



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTENOLOGÍA AMBIENTAL

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR
ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL A
PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO Y PORCINO EN
EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: EDITH CONSUELO CHOLOQUINGA CHANGOLUISA

LISSETTE DANIELA ARELLANO ALARCÓN

DIRECTORA: Ing. MÓNICA LILIAN ANDRADE AVALOS Mag.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Lissette Daniela Arellano Alarcón & Edith Consuelo Choloquina Changoluisa

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.

Nosotras, LISSETTE DANIELA ARELLANO ALARCÓN y EDITH CONSUELO CHOLOQUINGA CHANGOLUISA, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de noviembre de 2022






Lissette Daniela Arellano Alarcón
C.I. 060573961-4



Edith Consuelo Choloquina Changoluisa
C.I. 050428808-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS Y BIOL A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO Y PORCINO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA**, realizado por las señoritas: **LISSETTE DANIELA ARELLANO ALARCÓN** y **EDITH CONSUELO CHOLOQUINGA CHANGOLUISA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paúl Gustavo Palmay Paredes, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-10-27
Ing. Mónica Lilian Andrade Avalos, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITILACIÓN		2022-10-27
Ing. Juan Carlos González García, PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-10-27

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado principalmente a mi padre y a mi madre que han sido el pilar fundamental de mi vida. Que con su amor, cariño y obediencia me han apoyado incondicionalmente, me han impulsado día a día por conseguir los objetivos propuestos.

Edith

Dedico este trabajo principalmente a mi padre y mi madre por su apoyo incondicional y ejemplo que han servido para seguir adelante cumplir cada uno de mis metas que me he trasado. A mi esposo y mi hijo por su amor, comprensión y acompañamiento en cada una de estas etapas, sin ellos no hubiera sido posible este logro.

Lis

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por habernos permitido culminar con una meta más. De la misma manera a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrir las puertas de la institución y formarme como profesional y de manera muy especial a nuestra tutora la Ing. Mónica Andrade que ha guiado este proyecto y la formación académica recibida y al Ing. Juan Carlos Gonzales por su guía y consejos en el trabajo de titulación.

Agradecemos especialmente a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por estar pendientes de nuestro día a día, sus consejos y palabras de aliento para seguir adelante con valores y principios inculcados desde niñas para ser mujeres de bien para la sociedad, a nuestros hermanos y amigos que pusieron su confianza sobre nosotros, con sus palabras de aliento; tú puedes, lo vas a lograr, que fue el motivo para cumplir mis ideales.

Lisette & Edith

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivo de la Investigación.....	3
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Bases Teóricas.....	4
2.1.1. <i>Biodigestor</i>	4
2.1.2. <i>Ventajas y desventajas del biodigestor</i>	4
2.1.2.1. <i>Ventajas</i>	4
2.1.2.2. <i>Desventajas</i>	5
2.1.3. <i>Tipos de biodigestores</i>	5
2.1.3.1. <i>Continuos</i>	5
2.1.3.2. <i>Discontinuos o de régimen estacionario</i>	5
2.1.3.3. <i>Semi continuos</i>	6
2.1.4. <i>Componentes del biodigestor</i>	6
2.1.4.1. <i>Reactor</i>	6
2.1.4.2. <i>Tanque de premezcla</i>	7

2.1.4.3.	<i>Extracción de lodos</i>	7
2.1.4.4.	<i>Tanque de almacenamiento de gas</i>	7
2.1.4.5.	<i>Línea de conducción</i>	7
2.2.	Biogás	8
2.2.1.	<i>Origen del Biogás</i>	8
2.2.2.	<i>Componentes del biogás</i>	8
2.2.3.	<i>Parámetros para la obtención del biogás</i>	9
2.2.3.1.	<i>Temperatura</i>	9
2.2.3.2.	<i>Potencial de Hidrógeno</i>	10
2.2.3.3.	<i>Relación carbono: nitrógeno (C/N)</i>	10
2.2.3.4.	<i>Macronutrientes y micronutrientes</i>	11
2.2.3.5.	<i>Tiempo de retención hidráulica</i>	12
2.2.4.	<i>Beneficios del uso del biogás</i>	12
2.3.	Digestión anaerobia	13
2.3.1.	<i>Etapas de la biodigestión</i>	13
2.3.2.	<i>Equilibrio bacteriano y factores limitantes</i>	14
2.4.	Gestión de residuos	16
2.4.1.	<i>Selección de biomasa</i>	16
2.4.2.	<i>Fuentes de obtención</i>	16
2.4.3.	<i>Excretas</i>	17
2.5.	Tratamientos de biomasa	17
2.5.1.	<i>Tratamiento físico</i>	17
2.5.1.1.	<i>Separación de sólidos y líquidos</i>	17
2.5.1.2.	<i>Deshidratación al sol</i>	17
2.5.1.3.	<i>Secado artificial</i>	18
2.5.2.	<i>Tratamiento biológico</i>	18
2.5.2.1.	<i>Lagunas de almacenamiento y fermentación</i>	18
2.5.2.2.	<i>Digestores anaerobios</i>	18
2.5.2.3.	<i>Compostaje</i>	18
2.6.	Generación De Energía	19
2.6.1.	<i>Proceso de fermentación del biogás</i>	19
2.7.	Campos de aplicación del sistema	19
2.7.1.	<i>Área rural</i>	19
2.7.2.	<i>Rellenos sanitarios</i>	19
2.7.3.	<i>Diferentes aplicaciones</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	21
3.1.	Área de Estudio	21
3.1.1.	<i>Ubicación geográfica</i>	21
3.1.1.1.	<i>Macro localización</i>	21
3.1.1.2.	<i>Micro localización</i>	22
3.2.	Metodología	23
3.2.1.	<i>Levantamiento de la línea base.....</i>	23
3.2.1.1.	<i>Caracterización del entorno físico.....</i>	23
3.2.1.2.	<i>Características del entorno biótico.....</i>	24
3.2.2.	<i>Muestreo y caracterización del estiércol de ganado vacuno y porcino.....</i>	24
3.2.3.	<i>Metodología para la caracterización de estiércol pre tratamiento.....</i>	24
3.2.3.1.	<i>Determinación de parámetros in-situ</i>	24
3.2.3.2.	<i>Determinación ex situ</i>	25
3.2.4.	<i>Cuantificación de la materia prima.....</i>	26
3.2.5.	<i>Selección del modelo de biodigestor</i>	27
3.2.5.1.	<i>Definición de los aspectos considerados en la matriz de preselección</i>	27
3.2.5.2.	<i>Preselección del biodigestor a construir</i>	27
3.2.5.3.	<i>Matrices para la selección del modelo de biodigestor</i>	28
3.2.6.	<i>Diseño y dimensionamiento del biodigestor del biodigestor</i>	30
3.2.7.	<i>Elaboración de planos en AutoCAD.....</i>	38
3.2.8.	<i>Evaluación del impacto ambiental</i>	38
3.2.8.1.	<i>Cuantificación de los impactos mediante la matriz de Leopold modificado.....</i>	38
3.2.9.	<i>Construcción del biodigestor</i>	39
3.2.9.1.	<i>Adquisición del tanque biodigestor.....</i>	42
3.2.9.2.	<i>Conexiones de entradas y salidas de la materia prima.....</i>	43
3.2.9.3.	<i>Construcción de la trampa de agua.....</i>	43
3.2.9.4.	<i>Construcción del filtro para ácido sulfhídrico.....</i>	43
3.2.9.5.	<i>Instalación de la tubería de salida de biol.....</i>	43
3.2.9.6.	<i>Instalación de la tubería de salida de la parte sólida.....</i>	43
3.2.9.7.	<i>Construcción del gasómetro.....</i>	44
3.2.9.8.	<i>Carga de la mezcla homogénea al biodigestor.....</i>	44
3.2.9.9.	<i>Caracterización del biol obtenido.....</i>	45
3.3.	Método para evaluar la inversión con VAN Y TIR.....	46

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	48
4.1.	Resultados	48
4.1.1.	<i>Resultados de las muestras de estiércol</i>	48
4.1.2.	<i>Cantidad de materia prima disponible (kg/día).</i>	59
4.1.3.	<i>Carga Diaria del biodigestor</i>	59
4.1.4.	<i>Datos tomados en cuenta al momento de dimensionar el biodigestor</i>	59
4.2.	Dimensiones del biodigestor	60
4.2.1.	<i>Diseño del biodigestor en AutoCAD</i>	61
4.3.	Resultados del biol	62
4.4.	Costo/beneficio del proyecto	63
4.5.	Análisis	66
4.5.1.	<i>Evaluación de impactos ambientales</i>	66
4.5.1.1.	<i>Interpretación de los impactos negativos y positivos</i>	69
4.5.2.	<i>Análisis del proyecto</i>	70
4.5.3.	<i>Comparación del estiércol y biol</i>	71
4.5.4.	<i>Análisis de temperatura</i>	79
4.5.4.1.	<i>Temperatura ambiente</i>	80
4.5.4.2.	<i>Temperatura dentro del biodigestor</i>	80
4.5.4.3.	<i>Comparación de temperaturas</i>	81
4.5.5.	<i>Registro de presión en el biodigestor</i>	83
4.6.	Discusión de resultados	83
4.6.1.	<i>Biogás</i>	83
4.6.2.	<i>Quema del biogás</i>	85
4.6.3.	<i>Cálculo de la inversión con VAN Y TIR</i>	85

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87

GLOSARIO
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Componente del biogás y su efecto en las propiedades.....	8
Tabla 2-2: Tiempo de Retención según la región	12
Tabla 3-2: Producción de biogás en rangos mesofílicos y psicrófilicos	15
Tabla 4-3: Ubicación Político Administrativo del Proyecto	21
Tabla 5-3: Coordenadas del lugar de estudio.....	22
Tabla 5-3: Parámetros analizados pre-tratamiento.....	25
Tabla 6-3: Tabla de ponderación para la preselección.....	28
Tabla 7-3: Matriz de Preselección del digester de campana flotante “Hindú”	28
Tabla 8-3: Matriz de Preselección del digester de domo fijo “Chino”	29
Tabla 9-3: Matriz de Preselección del digester tipo chanchito – polipropileno “Biotanque”	29
Tabla 10-3: Cantidad de estiércol producido diario.....	31
Tabla 11-3: Medida de estiércol por ganado porcino.....	32
Tabla 12-3: Relación estiércol-agua	34
Tabla 13-3: Especificaciones Técnicas	35
Tabla 14-3: Relación óptima entre longitud y diámetro del biodigestor.....	37
Tabla 15-3: Actividades desarrolladas.....	39
Tabla 16-3: Materiales utilizados.....	40
Tabla 17-3: Parámetros analizados del biol	45
Tabla 18-4: Análisis de laboratorio pretratamiento de las muestras de estiércol fresco	48
Tabla 19-4: Media de la cantidad de estiércol por cada cabeza de ganado.....	59
Tabla 20 – 4: Cantidad de materia prima disponible	59
Tabla 21-4: Carga diaria al biodigestor.....	59
Tabla 22-4: Parámetros para el dimensionamiento del biodigestor	59
Tabla 23-4: Medidas del biodigestor	60
Tabla 24-4: Medidas de la caja domiciliaria para la entrada de la mezcla.....	60
Tabla 25-4: Medidas de la caja de salida de biol del biodigestor	60
Tabla 26-4: Medidas del gasómetro que se instalará en él biodigestor.....	60
Tabla 27-4: Análisis de laboratorio del biol.....	63
Tabla 28-4: Precios de materiales utilizados en la Construcción del biodigestor	63
Tabla 29-4: Análisis de precios de mano de obra en la construcción del biodigestor	65
Tabla 30-4: Total, de costos.....	66
Tabla 31-4: Tabla Matriz de Leopold	67
Tabla 32-4: Tabla Rango de Valores según el tipo de afectación.....	68
Tabla 33-4: Valores de impactos ambientales para la construcción del biodigestor	68

