invernadero.	53
Ilustración 21-3:	Toma de muestra de biól para.....	54
	análisis químico.....	54
Ilustración 22-3:	De izquierda a derecha, toma de salida y toma de entrada del biodigestor. ..	55
Ilustración 1-4:	Relación temperatura-Tiempo de retención	64
Ilustración 2-4:	Línea de tendencia en producción de biól.....	68
Ilustración 3-4:	Tendencia en producción mensual de biól.....	68
Ilustración 4-4:	Variación de pH entrada y salida	70
Ilustración 5-4:	Relación biól-agua	71
Ilustración 6-4:	Porcentaje de principales nutrientes.....	72
Ilustración 7-4:	Rango de pH	73
Ilustración 8-4:	Conductividad eléctrica	74
Ilustración 9-4:	Elementos adicionales.....	74
Ilustración 10-4:	Concentración de materia orgánica.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** COSTOS DEL PROYECTO
- ANEXO B:** ANÁLISIS DE NPK
- ANEXO C:** CARTILLA DE TOMA DE DATOS
- ANEXO D:** FOTOGRAFIAS

RESUMEN

El presente trabajo tubo el fin de estudiar los residuos sólidos producidos por el ganado mediante el diseño y la implementación de un biodigestor tubular en la estación experimental Tunshi. Ubicada en la parroquia Licto de esta manera se decidió tomar varios documentos científicos como referencia para poder adaptarlo a la situación actual dentro del área de estudio, a su vez se realizó el análisis de especies existentes de la zona de estudio así como la demanda necesaria de biogás para determinar varios parámetros como: carga diaria, tiempo de retención, tamaño del plástico, el diseño de la zanja para solventar la demanda requerida, teniendo así un dimensionamiento del área adecuada para el requerimiento solicitado, instalándolo cerca del lugar a utilizar en un calefón y poder realizar las cargas del reactor. A su vez se realizó el análisis fisicoquímico de sus variables; para ello se monitoreo el biodigestor mediante 40 días analizando la temperatura ambiente, temperatura dentro del invernadero, pH, color del biól, porcentaje de materia seca y así mismo el porcentaje de nitrógeno, fosforo y potasio. Con los datos obtenidos se determinó que la carga diaria necesaria para solventar 1300lt de biogás necesario es de 34,21kg de estiércol con 102,63lt de agua, teniendo un volumen de 5,47m³ y una temperatura media de 29°C, a su vez se obtuvo 0,18%, 0,36%, 0,22% de NPK respectivamente y un pH de 6,64 óptimo para la utilización del fertilizante en cultivos. Se concluye que la utilización de un biodigestor puede ayudarnos a reutilizar los residuos producidos por el ganado y generar biól y biogás, sin embargo, es recomendable realizar minuciosos estudios de campo antes de instalarlo.

Palabras clave: <APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS>, <BIODIGESTOR TUBULAR>, <ESTIÉRCOL DE GANADO>, <BIOGÁS>, <BIÓL ABONO ORGÁNICO>.



2220-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present work had the purpose of studying the solid waste produced by cattle through the design and implementation of a tubular biodigester in the Tunshi experimental station located in the Licto parish, in this way, it was decided to take several scientific documents as a reference in order to adapt it to the current situation within the study area, in turn, the analysis of existing species in the study area was carried out, as well as the necessary demand for biogas to determine various parameters such as: daily load, retention time, size of the plastic, the design of the trench to meet the required demand, thus having a dimensioning of the area suitable for the requested requirement, installing it near the place to be used in a water heater and to be able to load the reactor. At the same time, the physicochemical analysis of its variables was carried out; For this, the biodigester was monitored for 40 days, analyzing the ambient temperature, temperature inside the greenhouse, pH, color of the biol, percentage of dry matter and likewise the percentage of nitrogen, phosphorus and potassium. With the data obtained, it was determined that the daily load necessary to solve 1300lt of necessary biogas is 34.21kg of manure with 102.63lt of water, having a volume of 5.47m³ and an average temperature of 29oC, in turn it was obtained 0.18%, 0.36%, 0.22% of NPK respectively and a pH of 6.64 optimal for the use of fertilizer in crops. It is concluded that the use of a biodigester can help us to reuse the waste produced by livestock and generate biol and biogas, however, it is advisable to carry out detailed field studies before installing it.

Keywords: <USE OF SOLID WASTE>, <TUBULAR BIODIGESTER>, <LIVESTOCK MANURE>, <BIOGAS>, <BIÓL ORGANIC FERTILIZER>.



Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

INTRODUCCIÓN

Debido a la dependencia actual en el consumo de productos obtenidos por el ganado, se ha convertido un aumento imprudente de la población bovina, convirtiéndose en un impacto ambiental negativo. Esto ha generado la búsqueda de nuevas fuentes de energía limpia y dentro del campo agrícola, la obtención de fertilizantes orgánicos libres de químicos, por ello se ha visto positiva la producción de biodigestores, estos aprovechan de manera idónea los residuos sólidos producidos por el ganado y otras componentes orgánicas, produciendo en base a la descomposición anaerobia, lo que es biogás y fertilizante orgánico. (Iván et al. 2014, p. 12).

El ganado bovino son grandes contribuyentes al calentamiento global y deterioro de la capa de ozono, por la liberación de altas cantidades de gases a la atmósfera, entre ellos, el gas carbónico, ácido sulfhídrico y el metano. El metano producido se genera principalmente por los procesos fermentativos del alimento que ingresa al rumen y se descomponen. (Carmona, Bolívar and Giraldo 2005, p. 2)

El presente trabajo se basa en el diseño y construcción de un prototipo de biodigestor tubular, en la estación experimental de Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde se aprovecha un recurso antes no utilizado el cual son los desechos producidos por el ganado residente en la estación experimental, produciendo de una manera sustentable biól (fuente de abono orgánico) y biogás (sustituyente de GLP).

En la ejecución del trabajo se toma en cuenta varios parámetros como son el cálculo correcto de las dimensiones del biodigestor, ya que en los tiempos actuales la utilización de los residuos biodegradables para la producción de gas va ganando espacio como consecuencia de los problemas energéticos provenientes de la crisis petrolífera y del calentamiento global, por ello debe llevarse de una manera correcta la elaboración de esta. Se conoce que la actividad energética ocupa una gran importancia para el desarrollo del país que depende en lo fundamental de energía importada hasta la actualidad (Campos Bernardo 2011, p. 4).

En la provincia de Chimborazo se caracteriza por ser la ganadería una fuente de ingreso para la población, así mismo al tener una diversidad de climas, en esta provincia existe una gran variedad de productos agrícolas, los que a su vez son enriquecidos actualmente por fertilizantes químicos que a lo largo de la historia se han intentado remplazar por abonos orgánicos con alta eficiencia, uno de ellos es el aprovechamiento de los residuos sólidos producidos por el ganado, ya que con su

tratamiento adecuado obtenemos biól rico en nitrógeno N ,fosforo P y potasio K. Mediante nuevas tecnologías de biodigestores, tanto caseros como industriales, podemos obtener fertilizantes amigables con el ambiente que sustituyan a la industria artificial y de muy bajo costo que podrán dar solución a varias problemáticas ambientales actuales. (León Esteba 2018, p. 14)

Para el presente proyecto podemos analizar que en la estación experimental Tunshi tenemos 28 cabezas de ganado, que son productoras de aproximadamente 50 kilos de estiércol diario cada una, por ello al no aprovechar dicho recurso se convierte en una problemática ambiental. La manera óptima para utilizar dicho recurso es el diseño e implementación de un biodigestor, estos son recipientes que por fermentación anaerobia son capaces de producir biogás (similar al propano comercial) y fertilizante, el biodigestor debe estar tapado y sellado completamente para aprovechar de manera eficiente sus productos.(Chinchilla, Chi y Carrillo 1998, p. 11).

Al obtener los resultados deseados de biogás podríamos alimentar con esta fuente de energía, fácilmente una cocina o un proceso donde actualmente se esté utilizando gas propano y de esta manera sustituirlo de una manera amigable. Así mismo el biól producto resultante del biodigestor podemos enriquecer cultivos, haciendo que estos crezcan su cobertura basal y aérea, de una manera saludable y orgánica, ya que actualmente la industria busca esto en favor de la agricultura.

De este modo el presente proyecto busca ayudar en la sociedad ya que al instalar esta tecnología en la institución, es accesible y fácilmente puede enriquecer a la comunidad aledaña de la provincia de Chimborazo, mediante capacitaciones institucionales sobre e diseño e implementación de dicho producto para poder así ser replicado en las fincas de cada uno de los moradores y ser un pilar inicial para el desarrollo de esta tecnología a otros comuneros del sector, contribuyendo esta manera al sector ambiental y social de la provincia.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la estación Experimental Tunshi de la Escuela superior Politécnica de Chimborazo es un sitio de investigación donde podemos encontrar varios proyectos de formación agrícola, ambiental y ganadera; en el sitio existe actualmente 28 cabezas de ganado bovino lechero, los mismos que para el proceso de obtención de leche tienen un sistema actualizado de ordeño mecánico semiautomático. Para el correcto funcionamiento del sistema, son colocados en corrales previos a la extracción de la leche, al estar acumulados en una sola sala por el tiempo que dura el ordeño de todo el ganado provoca que se dé una acumulación de residuos sólidos provenientes de esta especie, estos desechos no son utilizados de ninguna forma por lo cual se convierte en un aporte negativo al ambiente, que como bien sabemos estos residuos son una gran fuente de gas metano que aporta al efecto invernadero del planeta.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la estación experimental Tunshi junto a la zona de ordeño, en un área de 61,1 m² en donde se realizó la construcción e instalación del biodigestor tubular, así mismo la obtención de los residuos sólidos obtenidos por el ganado se lo realizó en los corrales previos a la zona de ordeño que tiene un área de 300m².

1.2.2. Delimitaciones

El tiempo en el cual se debió realizar todo el trabajo fue de 16 semanas, donde se dividió en varias etapas según el cronograma preestablecido, en las cuales se dividió en etapa de investigación, construcción, seguimiento y análisis de datos, así mismo un delimitante importante fue el presupuesto económico.

1.3. Problema general de investigación

¿Dentro del área de ordeño en la estación experimental Tunshi existe un control de los residuos sólidos producidos por el ganado?

1.4. Problemas específicos de investigación

¿Actualmente existe un estudio sobre los residuos sólidos y los beneficios que se obtendrían al poder aprovecharlos de forma correcta?

¿En la estación experimental se ha realizado estudios de energías renovables en base residuos sólidos?

¿Se ha desarrollado técnicas que ayuden a almacenar y transformar el metano?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Aprovechar los residuos sólidos producidos por el ganado para la producción de biogás y fertilizantes en la estación experimental Tunshi.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la situación actual y la estimación del potencial para la generación de biogás y fertilizante en la estación experimental Tunshi.
- Diseñar un biodigestor para la reutilización de los residuos sólidos producidos por el ganado, en la estación experimental Tunshi.
- Implementar un prototipo de biodigestor en la estación experimental Tunshi e instalación de un calefón para el uso del biogás.
- Determinar la calidad, cantidad del fertilizante como producto de la fermentación anaerobia, mediante el análisis de NKP.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

En la provincia de Chimborazo se caracteriza por ser la ganadería una fuente de ingreso para la población, así mismo al tener una diversidad de climas, en esta provincia existe una gran variedad de productos agrícolas, los que a su vez son enriquecidos actualmente por fertilizantes químicos que a lo largo de la historia se han intentado remplazar por abonos orgánicos con alta eficiencia, uno de ellos es el aprovechamiento de los residuos sólidos producidos por el ganado, ya que con su tratamiento adecuado obtenemos biól rico en nitrógeno N ,fosforo P y potasio K. Mediante nuevas tecnologías de biodigestores, podemos obtener fertilizantes amigables con el ambiente que sustituyan a la industria artificial y de muy bajo costo que podrán dar solución a varias problemáticas ambientales actuales. (León, 2018).

Para el presente proyecto podemos analizar que en la estación experimental Tunshi tenemos 28 cabezas de ganado, que son productoras de aproximadamente 50 kilos de estiércol diario cada una, por ello al no aprovechar dicho recurso se convierte en una problemática ambiental. La manera óptima para utilizar dicho recurso es el diseño e implementación de un biodigestor, estos son recipientes que por fermentación anaerobia son capaces de producir biogás (similar al propano comercial) y fertilizante, el biodigestor debe estar tapado y sellado completamente para aprovechar de manera eficiente sus productos.(Miguel,and C Wilfredo 1998).

Al obtener los resultados deseados de biogás podríamos alimentar con esta fuente de energía, fácilmente una cocina o un proceso donde actualmente se esté utilizando gas propano y de esta manera sustituirlo de una manera amigable. Así mismo el biól producto resultante del biodigestor podemos enriquecer cultivos, haciendo que estos crezcan de una manera saludable y orgánica, ya que actualmente la industria busca esto en favor de la agricultura.

De este modo el presente proyecto busca ayudar en la sociedad ya que al instalar esta tecnología en la institución, es accesible y fácilmente puede enriquecer a la comunidad aledaña de la provincia de Chimborazo, mediante capacitaciones institucionales sobre e diseño e implementación de dicho producto para poder así ser replicado en las fincas de cada uno de los moradores y ser un pilar inicial para el desarrollo de esta tecnología a otros comuneros del sector, contribuyendo esta manera al sector ambiental y social de la provincia.

1.6.2. Justificación metodológica

Dentro del mercado actual existe una gran variedad de soluciones para la problemática de residuos sólidos, así mismo la variedad de biodigestores, dentro de esta existe desde realizados con geomembrana hasta realizados con concreto, todo esto depende la economía disponible. Dicho este antecedente podemos justificar en este caso el uso del manual de biodigestores de polietileno.

1.6.3. Justificación práctica

Debido a la cantidad y espacio disponible se pudo determinar que la construcción de un biodigestor tubular de polietileno puede ayudarnos a resolver una problemática actual en la zona de ordeño de la estación experimental, obteniendo de esta manera dos variables que se las puede utilizar.

1.7. Hipótesis

1.7.1 Hipótesis nula

El diseño y la construcción de un biodigestor NO permiten aprovechar los residuos sólidos provenientes de bovinos de leche en la estación experimental Tunshi.

1.7.2 Hipótesis Alterna

El diseño y la construcción de un biodigestor permiten aprovechar los residuos sólidos provenientes de bovinos de leche en la estación experimental Tunshi.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1 *Contaminantes de la producción de ganado*

Tal como se practica actualmente, la producción de ganado genera cantidades importantes de contaminantes ambientales. La demanda bioquímica de oxígeno del estiércol animal es muy alta y, cuando entra en los arroyos, puede agotar rápidamente el oxígeno del agua. La descomposición de los desechos de alimentos y otras fuentes animales produce nitrógeno inorgánico, que puede contaminar el agua si ingresa a los arroyos. Descomposición de alimentos y otros residuos de origen animal potencialmente tóxicos. El nitrógeno y el fósforo inorgánicos que ingresan al agua a partir de los desechos del ganado en descomposición pueden causar eutrofización acuática. El óxido nitroso, N₂O, liberado a la atmósfera, como resulta de la degradación de los desechos ganaderos puede contaminar la atmósfera. El metano generado en la degradación anaerobia de desechos del ganado, así como en los estómagos de los rumiantes es un potente gas invernadero (S Manhan 2011, p. 32).

2.1.2 *Residuos sólidos y estiércoles*

Los estiércoles animales, dado su alto contenido de humedad, pueden ser aprovechados para generar gas combustible mediante la fermentación anaerobia.(Jiménez 2013, p. 11).

Los más investigados son los provenientes del ganado vacuno y porcino, seguido por el estiércol de aves de corral, caballos y carneros, así mismo menciona Altamira et al. (2017, p. 18) el bovino adulto defeca de 10 a 15 veces por día, cubriendo 1 – 1.5 m², generando 20 - 30 kg/día, pudiendo elevarse hasta 45 kg.

Según Jiménez (2013) el biogás puede usarse directamente en quemadores (por ejemplo, estufas, lámparas, etcétera), o bien, puede ser utilizado como combustible en máquinas de combustión interna. Si el biogás se va a quemar directamente, es necesario eliminar las gotas de agua flotantes que lleva el gas cuando sale del digestor. Una forma de eliminar el agua es a través de la condensación. En cambio, si el gas va a ser utilizado como combustible en un motor de combustión interna es necesario

eliminar las trazas de ácido sulfhídrico (H₂S). Para eliminar estas impurezas en reactores simples, se introduce biogás a través de limaduras de hierro en una trampa. Las limaduras de hierro a veces se forman simplemente por estar expuestas al aire durante 3- 4 días. Los reactores industriales tienen la opción de utilizar lavadores de gases.

Por ende, la implementación de biogás en equipos comerciales requiere adaptaciones sencillas para quemarlo eficientemente. En general, los quemadores de GLP se adaptan a retardos más prolongados y varían en la cantidad de presión primaria. Para adaptar los motores de combustión interna, puede modificar el carburador de gasolina o utilizar un carburador de gas especial. Los motores diésel se operan en forma dual (85% biogás y 25% diésel) para prevenir daños en los inyectores.

2.1.3 Acumulación de estiércol en los pastizales ganaderos

Los ganaderos pueden experimentar grandes pérdidas financieras debido a la acumulación de estiércol en los pastos. Una vaca adulta produce 12 boñigas de casi 4 kilos cada una al día, lo que representa aproximadamente 50 kilos de estiércol diarios, 500 kilos en 10 días, 1,500 kilos en un mes, 4, 500 kilos en tres meses.(Martínez Imeld 2020, p. 18)

Viéndole de otra manera según Martínez, (2020), en un rancho con 100 vacas la producción en tres meses sería de 450,000 kilos de estiércol Si esa cantidad de estiércol no se entierra, la superficie de pastizal cubierto también es grande. Si cada boñiga depositada mide aproximadamente 30 cm de diámetro, 12 boñigas al día cubrirían una superficie de poco más de 1m² de pastizal. Si hay 100 vacas, el estiércol de ellas, de un día, cubriría 100 m², en 10 días 1000 m², en un mes 3,000 m² y Casi una hectárea de pasto estaría cubierta en tres meses, y además, el pasto alrededor de cada estiércol tampoco es devorado por el ganado. Esta área adicional puede ser de 6 a 12 veces más grande que el área cubierta por estiércol, por lo que el césped perdido puede ser mucho más grande. Considerando el mismo rancho con 100 vacas la superficie de pasto perdida podría llegar a ser de un mínimo de 6 hectáreas en lugar de una.