Tabla 34-4: Valores de pH pre y post tratamiento	71
Tabla 35-4: Valores de sólidos totales pre y post tratamiento	72
Tabla 36-4: Valores de sólidos totales volátiles pre y post tratamiento	73
Tabla 37-4: Valores de materia orgánica pre y post tratamiento	73
Tabla 38-4: Valores de Nitrógeno total pre y post tratamiento.....	74
Tabla 39-4: Valores de Fósforo pre y post tratamiento.....	75
Tabla 40-4: Valores de Potasio pre y post tratamiento	76
Tabla 41-4: Valores de Coliformes totales pre y post tratamiento.....	77
Tabla 42-4: Valores de Coliformes Fecales pre y post tratamiento	78
Tabla 43-4: Promedio de la temperatura ambiente y dentro del biodigestor	81
Tabla 44-4: Resultados de producción de biogás.....	83
Tabla 45-4: Resultados del cálculo de VAN y TIR	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 3. Localización de la Provincia de Cotopaxi	21
Figura 2 – 3. Mapa de Ubicación del Centro de Investigación “Sacha Wiwa”	22
Figura 3 – 4. Vista planta del sistema de ingreso de materia prima.....	61
Figura 4 – 4. Vista planta del filtro de ácido sulfhídrico y trampa de agua	61
Figura 5 – 4. Vista planta del Gasómetro.....	62
Figura 6 – 4. Vista planta del Biodigestor	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – 3. Biotanque de 4 000 L.....	35
Gráfico 2 – 4. Análisis de las muestras de Potencial Hidrógeno.....	49
Gráfico 3 – 4. Análisis de las muestras de Sólidos Totales.....	50
Gráfico 4 – 4. Análisis de las muestras de Sólidos Totales Volátiles.	50
Gráfico 5 – 4. Análisis de Materia Orgánica en las muestras.	51
Gráfico 6 – 4. Análisis porcentual de Carbono Orgánico total de las muestras.	51
Gráfico 7 – 4. Análisis en mg/Kg de Nitrógeno Total en las muestras.	52
Gráfico 8 – 4. Análisis en mg/Kg de Fósforo disponible en las muestras.....	52
Gráfico 9 – 4. Análisis en mg/Kg de Calcio en las muestras	53
Gráfico 10 – 4. Análisis en mg/Kg de Magnesio en las muestras.....	53
Gráfico 11 – 4. Análisis en mg/Kg de Potasio en las muestras.....	54
Gráfico 12 – 4. Análisis en mg/Kg de sodio en las muestras.....	54
Gráfico 13 – 4. Análisis en mg/Kg de cobre en las muestras.....	55
Gráfico 14 – 4. Análisis de mg/Kg de hierro en las muestras.	55
Gráfico 15 – 4. Análisis de las muestras de mg/Kg de manganeso.....	56
Gráfico 16 – 4. Análisis de los mg/Kg de Zinc en las muestras.....	56
Gráfico 17 – 4. Análisis de UFC del Recuento de microorganismos de las muestras.	57
Gráfico 18 – 4. Análisis del porcentaje de Humedad de las muestras.	57
Gráfico 19 – 4. Análisis de la UFC de coliformes totales de las muestras.....	58
Gráfico 20 – 4. Análisis de UFC de Coliformes fecales presentes en las muestras.	58
Gráfico 21 – 4. Comparación potencial hidrógeno en muestra de estiércol y biol.....	71
Gráfico 22 – 4. Comparación Sólidos totales en muestra de estiércol y biol.....	72
Gráfico 23 – 4. Comparación Sólidos totales en muestra de estiércol y biol.....	73
Gráfica 24 – 4. Comparación Materia orgánica en muestra de estiércol y biol.....	74
Gráfico 25 – 4. Comparación Nitrógeno total en muestra de estiércol y biol.....	75
Gráfico 26 – 4. Comparación Fósforo total en muestra de estiércol y biol.....	76
Gráfico 27 – 4. Comparación Potasio total en muestra de estiércol y biol.....	77
Gráfico 28 – 4. Comparación Coliformes totales en muestra de estiércol y biol.....	78
Gráfico 29 – 4. Comparación Coliformes fecales en muestra de estiércol y biol.....	79
Gráfica 30 – 4. Monitoreo de la temperatura ambiente.	80
Gráfico 31 – 4. Monitoreo de la temperatura dentro del biodigestor.	80
Gráfico 32 – 4. Comparación de temperaturas promedio dentro del biodigestor y temperatura ambiente.	83
Gráfico 33 – 4. Producción de Biogás en el Centro de Investigación Sacha Wiwa.	84

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FLORA PRESENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN “SACHA WIWA”
- ANEXO B:** FAUNA PRESENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN “SACHA WIWA”
- ANEXO C:** FUENTES HÍDRICAS ALEDAÑAS AL PROYECTO
- ANEXO D:** FOTOGRAFÍA ESPACIAL DEL LUGAR A IMPLEMENTAR EL PROYECTO
- ANEXO E:** CHANCHERA Y ESTABLO
- ANEXO F:** CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN
“SACHA WIWA”
- ANEXO G:** REGISTRO DE LA TEMPERATURA EN EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA
BASE
- ANEXO H:** RESULTADO DE LABORATORIO, MUESTRAS DE ESTIÉRCOL PRE-
TRATAMIENTO
- ANEXO I:** DISEÑOS DE AUTOCAD
- ANEXO J:** PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR
- ANEXO K:** RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA
PRIMA
- ANEXO L:** PREPARACIÓN DE PREMEZCLA Y CARGA DEL BIODIGESTOR
- ANEXO M:** HOMOGENIZACIÓN DEL ENVASE PARA RECOLECCIÓN DE LA
MUESTRA DE BIOL POST-TRATAMIENTO
- ANEXO N:** QUEMA DEL BIOGÁS
- ANEXO O:** MEDICIÓN DE TEMPERATURA INTERNA DEL BIODIGESTOR Y
AMBIENTE
- ANEXO P:** REGISTRO DE LA PRESIÓN EN EL BIODIGESTOR
- ANEXO Q:** TEMPERATURA AMBIENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN
DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR
- ANEXO R:** TEMPERATURA DENTRO DEL BIODIGESTOR EN EL CENTRO DE
INVESTIGACIÓN DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR
- ANEXO S:** RESULTADOS DE LABORATORIO, MUESTRA DE BIOL
- ANEXO T:** ACTA DE VALIDACIÓN DEL PROYECTO

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el diseño y construcción de un biodigestor anaerobio para la obtención de biogás y biol a partir de excretas de ganado vacuno y porcino en el Centro de Investigación “Sacha Wiwa”, perteneciente a la parroquia Guasaganda, del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi; Inicialmente se realizó una investigación con fuentes bibliográficas relacionadas con el proyecto, posterior a esto se procedió al levantamiento de la línea base y el estudio de la localidad a implementar, obteniendo datos importantes como la temperatura, cantidad de materia prima producida diariamente, además de realizar los análisis pre-tratamiento del estiércol en el laboratorio certificado LABSU. Una vez obtenido los datos necesarios se desarrolló los cálculos y dimensiones requeridas para la construcción del biodigestor, los cuales posteriormente fueron diseñados en AutoCAD para una mejor visualización. Seguidamente a esto, se realizó la construcción y adecuación del biodigestor tipo chanchito-Biotanque de 4000L, con todos los accesorios necesarios. Para finalizar se puso en ejecución el proyecto durante los 25 días de tiempo de retención establecidos para luego realizar el análisis del biol en el laboratorio LABSU, dando como resultado valores adecuados para una buena calidad de biol y en el biogás se determinó su calidad mediante la combustión del gas produciendo una flama de color azul la cual refleja una combustión completa. De esta manera se demostró la viabilidad del proyecto y aprobación del mismo por parte del Centro de Investigación “SACHA WIWA”. Como recomendación se establece el cierre de la inmediatez donde se encuentra ubicado el biodigestor y el tiempo establecido del uso del biol, además de realizar análisis físico-químico de los productos, para corroborar la efectividad del proceso y la calidad de los mismos para sus posteriores usos.

Palabras clave: <BIODIGESTOR>, <BIOGÁS>, <BIOL>, <COMBUSTIÓN>, <GASÓMETRO>, <BIOTANQUE/PLASTIGAMA>, <CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA>, <GUASAGANDA (PARROQUIA)>.



2360-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

This work's objective was to design and construct an anaerobic biodigester to obtain biogas and biol from cattle and pig excreta at the "Sacha Wiwa" Research Center, belonging to the Guasaganda parish in La Maná canton, in the province of Cotopaxi. Initially, an investigation was carried out with bibliographic sources related to the project, after which the baseline was raised and the locality to be implemented was studied, obtaining essential data such as temperature, amount of raw material produced daily, in addition to pre-treatment analysis of the manure in the LABSU-certified laboratory. Once the necessary data was obtained, the calculations and dimensions required for the construction of the biodigester were developed, which were later designed in AutoCAD for better visualization. Following this, the construction and adaptation of the 4000L pig-type BIOTankbiodigester were carried out with all the necessary accessories. Finally, the project was implemented during the 25 days of retention time established to carry out the analysis of the biol in the LABSU laboratory, resulting in good values on an excellent quality of biol and the biogas. In addition, its quality was determined using the Combustion of the gas, producing a blue flame which reflects complete Combustion. In this way, the viability of the project and its approval by the "SACHA WIWA" Research Center were demonstrated. As a recommendation, the closure of the immediate area where the biodigester is located and the established time of biol use is established, in addition to performing physical-chemical analysis of the products, to corroborate the effectiveness of the process and their quality.

Keywords: <BIODIGESTOR>, <BIOGAS>, <BIOL>, <COMBUSTING>, <GASOMETER>, <BIOTANK/PLASTIGAMA>, <FOREST RESEARCH CENTER>, <GUASAGANDA (PARROQUIA)>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental a aumentando en grandes proporciones durante los últimos años, afectando de manera negativa al suelo, agua, flora y fauna. Una de las principales actividades del hombre que genera un gran deterioro para el ambiente es la actividad pecuaria, según el informe de la (FAO, 2008, p.129) la producción pecuaria es responsable del 18% de las emisiones de GEI, siendo una de las causas principales de los problemas ambientales como la degradación de terrenos, la contaminación atmosférica, del agua y pérdida de biodiversidad.

Las excretas del ganado vacuno y del ganado porcino al no tener un tratamiento previo y ser vertidas genera afectaciones en la calidad del suelo, aire y cuerpos de agua principalmente. Por esta razón los biodigestores vienen a ser una alternativa para tratar adecuadamente estos residuos, generando una serie de beneficios no solo económicos, sino también ambientales. Las excretas al ser utilizadas como materia prima para la producción de biogás y biol son eficientes por su alto contenido de nutrientes y componentes necesarios para una buena digestión anaerobia, generando grandes cantidades de biogás y un biol de buena calidad.

El presente trabajo tiene como propósito diseñar y construir un biodigestor anaerobio en el Centro de Investigación “SACHA WIWA” de la parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, con la finalidad de obtener biogás que sustituya al GLP en la cocción de alimentos y biol que sustituya los fertilizantes químicos utilizados en los diversos cultivos que posee el centro de Investigación.

En este trabajo se realizó primero un estudio de la línea base basándonos principalmente en las características del lugar, siendo la más importante la temperatura y la cantidad de ganado que posee el Centro de Investigación, luego de esto se procedió a la caracterización del estiércol que fue utilizado como materia prima para poder realizar el respetivo diseño, a través de cálculos y uso de tecnologías como lo es AutoCAD, realizando aquí planos que serán necesarios para la construcción. Una vez realizado el diseño se procedió a la construcción del biodigestor seleccionado (de tipo chanchito PVC), utilizando el biotanque como el sistema de degradación de la materia prima y el sistema de almacenamiento de biogás (gasómetro). Por último, se analizó el biol y el biogás generado por el biodigestor, siendo estos de buena calidad.

CAPÍTULO I

1.1. Antecedentes

Desde la antigüedad el ser humano se ha visto interesándose por el desarrollo de energías que puedan ser utilizadas para el beneficio propio. Y en la actualidad, principalmente en zonas rurales, la necesidad de obtener energía a menor costo, de fácil acceso y la obligación de manejar responsablemente los desechos orgánicos genera una fusión de ambas necesidades para encontrar una alternativa que genere beneficios para el hombre y el ambiente.

Gracias al investigador Hymphry Davy, a comienzos del año 1808 empezaron las investigaciones de la descomposición del gas metano, a partir de los desechos orgánicos especialmente del estiércol vacuno; Después de varios años Louis Pasteur en 1884 aportó con la idea de la fermentación de los desechos, lo cual sería una gran fuente de energía para diferentes tipos de usos, tal como lo hizo Donald Cameron aplicándolo en el año de 1896 al modificar de tal forma un tanque séptico para producir su propio gas. Con esta forma de producción de biogás en el año 1900 se alcanzó a accionar un motor eficazmente (Báez y Benítez, 2015: p. 7).

En la década de los años 70 se generó una gran crisis de energía, dando lugar a la necesidad de implementar este tipo de energía en diferentes lugares especialmente en zonas rurales, el alcance de implementación de los biodigestores, mismos que eran construido a pequeña y mediana escala. Los países que lograron eficazmente implementar esta tecnología fueron China e India y desde ese momento ha fomentado la construcción de biodigestores para la ayuda energética.

El profesor y doctor en ingeniería Karl Imhoff, en 1920 diseñó el concepto de una planta agrícola de biogás para compensar la falta de combustible. Sin embargo, durante las tres décadas siguientes no se extendió esta tecnología (sino que al contrario se utilizó el tratamiento anaerobio de depuración de aguas residuales).

Durante la década de 1950, en Asia y particularmente en la India, se desarrollan modelos simples de cámaras de fermentación más conocidos como biodigestores, para la producción de biogás y bioabono. En China, India y Sudáfrica, debido a la escasez de recursos económicos estos métodos fueron difundiendo y desarrollándose de tal manera que en la actualidad estos países cuentan con más de 30 millones de Biodigestores funcionando, además desarrollaron técnicas de generación gaseosa a pequeña y gran escala (Velázquez, 2016, p. 13).

1.2. Objetivo de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Diseñar y construir un biodigestor anaerobio para la producción de biogás y biol a partir de las excretas del ganado vacuno y porcino en el Centro de Investigación “Sacha Wiwa”.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el estiércol de ganado vacuno y porcino mediante análisis físico-químico y microbiológico y cuantificarlo.
- Dimensionar el biodigestor para la generación de biogás y biol considerando la cantidad de estiércol que se puede producir diario dependiendo de las cabezas de ganado que posee el centro de investigación.
- Analizar la viabilidad del proyecto a través del uso de la ecuación de Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Interna de Retorno (TIR).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. *Biodigestor*

Un biodigestor según el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible de Argentina (2021, p. 1) “Es un recipiente o tanque (cerrado herméticamente) que se carga con residuos orgánicos. En su interior se produce la descomposición de la materia orgánica para generar biogás, el cual puede reemplazar al gas natural (de garrafas o red pública). El residuo, luego de ser descompuesto, se utiliza como biofertilizante. El biodigestor puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico.”

Se presentan como una tecnología que permite dar una segunda oportunidad a los residuos para generar energías más sostenibles, constituyendo una alternativa económica y efectiva en comunidades rurales de todo el mundo, además permiten satisfacer la demanda energética de estas poblaciones y proporcionan un medio adecuado para manejar los residuos de humanos y animales. (AQUAE FUNDACIÓN, 2017, párr. 1)

2.1.2. *Ventajas y desventajas del biodigestor*

2.1.2.1. *Ventajas*

- Disminuye el consumo de gas común, y por ende disminuyen gastos económicos.
- Ayuda a controlar el exceso de estiércol producido en zonas ganaderas, tanto del ganado vacuno como el ganado porcino, disminuyendo la contaminación ambiental y enfermedades que estos pueden generar.
- El biofertilizante que los biodigestores producen son ricos en nitrógeno, fósforo y potasio que pueden sustituir a los fertilizantes químicos que tienen un costo elevado y generan daños al medio ambiente.
- El biogás puede ser utilizado para la generación de energía eléctrica, cocción de alimentos, principal objetivo de la construcción del biodigestor.
- El efluente no genera tantos malos olores como el afluente.
- Controla la proliferación de vectores que generan los excrementos y que causan enfermedades en el ganado.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero (Varnero, 2011, p. 101).

2.1.2.2. Desventajas

- En cuanto a la carga del biodigestor debe ser continuo y diario.
- La temperatura debe estar entre 15° y 60°, ya que de esto dependerá el tiempo de retención y la producción de subproductos, en lo posible se debe mantener una temperatura constante, evitando cambios bruscos de temperatura.
- Dentro de la composición del biogás se encuentra el subproducto sulfuro de hidrógeno (H₂S), que es un gas corrosivo y tóxico para animales y plantas, además de que puede ser corrosivo para el biodigestor.
- Su cuidado dependerá del material que estén contruidos.
- Si no se tiene un monitoreo constante de la presión puede generarse fugas o explosiones (Varnero, 2011, pp. 101–102).

2.1.3. Tipos de biodigestores

La clasificación de biodigestores dependerá de la frecuencia de la carga, operación que utilice o diseño de construcción. En este caso lo clasificaremos dependiendo de la frecuencia de carga del biodigestor, ya que esta determinará la cantidad de biomasa o sustrato a utilizar en el proceso de digestión anaerobia.

2.1.3.1. Continuos

Este tipo de biodigestores se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales, de gran escala, en donde se emplean equipos comerciales para alimentarlos, darles agitación, calefacción y control. Debido a su uso se podría decir que son instalaciones de tipo industrial, generando gran cantidad de biogás (Varnero, 2011, p. 97).

2.1.3.2. Discontinuos o de régimen estacionario

Los biodigestores continuos son conocidos como digestores Batch, su principal característica es que, una vez introducido la biomasa en su interior, ya no se podrá introducir o sacar material hasta que termine el proceso de biodigestión anaerobia, esto se asume cuando el contenido de materias primas disminuye y el rendimiento de biogás decae. Luego de esto se vaciará su contenido y posteriormente se volverá a cargar el biodigestor para un nuevo proceso de fermentación (Varnero, 2011, p. 98).

2.1.3.3. Semi continuos

Este tipo de biodigestores se caracteriza en las cargas diarias que se realizarán, las cantidades de sustrato se determinará en función del tiempo de retención hidráulico (TRH) y del volumen total del biodigestor. El efluente deberá ser descargado regularmente en la misma cantidad que se incorpora el efluente. Una de sus limitantes es la disponibilidad para el contenido de agua, ya que el sustrato que ingrese tendrá que cumplir la relación 1:4, es decir, una parte de material orgánico y cuatro partes de agua (Varnero, 2011, p. 97–98). Dentro de este tipo de biodigestores se encuentra los digestores Hindú y chino.

2.1.4. Componentes del biodigestor

Hay tantos diseños de biodigestores como personas y empresas que han construido uno, y esto se debe básicamente a que son contenedores sin oxígeno (anaeróbicos) donde se desarrolla un proceso biológico. La forma, el diseño y los materiales van variando proyecto tras proyecto, perfeccionándose con los años.

A continuación, se muestran los componentes que necesita un biodigestor o una central de biogás para tener un funcionamiento correcto, desde los sistemas domésticos hasta los industriales de alta tecnología (FAO, 2019, p. 49).

2.1.4.1. Reactor

Se trata básicamente de un contenedor donde se produce el proceso biológico en ausencia de oxígeno, puede estar construido con distintos materiales y formas:

- Acero al carbono protegido;
- Acero inoxidable;
- Tanques de hormigón;
- Tanques de pvc;
- Tanques plásticos;
- Geomembranas;
- Otros.

Al elegir el material del que va a estar construido busca principalmente es que los materiales usados sean resistentes a los ácidos orgánicos que se generan en el proceso, al ataque químico que produce el ácido sulfhídrico contenido en el biogás, que eviten pérdidas de líquidos, que sean impermeables al biogás y que resistan el ataque de los rayos UV. La elección de uno u otro material dependerá de cada proyecto, del objetivo que se persiga, de la durabilidad y vida útil buscada, de los montos de inversión, etc. En la medida en que el biodigestor sea de mayores

dimensiones, la elección de los materiales debería ser más rigurosa y delicada e involucrar profesionales de la ingeniería civil y química, ya que una pérdida o rotura en un biodigestor de, por ejemplo, 5 000 m³, podría ser catastrófica en costos económicos, operativos, ambientales y sociales (FAO, 2019, p. 50).