Afortunadamente, el estiércol desaparece de forma natural gracias a un servicio medioambiental que proporcionan los escarabajos coprófagos o rododendros, que se encargan de enterrar esta materia orgánica para su nutrición y reproducción. Al enterrar el estiércol, destruyen huevos y larvas de moscas, otros parásitos e incluso bacterias dañinas para el ganado y los humanos. Remueven grandes cantidades de suelo y así aumentan la permeabilidad y aireación del suelo, lo que mejora su calidad

física. También fertilizan el suelo al incorporar nitrógeno y minerales. Además, contribuyen a reducir la emisión de gas metano del estiércol a la atmósfera terrestre y por lo tanto a disminuir el efecto invernadero y el cambio global de nuestro planeta.(Martínez Imelda 2020, p. 23)

2.1.4 La contaminación del suelo

El término contaminación del suelo se refiere a la presencia de una sustancia química o sustancia en el suelo que está fuera del sitio y/o presente en concentraciones superiores a las normales y que tiene un efecto adverso en algún organismo no objetivo. La contaminación del suelo a menudo no se puede evaluar directamente o identificar visualmente, por lo que es un peligro oculto.(Rodríguez and Pennock 2019, p. 50).

Como menciona Rodríguez & Pennock , (2019) el estado del informe mundial sobre los recursos del suelo (SWSR) identificó la contaminación del suelo como una de las principales amenazas para el suelo que afectan los suelos del mundo y los servicios a los ecosistemas que éstos proporcionan. Las preocupaciones sobre la contaminación del suelo van en aumento en todas las regiones. En fechas recientes, la Asamblea Ambiental de las Naciones unidas (UNEA-3) adoptó una resolución que clama por acciones aceleradas y por ayuda para abordar y manejar la contaminación del suelo. Este consenso, logrado por más de 170 países, es un claro signo de la importancia global de la contaminación del suelo y de la voluntad de estos países de desarrollar soluciones concretas para abordar las causas e impactos de esta enorme amenaza.

Basado en evidencia científica, la contaminación del suelo puede debilitar seriamente los servicios ecosistémicos más importantes del suelo. La contaminación del suelo reduce la seguridad alimentaria al reducir los rendimientos agrícolas debidos a los contaminantes tóxicos y hacer que los cultivos que crecen en suelos contaminados sean inseguros para los animales y el consumo humano. Muchos contaminantes migran del suelo a las aguas superficiales y subterráneas, causando daños ambientales a través de la eutrofización y problemas directos para la salud humana debido a la contaminación del agua potable.Los contaminantes también dañan directamente a los microorganismos del suelo y a organismos mayores que viven en el suelo y por tanto afectan la biodiversidad del suelo y el servicio que prestan los organismos afectados.(Rodríguez Natalia and Pennock Daniel 2019, p. 16).

2.1.5 Principios físicos, químicos y biológicos que conducen a la generación de biogás

La producción de biogás es un proceso complejo que requiere la acción coordinada de muchos microorganismos especializados en la descomposición de diversos sustratos orgánicos (residuos de alimentos, residuos orgánicos). La descomposición de estos residuos en el medio natural o en reactores especiales en condiciones de anoxia (falta de oxígeno) crea las condiciones necesarias para el proceso. El biogás producido se compone principalmente de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) y, en menor medida, también de otros gases, de los que se libera el gas muy tóxico sulfuro de hidrógeno (H₂S), que produce un olor fuerte y desagradable. Observado en el entorno natural, donde el biogás se produce por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica.(Ortiz Hivy 2019).

Debido a la baja solubilidad del oxígeno en el agua, los sedimentos de los cuerpos de agua naturales (lagos o ríos), las lagunas de procesamiento (lecherías, granjas porcinas, etc.) o los lixiviados de los vertederos contienen mucha materia orgánica, cuya descomposición microbiana produce biogás, que contiene metano, que es químicamente comparable al uso de depósitos de combustibles fósiles en gas natural.(Ortiz, Hivy 2019, p. 12).

Los biodigestores controlan y mejoran la digestión anaeróbica de la materia orgánica y producen biogás. Estos son reactores especialmente diseñados para maximizar la eficiencia de convertir sustratos en energía y producir subproductos de valor agregado como biofertilizantes..(Ortiz, Hivy 2019, p. 12).

2.1.6 Impactos ambientales del estiércol

Aunque la enfermedad humana por excrementos de animales es rara, los trabajadores de las granjas avícolas pueden desarrollar asma, neumonía y enfermedades oculares (irritación) si la ventilación es deficiente. Otro riesgo de enfermedad para la población humana es el consumo de agua contaminada por: 1) estiércol que contiene bacterias patógenas, la más común de las cuales es *Escherichia coli*, que causa diarrea y flatulencia; altos niveles de nitrato, que reducen la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, conocida como metahemoglobinemia; hormonas, principalmente estrógenos, que se asocian con un recuento reducido de espermatozoides en los hombres. Los impactos ambientales, como la producción de gases de efecto invernadero, la eutrofización de las vías fluviales y la sobrecarga de nutrientes de las tierras de cultivo a partir de los excrementos del ganado, dependen

en gran medida de las especies animales, los sistemas alimentarios y la gestión de fertilizantes..(Pinos, Garcia 2018, p. 43)

El estiércol puede dañar seriamente el suelo si contiene altas concentraciones de nutrientes. (Nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos (E. coli), antibióticos, y compuestos que interactúan con el sistema endócrino (hormonas esteroidales, fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas) (Powers, 2009). En países con regulaciones ambientales laxas o inexistentes, el fertilizante se aplica constantemente al suelo en exceso de la capacidad del cultivo para absorber nutrientes. (Dietz y Hoogervorst, 1991). La sobrecarga de nutrientes en el suelo hace que sea absorbido por la escorrentía y se filtre a las aguas superficiales y subterráneas. (Miner et al., 2000). Por ejemplo, los excrementos bovinos frescos esparcidos en las tierras de cultivo contienen nitrógeno en forma de nitratos y nitritos; la acumulación de estos compuestos oxidados en el buche puede provocar intoxicaciones en el ganado que los consume.(Pinos, Garcia 2018, p. 43)

Esparcir estiércol en las tierras de cultivo proporciona beneficios ecológicos al agregar nutrientes como nitrógeno y fósforo al suelo; El nitrógeno de los fertilizantes se encuentra principalmente en forma de amoníaco y las plantas lo utilizan como alimento. A pesar de esto, la evaluación del estiércol como fertilizante biológico es mínima en comparación con los fertilizantes químicos. Debido a sus propiedades orgánicas, el estiércol aumenta la retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua en el subsuelo y reduce la erosión. Además, la fracción líquida del fertilizante ayuda a reducir la pérdida de nitrógeno, carbono y azufre en forma gaseosa al suelo, lo que reduce el uso de fertilizantes químicos y, por lo tanto, el impacto ambiental.(Pinos, Garcia 2018, p. 43)

2.1.6.1 En suelo

El estiércol puede dañar seriamente el suelo si contiene altas concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos, antibióticos y compuestos que interactúan con el sistema endócrino (hormonas esteroides, fitoestrógenos, pesticidas y herbicidas) (Powers, 2009). En países con regulaciones ambientales laxas o inexistentes, el fertilizante se aplica constantemente al suelo en exceso de la capacidad del cultivo para absorber nutrientes. Tal sobrecarga de nutrientes del suelo hace que se filtre a las aguas superficiales y subterráneas a través de la escorrentía y la lixiviación, por ejemplo, el excremento fresco de vaca esparcido en las áreas agrícolas contiene nitrógeno en forma de nitratos y nitritos; la acumulación de estos compuestos oxidados en el buche puede provocar intoxicaciones en el ganado que los consume.(Pinos, Garcia 2018, p. 43).

2.1.6.2 *En agua*

La expansión de la agricultura y la ganadería intensiva se estableció principalmente en zonas con escasez de agua. El agua se contamina con los excrementos del ganado directamente a través de la escorrentía, la filtración y la filtración profunda de las granjas, e indirectamente a través de la escorrentía y la escorrentía del suelo de los pastos y las tierras de cultivo. (EPA, 2006). El nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales. (Pinos, Garcia 2018, p. 45).

Por ende, según Pinos & Garcia, (2018) Debido a que el fósforo en el agua no se considera directamente tóxico, no existen niveles estándar para el agua potable. El fósforo, sin embargo, tiene graves efectos ambientales sobre los recursos hídricos, ya que cuando se descarga directamente en los arroyos o en exceso en el suelo, estimula la eutrofización, lo que aumenta el crecimiento de las plantas acuáticas, reduce el oxígeno disuelto y cambia el pH, lo que afecta la calidad del agua. . Agua aunque no se publican las concentraciones de nitrógeno y fósforo en los diferentes cuerpos de agua, su lavado o la cantidad arrastrada a los cuerpos de agua depende de la lluvia. (duración), la percolación (los suelos arenosos presentan altas tasas de percolación) y la pendiente del suelo por donde se desplazan las escorrentías.

2.1.6.3 *En el aire*

Las emisiones al aire del estiércol incluyen polvo, olor y gases de la digestión anaeróbica y la descomposición aeróbica. El polvo se genera principalmente en operaciones de cría cerradas en áreas secas. Cuando la vegetación se elimina por completo, se crea una capa de estiércol y el movimiento del ganado crea enormes nubes de polvo. El olor no representa un riesgo para la salud, pero la mayoría de las personas encuentran inaceptable el olor a estiércol en las zonas urbanas.(Pinos Juan & Garcia Luz, 2018).

El amoníaco y otros gases de efecto invernadero se separan de los contaminantes liberados a la atmósfera mediante fertilizantes. (GEI) que incluyen metano y óxido nitroso. Las emisiones globales de metano entérico, metano de estiércol y de óxido nitroso son 113, 40 y 10 TgCO₂Eq (EPA, 2005). México contribuye con menos de 0.04 % del metano y menos de 0.008 % de óxido nítrico del total

mundial (SEMARNAT, 2008). El metano es un GEI 23 veces más potente que el CO₂, y el estiércol contribuye con 16 % de las emisiones globales (IPCC, 2006). El metano liberado del estiércol proviene de la fermentación entérica reciclada en las heces y la descomposición anaeróbica de la materia orgánica del estiércol. (De Klein et al., 2008). El estiércol contribuye con 50 % del total de emisiones de amoníaco hacia la atmósfera, porque su tasa de volatilización es mayor a 23 % (Pinos, Garcia 2018, p. 43)

El óxido nitroso es 296 veces más potente que el CO₂, y México contribuye con 0.7 % de emisiones de este gas por actividades pecuarias en el mundo. El estiércol aporta cerca del 25 % de las emisiones antropogénicas de óxido nitroso (IPCC, 2006), el cual se genera durante los procesos de nitrificación (oxidación biológica de amonio a nitrito y nitrato) y desnitrificación (reducción de nitrato a nitrógeno gaseoso), donde el intermediario es el óxido nitroso (Pinos, Garcia 2018, p. 48).

2.1.7 Fermentación anaerobia

Según Hernández, (2018) en la fermentación anaeróbica, el aceptor final de electrones es el oxígeno; es necesario sin su presencia para el desarrollo del microorganismo y la producción de la composición deseada. Este tipo de proceso produce principalmente biomasa, dióxido de carbono y agua.

En la fermentación anaerobia, el proceso de producción del metabolito de interés tiene lugar sin oxígeno; los productos finales son sustancias orgánicas como ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético, butanol, etanol y acetona. Sin embargo, en la mayoría de las fermentaciones anaeróbicas, se requiere oxígeno al comienzo del proceso para promover el crecimiento y la reproducción del microorganismo..(Hernández Alicia 2018).

En los procesos anaeróbicos, los microorganismos producen mucha menos energía que los aerobios y para satisfacer sus necesidades energéticas metabolizan una mayor cantidad de azúcares; por lo tanto, producen más metabolitos. luego, la cantidad de oxígeno se puede usar para manipular el proceso de fermentación para aumentar la producción de la sustancia de interés; por ejemplo, cuando se trabaja con un microorganismo facultativo (capaz de crecer en presencia o ausencia de oxígeno), como *saccharomyces cereviae*, se obtienen diferentes productos mayoritarios, según la concentración de oxígeno en medio: si es muy limitada, habrá una mayor producción de etanol, mientras que si es alta, se favorece la reproducción del microorganismo, o sea la producción de biomasa. (Hernández Alicia 2018).

2.1.8 Proceso de biodigestión

Según Brito et al., (2019) se refiere al concepto de desecho, todo lo que surge, producto de la actividad y no nos interesa como resultado de la actividad humana directa o de la actividad de otros organismos vivos, formando una masa heterogénea, que en muchos casos es compleja. reconectar con los ciclos naturales.

2.1.9 Digestión anaerobia

En los últimos años, la aplicación del proceso de digestión anaerobia se ha extendido al tratamiento de la fracción orgánica de los residuos urbanos, debido a la posibilidad de recuperación del metano y al hecho de que el material retardado es similar al compost producido de forma aerobia. En general, los procesos anaeróbicos son más complejos de operar que los procesos aeróbicos. Sin embargo, los primeros aseguran la recuperación de energía en forma de gas metano y, por lo tanto, son productores netos de energía. Por otro lado, los procesos aeróbicos son consumidores netos de energía, por lo que se debe suministrar oxígeno para convertir los desechos, pero ofrece la ventaja de un funcionamiento relativamente sencillo (Brito Luis et al., 2019). Por ende, la producción de un biodigestor es esencial para generación de energía y dar por realizado la digestión anaerobia.

La fermentación anaeróbica es un proceso de fermentación natural conocido por el hombre desde la antigüedad. Ocurre espontáneamente en ausencia de oxígeno en ambientes ricos en materia orgánica, como pantanos, llanuras aluviales o vertederos, en el rumen o estómago de mamíferos herbívoros, en el intestino de insectos xilófagos o en la biodigestión. facilita el crecimiento y reproducción de un grupo de bacterias anaerobias que descomponen y procesan los desechos, dando como resultado un gas combustible llamado biogás o gas metano. (CH₂) y dióxido de carbono (CO₂).El porcentaje de estos gases en la mezcla es variable y depende de las condiciones físico-químicas en las que se desarrolla la digestión de la materia prima.(Brito Luis, Romero Hugo and Ayala Humberto 2019).

El proceso de digestión cumple varias etapas.

2.1.9.1 Fase hidrolítica (hidrolisis)

En esta etapa, las bacterias liberan enzimas externas que promueven la hidrólisis de moléculas complejas y las reducen a moléculas simples que pueden atravesar la membrana celular.

2.1.9.2 Fase acidogénica

En este paso, la materia orgánica se oxida a ácidos comúnmente conocidos como ácidos volátiles, tales como: ácido fórmico, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico.

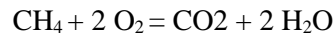
2.1.9.3 Fase acetogénica

Los productos de la fase acidogénica se convierten en acetatos, hidrógeno y dióxido de carbono.

2.1.9.4 Fase metanogénica

Este es el paso final del proceso donde las bacterias metanogénicas transforman los acetatos del paso anterior en metano. (CH₄) y gas carbónico (CO₂). Este gas formado generalmente por 30-40% de CO₂ y 60-70% de CH₄ se conoce como biogás.

2.1.9.5 Formula de combustión de biogás



Metano + Oxígeno = Dióxido de carbono + Agua

2.1.10 Factores que influyen para alcanzar una eficiente digestión anaerobia

Según Brito et al., (2019) nos muestra varios factores importantes que debemos tener en cuenta al manejar un biodigestor y generar de manera correcta, tales son:

2.1.10.1 Temperatura

Esta promueve la actividad bacteriana. La temperatura ideal en el digestor debe contener entre 25°-40° C (mesofílica).

2.1.10.2 PH

El efecto del pH en la tasa de crecimiento y muerte de los microorganismos es muy importante, en primer lugar, las bacterias metanogénicas son muy sensibles a los cambios de pH, que pueden ser

causados por un aumento del flujo, aumento de la carga orgánica, variación en la composición del aire. de residuos y falta o exceso de sustancias neutras.

2.1.10.3Tiempo de retención

Los reactores anaerobios continuos deben diseñarse y operarse de tal manera que mantengan la concentración celular y una alta actividad específica de degradación dentro de ellos. Esto se logra manteniendo el tiempo de retención hidráulica especificado en el diseño, lo que significa un flujo residual estable. Se debe evitar la alteración de este caudal para reducir o eliminar consecuencias como la lixiviación o acidificación de los lodos. El tiempo de reacción en el reactor debe ser de unos 20 días.

Con el uso de esta tecnología se han encontrado eficiencias de remoción de hasta un 95% de la carga orgánica. Además, se obtiene biogás con una composición aproximada de CH₄ 45-60%. Así como CO₂, 28.34%; H₂S, 14-18% el cual es purificado posterior hasta obtener gas metano de aproximadamente 98% de pureza. Finalmente, este proceso tiene lugar en un reactor bioquímico conocido comúnmente como BIODIGESTOR o simplemente DIGESTOR.