2.1.4.2. Tanque de premezcla

Los biodigestores suelen tener una cámara de precarga, también conocida como cámara de alimentación en donde se mezclan los sustratos para preparar el material que ingresará al reactor (Varnero, 2011, p. 79).

2.1.4.3. Extracción de lodos

Las tuberías de extracción de lodos suelen estar colocadas sobre bloques a lo largo del suelo inclinado del digestor. El lodo se extrae por el centro del reactor. Estas tuberías tienen, por lo general, 15 cm de diámetro o van equipadas con válvulas tapón para evitar obstrucciones, y se utilizan para llevar periódicamente el lodo del digestor a un sistema de evacuación de lodos (Varnero, 2011, p. 79).

2.1.4.4. Tanque de almacenamiento de gas

El gas que es producido por el biodigestor se almacenará en tanques especiales para su almacenamiento, dependiendo del tipo y nivel de proyecto que se utilizará, tomando en cuenta la presión que se pueda ejercer por el gas. En algunos tipos de biodigestores el almacenamiento está directamente sobre la boca, en estos casos es conveniente utilizar campanas flotantes metálicas que permiten disponer del gas a una presión constante (Corona, 2007, p. 28).

2.1.4.5. Línea de conducción

La línea de conducción para una instalación típica dependerá del flujo de gas que se desea transportar y la distancia existente entre la planta y el lugar de uso.

Vale la pena mencionar que las plantas de biogás utilizan casi siempre manguera de PVC, debido a que este material no es afectado por la acción del ácido sulfhídrico. La manguera de PVC ira preferiblemente enterrada o recubierta para evitar el deterioro por luz solar. De lo contrario, se colocará elevada para evitar daños físicos causado por personas o animales (Corona, 2007, p. 29).

2.2. Biogás

Según Hidalgo et al. (2019: p. 192) “El biogás es un producto del metabolismo de ciertas bacterias que participan en la descomposición de tejidos orgánicos en ambiente húmedo y carente de oxígeno. A su vez, durante el proceso de descomposición, algunos compuestos orgánicos son transformados a minerales, los cuales pueden ser utilizados fácilmente como fertilizantes para los cultivos.”

2.2.1. Origen del Biogás

El biogás es generado a partir de la digestión anaerobia, un proceso biológico en donde la materia prima es descompuesta por bacterias anaerobias (que no requieren oxígeno), generando una mezcla gaseosa constituida por metano (CH_4) en un 50% a 70%, dióxido de carbono (CO_2) en un 20% a 40% y pequeñas proporciones de otros gases, como sulfuro de hidrógeno (H_2S), hidrógeno (H_2) y amoníaco (NH_3); el biogás puede utilizarse en aplicaciones tan diversas como calefacción por combustión en calderas de vapor, generadores eléctricos, combustible de motores, heladeras, incubadoras de animales y termotanques, entre otras (R. Navarro, 2016, p. 35).

Según el Ministerio de energía del Gobierno de Chile (2016, párr.1) “El biogás es un gas combustible que proviene de la descomposición de desechos orgánicos gracias al trabajo de bacterias. Como resultado de la descomposición, se produce gas metano, que corresponde químicamente al mismo combustible que conocemos comercialmente como gas natural y un fertilizante orgánico llamado digestato. Todo este proceso ocurre en ausencia de oxígeno, generalmente en un equipo llamado reactor, biodigestor o digestor anaeróbico.”

2.2.2. Componentes del biogás

Los componentes más comunes que se encuentran presentes en el biogás y sus efectos son:

Tabla 1-2: Componente del biogás y su efecto en las propiedades

CO ₂	25 - 50 % vol	Baja el poder calorífico
		Incrementa el número de metano
		Causa corrosión
		Daña celdas alcalinas de combustible
H ₂ O	0 - 0.5 % vol	Corrosión en equipos y piping
		Emisión de SO ₂ después de los quemadores
		Emisión de H ₂ S en combustión imperfecta

		Inhibición de la catálisis
NH ₃	0 - 0.05 % vol	Emisión de Nox
Vapor de agua	1 - 5 % vol	Daño en las celdas de combustibles
		Corrosión en equipos y piping
		Daños de instrumentación por condensado
		Riesgo de congelamiento y bloquear tuberías y válvulas
Polvo	>5um	Bloquea las boquillas y celdas de combustibles
N ₂	0 - 5 % vol	Baja el poder calorífico
Siloxenos	0 - 50 [mg/m3]	Actúa como abrasivo, daño en motores

Fuente: (Pérez, 2010, p. 13).

2.2.3. *Parámetros para la obtención del biogás*

La biodigestión anaerobia requiere de diversos parámetros necesarios, de esta manera los microorganismos encargados de dicha digestión se reproducirán de manera eficaz dentro del biodigestor.

2.2.3.1. *Temperatura*

La temperatura es uno de los parámetros más importantes para la digestión anaerobia, ya que de esto dependerá el mejoramiento de las condiciones para la reproducción microbiana; A medida que la temperatura vaya aumentando, la velocidad de crecimiento microbiano aumentará, acelerando el proceso de digestión y por ende aumentará la producción de biogás.

Si se producen variaciones bruscas de temperatura dentro del biodigestor se puede provocar una desestabilización del proceso (Navarro, 2016, p. 61).

Dentro de regímenes del proceso se diferencian tres, los mismo que dependerán de la temperatura que se encuentre dentro del biodigestor. Estos tres regímenes son:

- Psicrófilico: En este régimen la temperatura no excede los 25 °C, entonces la actividad bacteriana es baja y el tiempo de digestión puede alcanzar los 100 días.
- Mesófilo: La temperatura tiene un rango desde los 25°C hasta los 45 °C, siendo aquí la actividad bacteriana es media y el tiempo de digestión está comprendido entre los 20 y los 60 días.
- Termófilo: la temperatura tendrá un rango de los 45°C hasta los 80 °C, donde la actividad bacteriana es alta y el tiempo de digestión se encuentra entre los 10 y los 15 días, ayudando a eliminar parte de los microorganismos patógenos, sin embargo, se corre el riesgo de que el proceso sea inestable (Cuesta, 2015, p. 24).

Según estudios desarrollados por Parra (2015, p. 153) dentro del tratamiento anaeróbico puede darse los tres rangos de temperatura; La digestión anaerobia termofílica tiene una ventaja sobre la digestión mesofílica resultando en una velocidad de reacción más rápida y mayor productividad comparada con la digestión anaerobia mesofílica; Quinchía et al. (2019: p. 10) afirmaron que la digestión anaerobia puede ocurrir en la gama termofílica entre 37-65 °C, con un óptimo en las proximidades de los 55°C, sin embargo, las bacterias metanogénicas digieren la materia orgánica más eficientemente en el rango mesofílico que puede ser alcanzado por la fase líquida, no solamente por efecto de la temperatura ambiental sino también por la temperatura interna. Mientras que Romero y Mamani (2013: p. 251) asegura que la mayor eficiencia de conversión de la mezcla de la pulpa se obtiene en los rangos de temperatura de 20 °C a 34.2 °C, en la cual las bacterias metanogénicas digieren la materia orgánica en forma más eficiente. La estructura de las comunidades microbianas activas a las dos temperaturas óptimas es bastante diferente. Un cambio de temperatura mesofílica a termofílica (o viceversa) puede resultar en una disminución marcada en producción de biogás. Incluso pequeños cambios en temperatura, de 35°C a 30°C a de 30°C a 32°C han mostrado reducir la velocidad de producción de biogás (Parra, 2015, p. 153).

2.2.3.2. Potencial de Hidrógeno

Otro factor limitante en el proceso de digestión anaerobia es el pH, ya que este afecta directamente la actividad enzimática de los microorganismos, es decir, inhibe o potencializa el crecimiento de ciertas bacterias. Según Vega y Silva, (2020: p. 29) “Para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el pH se debe mantener en un rango de entre 6,0 y 8,0, ya que éste determina la producción de biogás y también su composición. Al aumentar el pH, se favorece la formación de amoníaco que, en elevadas concentraciones, es inhibidor del crecimiento microbiano y, a valores de pH bajos, se genera mayoritariamente la forma no ionizada del ácido acético, que inhibe el mecanismo de degradación del propionato. Debido a esto, es necesario mantener el pH del sistema cercano a la neutralidad.”

El equilibrio también se verá afectado por el pH, ya que dependiendo de esto se generarán determinados compuestos; El amoníaco será producido cuando exista un pH bajo, mientras que en pH alto se formará ácido acético, alterando directamente la composición del gas y por ende su calidad (Cuesta, 2015, p. 23).

2.2.3.3. Relación carbono: nitrógeno (C/N)

El carbono y el nitrógeno vienen a ser utilizado como alimento para las bacterias metanogénicas, siendo el carbono usado como fuente de energía y el nitrógeno como formador de nuevas células. Estas bacterias a diferencia de otras, consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por ende, la

relación óptima de estos dos elementos es de 30:1, hasta 20:1. Al existir una relación mayor a 35:1, la descomposición de materiales con alto contenido de carbono se genera de manera más lenta, ya que la multiplicación y producción de bacterias es baja, por el déficit de nitrógeno que se genera, generando un periodo de producción más prolongado; por otro lado una relación C:N menor a 8:1 inhibirá la actividad bacteriana, ya que en este proceso se formará un contenido excesivo de amonio produciendo una elevada toxicidad y reducción de digestión (Navarro, 2017, p. 17).

Otros autores como afirman que los valores entre 20-30 representan resultados positivos, ya que incrementa el rendimiento y potencial de metano; cuando existen valores elevados de C/N y escasez de elementos traza afectan en el proceso, debido a que se genera una producción de ácidos grasos y decrecimiento del pH del sistema (Montenegro et al., 2016: párr. 16).

2.2.3.4. *Macronutrientes y micronutrientes*

Los macronutrientes (nitrógeno y fósforo) y micronutrientes (minerales traza) son requeridos dentro de la digestión anaerobia, para la producción de la nueva biomasa; la cantidad de nutrientes dependerá de la materia prima que se pretende utilizar, ya que algunas bacterias no requieren elevadas concentraciones de los mismos. Dentro de estos nutrientes, además del nitrógeno tenemos:

- Fósforo (P) presente en la naturaleza en forma de fosfatos orgánicos e inorgánicos, ayudando en la síntesis de ácidos nucleicos y fosfolípidos; Un exceso de fósforo no es grave, pero su carencia puede incurrir en el proceso de generación de bacterias. La relación ideal de C:P es 150:1.
- Azufre (S) presente en fuentes inorgánicas formando sulfatos y sulfuros, el azufre se requiere en menos cantidades que el fósforo y cuando se encuentran en exceso presentan problemas de corrosión, ya que los desechos que contienen azufre forman ácido sulfúrico (H₂S) compuesto que es corrosivo (Tupiza y Velásquez, 2015: p. 26).
- Potasio (K) Este nutriente funciona como un cofactor de muchas enzimas presentes en la síntesis de proteínas.
- Magnesio (Mg) toma el trabajo de estabilizador de ribosomas, membranas celulares y ácidos nucleicos, así como también como cofactor de las reacciones enzimáticas encargadas de transferir grupos fosfatos.
- Calcio (Ca) es un agente que estabiliza la pared celular bacteriana y presenta la función de termo resistencia de las endosporas.
- Sodio (Na) algunos micro orgánicos que se encuentran en ambientes salinos lo requieren.
- Hierro (Fe) tiene un importante papel en la respiración celular, ya que permite el transporte de los electrones, a través de citocromos y proteínas que contienen Fe y S, dependerá del estado

de oxidación que posea. Es necesario que el hierro se encuentre en mayores concentraciones que otros nutrientes (García y Gómez, 2016: p. 32).

2.2.3.5. *Tiempo de retención hidráulica*

Es el tiempo en el que los sustratos, junto a una unidad de fluido, permanecen dentro del biodigestor y está directamente relacionado con el volumen de sustrato orgánico cargado diariamente, el volumen del biodigestor y la velocidad de carga diaria. Tiene una relación de tipo inversa con el tiempo de retención, dado que, a medida que se incrementa la carga volumétrica, disminuye el tiempo de retención. También se encuentra relacionado con la temperatura cuando se tiene una temperatura mayor se obtendrá un menor tiempo de retención y viceversa, ya que este es el tiempo que tarda la biomasa en degradarse (Vega y Silva, 2020: p. 28).

Tabla 2-2: Tiempo de Retención según la región

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (días)
Trópico	30	25
Valle	20	37
Altiplano	10	75

Fuente: (Herrero, 2008, p. 29).

2.2.4. *Beneficios del uso del biogás*

Los principales beneficios que nos puede aportar una instalación de biogás son los siguientes:

- Resuelve el problema de desechos agropecuarios. Cualquier desecho orgánico es digerible. Y es convertido en dinero.
- Controlamos el metano CH₄ que es 27 veces más contaminante que el CO₂, que de una forma normal se hubiera liberado, atrapándolo y convirtiéndolo en energía.
- Con ello también evitamos la producción de CO₂ de otros procesos como quema de carbón o petróleo que hubieran sido necesarios para esa generación.
- La eficiencia de las plantas de biogás de 350KWh (con más de 8000 horas de producción anuales) es mayor que la fotovoltaica (1800 horas de producción anuales). Y se puede obtener a la vez la energía térmica para calefactar ganaderías e invernaderos aledaños.
- De los desechos obtenemos beneficios monetarios y puestos de trabajo en la propia planta de biogás, mejorando la economía local (INDEREN, 2021, párr. 11–16).

2.3. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso biológico en el cual se utiliza microorganismos para la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Este proceso proporciona una gran cantidad de beneficios ya que permite el tratamiento de efluentes, excretas, restos de comidas, grasas, aceites y lubricantes, desechos orgánicos industriales y lodos de depuradora como materia prima y permite la obtención de biogás, uno de los recursos más valiosos y que puede contener hasta un 70% de metano que puede ser utilizado como alimentador de generados eléctricos (FLUENCE, 2020, párr. 1–2).

2.3.1. Etapas de la biodigestión

Para que se dé el proceso de biodigestión debe establecerse condiciones húmedas como el sustrato con un mínimo de un 30% de humedad ya que las bacterias no pueden existir en fase sólida en comparación con las bacterias aerobias (Andrade et al., 2020: p. 40).

- **Hidrólisis:** es la primera etapa de la degradación anaerobia que se da por la acción enzimática de las moléculas complejas presentes en la materia orgánica las cuales se transforman en moléculas orgánicas más simples como azúcares, aminoácidos y cadenas de ácidos grasos largos. La hidrólisis se produce por la acción enzimática extracelular que es excretada por los microorganismos (Canul, 2020, pp. 8).

La hidrólisis y velocidad del proceso son altamente dependientes de ciertos factores como pH, temperatura, concentración de biomasa, tipo de materia orgánica y tamaño de partícula, lo que la convierte en una etapa limitante y a su vez puede influir en los procesos de degradación de la biomasa (Chisag, 2019, pp. 25–28).

- **Acidogénesis:** en esta etapa los azúcares simples obtenidos en la primera etapa de hidrólisis por acción microbiana se transforman en ácidos grasos volátiles, amoniacos, hidrógeno y dióxido de carbono, la velocidad de reacción es rápida y el pH baja hasta 5.5; a esta etapa se la conoce también como etapa fermentativa. El ácido acético es el producto intermedio más importante ya que es el sustrato utilizado por las arqueas metanogénicas para la producción de metano (Canul, 2020, p. 9).
- **Acetogénesis:** las bacterias acetogénicas oxidan los ácidos grasos volátiles en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono los cuales posteriormente serán los sustratos de las bacterias metanogénicas. Las bacterias de esta etapa se encuentran en simbiosis constante con las bacterias metanogénicas ya que esta reacción demanda energía y los productos finales son minimizados del medio por las bacterias metanogénicas de las cercanías de las bacterias acetogénicas, por tanto, en el proceso de conversión de acetato a metano puede considerarse

favorable termodinámicamente si la presión del hidrógeno se encuentra baja (Arenas, 2019, pp. 19–23).

- **Metanogénesis:** es la etapa final del proceso de digestión anaerobia en el cual los productos finales del proceso de acetogénesis (acetato, hidrógeno y dióxido de carbono) se transforman en metano y dióxido de carbono, este proceso se da por bacterias estrictamente anaerobias, además, involucra dos grupos de metanogénicos, las primeras son metanogénicas acetoclásicas que degradan los ácidos propiónicos y acético, y las segundas son metanogénicas hidrogenófilas que se encargan del consumo del hidrógeno y lo convierten en biogás, además de ser fundamentales para el equilibrio de la presión de hidrógeno dentro de la reacción (Arenas, 2019, pp. 19–23).

2.3.2. *Equilibrio bacteriano y factores limitantes*

El comportamiento microbiológico es más complejo que estas fases; dentro de un biodigestor en funcionamiento se producen multitud de reacciones y fermentaciones simultáneas de decenas de bacterias diferentes, trabajando en simbiosis y produciendo una gran cantidad de productos, que a su vez son absorbidos por otras bacterias que se transforman para otro grupo, por lo cual, el producto final que es el biogás presenta trazas de hidrógeno, nitrógeno, ácido sulfhídrico, entre otros y al existir algún cambio brusco en el interior del biodigestor ocasionaría el declive del equilibrio delicado establecido en el sistema generando la desviación o detención de la reacción (Chisag, 2019, pp. 25–28).

La digestión anaerobia es un proceso complejo que requiere un control y seguimiento eficaz que permita mantener las condiciones óptimas para el desarrollo de cada una de las reacciones químicas en el interior del reactor y por ello varios son los factores que afectan la fermentación anaerobia los cuales se detallarán a continuación:

- **pH:** es un factor importante ya que influye en el nivel de actividad de las bacterias presentes en la digestión, además está asociado a los fenómenos de acidificación los cuales deben permanecer en un valor óptimo entre 6.6 - 7.6 para un proceso adecuado y en caso de tener valores más bajos. de 5 y mayores de 8 corren el riesgo de inhibir el proceso de fermentación e incluso detenerlo. El pH no solo afecta el desarrollo del proceso de fermentación sino también la calidad del biogás ya que a valores inferiores a 6 el biogás es muy pobre en metano, la solubilidad del sustrato y la producción de ácidos grasos volátiles (Canul, 2020, pp. 13–15).

En el caso que el pH esté fuera de lo valores óptimos se debe corregir, es así como, si en caso de encontrarse por encima se debe agregar ácido acético, en la práctica el pH se autorregula dentro del biodigestor

- **Temperatura:** la temperatura se encuentra estrechamente relacionada a lo largo de todo el proceso por tanto se convierte en un factor importante lo cual influye en la velocidad de

reacción de los procesos biológicos y por ende el crecimiento microbiano y la aceleración del proceso de digestión dando lugar a mayor producción de biogás en caso de un aumento de temperatura.

Se han establecido tres rangos de temperatura a los que pueden trabajar los microorganismos: a temperaturas menores de 25°C actúan los microorganismos psicrófilos en un lapso de 30 – 60 días, en temperaturas de 25°C a 45°C actúan los microorganismos mesófilos en un lapso de 20 – 25 días y a temperaturas de 45°C a 65 °C actúan los microorganismos termófilos en un lapso de 10 a 15 días, por ello es necesario mantener una agitación y un control adecuado de temperatura caso contrario se puede generar una desestabilización del proceso (Bernal y Suárez, 2018: pp. 18–25).

A continuación, se encuentran algunos datos de obtención de biogás a partir de distintas biomásas dependiendo de la temperatura.

Tabla 3-2: Producción de biogás en rangos mesofílicos y psicrófilos

Materiales	Mesofílico (35°C) m³/ día	Ambiente (8 – 25°C) m³/ día
Estiércol de cerdo	0.42	0.25 – 0.3
Estiércol de vaca	0.3	0.2 – 0.25
Estiércol de humano	0.43	0.25 – 0.3
Paja de arroz	0.4	0.2 – 0.25
Paja de trigo	0.45	0.2 – 0.25
Pasto verde	0.44	0.2 – 0.25

Fuente:(FAO, 2019, p. 17).

- **Tipo de sustrato:** de manera general el sustrato a utilizar para el proceso de obtención de biogás son residuos orgánicos y excretas incluidas las del ser humano. Además, el sustrato es un factor que dependiendo de la composición y la naturaleza del residuo influirá en la calidad y cantidad de biogás producido en la digestión. Cabe recalcar que la eficiencia del tiempo de digestión es de 30 a 60 días, por tanto, es necesario mantener una relación C/N adecuada en cuanto al sustrato de materia orgánica a degradarse en el interior y por lo general el rango debe estar entre 20:1 a 30:1 de relación como el ideal (Arenas, 2019, p. 18).

Para que el proceso de degradación total del sustrato se desarrolle hasta su mineralización la composición del sustrato en lo posible debe encontrarse lignina o celulosa las cuales se presentan en cortezas leñosas, influyendo en el porcentaje de degradación y conjuntamente en el tiempo de retención (FAO, 2019, p. 19).