2.1.11 El biól

Cada vez que se carga el biodigestor con estiércol fresco y agua por el tubo de entrada, salen más de 80 litros de bioaceite por el otro extremo (el tubo de salida). Este biol es el fertilizante y agua que se utiliza en el biodigestor. Biol es un fertilizante líquido que reemplaza completamente al fertilizante químico. Una vez filtrado, el biol puede usarse como fertilizante foliar en mochila o verterse directamente en el suelo y en los canales de riego. Los productores que lo emplean mencionan que su producción de cultivos aumenta entre 30% a 50%. Además, el biól protege contra insectos y permite recuperar las plantas afectadas por la helada.(Herrero Jaime 2012)

En la producción de biólisis, Biol ha demostrado en repetidas ocasiones su eficacia para aumentar la productividad de los cultivos agrícolas. En la mayoría de los casos, esto se debe a la experiencia directa del fabricante, así como a la documentación obtenida durante los estudios y pruebas controlados. El aumento de la productividad varía entre 25% a 50% dependiendo de la forma de aplicación, frecuencia, tipo de cultivo, suelo, etc. El beneficio del biól es tan apreciado por los productores que en muchos casos es más valorado que el biogás.

2.1.12 Los Fermentadores

Según Hernández, (2018) Un fermentador, también conocidos como reactor o biorreactor bioquímico, es un recipiente donde se lleva a cabo el proceso de fermentación. Su función principal es mantener el medio y el microorganismo en las condiciones adecuadas para lograr la mayor producción de los compuestos de interés.

2.1.13 El Biodigestor

El biodigestor está construido de plástico (polietileno tubular, PVC o geomembrana de polietileno). Las tuberías restantes de 6" se utilizan para la recolección y eliminación biológica de estiércol y agua. El biogás se alimenta a través de una tubería de riego de ½" o ¾" y utiliza accesorios comunes como esquineros, tees, etc. Todos los materiales suelen estar disponibles en el mercado interno de casa país (Herrero Jaime 2012).

El biodigestor, al ser de plástico flexible, debe estar semienterrado en una zanja abierta en el suelo. Las dimensiones de un biodigestor familiar varían de una región a otra, pero en todo caso se requiere un espacio de 1 m de ancho x 8 m de largo para ubicarlo. En alta montaña, el biodigestor debe estar bajo una carpa solar para protegerlo del frío, instalarlo con orientación de este a oeste.

2.1.14 Eficiencia de un biodigestor

En base a lo mencionado por (Mori 2021, p. 10) se concluye que el biodigestor tubular es eficiente en el tratamiento de efluentes del beneficio cárnico, logrando porcentajes máximos de remoción de 99.72% para DBO5, 98.98 % para DQO y 99.17 % para SST, en un tiempo de retención de 180 días.

2.1.15 Elementos que componen un biodigestor

Como menciona Campos Bernardo, (2011) tenemos 4 elementos principales que son esenciales para la elaboración y correcta producción de biogás y biól, los cuales mencionamos a continuación:

2.1.15.1 Tanque de digestión

Esto define el nombre del biodigestor. Consta de una cámara de fermentación y una cúpula. En la cámara de digestión anaeróbica, el material en descomposición permanece durante un cierto tiempo, llamado tiempo de retención, durante el cual se descompone y libera biogás. Su geometría es cilíndrica y su degradabilidad está determinada por el volumen del material. La función de la cúpula es almacenar gas cuando no hay consumo, ya que la producción de gas es ininterrumpida durante todo el día. La capacidad de la cúpula depende del volumen de la cámara de fermentación.

2.1.15.2Laguna de compensación

Recoge material ya fermentado (fundido) del que puede ser cosechado. La capacidad de la laguna depende del volumen del biodigestor (un tercio del mismo) y puede ser de diferentes formas (cuadrada, redonda, rectangular) y se puede construir encima de la cúpula o junto al tanque de fermentación.

2.1.15.3Registro de carga

Puede tener diferentes formas y su tamaño depende del diseño de la caldera. Se alimenta el material a fermentar, se mezcla con agua en la proporción adecuada y se homogeniza.

2.1.15.4Conducto de carga

Comunica al registro de carga con el tanque de fermentación.

2.1.16 Cálculos para el diseño de un biodigestor

2.1.16.1Características de estiércoles

Existen muchos fertilizantes diferentes en la naturaleza, caracterizados por su acidez, composición y tiempo de fermentación, por lo que han sido comparados.

Tabla 1-2. Características fisicoquímicas de algunos estiércoles típicos.

ESTIÉRCOL	%ST	SV(%ST) (BASE SECA)	%SV (BASE HÚMEDA)
VACA	10-17	70-80	7-13.6
CERDO	20-35	60-75	12-26.25

CABRA/OVEJA	50-70	70-75	35-52.5
LLAMA	55-65	70-75	38.5-48.75

Fuente: (Marti 2019, p. 109)

Tabla 2-2. Kg de estiércol diario producido por tipo de animal.

ANIMAL	KG DE ESTIÉRCOL DIARIO POR CADA 100KG DE PESO VIVO
VACA	8
CERDO	4
CABRA/OVEJA	4
CONEJO	3
CABALLO	7
HUMANO	0.4 KG POR ADULTO
HUMANO NIÑO	0.2 KG POR NIÑO

Fuente: (Marti 2019, p. 109)

2.1.17 Cálculo de cargas y relaciones

Dentro de los cálculos determinamos la relación con agua y la temperatura ya que según esta se deberá calcular el tiempo de retención.

Tabla 3-2. Cálculo de estiércol disponible.

CASO	ESTIÉRCOL DISPONIBLE
ESTABULADOS	=ESTIÉRCOL DIARIO
ESTABULADOS SOLO A LA NOCHE	=0,25 X ESTIÉRCOL DIARIO
ESTABULADO UN NÚMERO DE HORAS	=(NÚMERO DE HORAS /24 HORAS) X ESTIERCOL DIARIO

Fuente: (Marti 2019, p. 110)

Tabla 4-2. Mezcla con agua para carga diaria.

Estiércol	Relación estiércol: agua
VACA	1:3
CERDO	1:4
LLAMA/OVEJA/CUY	1:8-9

Fuente:(Marti 2019, p. 110)

Tabla 5-2. Relación entre temperatura y tiempo de retención recomendado para lograr producción de biogás aceptables.

TEMPERATURA	TIEMPO DE RETENCIÓN (tr)
35°	25-30 DÍAS
30°	30-40 DÍAS
25°	35-50 DÍAS
20°	50-65 DÍAS
15°	65-90 DÍAS
10°	90-125DÍAS

Fuente:(Marti 2019, p. 110)

2.1.18 Temperatura optima

Dentro de los parámetros de diseño, un factor importante para el desarrollo de un biodigestor, la temperatura es muy importante para la evolución y correcta fermentación de las variables.

Tabla 6-2. Temperatura de trabajo de un biodigestor, en diferentes eco regiones, considerando o no el diseño solar.

ECO REGIÓN TÍPICA (ALTURA, msnm)	Temperatura ambiente media	SV(%ST) (Base seca)		
		% SV (base húmeda)		Criterios
		Biodigestor sin diseño solar	Biodigestor con diseño solar	
Trópico cálido (<300)	28-32	28-32	No necesita diseño solar	
Trópico (300- 1000)	23-27	23-27	No necesita diseño solar	
Valles (1000- 2000)	18-22	18-22	27-27	Color oscuro + aislante zanja
Valles altos (2000-3000)	13-17	13-17	18-22	Color oscuro + aislante zanja + invernadero
Altiplano (3000- 4500)	8-12	8-12	13-17	Color oscuro + aislante zanja + invernadero

Fuente: (Marti 2019, p. 111)

Tabla 7-2. Producción de biogás según la temperatura y tiempo de retención.

Temperatura de trabajo del biodigestor (°C)	Estiércol de vaca fresco		Estiércol de cerdo fresco	
	Tiempo de retención (d)	Biogás* (l/kg)	Tiempo de retención (d)	Biogás*(l/kg)
33-37	30	39	25	71
28-32	40	38	30	67
23-27	50	35	35	61
18-22	65	33	50	59
13-17	90	31	65	54
8-12	125	29	90	50

Fuente:(Marti 2019, p. 111)

El biogás está expresado para 25 °C y 1 atmósfera de presión, suponiendo 65% de contenido de metano (CH₄). Se ha considerado en el estiércol de vaca 16% ST, 80% SV/ST y 0,2 m³CH₄ /kgSV; y para el estiércol de cerdo 20% ST, 75 %SV/ST y 0,3 m³CH₄ /kgSV.

Tabla 8-2. Equivalencias energéticas del biogás.

1000 litros (1m ³) de biogás equivalen a:	
5647 kcal	Energía (65% CH ₄)
6,56 kWh	Energía (65% CH ₄)
1,6 kg	Madera
1,2 kg	Bosta seca
1,1 litros	Alcohol
0,75 litros	Gasolina
0,65 litros	Gas-oil
0,76 m ³	Gas Natural
0,7 kg	Carbón
3,3 kWh _t	Calor útil (65% CH ₄ ; rendimiento 50%)
2 kWh _e	Electricidad (65% CH ₄ ; rendimiento 30%)

Fuente:(Marti 2019, p. 112)

Tabla 9-2. Longitudes mínima, máxima y óptima de biodigestores tubulares según circunferencias.

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				mínima (m)	máxima (m)	óptima(m)

2	1	0.32	0.64	3.2	6.4	4.8
3	1.5	0.48	0.95	4.8	9.5	7.2
4	2	0.64	1.27	6.4	12.7	9.5
5	2.5	0.80	1.59	8.0	15.9	11.9
6	3	0.95	1.91	9.5	19.1	14.3
7	3.5	1.11	2.23	11.1	22.3	16.7
8	4	1.27	2.55	12.7	25.5	19.1
9	4.5	1.43	2.86	14.3	28.6	21.5
10	5	1.59	3.18	15.9	31.8	23.9
14	7	2.23	4.46	22.3	44.6	33.4

Fuente: (Marti 2019, p. 114)

Tabla 10-2. Parámetros de dimensionado de zanjas de biodigestores tubulares a partir del ángulo y el radio de la circunferencia disponible de manga tubular.

α (°) desde vertical	% VL	% VB	a(m)	b(m)	p(m)	A zanja (m ²)	A biogas (m ²)	A Total (m ²)
0	88	12	1.49 x r	1.49 x r	1.57 x r	2.34 x r ²	0.32 x r ²	2.65 x r ²
0	83	17	1.41 x r	1.41 x r	1.57 x r	2.22 x r ²	0.45 x r ²	2.67 x r ²
0	80	20	1.34 x r	1.34 x r	1.57 x r	2.10 x r ²	0.53 x r ²	2.63 x r ²
7.5	80	20	1.23 x r	1.63 x r	1.54 x r	2.20 x r ²	0.55 x r ²	2.75 x r ²
15	76	24	1.02 x r	1.82 x r	1.49 x r	2.12 x r ²	0.69 x r ²	2.80 x r ²
30	75	25	0.72 x r	2.26 x r	1.33 x r	1.98 x r ²	0.66 x r ²	2.64 x r ²
45	65	35	0.43 x r	2.57 x r	1.07 x r	1.61 x r ²	0.86 x r ²	2.47 x r ²

Fuente: (Marti 2019, p. 115)

2.1.19 Ecuaciones

Mediante la utilización de diferentes tipos de ecuaciones podemos determinar los parámetros necesarios para cada biodigestor según sea el caso.

Tabla 11-2. Ecuaciones consideradas para el diseño de biodigestores.

Número	Ecuación	Equivalencia
Ecuación 1	$VL = TR \times CD$	VL= volumen líquido (m ³ o L) TR= tiempo de retención (días) CD= carga diaria (m ³ /d o L/d)
Ecuación 2	$VT = VL + VB$	VT= volumen total (m ³ o L) VL= volumen líquido (m ³ o L) VB= volumen de biogás (m ³ o L)
Ecuación 3	$C = 2 \times \pi \times r$ $r = \frac{C}{2 \times \pi}$	C= circunferencia del plástico (m) $\pi = 3.1416$ r= radio de la circunferencia del plástico (m)
Ecuación 4	$D = 2 \times r$	D= Diámetro de la circunferencia del plástico (m) r= radio de la circunferencia del plástico (m)
Ecuación 5	$\frac{L}{D} = (5 \text{ a } 10)$	L= Longitud del biodigestor (m) D= Diámetro de la circunferencia del plástico (m)
Ecuación 6	$\frac{L}{D} \text{ óptima} = 7.5$	L= Longitud del biodigestor (m) D= Diámetro de la circunferencia del plástico (m)
Ecuación 7	$A \text{ zanja} = p \times \frac{(a + b)}{2}$	A zanja= Área del trapecio de la zanja (m ²) p= Profundidad (m) a= ancho inferior (m) b= ancho superior (m)
Ecuación 8	$V \text{ zanja} = VL =$ $A \text{ zanja} \times L$ $L = \frac{VL}{A \text{ zanja}}$	V zanja= Volumen de la zanja (m ³) VL= Volumen líquido (m ³) L= Longitud de la zanja (m)

Fuente: (Marti 2019, p. 116)

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

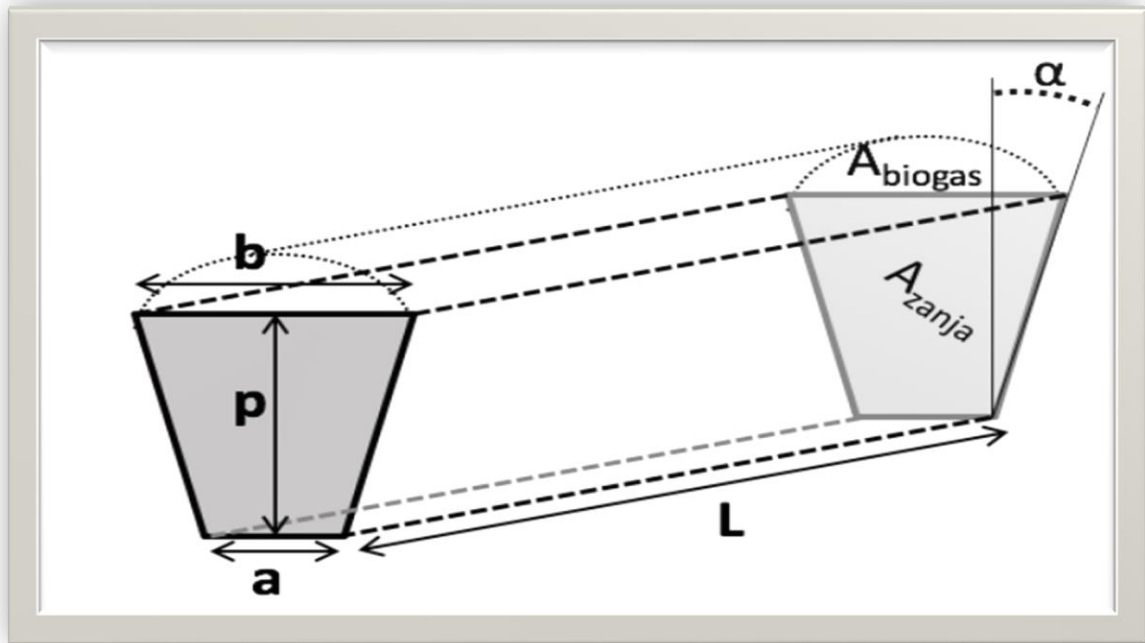


Ilustración 1-2. Esquema de una zanja trapezoidal, con sus diferentes parámetros de medida.

Fuente: (Martí 2019, p. 116)

2.1.20 Clasificación de los digestores

Según (Abril J 2015, p. 18) Los biodigestores pueden tener una amplia gama de tecnologías, desde estructuras hechas a sí mismas de diferentes materiales hasta equipos de alta tecnología completamente automatizados, pero no existe una tecnología mejor, solo tecnologías que se adaptan mejor a la situación que otras y a su elección. Depende del objetivo fijado, los recursos disponibles, el dinero y el tipo de financiación para realizar la inversión.

2.1.20.1. Biodigestores en Batch

Los biodigestores por lotes se utilizan comúnmente en estudios de laboratorio. Con su ayuda, uno descubre si el material es adecuado para la producción de biogás o no, cuánto y en qué tiempo se produce, lo que puede usarse para determinar el potencial de producción de biogás de diferentes sustratos. (Sica Dante et al. 2019).



Ilustración 2-2. Muestras de biodigestor batch

Fuente: (Sica Dante et al. 2019, p. 15)

2.1.20.2 Biodigestores tubulares, o taiwaneses, flexibles.

Muy comunes en Taiwán, están hechos de diferentes tipos de láminas. Pueden variar según el tipo, espesor, precio y propiedades del material. El cloruro de polivinilo es más conocido. PVC, etileno propileno dieno de tipo M EPDM o polietileno de alta densidad PDA. Por lo general son tubos largos, que pueden ir enterrados o sobre el piso. (Sica Dante et al. 2019)

2.1.20.3 Biodigestores Chinos o rígidos

Están hechos de materiales rígidos como envases de plástico, ladrillos, hormigón o cualquier variación. Su ventaja es una estructura más sólida y, a veces, más duradera, lo que permite conectar los sistemas de mezcla sin mucha dificultad en muchos casos. Sin embargo, deben construirse en el sitio y pueden ser difíciles de transportar debido a su tamaño. (Sica Dante et al. 2019)



Ilustración 3-2 Biodigestor tubular de polietileno a la izquierda y Biodigestor chino a la derecha.

Fuente:(Sica Dante et al. 2019, p. 17)

2.1.21 Economía circular

Según EMF (2019) Actualmente, el modelo económico de "tomar, hacer, dejar" ya está llegando al límite de su capacidad física. La economía circular se está convirtiendo en una opción atractiva que pretende redefinir qué es el crecimiento, enfatizando los beneficios de toda la sociedad. Esto significa desvincular la actividad económica del consumo de recursos limitados y eliminar los desechos del sistema de manera planificada. Respaldada por una transición a fuentes renovables de energía, el modelo circular crea capital económico, natural y social y se basa en tres principios:

- Eliminar residuos y contaminación desde el diseño
- Mantener productos y materiales en uso
- Regenerar sistemas naturales

2.1.22 Objetivos de desarrollo sustentable

Según UN(2015) Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un modelo para un futuro sostenible para todos. Están interconectados e incluyen los desafíos globales que enfrentamos todos los días, como la pobreza, la desigualdad, el clima, la contaminación, el bienestar, la paz y la justicia.