2.4. Gestión de residuos

La gestión de residuos hace referencia a las actividades necesarias para el tratamiento de los desechos, desde la generación hasta su eliminación o reaprovechamiento involucrando la recolección, transporte y gestión de estos, a su vez estos residuos son biodegradables que incluyen restos de frutas, verduras y residuos procedentes de la poda de plantas. Actualmente la gestión de residuos es un reto mundial debido a que la producción de residuos es alarmante a nivel mundial y la mayoría de los países en desarrollo carecen de infraestructura legal y de gestión suficiente, solo en América latina y el Caribe cuenta con una generación de residuos sólidos municipales de 1kg/hab/día. Por ello la importancia de la gestión de los residuos y así generar una economía circular con un enfoque preventivo como clave para la maximización de la recirculación de productos y materiales (Pon, 2019, párr. 4).

2.4.1. Selección de biomasa

La biomasa es un recurso renovable considerable inagotable puesto que engloba toda la materia vegetal y derivados como los residuos forestales y agrícolas incluidas los residuos provenientes de la industria y residuos domésticos urbanos los cuales mediante un tipo de tratamiento se pueden ser convertidos en energía. La forma más común de obtener energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa, siendo así la quema en hogueras a cielo abierto, hornos o cocinas artesanales o en calderas una de las prácticas más antiguas, y la otra forma de obtener energía es a través de la transformación en productos industrializados sustituyendo a otros costosos en energía fósil (Días y Salazar, 2019: p. 14).

El beneficio de la biomasa no solo es energético sino también su transformación se convierte en beneficiosa para el entorno permitiendo así la eliminación de los residuos y consecuentemente el mejoramiento ambiental rural, urbano e industrial.

2.4.2. Fuentes de obtención

Las fuentes de obtención de biomasa para la producción de energía cubren un amplio rango de materiales y fuentes como: residuos de industria forestal y acuicultura, desechos agrícolas, estiércol de animales, desechos industriales y residuos de desechos urbanos; los cuales generalmente son usados en procesos modernos de conversión con un enfoque hacia la sustitución de los combustibles fósiles y un desarrollo sustentable (Pon, 2019, párr. 3).

2.4.3. Excretas

Las excretas son un tipo de biomasa considerada como materia orgánica en descomposición, destinada para la fertilización de suelos de cultivos compuestas generalmente por heces y orina procedentes de animales de granja. Estas excretas animales son ricas en nitrógeno por ello, una de las tecnologías potencial de aprovechamiento para este tipo de energía son los biodigestores los cuales permiten disminuir el efecto invernadero en el caso de las excretas del ganado atmósfera (Díaz y Salazar, 2019: pp. 36-45).

Al estiércol vacuno se lo considera un fluido no newtoniano ya que presenta características pseudoplásticas debido a que su viscosidad varía según la temperatura y el esfuerzo constante al que se somete (Días y Salazar, 2019: p. 25).

2.5. Tratamientos de biomasa

2.5.1. Tratamiento físico

2.5.1.1. Separación de sólidos y líquidos

La separación de sólidos y líquidos se ve facilitada por el uso de unos equipos como son las plantillas o cribas y los separadores de tornillo de prensa. El primer equipo permite sólo la remoción parcial del agua libre por acción de la gravedad, estos equipos se especializan con aguas residuales extremadamente diluidas, es decir, menos del 1% de sólidos y el 99% restante debe ser húmedo. El segundo equipo permite la remoción total de la humedad lo cual permite obtener sólidos secos de mayor facilidad para su transporte y a su vez puede usarse como alimentos balanceados, estos sólidos cuentan con una humedad óptima para su continuación con el proceso de deshidratación y almacenamiento por un largo plazo (Chisag, 2019, p. 20–26).

2.5.1.2. Deshidratación al sol

Este proceso permite la obtención de un producto seco fácil de almacenar e incorporarlo en una dieta. La desventaja de este proceso es que debe realizarlo en zonas áridas o semiáridas, el producto puede contener patógenos y va a haber una pérdida de nutrientes (Chisag, 2019, p. 20–26).

2.5.1.3. Secado artificial

Este proceso requiere de altas temperaturas y equipos especializados para el tratamiento y eliminación de patógenos además de eliminar olores, aunque el costo de energía, recolección y transporte de las excretas son elevados.

2.5.2. Tratamiento biológico

2.5.2.1. Lagunas de almacenamiento y fermentación

Constituyen un sistema de tratamiento bioquímico de crecimiento suspendido en el cual no hay circulación de sólidos sedimentados, siendo un sistema más simple y sencillo de tratamiento de excretas en condiciones anaerobias simulando el proceso de un digestor anaerobio sin mezcla, con el uso de bacterias que forman ácido o sintetizan el metano. Se caracterizan por ocupar una menor superficie ya que su volumen cubre con la profundidad que se le dé, generando subproductos para su posterior aprovechamiento en riego o como medio de crecimiento de peces y algas, y en el caso de los lodos como fertilizantes (Chisag, 2019, p. 24).

2.5.2.2. Digestores anaerobios

Este sistema de tratamiento permite la obtención de energía donde las excretas son digeridas de manera anaerobia por acción de bacterias presentes, generando biogás que se recupera, filtrado, comprimido y almacenado para usarse en el calentamiento, enfriamiento o en máquinas para poner en marcha generadores eléctricos. Sin embargo, existe una desventaja principal que es el alto costo de estos últimos (Chisag, 2019, p. 24).

2.5.2.3. Compostaje

Consiste en la descomposición aeróbica a temperaturas de entre 40 – 65 °C (temperatura termofílica), donde se llevará a cabo el proceso de descomposición por acción de los microorganismos no patógenos; con condiciones necesarias referentes a C:N de 50:1, un pH entre 5.5 a 8, partículas pequeñas y bien mezcladas, tamaño de la pila o volumen de compostaje, además de una humedad de un 50 a 60% (Arce, 2011, pp. 36-37).

2.6. Generación De Energía

2.6.1. *Proceso de fermentación del biogás*

El proceso fermentativo y producción de biogás permite la extracción de carbono, trazas de azufre, hidrógeno y algo de nitrógeno. Para iniciar este proceso se requiere de microorganismos productores de biogás estrictamente anaeróbicas, una temperatura constante para una mejor fermentación y condiciones anaerobias. En el caso de las excretas a ser utilizadas deben contener una relación 3:1 de agua: excreta, dependiendo de las características biológicas de esta última puede establecerse una relación 1:1 (Apolo, 2015, pp. 34–36).

Esta técnica permite un desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente, además de ser adaptable a las necesidades de la población considerando la biomasa que se encuentre a la mano para dicho proceso. Además, el proceso fermentativo presenta un amplio espectro en referencia a la materia prima, cabe mencionar que no solo debe ser fuente de carbono y nitrógeno sino también debe presentar un equilibrio de sales minerales (Apolo, 2015, pp. 34–36).

2.7. Campos de aplicación del sistema

2.7.1. *Área rural*

En la zona rural la implementación de este sistema ha sido muy importante ya que busca dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos para los pobladores y agricultores de la zona rural que presentan ingresos bajos y de difícil acceso a las fuentes convencionales de energías. Por ello este tipo de tecnología ha buscado lograr desarrollar digestores de mínimo costo y mantenimiento fáciles de operar (Apolo, 2015, pp. 34–36).

2.7.2. *Rellenos sanitarios*

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de sistemas de digestión que permitan el tratamiento y eliminación de enormes cantidades de desperdicios generados en las grandes ciudades permitiendo así la generación de gas metano para la activación de equipos generadores de electricidad, disminuyendo así la contaminación ambiental y la generación de malos olores en este tipo de lugares de deposición final (Apolo, 2015, pp. 34–36).

2.7.3. Diferentes aplicaciones

El sistema de biodigestores presenta una alta gama de aplicaciones tanto en la zona rural, rellenos sanitarios, tratamiento de excretas, tratamiento de aguas residuales y aguas negras, proceso de producción de bebidas, entre otras. Estos sistemas establecen la fermentación interna por acción de microorganismos según sea el proceso y los productos que se desean obtener, ya sean procesos que permitan la disminución de la carga orgánica que genera contaminación en el medio ambiente o a su vez la obtención de productos que benefician a la población (Apolo, 2015, pp. 34–36).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de Estudio

3.1.1. Ubicación geográfica

El trabajo de titulación se realizó en el Centro de Investigación “Sacha Wiwa” de la parroquia Guasaganda, ubicada a 12 Km desde la vía E30 del Recinto Guayacán pertenecientes al cantón La Maná.

3.1.1.1. Macro localización

Tabla 4-3: Ubicación Político Administrativo del Proyecto

Localización Geográfica	
País	Ecuador
Región	Sierra
Provincia	Cotopaxi
Cantón	La Maná
Parroquia	Guasaganda

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022



Figura 1 - 3. Localización de la Provincia de Cotopaxi

Fuente: Google Maps, 2022.

Límites:

- Norte: Provincia de Pichincha y la Provincia de Santo Domingo
- Sur: Provincia de Tungurahua y la Provincia de Guaranda,
- Este: Provincia de Napo,
- Oeste: Provincia de Los Ríos

3.1.1.2. Micro localización

El centro de Investigación “Sacha Wiwa” cuenta con 111.8 hectáreas, dentro de los siguientes linderos y dimensiones:

- Norte: Finca – Hermojenes Molina, Hacienda – Sara Calvopiña y Finca – Reinaldo Esquivel.
- Sur: Finca - Pedro Pazmiño y Finca – Sergio Aldás.
- Este: Finca – Humberto Esquivel
- Oeste: Finca – Reinaldo Esquivel y Finca – Guillermina Caicedo

Tabla 5-3: Coordenadas del lugar de estudio

Longitud (17 S)	Latitud (UTM)
705345,6	9911854,3
705565,6	9911867,1

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

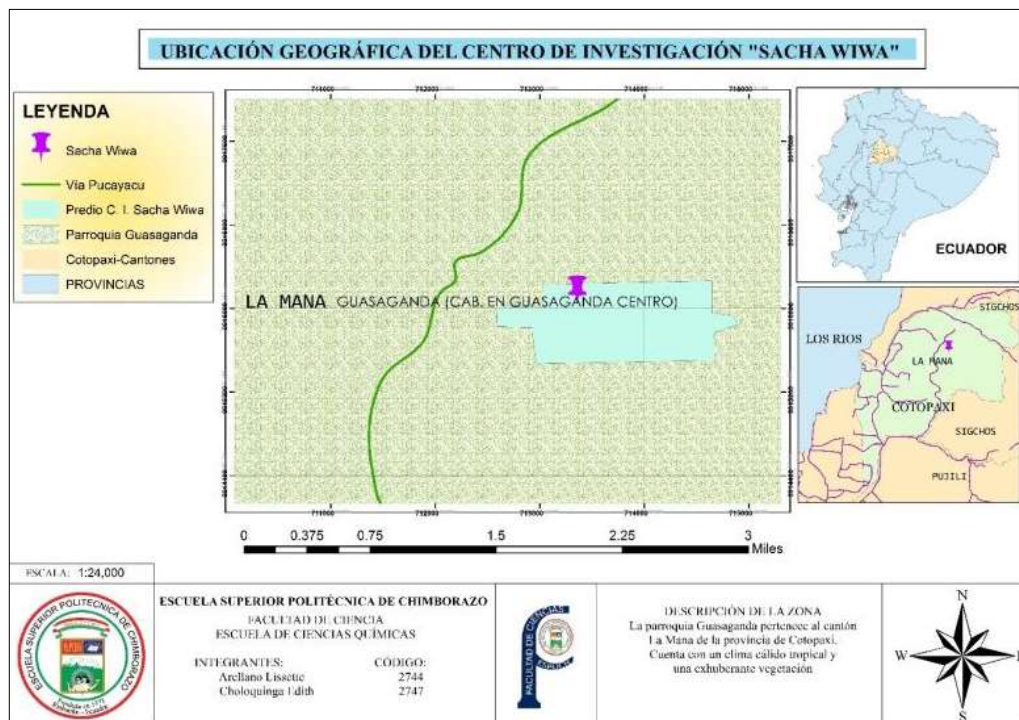


Figura 2 – 3. Mapa de Ubicación del Centro de Investigación “Sacha Wiwa”