2.1.22.1 Fin de la pobreza

Más de 700 millones de personas, o el 10% de la población mundial, aún viven en la pobreza extrema y luchan por satisfacer sus necesidades básicas, por lo que la meta es acabar con la pobreza extrema para 2030.(Naciones Unidas 2015)

2.1.22.2 Hambre Cero

El mundo no está en camino de lograr el hambre cero para 2030. Si las tendencias recientes continúan, la cantidad de personas que padecen hambre superará los 80 millones para 2030, pero el objetivo es terminar con el hambre para 2030. malnutrición, incluido el logro de los objetivos acordados internacionalmente para el retraso del crecimiento y la emaciación en niños menores de 5 años para 2025.(Naciones Unidas 2015)

2.1.22.3 Salud y Bienestar

Para 2030, se debe terminar con las muertes prevenibles de recién nacidos y niños menores de 5 años, de manera que todos los países se esfuercen por reducir la tasa de mortalidad neonatal a por lo menos 12 por mil nacidos vivos y la tasa de mortalidad de menores de 5 años a por lo menos 25 por 1.000. Nacimientos en vivo que su finalidad es acabar con todas las pandemias (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.4 Educación de Calidad

La educación permite la movilidad socioeconómica ascendente y es la clave para salir de la pobreza. Se han logrado grandes avances durante la última década en la ampliación del acceso a la educación y la escolarización en todos los niveles, especialmente para las niñas, pero el objetivo es garantizar que para 2030 todas las niñas y los niños tengan acceso a cuidados y desarrollo de la primera infancia de calidad. Servicios y educación de la primera infancia para prepararlos para la educación primaria y secundaria. (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.5 Igualdad de Género

La igualdad de género no es solo un derecho humano básico, sino que es una de las piedras angulares para construir un mundo pacífico, próspero y sostenible. Por lo tanto, tiene como objetivo poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y niñas en todo el mundo. (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.6 Energía asequible y no contaminante

En los países más pobres, la disponibilidad de electricidad ha comenzado a acelerarse, la eficiencia energética continúa mejorando y las energías renovables están logrando excelentes resultados en el sector eléctrico. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.7 Trabajo Decente y Crecimiento Económico

El crecimiento económico inclusivo y sostenible puede promover el desarrollo, crear trabajos decentes para todos y mejorar el nivel de vida. Por lo tanto, el crecimiento económico per cápita debe mantenerse de acuerdo con las condiciones nacionales. y, en particular, un crecimiento del producto interno bruto de al menos el 7% anual en los países menos adelantados (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.8 Industria, Innovación e Infraestructura.

La industrialización inclusiva y sostenible con innovación e infraestructura puede desatar fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generen empleos e ingresos. Un papel importante es el desarrollo de infraestructura confiable, duradera, sostenible y de alta calidad, incluida la infraestructura regional y transfronteriza. El desarrollo económico y el bienestar humano, con especial énfasis en el acceso asequible y equitativo para todos (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.9 Reducción de las desigualdades

La desigualdad dentro y entre los países es una preocupación constante. Si bien hay algunos signos positivos de una reducción de la desigualdad en algunas dimensiones, como una reducción de la desigualdad de ingresos en algunos países y un estatus comercial preferencial que beneficia a los

países de bajos ingresos, por lo tanto, se pretende alcanzar y continuar gradualmente hasta 2030. El crecimiento de los ingresos del 0 por ciento inferior de la población es más rápido que el promedio nacional (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.10 . Ciudades y comunidades sostenibles

Las ciudades y áreas metropolitanas son la fuerza impulsora del crecimiento económico y su participación en el PIB mundial es de alrededor del 60 por ciento. Pero también son responsables de alrededor del 70 por ciento de las emisiones globales de dióxido de carbono y más del 60 por ciento del uso de los recursos naturales. (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.11 . Producción y Consumo Responsable

El consumo y la producción mundiales (las fuerzas motrices de la economía mundial) dependen del uso del medio ambiente y los recursos naturales de formas que continúan teniendo un impacto devastador en el planeta. Y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha (Naciones Unidas 2015).

2.1.22.12 . Acción por el clima

El cambio climático afecta a todos los países de todos los continentes. Altera las economías de los países y afecta la vida de las personas. Los sistemas meteorológicos están cambiando, el nivel del mar está subiendo y los fenómenos meteorológicos se están volviendo más extremos, aumentando la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países. (Naciones Unidas 2015)

2.1.22.13 . Vida Submarina

El océano impulsa los sistemas globales que hacen de la Tierra un lugar habitable para los humanos. El mar proporciona y regula la lluvia, el agua potable, el tiempo, el clima, las costas, gran parte de nuestros alimentos e incluso el aire que respiramos. Para 2020, gestionar y proteger los ecosistemas marinos y costeros de manera sostenible para evitar impactos adversos importantes, incluido el fortalecimiento de su resiliencia, y actuar para restaurarlos a fin de restablecer la salud y la productividad de los océanos. (Naciones Unidas 2015)

2.1.22.14 . *Vida de Ecosistemas Terrestres*

En 2016, El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha advertido que el aumento de epidemias zoonóticas a nivel mundial es alarmante. En particular, señaló que el 75 por ciento de todas las enfermedades infecciosas humanas nuevas son zoonóticas y que estas enfermedades están estrechamente relacionadas con la salud de los ecosistemas. Para 2020, asegurar la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas terrestres y de aguas continentales y los servicios que brindan, especialmente los bosques, los humedales, las montañas y las zonas secas.(Naciones Unidas 2015).

2.1.22.15 . *Paz, Justicia e Instituciones Sólidas*

Los conflictos, la inseguridad, las instituciones débiles y la protección jurídica limitada siguen siendo amenazas importantes para el desarrollo sostenible. Reducir significativamente todas las formas de violencia y la mortalidad relacionada en todo el mundo
(Naciones Unidas 2015).

2.1.22.16 . *Alianzas para lograr los Objetivos*

Los programas de desarrollo exitosos requieren alianzas inclusivas (a nivel mundial, regional, nacional y local) con principios y valores compartidos y una visión y objetivos compartidos que pongan a las personas y al planeta en primer lugar. Fortalecer la movilización de recursos nacionales, incluso mediante la prestación de apoyo internacional a los países en desarrollo, para mejorar la capacidad del país para recaudar impuestos y otros ingresos (Naciones Unidas 2015).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se realiza en la Estación Experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, misma que fue adquirida el 10 de Noviembre de 1973 por medio de convenio de Integración y contrato con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y en ese entonces el Instituto Tecnológico Superior de Chimborazo, con una extensión de 145.5 ha, según la sub secretaria de tierras y el departamento de desarrollo físico de la ESPOCH, de las cuales 65 ha es uso de la Facultad de Ciencias Pecuarias con la Carrera de Ingeniería en Zootécnica e Industrias Pecuarias, actualmente incluyendo la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ubicada en la parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.(Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2018)

3.1.1 *Ubicación geográfica:*

Latitud: Sur 1°44'54" Oeste 78°37'72"

Altitud: 2710 (m.s.n.m)

3.1.2 Mapa georreferenciado

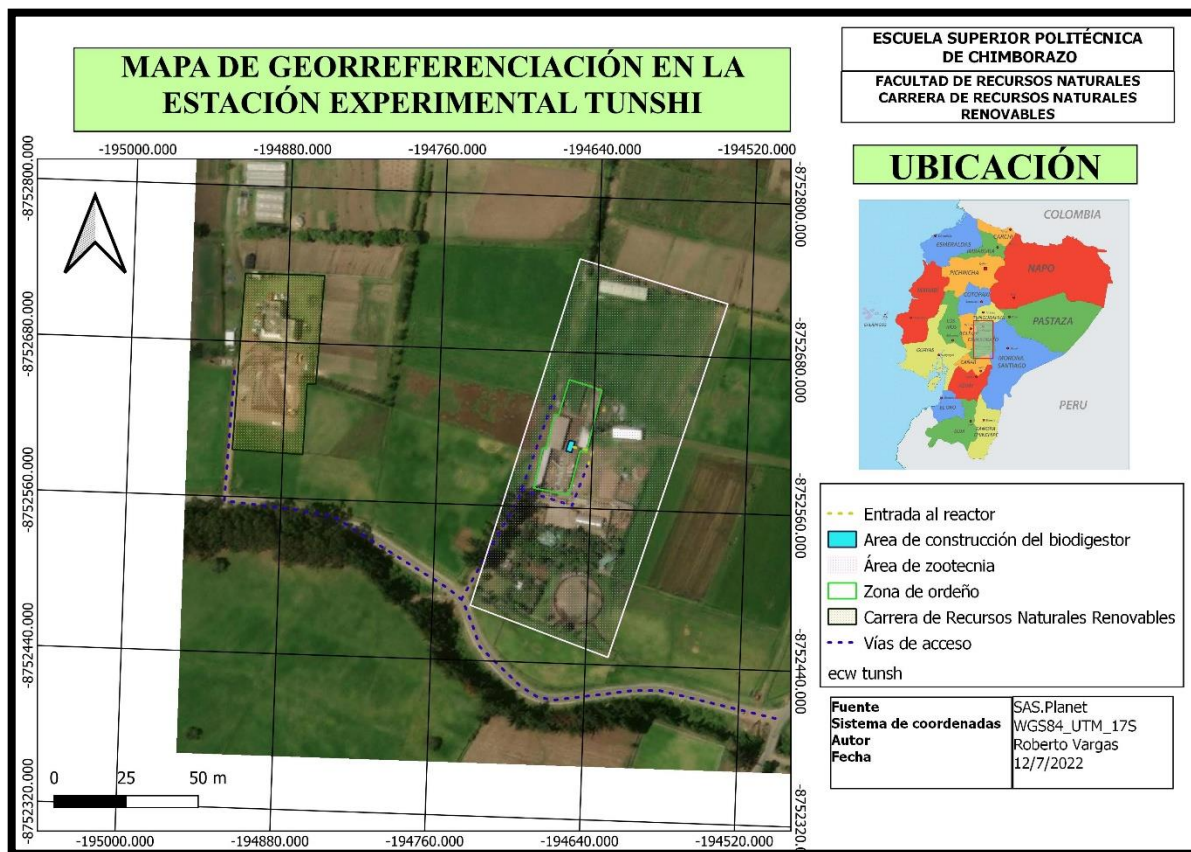


Ilustración 1-3: Mapa georreferenciado de ubicación de estudio.

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.1.3 Visión.

Ser la Estación Experimental líder en cinco años, en el área pecuaria a nivel de las Universidades afines en investigación, vinculación y apoyo académico, en la capacitación práctica de estudiantes internos y externos, garantizando y contribuyendo con la educación impartida en las aulas, ejecutando actividades de producción y explotación pecuaria. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2018).

3.1.4 Misión.

La Estación Experimental Tunshi con su área pecuaria tiene como finalidad contribuir con la formación académica, generando investigación, vinculación con el medio externo, construyendo una sociedad politécnica con enfoque al buen vivir. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2018).

3.1.5 Principios y Valores

Según Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (2018) La Estación Experimental Tunshi es una entidad que cuenta con talento humano de alta pertinencia a nuestra institución, que se rige a principios y valores académicos, productivos y de explotación pecuaria y agrícola, aportando con el desarrollo profesional y ético a los estudiantes con calidad y calidez ante la sociedad a servir, fortaleciendo con responsabilidad y autonomía personal en un marco de libertad de pensamiento y desarrollo profesional, cumpliendo con los siguientes principios y valores:

Honestidad-integridad

Responsabilidad-Compromiso

Equidad de género

Puntualidad

Perseverancia

Gratitud

Su lema: “SER SIEMPRE LOS PRIMEROS”

3.2. Investigación documental

3.2.1 Materiales

- Documentos científicos
- Internet
- Libros

3.2.2 Equipos

- Computadora

3.2.3 Método

Para la investigación bibliográfica del proyecto se debe tomar en cuenta artículos científicos, revistas de alto nivel y libros que nos puedan facilitar la elaboración de este, con ello tomaremos datos, formulas y técnicas que utilizaremos posteriormente en el presente trabajo, así como tomar en cuenta

las recomendaciones propuestas por cada uno de los autores para poder elaborar de una manera exitosa.

3.3. Cálculo de parámetros constructivos del biodigestor

3.3.1 *Materiales*

- Calculadora
- Manual de construcción
- Cuaderno
- Lapicero
- Computadora

3.3.2 *Método*

Para el cálculo de los parámetros necesarios en la elaboración del biodigestor se necesitó una base científica otorgada por (Marti 2019) la misma que sirve de gran ayuda en los cálculos de dimensiones necesarias en la elaboración del biodigestor. Utilizando dichas formulas obtendremos las medidas exactas de nuestro biodigestor propuesto para la estación experimental.

3.3.3 *Cantidad de estiércol necesario*

Para el trabajo se proyectó encender un calefón que requiere 1300 lt de biogás para ser encendido durante dos horas diarias como se observa en la Tabla -3. Por lo cual al determinar la carga diaria de estiércol se tomó la referencia de la Tabla 7-2.

Tabla 1-3. Relación calefón consumo de biogás.

Uso del biogás	Consumo de biogás hora (l/h)
calefón de agua (14kw)	1300 lt

Fuente:(Marti 2019, p. 23)

Por lo que se estimó una temperatura entre 28-32 °C, con un tiempo de retención de 40 días y utilizando estiércol de vaca por lo que la producción de biogás es de 38 (l/kg).

De esta forma se evidenció la relación producción- consumo de biogás.

$$Kg \text{ excreta} = \frac{1300}{38} = 34,21052632 \text{ kg}$$

Tabla 2-3. Resumen de carga diaria.

parámetro	Valor	Unidad
Biogas necesario para calefón	1300	lt
Biogas producido por kg de estiércol ganado	38	lt/kg
estiércol necesario	34,21052632	kg

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

Por ende, la carga diaria de estiércol óptima sería de 34,21 kg.

3.3.4 Cantidad de agua necesaria

Mediante la investigación previa en la Tabla 4-2 se utilizará una relación 1:3 siendo así que por cada kg de estiércol se agregará 3 litros de agua.

$$lt \text{ agua} = 34,21 * 3 = 102,64$$

Tabla 3-3 Resumen de carga de agua.

Parámetro	Valor	Unidad
Relación 1:3 estiércol-agua		
estiércol necesario	34,21052632	kg
Carga de agua	102,6315789	lt

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

De esta manera determinamos que la cantidad de litros necesarios para el biodigestor establecido es de 102,63 lt diarios de agua que se obtendrá del canal de riego proporcionado.

3.3.5 Volumen del biodigestor

Mediante el uso de la Ecuación 2 determinamos primeramente la carga diaria total, así mismo utilizando la Ecuación 1 podemos hallar el volumen que necesita el biodigestor.

$$VT = VL + VB$$

$$VT = 34,21 + 102,63$$

$$VT, CD = 136,84lt$$

$$VL = TR \times CD$$

$$VL = 40 \times 136,84lt$$

$$VL = 5473,68 lt$$

$$VL = 5,47368 m^3$$

Tabla 4-3 Resumen del volumen del biodigestor.

Parámetro	Valor	Unidad
Carga diaria		
Estiércol necesario	34,21052632	kg
Carga de agua	102,6315789	lt
VT,CD, Carga diaria total	136,8421053	lt
Tiempo de retención	40	días
Volumen del biodigestor	5473,684211	lt
Volumen del biodigestor en m3	5,473684211	m3

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

Con ello decimos que para una carga diaria total de 136,84 y un tiempo de retención de 40 días se requiere un volumen del biodigestor de 5,47m³.

3.3.6 Tamaño de zanja

Para determinar el tamaño correcto de la zanja podemos tomar en referencia la Tabla 10-2 donde tendremos referencias de la inclinación del talud de la zanja que en este caso se utilizó de 0° a su vez se utilizó un ancho de del plástico disponible en el mercado de 2m teniendo una circunferencia de 4m, utilizamos la Ecuación 3 para determinar el radio de la circunferencia.

Circunferencia

$$C = 2 \times \pi \times r$$

$$C = 2 \times \pi \times 0,64$$

$$C = 4$$

Radio

$$r = \frac{C}{2 \times \pi}$$

$$r = \frac{4}{2 \times 3,14}$$

$$r = 0,64 \text{ m}$$

A su vez basándonos en la Tabla 10-2 determinamos a: ancho inferior, b: ancho superior, p: profundidad.

Ancho inferior

$$a = 1,34 \times r$$

$$a = 1,34 \times 0,64 \text{ m}$$

$$a = 0,8535$$

Ancho superior

$$b = 1,34 \times r$$

$$b = 1,34 \times 0,64 \text{ m}$$

$$b = 0,8535$$

Profundidad

$$p = 1,34 \times 0,64 \text{ m}$$

$$a = 0,8535$$

Sin embargo, utilizando la Ecuación 7 podemos determinar el área del trapecio de la zanja en m^2 , con la Ecuación 8 determinamos la longitud de la zanja, con la Ecuación 4 calculamos el diámetro de la circunferencia del plástico, y finalmente con la Ecuación 5 determinamos la relación longitud diámetro para determinar si es apto la construcción de la misma.

Área del trapecio

$$A \text{ zanja} = p \times \frac{(a + b)}{2}$$

$$A \text{ zanja} = 1 \times \frac{(0,8535 + 0,8535)}{2}$$

$$A \text{ zanja} = 0,85 \text{ m}^2$$

Longitud de la zanja

$$V \text{ zanja} = VL = A \text{ zanja} \times L$$

$$L = \frac{VL}{A \text{ zanja}}$$

$$L = \frac{5,47}{0,85}$$

$$L = 6,4248 \text{ m}$$

Diámetro del Reactor

$$D = 2 \times r$$

$$D = 2 \times 0,64$$

$$D = 1,2738 \text{ m}$$

Relación longitud-diámetro

$$\frac{L}{D} = (5 \text{ a } 10)$$

$$\frac{L}{D} = \frac{6,4248}{1,27}$$

$$\frac{L}{D} = 5,043$$

3.4. Delimitar el área para implementación

3.4.1 Materiales

- Cámara fotográfica
- GPS
- Metro

3.4.2 Método

Para delimitar la zona perfecta de instalación del equipo se buscará juntamente con el director de la estación experimental, una zona no muy alejada a la zona de ordeño, ya que esta será la fuente de alimentación para el biodigestor, así mismo deberá ser una zona que pueda ser vigilada. Deberá estar alejada de lugares que utilicen fuego ya que este equipo es altamente explosivo y peligroso.