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

3.2. Metodología

Para el diseño y construcción del biodigestor anaerobio se llevó a cabo los siguientes pasos:

- ✓ Levantamiento de la Línea Base.
- ✓ Muestreo y caracterización de estiércol de ganado vacuno y porcino.
- ✓ Cuantificación de la carga diaria de estiércol.
- ✓ Localización del lugar (GPS).
- ✓ Selección del modelo del biodigestor.
- ✓ Dimensionamiento del biodigestor.
- ✓ Elaboración de planos en AutoCAD.
- ✓ Evaluación de Impacto Ambiental.
- ✓ Construcción e instalación del biodigestor.

3.2.1. Levantamiento de la línea base

El levantamiento de la línea base se realizó con el fin de obtener información del lugar donde se va a ejecutar el proyecto.

3.2.1.1. Caracterización del entorno físico

A través de una inspección in situ se determinó los siguientes aspectos:

- a) **Suelo para la agricultura.** - Dentro de los límites de la fundación hay diversos sembríos de distintos tipos tales como pastos, cafetal, moringa y guanábana por esto seleccionamos tres puntos al azar y observamos la coloración del suelo, para posterior medir el grosor del horizonte orgánico. (Ver anexo F)

Materiales:

- ✓ Regla
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ Esfero

- b) **Temperatura del lugar.** -En el Centro de investigación y desarrollo cultural “SACHA WIWA” se midió la temperatura durante 10 días consecutivos desde el 10 hasta el 19 de febrero (ver anexo G).

Equipos:

- Termómetro digital “*ThermoPro*”
- c) **Red hidrográfica y vial.** - A través de un recorrido de 200 metros a la redonda del área destinada para la construcción del biodigestor se observó la presencia de una fuente hídrica y dos riachuelos que tienen su origen a unos 280 metros de la fuente hídrica. (ver anexo C)

3.2.1.2. Características del entorno biótico

- ✓ Mediante la observación in situ aplicada al realizar un recorrido por el área de influencia directa de aproximadamente 50 m a la redonda del área destinada para la construcción del biodigestor, la misma que presentaba diversas especies diferentes de flora y fauna. (ver anexos A y B)
- ✓ La alimentación que posee el ganado bovino es principalmente pasto marundú, pasto saboya, encelaje y balanceado; mientras que al ganado porcino los alimentan con residuos de comida, guineo, caña y balanceado.

Para la identificación y valoración de los impactos ambientales se estableció una matriz de Leopold modificada.

3.2.2. Muestreo y caracterización del estiércol de ganado vacuno y porcino.

Tanto para el estiércol de ganado vacuno y del ganado porcino se realizó la toma de muestras a través de un muestreo aleatorio simple, mismo que consistió en la recolección de distintas muestras al azar depositándolas en un balde y luego homogenizándolas para obtener muestras compuestas, finalmente pesamos dos muestras de 1 kg de estiércol del ganado vacuno y dos muestras de 1kg de estiércol de ganado porcino, colocándolas en fundas de ziploc respectivamente.

Las muestras de estiércol fueron tomadas en el Centro de investigación “SACHA WIWA” el 14 de abril ingresadas al Laboratorio Labsu el 15 de abril para sus respectivos análisis físicos-químicos y bacteriológicos (Ver anexo H).

a) Materiales para el muestreo:

- ✓ Guantes de látex
- ✓ 4Fundas Ziploc
- ✓ 2 palas para recolección de estiércol
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Balanza de 20 kg
- ✓ Balde plástico

b) Equipos

- ✓ Celular con cámara fotográfica

3.2.3. Metodología para la caracterización de estiércol pre tratamiento.

3.2.3.1. Determinación de parámetros in-situ

a) Determinación de la temperatura

Determinar la temperatura de la materia prima al momento de la toma de muestra del estiércol permite conocer si la materia prima está o no en un proceso de descomposición, ya que los microorganismos descomponedores y productores de gas tienen relación directa con la temperatura, a mayor temperatura mayor será el crecimiento microbiano, por ende, mayor será la producción de biogás.

Materiales:

- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Esfero

Equipo:

- ✓ Termómetro
- ✓ Celular con cámara fotográfica

Procedimiento

Para medir la temperatura en el estiércol del ganado vacuno y porcino se utilizó un termómetro de mercurio de estructura redonda.

Primero se agitó el termómetro para verificar que cualquier resto de mercurio vuelva a su posición original y realizar bien la toma de temperatura. Se introdujo directamente el termómetro en el estiércol durante dos minutos, y anotamos los resultados.

3.2.3.2. Determinación ex situ

Para la determinación ex situ se procedió a recolectar dos muestras (una del ganado vacuno y otro del ganado porcino), aplicando las técnicas de muestreo aprendidas, estas muestras fueron llevadas a la ciudad del Coca, Provincia de Orellana al laboratorio Labsu, encargado de realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Los análisis que se analizaron se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5-3: Parámetros analizados pre-tratamiento

PARÁMETROS	UNIDAD	Método/Norma/Referencia	Incertidumbre (K=2)
Potencial Hidrógeno	-	Ion selectivo	
Sólidos totales	%	SM 2540 B	
Sólidos totales volátiles	%	SM 2540B	
Materia Orgánica	%	Gravimétrico	
Carbono orgánico total	%	EPA 9060	

Nitrógeno total	%	KJELDAHL,EPA351.2	
Fósforo disponible	mg/Kg	Booker tropical Soil 311B	
Cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na)	Mg/Kg	SM 3030E, 3030B, 311B	
Micro elementos (Cu, Fe, Mn, Zn)	mg/Kg	SM 3030E, 3030B, 311B	
Humedad	%	Gravimétrico	
Coliformes fecales	UFC/g	AOAC 991.14	
Coliformes totales	UFC/g	AOAC 991.14	
Recuento de microorganismos	UFC/g	Methods in applied soil microbiology	

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

3.2.4. Cuantificación de la materia prima.

a) Metodología

Para determinar la cantidad de materia prima generada en el Centro de investigación “SACHA WIWA”, tanto para el ganado porcino como el ganado vacuno, primero se realizó la limpieza de los establos y de las chancheras. Luego se realizan dos distintos procedimientos de recolección para cada ganado. Cabe recalcar que tanto para el ganado vacuno como el ganado porcino la recolección se dio durante 5 días consecutivos.

- ✓ En el caso del ganado porcino se separó 3 porcinos de cada tamaño (pequeño, mediano y grande) en 3 chancheras consecutivas, cada día se realizaba la recolección y posterior pesaje de cada chancera, anotando todos estos resultados en una libreta de apuntes.
- ✓ En el caso del ganado vacuno se separó 3 ganados de cada tamaño (pequeño, medianos y grandes) y se los separó en cada establo durante 1 hora diaria, ya que es el tiempo donde el ganado pasa encerrado para darles las respectivas vitaminas y balanceados; recolectando y pesando diariamente anotando los resultados en una libreta de apuntes.

Una vez obtenidos los datos requeridos de los 5 días, se hace una media de cada ganado para poder estimar la cantidad promedio de materia prima que generan las 50 vacas y 15 cerdos por un día en el centro de investigación “SACHA WIWA”. Los valores se muestran en la Tabla 9-3 y tabla 10-3.

Materiales

- ✓ 3 baldes
- ✓ 2 palas para la recolección de las muestras
- ✓ Botas de caucho
- ✓ Guantes de látex
- ✓ Ropa adecuada

- ✓ Balanza de 50kg

Equipo

- ✓ Celular con cámara fotográfica

3.2.5. Selección del modelo de biodigestor

Para la selección del tipo de biodigestor que se adapte a las condiciones del centro de investigación Sacha Wiwa se elaboró una matriz de selección para cada tipo de biodigestor familiar más común, el cual calificaremos en base al tipo de materia, vida útil, requerimiento de área, costos, operación y mantenimiento. Los biodigestores familiares más comunes son:

- Digestor de domo flotante o “HINDÚ”
- Digestor domo fijo o “CHINO”
- Digestor tipo chanchito de polipropileno “BIOTANQUE”

3.2.5.1. Definición de los aspectos considerados en la matriz de preselección

a. *Tipo de materia prima:*

Es el tipo de residuo orgánico que posee el centro de investigación, con el cual trabaja el biodigestor.

b. *Vida útil:*

Hace referencia al tiempo que durará en funcionamiento el biodigestor.

c. *Requerimientos de área:*

Consiste en el área que se dispone para la construcción del biodigestor.

d. *Costos:*

Es el factor muy importante del diseño y construcción del biodigestor, ya que se considera en este punto todos los costos de construcción, operación y mantenimiento.

e. *Construcción:*

Consiste en la disponibilidad de materiales y el grado de complejidad de construcción del biodigestor.

f. *Operación y mantenimiento:*

Hace referencia al funcionamiento y mantenimiento de los biodigestores para la producción del biogás.

g. *Rendimiento:*

Se considera a la eficiencia de productividad de los biodigestores una vez instalados.