Al identificar el lugar mediante una cámara fotográfica tomaremos varias imágenes que servirán para delimitar la zona de instalación, así mismo mediante GPS se deberá situar las coordenadas donde estará establecido el trabajo, y se obtendrán las medidas del área para calcular todos sus parámetros constructivos.



Ilustración 2-3: Medición del terreno mediante flexómetro.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.5. Determinar impactos ambientales en la zona de construcción.





3.5.1 *Materiales*

- Libreta
- Esferográfico
- Cámara fotográfica
- Inventarios botánicos
- Inventario faunístico

3.5.2 *Método*

Para determinar de qué manera podríamos dar un impacto a la zona donde se instalará el biodigestor se observaremos la flora y fauna existente en la zona, evidenciando con fotografías que especies se vieran afectadas al limpiar el terreno y empezar una construcción en el sector, así como identificar como se utiliza actualmente el terreno.

Tabla 5-3: Recopilación de especies identificadas.

ESPECIE	CARACTERIZACIÓN
 <p>Ilustración 3-3: Especie 1</p>	<p>Nombre común: Trébol Blanco Nombre científico: Trifolium repens Reino: Plantae Familia: Fabáceas</p>
 <p>Ilustración 4-3: Especie 2</p>	<p>Nombre común: Cerraja Nombre científico: Sonchus oleraceus Reino: Plantae Familia: Asteraceas</p>
 <p>Ilustración 5-3: Especie 3</p>	<p>Nombre común: Césped Nombre científico: Pennisetum clandestinum Reino: Plantae Familia: Poaceas</p>
 <p>Ilustración 6-3: Especie 4</p>	<p>Nombre común: Mosca doméstica Clase: Insecta Orden: Diptera Reino: Animalia Familia: Muscinae</p>

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

Teniendo en cuenta la información de análisis de impactos ambientales se determina que las especies existentes en el sitio de construcción no afecta de manera significativa en la conservación de especies al no existir especies en peligro de extinción o especies endémicas.

3.6. Preparar el terreno dentro de la estación experimental

3.6.1 *Materiales*

- Palas
- Manguera de nivel
- Estacas
- Piola

3.6.2 *Método*

Una de las bases principales para la instalación del biodigestor es preparar y nivelar el terreno, de esta manera utilizaremos como base principal un tractor o maquinaria que nos permita compactar el terreno a utilizar, así mismo mediante herramientas de nivelación se verificará que el terreno este lo más nivelado y limpio posible con respecto a referencias como son terrenos preestablecidos, así mismo se deberá realizar una zanja respectiva para evitar que en días lluviosos el agua ingrese a la zona donde se encontrará el biodigestor, a continuación mediante piola y estacas se marcará la zona de excavación, la caja de entrada y salida; así como otros parámetros como la cubierta de plástico tipo invernadero y los límites del terreno.



Ilustración 7-3: Preparación manual del terreno

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.7. Excavación del terreno

3.7.1 *Materiales*

- Palas
- Manguera de nivel
- Estacas
- Piola

3.7.2 *Equipos*

- Tractor

3.7.3 *Método*

A Continuación, una vez establecido el terreno se procederá a excavar la zona donde se instalará el biodigestor, manteniendo las áreas calculadas, así mismo se excavará la zona donde se instalará la caja de entrada y de salida. De igual forma las zanjas exteriores para drenar el agua en tiempo de mayor caudal de precipitación se delimitarán con palas para su perfecta instalación.



Ilustración 8-3: Excavación manual a la izquierda y retirada de material a la derecha

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.8. Construcción de caja de entrada y salida

3.8.1 *Materiales*

- Bloques
- Cemento
- Concreto
- Agua
- Bailejo
- Regla de nivel
- Plomada

3.8.2 *Método*

Para construir las cajas de entrada y salida del biodigestor se establecerá con anterioridad las dimensiones correctas para aprovechar de mejor manera el biodigestor, al ser una construcción de hormigón y cemento se utilizará un modelo cuadrilátero para facilitar su elaboración.



Ilustración 9-3: Construcción de
caja de entrada.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.9. Instalación de protección de piso.

3.9.1 *Materiales*

- Costal
- Madera
- Rollo de costales

3.9.2 *Método*

Para el correcto funcionamiento del biodigestor, se requiere que el suelo este protegido con agentes que puedan perforar el reactor, de esta manera se coloca un rollo de costales en el suelo, luego se fija al piso y se colocan costales llenos de arena o tierra para que se mantenga en el lugar.



Ilustración 10-3: Finalización de instalación de cubierta inferior

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.10. Instalación del biodigestor

3.10.1 Materiales

- Bolsa plástica de geomembrana o polietileno
- Tubería PVC
- Uniones de PVC
- Malla de geomembrana
- Tubos PVC
- Codos
- Unión de tubo
- Tiras de caucho
- Pega tubo
- Silicona

3.10.2 Método

Para la instalación del biodigestor se requerirá que las cajas de entrada y salida ya estén previamente instaladas, con ello continuaremos colocando en la excavación prevista para el biodigestor con una malla que nos permitirá proteger el reactor ante cualquier superficie corto punzante que pueda rayar y perforar al biodigestor, a continuación se deberá colocar en la bolsa de geo membrana las uniones

y tubos pre establecidos para la salida del gas, se procederá a colocar la tubería de entrada y de salida del reactor y se sellara con tiras de caucho y pegamento fijado completamente para que no exista ninguna fuga de la misma.



Ilustración 11-3: Templado del plástico reactor a la izquierda y anclaje de tubería a la derecha.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

Una vez que el reactor se haya preparado y comprobado que se haya sellado de manera correcta, se procede a llevar a la excavación, donde se conectará directamente a las cajas de entrada y salida, así como se conectará a tubos PVC a la salida del Biogás que nos servirán para transportar dicho componente.



Ilustración 12-3: Instalación del plástico reactor dentro de la zanja

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.11. Instalación de válvula liberadora de presión y trampa de sulfuros

3.11.1 Materiales

- Tubería PVC
- Manómetro
- Agua
- Herramientas de tubería
- Botella
- Limadura de hierro

Una vez instalado el biodigestor en su lugar correcto se procede a instalar el liberador de presión y trampa de sulfuros para su correcto desarrollo y seguridad de este, para lo cual en la línea de tubería se procede a instalar válvula liberadora de presión utilizando agua y manguera dentro de una botella y el filtro de sulfuros con tubería PVC y limadura de hierro.



Ilustración 12-3: válvulas de seguridad.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.12. Construcción de cubierta de protección

3.12.1 *Materiales*

- Tubería PVC
- Plástico de invernadero
- Tecele
- Grapas de invernadero
- Martillo
- Tijeras
- Piola

3.12.2 *Método*

La construcción de la cubierta de protección es esencial ya que esta mantendrá la temperatura del biodigestor de manera estable y ayudará a prevenir agentes climáticos desfavorables para la fermentación anaerobia, por ello se deberá hacer un invernadero tipo túnel; se debe colocar tubos PVC que se insertarán a la tierra, estos servirán como base, así mismo se instalaran tubos curvos en

las bases, para posteriormente temprar una piola en la superficie de los tubos curvos para alinearlos, se procederá a colocar el plástico de invernadero, se templarará con el tecele de ser necesario y se sellaran con grapas a las bases.



Ilustración 13-3 Medición de estructura metálica de invernadero

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.



Ilustración 14-3: Instalación de estructura en zanja.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.



Ilustración 15-3: Instalación de cubierta superior.

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.13. Llenado de la primera carga

3.13.1 *Materiales*

- Balde
- Estiércol
- Agua
- Pala
- Soplador

3.13.2 *Método*

Para el primer llenado se deberá inflar el biodigestor, sellándolo de un lado para verificar que todo este correctamente sellado, a continuación, se procederá a llenar la mezcla de agua y estiércol.



Ilustración 16-3: De izquierda a derecha balanza sin estiércol y balanza con estiércol

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.14. Toma de muestras

3.14.1 Materiales

- Pala
- Biól
- Fundas estériles o recipientes
- Mechero de bunsen
- Termómetro

3.14.2 Método

El método de muestreo optimo será de aleatorio simple ya que este nos permitirá obtener resultados que posteriormente se analizan y al ser al azar podremos tener un estimado de los compuestos químicos tanto de la entrada y de la salida del reactor, así mismo medimos en tiempo la llama de gas y la temperatura interna del invernadero.



Ilustración 17-3: Toma de datos de PH caja de entrada a la izquierda y caja de salida a la derecha.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.



Ilustración 18-3: Análisis de nivel de PH de ambas cajas.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.



Ilustración 19-3: Prueba de flameado de biogás.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.



Ilustración 20-3: Control de temperatura interna de invernadero.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.15. Métodos de control de calidad de los datos mediante la medición de composición química.

3.15.1 *Materiales*

- Muestras
- Laboratorio certificado

3.15.2 *Método*

Para un correcto funcionamiento del biodigestor se debe analizar mediante laboratorio, los compuestos producidos por el componente por ende se llevarán las muestras al laboratorio donde se estimará el porcentaje de compuestos produce el equipo.



Ilustración 21-3: Toma de muestra de biól para análisis químico.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.16. Revisión final de fallas en el biodigestor

3.16.1 *Materiales*

- Cuaderno
- Esfero

3.16.2 Método

Para concluir la construcción adecuada del biodigestor, revisamos parte por parte la construcción para determinar fallas en el sistema, realizando análisis de cada parámetro y cumplimiento de esta.



Ilustración 22-3: De izquierda a derecha, toma de salida y toma de entrada del biodigestor.

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

3.17. Instalación del calefón

3.17.1 Materiales

- Calefón
- Mangueras
- Abrazaderas
- Clavos

- Tornillos

3.17.2 Equipos

- Taladro

3.17.3 Método

Mediante la extensión del gas con tubería se conecta al calefón que previamente se realizó las perforaciones en la pared para su colocación, sin embargo, se debe seleccionar un lugar que no exista tanta corriente de aire que permitirá su ventilación y así mismo evitará que este se apague mediante su funcionamiento, y finalmente se extiende la tubería de salida de agua caliente hasta el lugar de su utilización.

3.18. Modelos de análisis e interpretación

3.18.1 Materiales

Resultados muestrales

3.18.2 Equipos

Ordenador

3.18.3 Método

Se utilizará el método descriptivo el mismo que en base a los resultados obtenidos en laboratorio se podrá interpretar la calidad del equipo y la eficacia de este para posteriormente su uso y beneficios en la agricultura y la sociedad.

3.18.4 Análisis de objetivos de desarrollo sustentables

3.18.5 Materiales

Objetivos de la ONU

3.18.6 Equipos

Ordenador

3.18.7 Método

Se analiza cada objetivo y se identifica que objetivos cumplen con el desarrollo del presente trabajo cuyos análisis se reflejan a continuación:

3.18.7.1 Objetivos aplicables

Tabla 6-3: Objetivos aplicables.

OBJETIVO	INTERPRETACIÓN
Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.	Al crear más proyectos de esta índole se puede generar empleos para el cuidado y mantenimiento de los equipos, así como aumentar productos al mercado del agro generando empleos indirectos.
Objetivo 2: Poner fin al hambre.	Dentro del uso de un biodigestor al generar un fertilizante orgánico y sustentable que aporte con nutrientes benéficos para el suelo, permitirá que no se pierdan cosechas evitando así cultivos desaprovechados, y a su vez el subproducto biogás ayudará a que familias puedan aprovechar esta energía.
Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.	El biól producido puede ser capaz de remplazar al abono químico generando así productos más saludables y garantizando el bienestar humano.
Objetivo 5: Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas.	Al ser equipos de cuidados minuciosos pueden ser realizados tanto por mujeres como hombres, así como la venta de los productos producidos se puede empoderar más la confianza en el mercado por mujeres.
Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.	La creación de biodigestores a pequeña y gran escala podremos generar energía suficiente para alimentar

	desde cocinas, calefones hasta generar electricidad mediante generadores y así alimentar el sistema nacional de transmisión.
Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.	Al generar nuevas alternativas sustentables, se reducirán costos en la producción y aumentara plazas de empleo generando crecimiento económico.
Objetivo 10: Reducir la desigualdad en y entre los países.	Dentro de los objetivos esenciales es la reducción de energías altamente contaminantes en ciudades y países, por ende, la implementación de nuevas energías que reduzcan la contaminación ayudara a que los países crezcan de una manera significativa reduciendo la dependencia de otros al utilizar sus combustibles.
Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.	Los biodigestores al utilizar insumos en degradación podrán abastecerse de productos que antes se degradaban por perdidas post cosecha.
Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.	Una medida esencial para reducir el efecto invernadero es la utilización de estos equipos ya que ayudaran a transformar el metano que es altamente contaminante en energía.
Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.	Gracias a técnicas de agro insumos, abonos, verdes y abonos orgánicos podremos recuperar varias tierras que se creían perdidas por factores climáticos y malas prácticas ecológicas.

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

3.19. Manual de funcionamiento

3.19.1 *Importancia*

Para el correcto manejo y cuidado del biodigestor se deberá tener en cuenta varios aspectos detallados a continuación.

3.19.2 *Carga diaria*

Para evitar daños en el reactor, se deberá mantener una carga diaria de 34 kg de estiércol a una cantidad de agua de 103 lt, realizando una mezcla homogénea en la caja de entrada, de preferencia realizar la carga mediante se realiza el uso del biogás.

Uso del gas.

3.19.2.1 Proceso

Se sugiere utilizar una carretilla y una pala para la recolección del estiércol, y poder transportarla hacia la caja de entrada, aproximadamente una carretilla equivaldría a los 34kg de estiércol necesarios, sin embargo, se recomienda realizar la medición necesaria antes de cargas, así mismo para agregar el agua, se usará un balde de 20 litros y se colocará en cantidades homogéneas en relación 1:3 para que la mezcla sea más fácil su fermentación.

3.19.3 Mantenimiento

- Control de pH, al obtener el biól en la caja de salida se deberá utilizar cintas de pH en la cual mediante la coloración determinaremos que el rango este entre 6 y 8, con ello controlaremos que el biól se mantenga en perfectas condiciones para su uso, en caso de que el pH salga muy acido de 0 a 5 se recomienda agregar un balde de 20 litros de agua adicional por carga diaria, a su vez si sale muy alcalino de 9 a 14 se recomienda agregar un balde adicional de estiércol para regular.
- Controlar el regulador de presión, este deberá estar siempre con agua como máximo en el indicador señalado que sería un poco más de la mitad del regulador.
- Revisar que la puerta siempre permanezca cerrada y las entradas al reactor de igual manera ya que esto evitara que algún animal se acerque a realizar algún daño externo.
- Mantener el área limpia y el área verde al contorno podado para que ayuden a proteger ante agentes climáticos.
- Controlar que en la caja de salida no se llene en su totalidad ya que esto podría causar daños y alteraciones en el biodigestor.

3.19.4 Advertencia

Se prohíbe rotundamente fumar, o realizar llamas de fuego alrededor del lugar ya que el reactor es inflamable y podrían ocurrir desastres.

Se prohíbe utilizar aparatos filosos dentro del reactor, esto podría causar una perforación y dañarlo en su totalidad.

En caso de existir un taponamiento en la caja de entrada se puede utilizar la piola de desfogue para poder desatorar sin causar daño alguno.

3.19.5 Uso del gas

Para la utilización del gas en el calefón se deberá agregar dos baldes de agua o biól de 20 lt en la caja de entrada para ejercer mayor presión dentro del sistema, con ello lograremos obtener una llama constante al encender el calefón y de igual forma se obtendrá el agua caliente requerida.

3.19.6 Recomendaciones

Se recomienda realizar estos mantenimientos para el correcto funcionamiento del biodigestor y de esta manera evitar daños colaterales con el biodigestor y evitar consecuencias por mal uso de este.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Dimensionamiento del biodigestor

$\alpha(^{\circ})$	C(m)	r(m)	a(m)	b(m)	p(m)	Azanja(m)	L(m)	D(m)	L/D
0	4	0,6	0,8535031	0,8535031	1	0,8519615	6,4248020	1,2738853	5,0434695

Tabla 1-4: Resumen de dimensionamiento de la zanja

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

4.1.1 Resultados de cálculos de diseño

Se determinó que, para el biodigestor de 5,47m³ se determinaron las dimensiones presentadas; con un talud de $\alpha(^{\circ})= 0^{\circ}$ y circunferencia de plástico de 4m del plástico, con una relación L/D= 5,04, de este modo la zanja tendrá a=0,85m ancho superior, b=0,85m ancho inferior y profundidad p=1 con 6,42 m de longitud.

Tabla 1-4: Parámetros de diseño.

DISEÑO		
PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Tiempo de retención	40	Días
Cantidad de estiércol	35	Kg/día
Volumen de agua	103	lt
Biogás producido por kg de estiércol	38	lt/kg
Carga diaria Total	137	lt
Volumen del biodigestor	5,47	M ³
Diámetro del biodigestor	4	m
Longitud del biodigestor	6,43	m

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.2. Relación temperatura interna y externa del invernadero en el tiempo de retención establecido

Tabla 2-4: Temperatura hora solar pico y TR.

FECHA	Temperatura 14h00	
	Ambiente	Invernadero
1/6/2022	19	29
2/6/2022	20	31
3/6/2022	19	28
4/6/2022	20	30
5/6/2022	20	31
6/6/2022	19	28
7/6/2022	19	27

8/6/2022	19	27
9/6/2022	20	28
10/6/2022	20	29
11/6/2022	19	27
12/6/2022	19	26
13/6/2022	19	28
14/6/2022	19	29
15/6/2022	19	32
16/6/2022	19	30
17/6/2022	20	30
18/6/2022	19	28
19/6/2022	19	27
20/6/2022	20	28
21/6/2022	20	29
22/6/2022	20	31
23/6/2022	19	29
24/6/2022	19	28
25/6/2022	19	28
26/6/2022	19	29
27/6/2022	19	28
28/6/2022	20	28
29/6/2022	20	31
30/6/2022	19	28
1/7/2022	20	33
2/7/2022	20	29
3/7/2022	19	27
4/7/2022	18	27
5/7/2022	18	28
6/7/2022	19	28
7/7/2022	19	28
8/7/2022	19	29
9/7/2022	19	29
10/7/2022	20	34
PROMEDIOS	19,39	28,85

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

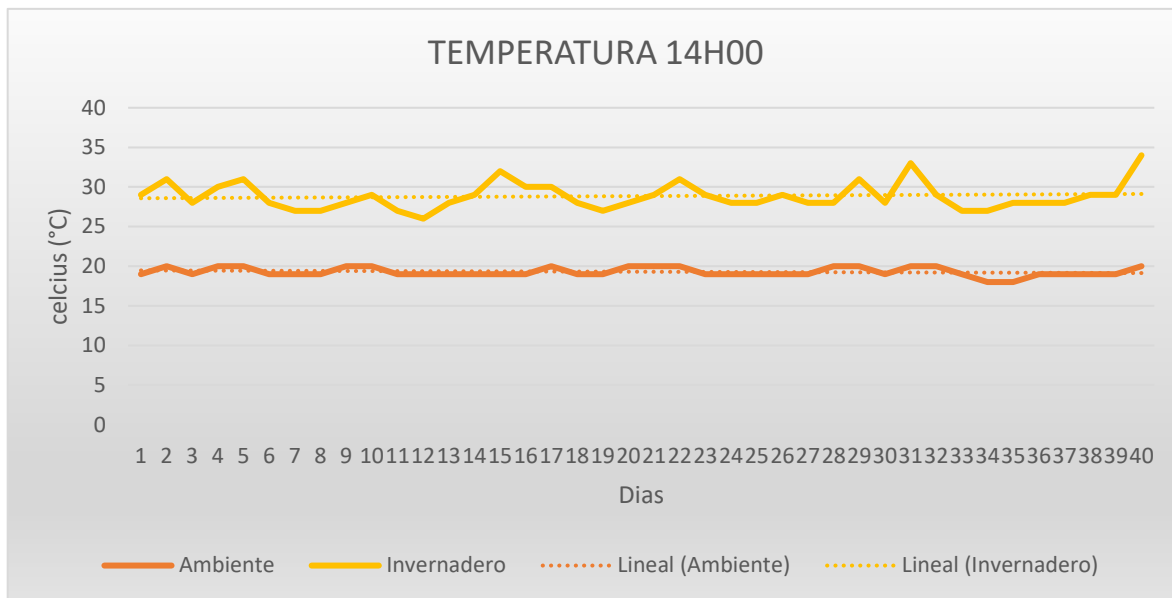


Ilustración 1-4: Relación temperatura-Tiempo de retención

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.2.1 Interpretación

Al observar la 1-4, cuyos datos se lograron obtener gracias a la Tabla 2-4, donde comparamos dos parámetros, el uno viene siendo la temperatura ambiente y el otro la temperatura dentro del invernadero, teniendo en cuenta la toma de datos a las 14h00 horas. Siendo esta la hora solar pico en el lugar de toma de datos, evidenciamos la variación diaria donde podemos detallar que en el tiempo de retención establecido la temperatura ambiente según el día podremos obtener desde los 18 grados Celsius °C, hasta los 20 grados Celsius °C, mientras que la diferencia de temperatura es evidente dentro de la cubierta del biodigestor, ya que las temperaturas oscilan de 27 grados Celsius °C, hasta los 34 grados Celsius °C, de esta manera podemos evidenciar una variación de temperatura de 8-13 °C, así mismo al determinar que las temperaturas dentro de la cubierta son altas, podemos determinar que se crea un ambiente estable para que bacterias anaerobias; en este caso bacterias Psychrophilic y bacterias Mesophilica puedan vivir en el ambiente anaerobio dentro del biodigestor cuyas temperaturas optimas serán desde 25-35 °C, según Annapure and Pratisha (2022) por ende podemos evidenciar una producción correcta de biogás y así mismo una fermentación correcta para obtener un buen fertilizante, finalmente podemos evidenciar mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.-4** que en los días 5, 22, 31 y 40 se ha incrementado la temperatura de una manera significativa siendo esto factor clave para acelerar el proceso de crecimiento y reproducción de microorganismos anaerobios, teniendo como resultado una producción más eficiente.

4.3. Análisis de biól

Tabla 3 -4: Coloración de salida.

FECHA	Coloración
1/6/2022	Verde Palta
2/6/2022	Verde Palta
3/6/2022	Verde Palta
4/6/2022	Verde Palta
5/6/2022	Verde Palta
6/6/2022	Verde Palta
7/6/2022	Verde Palta
8/6/2022	Verde Palta
9/6/2022	Verde Palta
10/6/2022	Verde Palta
11/6/2022	Verde Palta
12/6/2022	Verde Palta
13/6/2022	Verde Palta
14/6/2022	Verde Palta
15/6/2022	Verde Palta
16/6/2022	Verde Palta
17/6/2022	Verde Palta
18/6/2022	Verde Palta
19/6/2022	Verde Palta
20/6/2022	Verde Palta
21/6/2022	Verde Palta
22/6/2022	Verde Palta
23/6/2022	Verde Palta
24/6/2022	Verde Palta
25/6/2022	Verde Palta
26/6/2022	Verde Palta
27/6/2022	Verde Palta
28/6/2022	Verde Palta

29/6/2022	Verde Palta
30/6/2022	Verde Palta
1/7/2022	Verde Palta
2/7/2022	Verde Palta
3/7/2022	Verde Palta
4/7/2022	Verde Palta
5/7/2022	Verde Palta
6/7/2022	Verde Palta
7/7/2022	Verde Palta
8/7/2022	Verde Palta
9/7/2022	Verde Palta
10/7/2022	Verde Palta
PROMEDIOS	Verde Palta

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

Tabla 4-4: Producción de biól.

FECHA	Producción de biól/día	Volumen mensual
1/6/2022	110	110
2/6/2022	120	230
3/6/2022	130	360
4/6/2022	100	460
5/6/2022	113	573
6/6/2022	122	695
7/6/2022	102	797
8/6/2022	110	907
9/6/2022	115	1022
10/6/2022	113	1135
11/6/2022	118	1253
12/6/2022	120	1373
13/6/2022	110	1483
14/6/2022	115	1598
15/6/2022	120	1718
16/6/2022	130	1848
17/6/2022	100	1948

18/6/2022	120	2068
19/6/2022	130	2198
20/6/2022	125	2323
21/6/2022	130	2453
22/6/2022	118	2571
23/6/2022	112	2683
24/6/2022	120	2803
25/6/2022	121	2924
26/6/2022	123	3047
27/6/2022	124	3171
28/6/2022	127	3298
29/6/2022	127	3425
30/6/2022	116	3541
1/7/2022	115	3656
2/7/2022	117	3773
3/7/2022	128	3901
4/7/2022	130	4031
5/7/2022	128	4159
6/7/2022	128	4287
7/7/2022	127	4414
8/7/2022	130	4544
9/7/2022	131	4675
10/7/2022	134	4809
PROMEDIOS	120,23	4809

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

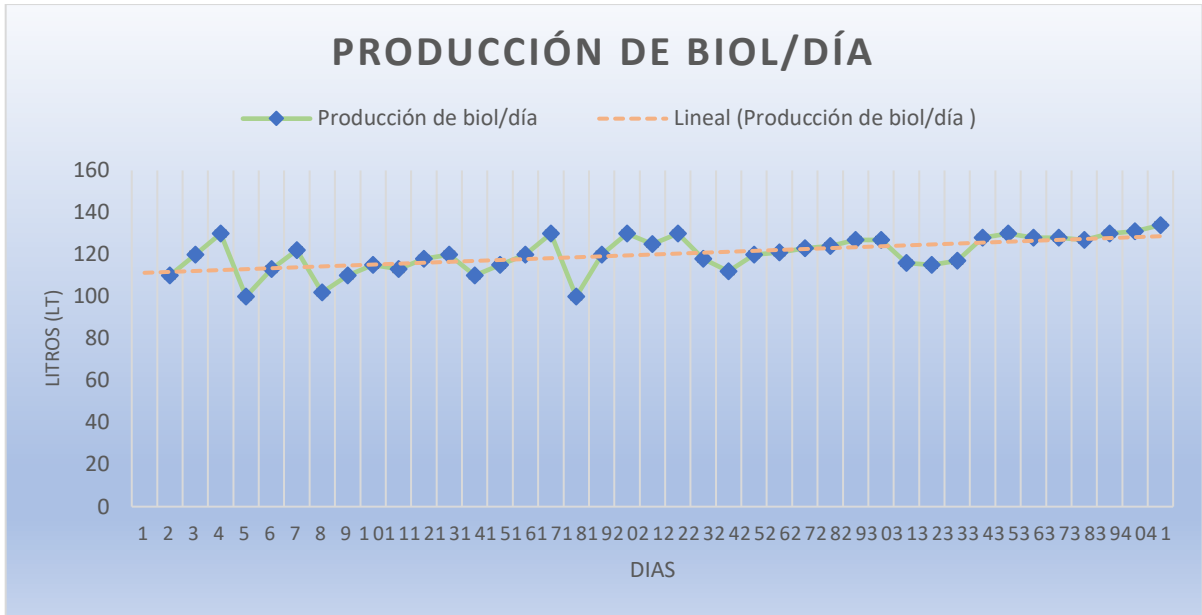


Ilustración 2-4: Línea de tendencia en producción de biól.

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

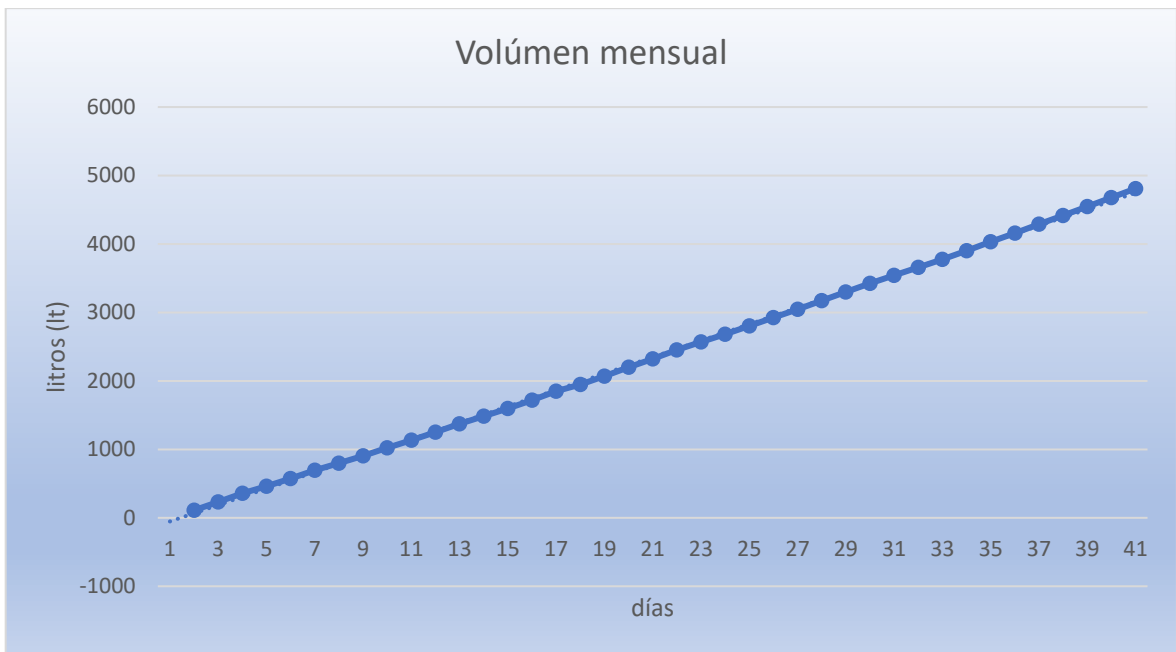


Ilustración 3-4: Tendencia en producción mensual de biól.

Realizado por: Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.3.1 Interpretación

Para el análisis de biól se evidenció dos factores la coloración que en base a la **3-4** se determinó que el color es verde palta con un estado líquido que puede ser fácilmente utilizado en pastos y plantas y adherirse al suelo, así mismo la cantidad diaria de biól se lo determinó en base a la **Tabla 4-4** que la cantidad de biól generado diariamente es de 120,23 lt y 4809 lt mensuales que nos servirán para nutrir suelos y sembríos que requieran de abonos.

4.4. Análisis de PH

Tabla 5-4: Toma de muestras de pH.

FECHA	pH	
	Entrada	Salida
1/6/2022	8	7
2/6/2022	8	7
3/6/2022	9	7
4/6/2022	8	7
5/6/2022	9	7
6/6/2022	8	7
7/6/2022	8	7
8/6/2022	8	7
9/6/2022	8	7
10/6/2022	8	7
11/6/2022	9	7
12/6/2022	8	7
13/6/2022	8	7
14/6/2022	8	7
15/6/2022	8	7
16/6/2022	9	7
17/6/2022	8	7
18/6/2022	8	7
19/6/2022	8	7
20/6/2022	8	7
21/6/2022	8	7
22/6/2022	8	7
23/6/2022	8	7
24/6/2022	8	7

25/6/2022	8	7
26/6/2022	8	7
27/6/2022	8	7
28/6/2022	8	7
29/6/2022	9	7
30/6/2022	9	7
1/7/2022	9	7
2/7/2022	8	7
3/7/2022	8	7
4/7/2022	8	7
5/7/2022	8	7
6/7/2022	9	7
7/7/2022	8	7
8/7/2022	8	7
9/7/2022	8	7
10/7/2022	9	7
PROMEDIOS	8,23	7,00

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

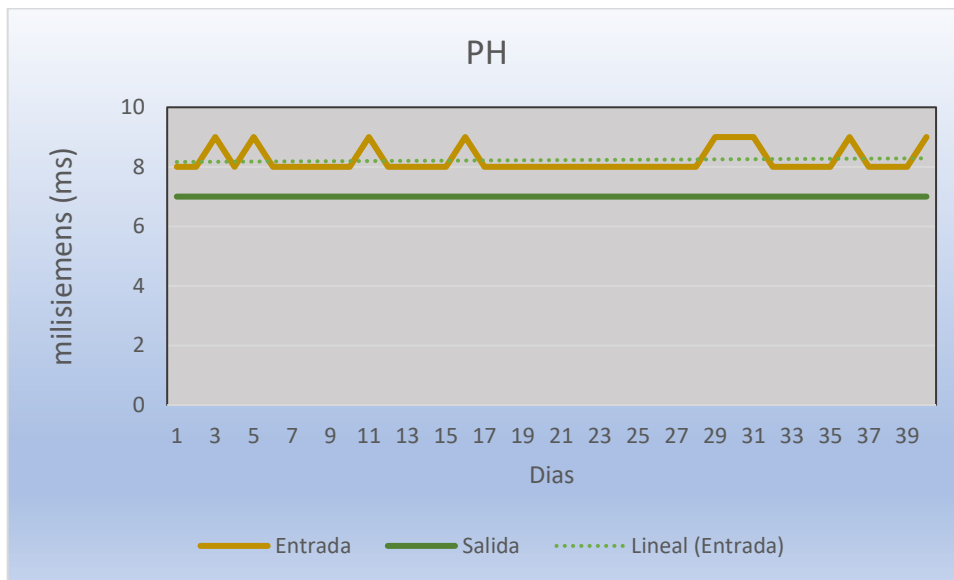


Ilustración 4-4: Variación de pH entrada y salida

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.4.1 Interpretación

Dentro del análisis del pH se realizó muestras tanto del líquido que se depositó en la entrada, como el biól que se obtuvo en la salida y al observar en la salida vemos una variación de 8 y 9 en la escala de pH de la mezcla de entrada, determinando así que entra una mezcla alcalina, a su vez también observamos que en el biól de salida al pasar el tiempo de retención en el biodigestor el pH cambia rotundamente a un pH neutro; por ende, decimos que el biól tiene un pH aceptable para su utilización en cultivos y reintegración a la tierra ya que un pH ácido o alcalino afectarían rotundamente al suelo y la planta ya que toda planta necesitará una estabilidad en el suelo para su crecimiento.

4.5. Relación de alimentación de biodigestor

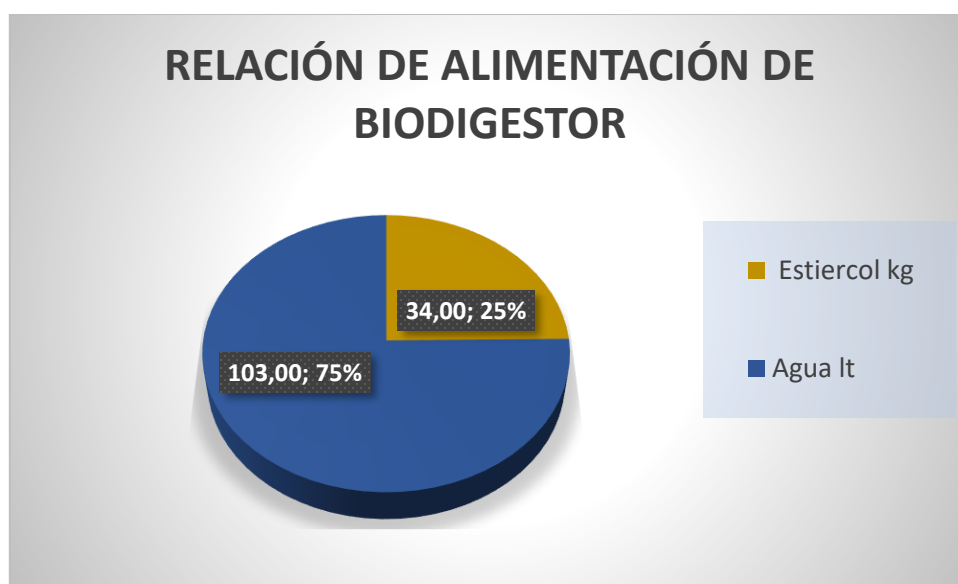


Ilustración 5-4: Relación biól-agua

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

4.5.1 Interpretación

Para la alimentación del biodigestor se realizó varios cálculos que nos determinaron el aporte óptimo de estiércol y agua para que según el tiempo de retención establecido sea aceptable para una correcta fermentación y por ende una producción aceptable de biól y biogás, estos se relacionaron un 3:1 es decir por cada parte de estiércol se deberá aumentar 3 partes de agua o a su vez que del 100% de la solución se repartirá el 25% de estiércol y 75% de agua siendo en datos el 34kg de estiércol y 103 lt de agua.

4.6. Análisis fisicoquímicos

4.6.1 Composición química del biól

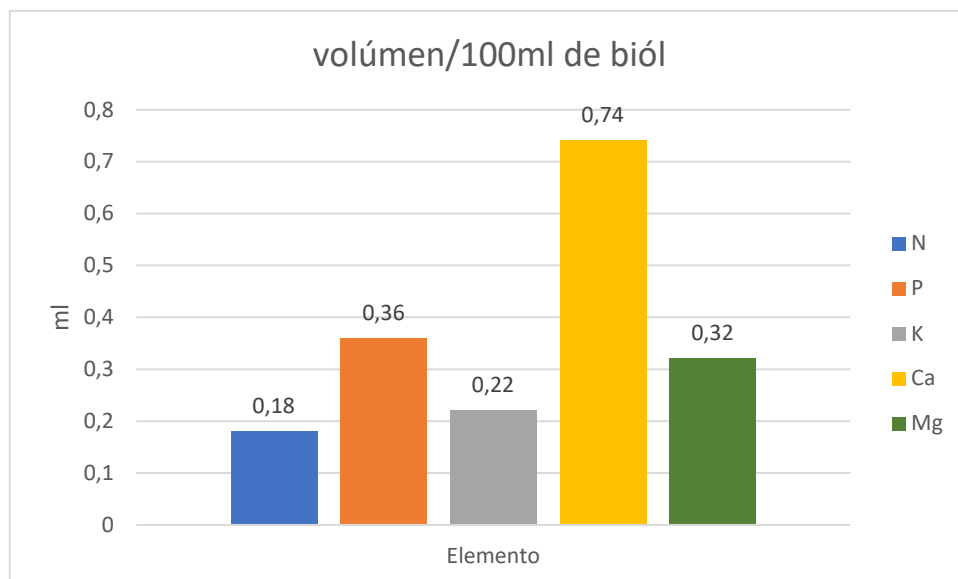


Ilustración 6-4: Porcentaje de principales nutrientes

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

4.6.2 Interpretación

Mediante el análisis de la Ilustración 6-4 podemos identificar 5 nutrientes que un suelo necesita para el desarrollo del mundo biótico; podemos denotar que el análisis se lo realizó al finalizar el tiempo de retención para que los componentes se los obtenga en su máxima concentración, donde podemos determinar que el porcentaje de calcio se ha obtenido en mayor cantidad que los otros elementos, así mismo denotamos la presencia de NKP en concentraciones similares, como producto de la fermentación anaerobia dentro del biodigestor, con ello comprobamos que el biól obtenido es apto para el uso como abono orgánico.

4.6.3 Análisis de pH

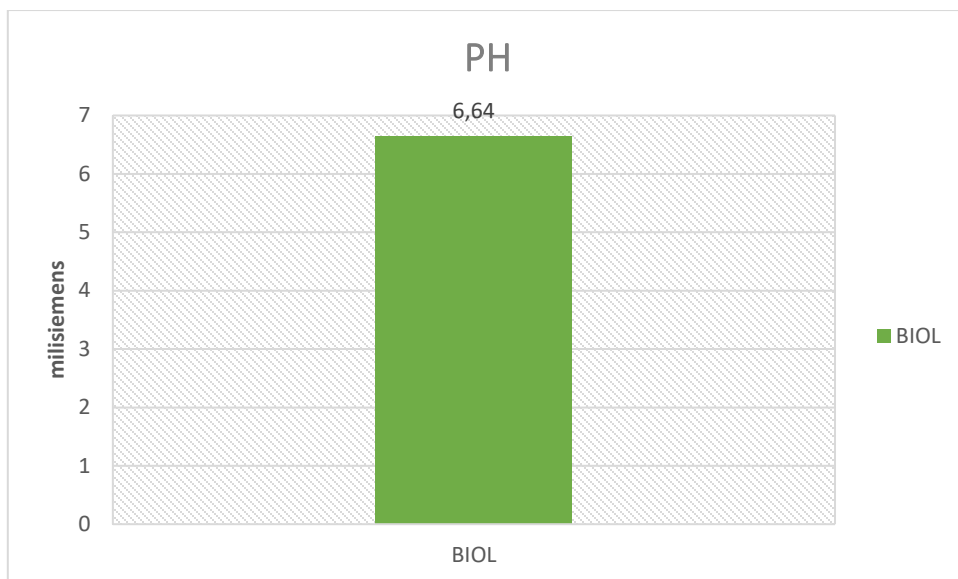


Ilustración7: Rango de pH

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.6.4 Interpretación

Para una correcta producción de biogás y biól se tuvo que controlar el pH resultante, para ello se realizaron pruebas diarias de pH como lo denotamos en la **Tabla 5-4**, sin embargo, al utilizar cintas de pH resulta no ser tan preciso, a comparación de las muestras de laboratorio que nos reflejó un pH de 6,64 siendo este un indicador de un funcionamiento correcto del biodigestor ya que deberá estar en un rango de 6-7 ms el pH.

4.6.5 Conductividad

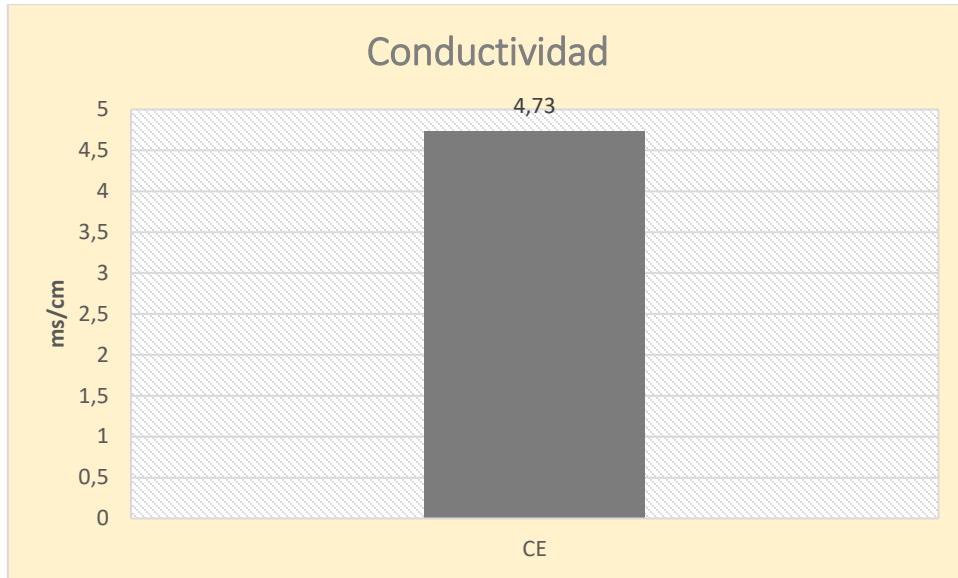


Ilustración 8-4: Conductividad eléctrica

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.6.6 Interpretación

Dentro del parámetro de conductividad podemos evidenciar un contenido alto de este ya que al encontrarse en un rango de 4,73 ms/cm tendríamos que bajar las concentraciones en la dosificación para un cultivo, de esta manera podremos mantener un control mediante los resultados obtenidos.

4.6.7 Otros elementos

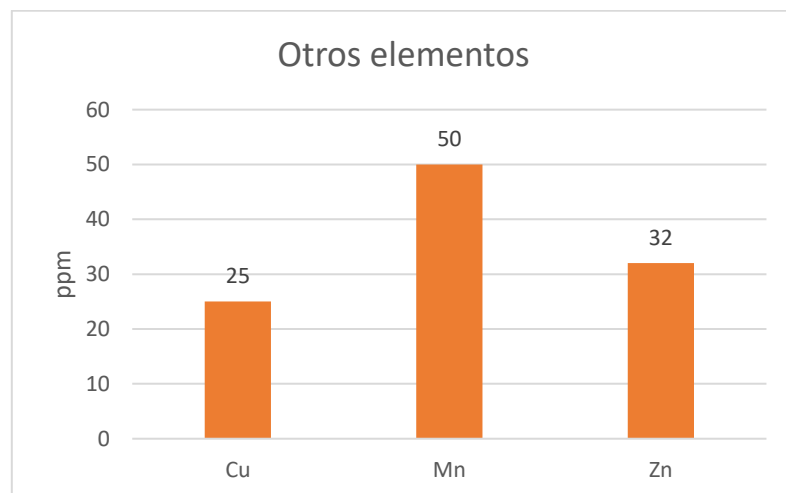


Ilustración 9-4: Elementos adicionales

Realizado por: Vargas, Roberto,2022.

4.6.8 Interpretación

Para el análisis del biól se identificó 3 minerales más que serían Cu, Mn y Zn en menores concentraciones siendo este el de mayor cantidad el Mn al existir 50 ppm y en menor cantidad el Cu con 25 ppm, como se observa en la Ilustración -4.

4.6.9 Materia orgánica

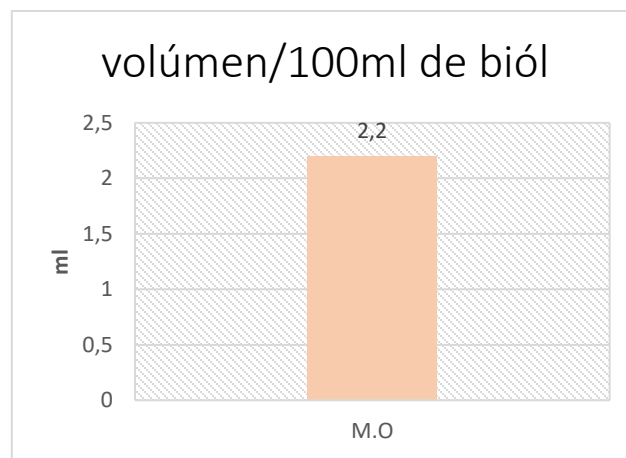


Ilustración 10-4: Concentración de materia orgánica

Realizado por: Vargas, Roberto, 2022.

4.6.10 Interpretación

El análisis de biól nos reflejó un 2,2% de materia orgánica observada en la Ilustración -4, la misma que resulta fundamental en la génesis y evolución de los suelos, constituye una reserva de nitrógeno y ayuda a su estructura, particularmente la de textura fina. La cantidad y calidad de esta materia orgánica influirá en procesos físicos, químicos y biológicos del convirtiéndose en un factor importantísimo de la fertilidad de estos, dando como resultado mejoras evidentes en los cultivos y recuperación de suelos poco fértiles.

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

5.1. Propuesta

A continuación, se muestran contribuciones originales para el lugar establecido donde se desarrolló el trabajo, y a su vez se plantean estrategias e investigaciones que se podrían realizar en base al presente trabajo de integración curricular.

5.1.1 *Propuesta realizada*

Dentro de la estación experimental Tunshi tienen el proceso productivo de producción de leche, donde utilizan varios tipos de fertilizantes para nutrir el suelo de los pastos y en la zona de ordeño utilizan agua caliente para la limpieza de la zona y equipos, de esta manera generan un gasto en la producción. Pero, además del producto dentro de esto generan residuos y desechos, por lo cual se propone poder aprovechar dentro de un biodigestor el estiércol, siendo este uno de los residuos y producir dos subproductos por un lado el biól, por el otro biogás que en mayor proporción está compuesto por metano. De esta manera el biogás será llevado nuevamente al proceso de producción de la leche mediante la alimentación de un calefón que ayudará a tener agua caliente en la zona de ordeño y por otro lado el Biól puede ser utilizado para fertilizar los pastos con los que se alimentan las vacas, estos dos subproductos podría ayudar a reducir costos, reduciendo fertilizantes químicos, generando productos más orgánicos saludables. Además, de esta manera podemos integrar a un proceso productivo de economía circular.

5.1.2 *Propuesta planteada*

- Dentro del presente trabajo, se propone utilizar el biól generado en el presente trabajo y probarlo en el control de plagas en el maíz en la etapa de producción de fruto, comprobando de esa manera su eficacia como repelente de insectos.
- Para futuras investigaciones se propone utilizar el biól del biodigestor, comparando con otras alternativas de biól y fertilizantes químicos para determinar su eficacia con diferentes tipos de cultivos.

- Sirviéndose como base de investigación el presente trabajo, se propone realizar el dimensionamiento, diseño e implementación de un proyecto que utilice el 100% de los residuos sólidos para la obtención de energía tanto eléctrica o térmica para solventar varias necesidades en la estación experimental.
- Se propone almacenar el gas en bombonas comprimiéndole mediante un trabajo investigativo para la optimización de este.

CONCLUSIONES

- Se logró reducir y realizar el tratamiento necesario para los residuos sólidos producidos por el ganado en la estación Experimental Tunshi, evidenciando in situ el cambio realizado.
- Se determinó mediante el estudio in situ que el lugar para la investigación es apto para utilizar los residuos no aprovechados, así como el análisis ambiental determinó que el lugar elegido para la construcción no afecta en la conservación de especies ya que no se evidenció especies endémicas y en peligro de extinción.
- Se logró reutilizar 1020kg de estiércol mensual en un biodigestor de 0,85m de ancho inferior y superior, con un volumen de 5,47 m³; 6,43 metros de longitud y con un diámetro de plástico de polietileno de 4 metros.
- Gracias al correcto dimensionamiento del biodigestor se logró instalar un prototipo de biodigestor para la estación experimental y se logró dar uso del biogás en un calefón que mediante los análisis se logró solventar una hora diaria del calefón encendido.
- Finalmente, a partir del análisis en laboratorio se obtuvo que el biól contiene 0,18% de nitrógeno, 0,36 % de fosforo, 0,22 % de potasio, y se obtiene 120,23 lt de biól diario, por ende, se determinó que el biól es apto para el uso en cultivos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar plástico de polietileno para la construcción del reactor o a su vez geomembrana termosellada.
- Es esencial cercar el biodigestor para evitar la entrada de animales que puedan dañar al biodigestor.
- Si se va a instalar un calefón o una cocina para la utilización del biogás se recomienda quitar las válvulas reguladoras de presión de los equipos ya que el biogás no dispone de una presión muy elevada.

GLOSARIO

Anaerobia: La palabra anaerobio significa "sin oxígeno", la misma que tiene varios usos, uno de los usos más frecuentes es en los organismos anaerobios que son capaces de existir en ausencia de oxígeno (Campos and Elías 2012, p. 612).

Comuneros: Persona que posee en común con otra u otras una cosa mueble o inmueble, especialmente de esta naturaleza. También se denomina condómينو o condueño (Pérez 2001, p. 110).

Cauces: Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, un canal o cualquier corriente de agua (Álvarez Álvarez 2020, p. 105).

Biomasa: La Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, define la biomasa como la fracción biodegradable de los productos, residuos y desechos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos, incluidos los residuos industriales y municipales de origen biológico. (Nagelberg and Mormandi 2001, p. 120).

Escorrentía: Se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. La hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida (Suasnavas 2018, p. 155).

Eutrofización: Acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un lago, laguna, embalse, etc., que causa la proliferación de ciertas algas (Alvarez 1991, p. 95).

Eutrofización: La eutrofización se refiere al aporte en exceso de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente Nitrógeno (N) y Fósforo (P), en un ecosistema acuático, produciendo una proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua afectadas. (Carbo 2000, p. 201).

Fitoestrógenos: Los fitoestrógenos son compuestos naturales que forman parte de numerosos alimentos de origen vegetal y que están dotados de capacidad estrogénica débil. Aunque la tradición y experiencia de las culturas orientales avala su seguridad y tolerabilidad, el aumento de su consumo como tratamiento alternativo a la terapia hormonal sustitutiva (THS) en los últimos años hace necesarios más estudios que confirmen sus propiedades y garanticen su eficacia y seguridad a largo plazo. (Nagelberg and Mormandi 2001).

GLP: El Gas Licuado del Petróleo- GLP es un combustible que proviene de la mezcla de dos hidrocarburos principales: el propano y butano y otros en menor proporción. Es obtenido de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción.(Fernandez 2022, p. 100).

Lixiviados: El lixiviado es un líquido que percola a través de los residuos sólidos depositados y que extrae sólidos disueltos o suspendidos materiales a partir de ellos.(Antonia 2011, p. 17; Nagelberg and Mormandi 2001).

Metabolitos: Es cualquier sustancia producida durante el metabolismo (digestión u otros procesos químicos corporales). El término metabolito también se puede referir al producto que queda después de la descomposición (metabolismo) de un fármaco por parte del cuerpo.(Andrade 2015, p. 103).

Percolación: Percolación es el flujo del agua o de otro líquido a través de los poros o intersticios de una capa permeable, pudiendo o no llenar el líquido los poros de los materiales granulosos más o menos finos, que rellenan el medio filtrante. (Andrade 112, p. 128).

Petrolífera: Son los productos que se obtienen de la refinación del Petróleo o del procesamiento del Gas Natural y que derivan directamente de Hidrocarburos, tales como gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo y Gas Licuado de Petróleo, entre otros, distintos de los Petroquímicos (Baby et al. 2004, p. 110).

Rumiantes: es el adjetivo que se utiliza para calificar a la especie que rumia. El verbo rumiar, por su parte, refiere a la acción de hacer que un alimento regrese a la boca para ser masticado por segunda vez, luego de haber estado depositado en una cierta cavidad (Lyford Jr 1993, p. 186).

Aireación Las partículas gruesas en el sustrato crean poros más grandes que mantienen un espacio vacío y facilitan el drenaje. Las partículas finas crean poros más pequeños que facilitan la retención de agua disponible y no disponible. La cantidad de poros grandes y pequeños caracteriza el espacio poroso total del sustrato (Garay 2013, p. 13).

Tubular: de forma circunferencia o relacionado con un tubo, que puede obtener dicha forma (Rámos 2013, p. 115).

Volatilización: Este es el proceso mediante el cual el agua pasa directamente del estado sólido al gaseoso. Se da en las zonas frías de nuestro planeta. Es como la evaporación, pero ocurre en la capa más superficial del hielo (sin pasar por el estado líquido) (Cantos 2017, p. 118).

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL Jonathan. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE. , 2015.

ALTAMIRA, Z., PÉREZ-BRAVO, T., GENOVEVA, S., BAUTISTA-VARGAS, M., Esther, H.-S., ENRIQUEZ-PADILLA, A.Y. and URIEL, J. Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la. 2017 *Artículo Revista de Sistemas Experimentales Marzo* [en línea], vol. 4, no. 10. [Consulta: 25 April 2022]. Disponible en: www.ecorfan.org/bolivia.

ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Antonia., 2020. Cauces. ,

ALVAREZ, M. La eutrofización de las aguas continentales españolas - Miguel Álvarez Cobelas, P. Muñoz Ruiz, A. Rubio Olmo - Google Libros. 1991. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=sHcTcgAACAAJ&dq=eutrofizacion&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y.

ANDRADE, Ma., Metabolitos secundarios presentes en algunas plantas de Colombia - Luis Enrique Cuca, Victor Enrique Macías - Google Libros. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=oTSrDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metabolitos&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=metabolitos&f=false.

ANNAPURE, U.S. and PRATISHA, N. Psychrozymes: A novel and promising resource for industrial applications. 2022. *Microbial Extremozymes*, pp. 185–195. DOI 10.1016/B978-0-12-822945-3.00018-X.

ANTONIA, G.Perez. Tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos. [en línea], 2011. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/Tratamiento_de_Lixiviados_de_Vertederos.html?id=zyKMAEACAAJ.

BABY, Patrice., RIVADENEIRA, M. v. and BARRAGÁN, Roberto. La Cuenca Oriente : geología y petróleo. 2004. [en línea], pp. 295. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/La_Cuenca_Oriente.html?id=e6UVCwAAQBAJ.

BRITO LUIS, ROMERO Hugo and AYALA Humberto. MODELO DE BIODIGESTOR PARA PURINES DE CERDO EN LA UTMACH. 2019. [en línea]. [Consulta: 22 March 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/33117>.

CAMPOS Bernardo. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. 2011a. [en línea]. [Consulta: 15 March 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007.

CAMPOS Bernardo. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. 2011b [en línea]. [Consulta: 23 March 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200007.

CAMPOS, E. and Elías, X., *Procesos biológicos. La digestión anaerobia y el compostaje: Tratamiento y ...* - Xavier Elías Castells, Xavier Flotats Ripoll, Elena Campos Pozuelo - Google Libros 2012. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 7 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=sAOTHkOK9CUC&printsec=frontcover&dq=anaerobia&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=anaerobia&f=false.

CANTOS, C. Protección del suelo y el desarrollo sostenible - Google Libros. 2017. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ACfeIJyxn0UC&pg=PA96&dq=esorrentia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi1u9j1m7v5AhWVsDEKHV8qD1YQ6AF6BAGJEAI#v=onepage&q=esorrentia&f=false>.

CARBO, P., Técnicas analíticas de separación - M. Valcárcel Cases, A. Gómez Hens - Google Libros. 2000. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Q9MfEAAAQBAJ&pg=PR10&dq=volatilizacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiT1pmdnLv5AhUIRzABHVUUAAwQ6AF6BAGJEAI#v=onepage&q=volatilizacion&f=false>.

CARMONA Juan, BOLIVAR Diana and GIRALDO Luis. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. 2005 [en línea]. [Consulta: 15 March 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a06.pdf>.

CHINCHILLA Miguel, CHI Horacio and CARRILLO Wilfredo. *Produccion Semi-Intensiva De Cerdos Y Uso De Desechos para Generar Energia* - Google Libros 1998 [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 17 March 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ig9tAAAIAAJ&pg=PA19&dq=biodigestor&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiDqvfwND2AhXgSjABHRIvAR8Q6AF6BAGFEAI#v=onepage&q=biodigestor&f=false>.

ECONOMÍA CIRCULAR. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 31 July 2022]. Disponible en: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Tunshi - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2018. [en línea]. [Consulta: 23 March 2022]. Disponible en: <https://www.esPOCH.edu.ec/index.php/estaciones-experimentales/274-tunshi.html>.

FERNANDEZ, S. *Una energía excepcional: Oportunidades de desarrollo del GLP en el Perú* - Sandro Fernández - Google Libros 2022. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 7 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=LXxmEAAAQBAJ&dq=glp&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y.

GARAY, A. Aireación Del Suelo en Un Campo de Café - Google Libros. 2013. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=KdAOAQAIAAJ&pg=PA13&dq=aireacion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiM_9Ldmbv5AhUiZjABHTzdDVQQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=aireacion&f=false.

HERNÁNDEZ Alicia. Microbiología Industrial - Google Libros. 2018. [en línea]. [Consulta: 22 March 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=KFq4oEQQjEC&pg=PA39&dq=fermentaci%C3%B3n+anaerobia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiJkpNgdT2AhUfTDABHUfaD2cQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=fermentaci%C3%B3n%20anaerobia&f=false>.

HERRERO Jaime. Desarrollo, difusión e implementación de tecnologías apropiadas ... - Jaime Martí Herrero - Google Libros. 2012. [en línea]. [Consulta: 22 March 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=x6ZoAwAAQBAJ&pg=PA72&dq=biol+producto+de+biodigestores&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwivr8aX1932AhWhRDABHagQAMkQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=biol%20producto%20de%20biodigestores&f=false>.

IVÁN, V.-R., José, M.-R., MELITÓN, E.-J. and AGUSTINA, O.-S. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería, Investigación y Tecnología* 2014. [en línea], vol. 15, no. 3, pp. 429–436. [Consulta: 15 March 2022]. ISSN 14057743. DOI 10.1016/S1405-7743(14)70352-X. Disponible en: www.inegi.org.mx.

JIMÉNEZ Elena. La Contaminación Ambiental en México - Blanca Elena Jiménez - Google Libros. 2013 [en línea]. [Consulta: 17 March 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA822&dq=estiercol+de+ganado&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwj_P_tD2AhXyTDABHe8RBAAQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=estiercol%20de%20ganado&f=false.

LEÓN Esteban. EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE BIOLES EN UN CULTIVO DE HORTALIZAS. 2018. [en línea]. [Consulta: 17 March 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15178/1/UPS-CT007495.pdf>.

LYFORD JR, S.J. Crecimiento y desarrollo del aparato digestivo de los rumiantes. En: D.C. CHURCH (ed.), *El rumiante fisiología digestiva y nutrición*, 2nd ed. D.C. Church 1993. [en línea], pp. 47–68. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/El_Rumiante.html?id=DcEiAAAACAAJ.

MARTI, J. BIODIGESTORES TUBULARES GUÍA DEL DISEÑO Y MANUAL DE INSTALACIÓN 2019. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 5 June 2022]. Disponible en: <https://www.ideassonline.org/public/pdf/BiodigestoresTubularesManual-ESP.pdf>.

MARTÍNEZ Imelda. La acumulación de estiércol en los pastizales ganaderos. 2020. [en línea]. [Consulta: 19 March 2022]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/408-la-acumulacion-de-estiercol-en-los-pastizales-ganaderos>.

MORI, K. EFICIENCIA DE UN BIODIGESTOR TUBULAR EN LA REMOCIÓN DE LA CARGA ORGÁNICA Y SÓLIDOS DE UN EFLUENTE DEL BENEFICIO CARNICO EN CELEDÍN. 2021. [en línea]. [Consulta: 8 May 2022]. Disponible en: <http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/4154/TESIS%20KEYLA%20SUJEY%20MORI%20LEYVA.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

NACIONES UNIDAS. Portada - Desarrollo Sostenible. 2015. [en línea]. [Consulta: 31 July 2022]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.

NAGELBERG, Alberto. and MORMANDI, Eduardo. Fitoestrógenos : la fórmula para mejorar su silueta y mantener la salud. 2001. [en línea], pp. 190. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: <https://books.google.com/books/about/Fitoestrogenos.html?id=UoMSHQAAAJ>.

ORTIZ HIVY. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores: Proyecto para la ... - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Google Libros. 2019. [en línea]. [Consulta: 20 March 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=CV2mDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=contaminaci%C3%B3n+por+estiercol+de+ganado&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjtfKtf2AhU8VTABHe8dCMUQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q&f=false>.

PÉREZ, Joseph. Los comuneros. 2001. [en línea], pp. 286. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: https://books.google.com/books/about/Los_comuneros.html?id=bRNpAAAAMAAJ.

PINOS Juan and GARCIA Luz. IMPACTOS Y REGULACIONES AMBIENTALES DEL ESTIÉRCOL GENERADO POR LOS SISTEMAS GANADEROS DE ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA. 2018. [en línea]. [Consulta: 20 March 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>.

RÁMOS, F. EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS - Ramos, Luis Francisco - Google Libros2013. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 7 August 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=U7C3AgAAQBAJ&pg=PA175&dq=tubular+plastico&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwiBg8nwnbj5AhXVVTABHRaMBhgQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=tubular%20plastico&f=false>.

RODRIGUEZ Natalia and PENNOCK Daniel. *La contaminación del suelo: una realidad oculta - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Google Libros*2019. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 19 March 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=EjumDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=contaminaci%C3%B3n+por+estiercol+de+ganado&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwj0k4regtT2AhUBQjABHVOctUO6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=contaminaci%C3%B3n%20por%20estiercol%20de%20ganado&f=false>.

SICA Dante, ETCHEVEHERE Luis, MURCHISON Andrés and ALMADA Miguel. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores: Proyecto para la ... - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Google Libros. 2019. [en línea]. [Consulta: 23 March 2022]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=CV2mDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipos+de+biodigestores&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=tipos%20de%20biodigestores&f=false.

STANLEY MANHAN. Introducción a la química ambiental - Stanley E. Manahan - Google Libros. 2011. [en línea]. [Consulta: 17 March 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=5NR8Dik1n68C&pg=RA2-SA7-PA8&dq=estiercol+de+ganado&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwj_P_tD2AhXyTDABHe8RBAAQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=estiercol%20de%20ganado&f=false.

SUASNAVAS, E. Plantas Aromáticas - Monica D. Romero Marquez - Google Libros. [en línea]. [Consulta: 8 August 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=OhbQymtQUP4C&pg=PA63&dq=percolacion&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwi6sc3im7v5AhUffDABHYyRB34Q6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=percolacion&f=false>.



ANEXOS

ANEXO A: COSTOS DEL PROYECTO

MATERIALES				
COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
plástico de polietileno	16	M2	2,5	40
tubería de 1/2 in	12	m	2	24
tubería de neumático	15	m	1,5	22,5
Adaptador de tanque en PVC o polipropileno (también llamado flange, pasamuros o brida)	1	UNIDAD	2,5	2,5
pega pvc	1	UNIDAD	3	3
cuerda 1/4 in	12	m	0,45	5,4
teflón	1	UNIDAD	1,2	1,2
tijera	1	UNIDAD	0,5	0,5
metro	1	UNIDAD	2	2
sierra	1	UNIDAD	8	8
marcador	1	UNIDAD	0,5	0,5
lija de acero	5	UNIDAD	0,75	3,75
lija de plástico	2	UNIDAD	0,75	1,5
Estructura metálica	1	UNIDAD	100	100
BARRERA DE ESTRUCTURA	1	UNIDAD	200	200
plástico de invernadero	36	UNIDAD	3	108
Tractor	4	HORA	30	120
Acoples	10	UNIDAD	2	20
PEGATANQUE	1	UNIDAD	7	7
CABUYA	30	TIRA	0,5	15
BLOQUE	200	UNIDAD	0,4	80
SEMENTO	6	UNIDAD	7	42
ARENA	4	SACOS	3	12
MANO DE OBRA	25	DÍA	30	750
FILTRO	1	UNIDAD	7	7
LIMADURA	1	UNIDAD	2	2
ZARAN	6	M	1,8	10,8
SACOS	10	UNIDAD	0,2	2

CALEFÓN	1	UNIDAD	120	120
DESTORNILLADORES	3	UNIDAD	1,1	3,3
MANGUERA	10	M	1,8	18
ADAPTADORES DE CALEFÓN	4	UNIDAD	2	8
PRECIO TOTAL				\$ 1.739,95

ANEXO B: ANÁLISIS DE NPK

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE			
Cliente:	Roberto Vargas	Teléfono:	979148877
Dirección:	Riobamba		
Provincia:	Chimborazo	Canton:	Riobamba



INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	Biol	Fecha de ensayo:	del 29 de julio al 4 de agosto
Fecha de toma de muestra:	28/7/2022	Dirección de la muestra:	Riobamba
Fecha de recepción en lab:	29/07/2022	Cod. Lab	28 2022
Observaciones:	Muestra tomada por el cliente		

RESULTADOS				
Id.Cliente	Parametros	Resultado	Unidad	Técnica analítica
Muestra de Biol	p H	6,64	ms	Potenciometrico
	CE	4,73	ms/cm	Conductimetrico
	N Total	0,18	%	kjeldahl
	P	0,36	%	Colorimetrico
	K	0,22	%	A.atómica
	Ca	0,74	%	A.atómica
	Mg	0,32	%	A.atómica
	M.O.	2,20	%	Walkey y Black
	Cu	25	ppm	A.atómica
	Mn	50	ppm	A.atómica
	Zn	32	ppm	A.atómica

TOTALCHEM



Ing. Carlos Mayorga
Tif 0980622817 / 0985458514

TotalChem Se responsabiliza unicamente de los análisis mas no de la toma de muestra

Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basado en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial

ANEXO C: CARTILLA DE TOMA DE DATOS

INFORMACIÓN BIODIGESTOR "ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI"									
FECHA	pH		Producción de biól/día	volume mensual	Alimentación		Temperatura 14h00		Coloración
	Entrada	Salida			Kg Estiércol	Litros de Agua	Ambiente	Invernadero	
1/6/2022	8	7	110	110	34	103	19	29	Verde Palta
2/6/2022	8	7	120	230	34	103	20	31	Verde Palta
3/6/2022	9	7	130	360	34	103	19	28	Verde Palta
4/6/2022	8	7	100	460	34	103	20	30	Verde Palta
5/6/2022	9	7	113	573	34	103	20	31	Verde Palta
6/6/2022	8	7	122	695	34	103	19	28	Verde Palta
7/6/2022	8	7	102	797	34	103	19	27	Verde Palta
8/6/2022	8	7	110	907	34	103	19	27	Verde Palta
9/6/2022	8	7	115	1022	34	103	20	28	Verde Palta
10/6/2022	8	7	113	1135	34	103	20	29	Verde Palta
11/6/2022	9	7	118	1253	34	103	19	27	Verde Palta
12/6/2022	8	7	120	1373	34	103	19	26	Verde Palta

13/6/2022	8	7	110	1483	34	103	19	28	Verde Palta
14/6/2022	8	7	115	1598	34	103	19	29	Verde Palta
15/6/2022	8	7	120	1718	34	103	19	32	Verde Palta
16/6/2022	9	7	130	1848	34	103	19	30	Verde Palta
17/6/2022	8	7	100	1948	34	103	20	30	Verde Palta
18/6/2022	8	7	120	2068	34	103	19	28	Verde Palta
19/6/2022	8	7	130	2198	34	103	19	27	Verde Palta
20/6/2022	8	7	125	2323	34	103	20	28	Verde Palta
21/6/2022	8	7	130	2453	34	103	20	29	Verde Palta
22/6/2022	8	7	118	2571	34	103	20	31	Verde Palta
23/6/2022	8	7	112	2683	34	103	19	29	Verde Palta
24/6/2022	8	7	120	2803	34	103	19	28	Verde Palta
25/6/2022	8	7	121	2924	34	103	19	28	Verde Palta
26/6/2022	8	7	123	3047	34	103	19	29	Verde Palta
27/6/2022	8	7	124	3171	34	103	19	28	Verde Palta
28/6/2022	8	7	127	3298	34	103	20	28	Verde Palta
29/6/2022	9	7	127	3425	34	103	20	31	Verde Palta
30/6/2022	9	7	116	3541	34	103	19	28	Verde Palta

1/7/2022	9	7	115	3656	34	103	20	33	Verde Palta
2/7/2022	8	7	117	3773	34	103	20	29	Verde Palta
3/7/2022	8	7	128	3901	34	103	19	27	Verde Palta
4/7/2022	8	7	130	4031	34	103	18	27	Verde Palta
5/7/2022	8	7	128	4159	34	103	18	28	Verde Palta
6/7/2022	9	7	128	4287	34	103	19	28	Verde Palta
7/7/2022	8	7	127	4414	34	103	19	28	Verde Palta
8/7/2022	8	7	130	4544	34	103	19	29	Verde Palta
9/7/2022	8	7	131	4675	34	103	19	29	Verde Palta
10/7/2022	9	7	134	4809	34	103	20	34	Verde Palta
PROMEDI					103,0				
OS	8,23	7,00	120,23	4809	34,00	0	19,39	28,85	

ANEXO D: BIODIGESTOR CULMINADO



ANEXO E: PUESTA EN MARCHA DE CALEFÓN





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 12 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: ROBERTO ESTEBAN VARGAS SUASNAVAS
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Recursos Naturales Renovables
Título a optar: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
f. responsable: Ing. Crithian Fernando Castillo Ruiz

Ing. Crithian Fernando Castillo



2220-DBRA-UTP-2022