3.2.5.2. Preselección del biodigestor a construir

Tabla 6-3: Tabla de ponderación para la preselección

Factor	Comentarios	Ponderación
a. Tipo de materia prima	La materia prima disponible en el centro de investigación es el estiércol del ganado vacuno y porcino y los biodigestores que operan con este tipo de estiércol serán los de mejor opción.	5
b. Vida útil	Se espera que la vida útil del biodigestor sea de (20 años) para evitar renovarlos a medio plazo y evitar gastos económicos.	10
c. Requerimiento de área	Se cuenta con un espacio adecuado y amplio para la construcción del biodigestor.	5
d. Costos	Se considera una tecnología eficiente y eficaz que permita la obtención de biogás, permitiendo el ahorro de recursos en operación y mantenimiento.	20
e. Construcción	La construcción del biodigestor no debe ser compleja.	15
f. Operación y Mantenimiento	La operación debe ser flexible para una persona con poca capacitación pueda operar y darle un mantenimiento de forma simple.	15
g. Rendimiento	Una vez ya diseñado el biodigestor debe producir la mayor cantidad de biogás.	25

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

3.2.5.3. Matrices para la selección del modelo de biodigestor

Tabla 7-3: Matriz de Preselección del digestor de campana flotante “Hindú”

EVALUACIÓN PARA EL BIODIGESTOR "HINDÚ"					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	A*D
1	5	Tipo de materia prima	5	1	5
2	15	Vida útil	3	0.6	9
3	5	Requerimiento de área	5	1	5
4	20	Costos	1	0.2	4
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25

TOTAL	100		66
Sistema de calificación: 0=No aplica, 1=Suficiente, 3=Adecuado, 5=Muy bueno			

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

La calificación obtenida para este tipo de biodigestor es de un 66%, lo cual indica una poca aceptación en el Centro de Investigación, debido a los costos y al poseer una campana flotante de hierro esta con el paso del tiempo tendría a corroerse por las condiciones climáticas de la zona.

Tabla 8-3: Matriz de Preselección del digestor de domo fijo “Chino”

EVALUACIÓN PARA EL BIODIGESTOR "CHINO"					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	A*D
1	5	Tipo de materia prima	5	1	5
2	15	Vida útil	5	1	15
3	5	Requerimiento de área	3	0.6	3
4	20	Costos	3	0.6	12
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25
TOTAL	100				78
Sistema de calificación: 0=No aplica, 1=Suficiente, 3=Adecuado, 5=Muy bueno					

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

Luego de la valorización del biodigestor de domo fijo “Chino”, obtiene una calificación del 78%, con lo cual podría ser considerado para su diseño y construcción en el Centro de Investigación sin embargo su construcción debe necesariamente ser bajo tierra y tener una cámara de hidropresión.

Tabla 9-3: Matriz de Preselección del digestor tipo chanchito – polipropileno
“Biotanque”

EVALUACIÓN PARA EL BIODIGESTOR "BIOTANQUE"					
#	A	B	C	D	E
	%	ASPECTO EVALUADO	CALIFICACIÓN	C/5	A*D
1	5	Tipo de materia prima	5	1	5
2	15	Vida útil	5	1	15
3	5	Requerimiento de área	5	1	5

4	20	Costos	3	0.6	12
5	15	Construcción	3	0.6	9
6	15	Operación y mantenimiento	3	0.6	9
7	25	Rendimiento	5	1	25
TOTAL	100				80
Sistema de calificación: 0=No aplica, 1=Suficiente, 3=Adecuado, 5=Muy bueno					

Realizado por: Choloquinga, E.; Arellano, L., 2022

El biodigestor de tipo chanchito de polipropileno “Biotanque” posee una calificación del 80%, lo cual permite ser seleccionado para el diseño y construcción en el Centro de Investigación “Sacha Wiwa”, debido a su alto índice de vida útil y eficiencia en la producción de biogás, además de los costos de construcción, operación y mantenimiento son económicos.

3.2.6. *Diseño y dimensionamiento del biodigestor del biodigestor*

Para este punto se tomó en cuenta la cantidad de ganado vacuno y ganado porcino, así como también de la cantidad de estiércol diario producido diariamente en el establo y la chanchera del Centro de Investigación “Sacha Wiwa”.

Materiales:

- ✓ Computadora con programa de diseño (AutoCAD)

Procedimiento

El diseño del biodigestor se basa principalmente en la cantidad de kg de estiércol disponible diario, mientras que el volumen del biogás que producirá la materia prima dependerá de la cantidad de sólidos totales que estos contengan. Una vez obtenido los cálculos esperados se procede a diseñar el biodigestor en el programa de AutoCAD.

Datos importantes para dimensionar el biodigestor

a. Cantidad de la materia prima disponible (kg/día).

Ya que la fundación cuenta con un total de 50 cabezas de ganado y 11 cabezas de cerdos se los separó por tamaño; Las vacas tomaremos 5 por cada tamaño (pequeños, medianos y grandes), separando a cada grupo en cada establo previamente limpiados, y se las dejara 1 hora aproximadamente, que es el tiempo donde se les da el balanceado y vitaminas necesarias, luego de la hora establecida se mide la cantidad de estiércol recolectado; A los cerdos se separó 1 cerdo de cada tamaño (pequeño, mediano y grande) en cada chanchera previamente limpiadas y se tomara la cantidad de estiércol producido por 24 horas (Ver tabla 10 - 3).

Tabla 10-3: Cantidad de estiércol producido diario

TAMAÑO	DIA	DIARIO RECOGIDO (kg)
PEQUEÑAS	1	2,25
	2	2,22
	3	2,28
	4	2,27
	5	2,25
MEDIANAS	1	3,02
	2	2,95
	3	3,0
	4	2,90
	5	3,03
GRANDES	1	3,80
	2	3,70
	3	3,80
	4	3,62
	5	3,83

Realizado por: Arellano, L; Choloquinga, E, 2022

Una vez se recolectado los datos de la materia prima generada diariamente se procede a realizar una media de cada tamaño de ganado, sumando la cantidad de estiércol producido durante los 5 días y promediándoles, de esta manera se obtendrá la cantidad de materia prima disponible (Ver tabla 9-3).

Como hay 25 cabezas de ganado pequeño, 15 cabezas de ganado mediano y 10 cabezas de ganado grande se hará una relación con la media resultante, este valor será la cantidad de estiércol diario recogido, entonces:

Pequeños TE_{VP} :

$$TE_{VP} = E * CANTIDAD DE VACAS PEQUEÑAS \quad \text{Ecuación 1}$$

$$TE_{VP} = 2,25kg/día * 5$$

$$TE_{VP} = 11,25kg/día$$

Medianos TE_{VM} :

$$TE_{VM} = E * CANTIDAD DE VACAS MEDIANAS \quad \text{Ecuación 2}$$

$$TE_{VP} = 2,98kg/día * 3$$

$$TE_{VP} = 8,94kg/día$$

Grandes TE_{VG} :

$$TE_{VG} = E * CANTIDAD DE VACAS GRANDES \quad \text{Ecuación 3}$$

$$= 3,75kg/día * 2$$

$$TE_{VP} = 7,5kg/día$$

Cantidad de estiércol de ganado vacuno recogido diario:

$$TE_{VACAS} = TE_{VP} + TE_M + TE_G \quad \text{Ecuación 4}$$

$$TE_{VACAS} = \frac{11,25kg}{día} + \frac{8,94Kg}{día} + \frac{7,5kg}{día}$$

$$TE_{VACAS} = 27,69Kg/día$$

Para el caso del ganado porcino se separó 1 cerdo de cada tamaño y se pesó la cantidad de estiércol recogido durante 24 horas.

Tabla 11-3: Medida de estiércol por ganado porcino

TAMAÑO	ESTIÉRCOL DURANTE 24 HORAS (Kg)
PEQUEÑOS	1,04
MEDIANOS	1,30
GRANDES	1,80

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Con la cantidad de estiércol diario producido por cada cerdo se multiplica por la cantidad de cerdos que hay en la fundación. (hay 8 cerdos pequeños, 2 medianos y 1 grande)

Pequeños TE_{CP} :

$$TE_{CP} = E * CANTIDAD DE CERDOS PEQUEÑOS \quad \text{Ecuación 5}$$

$$TE_{CP} = \frac{1,04kg}{día} * 8$$

$$TE_{CP} = \frac{8,32kg}{día}$$

Medianos TE_{CM} :

$$TE_{CM} = \frac{1,30kg}{día} * 2$$

$$TE_{CM} = \frac{2,6kg}{día}$$

Grandes TE_{CG} :

$$TE_{CG} = \frac{1,80kg}{día}$$

Para el total del estiércol producido por el ganado porcino se suma la cantidad de estiércol producido por los cerdos pequeños, medianos y grandes.

$$TE_{CERDOS} = TE_{CP} + TE_{CM} + TE_{CG} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$TE_{CERDOS} = \frac{8,32kg}{día} + \frac{2,6kg}{día} + \frac{1,80kg}{día}$$

$$TE_{CERDOS} = \frac{12,72Kg}{día}$$

Entonces la cantidad total de estiércol recogido diario del ganado vacuno y porcino sería:

$$ESTIERCOL DIARIO = TE_{VACAS} + TE_{CERDOS}$$

$$ESTIERCOL DIARIO = 27,69Kg/día + 12,72kg/día$$

$$ESTIÉRCOL DIARIO = 40,41kg/día$$

Se estima que las 60 vacas y 15 cerdos de la fundación generan 40,41Kg/día, pero se asume que se pierde un 25% en la recolección del estiércol, ya que por diversas causas como lluvias, suciedad o cualquier otro inconveniente se reduce dicha cantidad, utilizando el 75% de este valor, que en este caso sería (30,30kg/día).

b. Determinación de la carga diaria al biodigestor (CD)

Una vez conocida la cantidad de materia prima disponible generada diariamente en el centro de investigación Sacha Wiwa y utilizando la dilución recomendada 1:1 (estiércol más agua), para estiércol bovino y 1:2 para estiércol porcino que se indica en la tabla 16. y asumiendo que 1kg de materia prima=1L de materia prima tenemos:

$$CD_{(porcino o bovino)} = L MDP + L agua \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

$CD_{(porcino o bovino)}$ = Carga diaria de ganado porcino o bovino.

MPD = Litros de materia prima disponible de ganado porcino o bovino.

L agua = Litros de agua

Carga diaria Bovino

$$CD_{bovino} = 27,69 \frac{kgMPD}{día} * \frac{1LMPD}{kgMPD} + 27,69L agua = \frac{55,38Lbovino}{día}$$

$$CD_{bovino} = \frac{55,38bovino}{día} * \frac{1m^3bovino}{1000Lbovino} = \frac{0,055m^3bovino}{día}$$

Carga diaria porcino

$$CD_{porcino} = 12,72 \frac{kgMPD}{día} * \frac{1LMPD}{kgMPD} + 2(12,72L agua) = \frac{38,16Lporcino}{día}$$

$$CD_{porcino} = \frac{38,16porcino}{día} * \frac{1m^3porcino}{1000Lporcino} = \frac{0,038m^3porcino}{día}$$

Carga diaria total

$$CDT = CD_{bovino} + CD_{porcino}$$
$$CDT = \frac{0,055m^3 porcino}{día} + \frac{0,038m^3 bovino}{día}$$
$$CDT = \frac{0,093m^3 mezcla}{día}$$

Ecuación 8

Tabla 12-3: Relación estiércol-agua

N°	ORIGEN	RELACIÓN
1	Bovino fresco	1:1
2	Bovino seco	1:2
3	Porcino	1:2
4	Aves	1:1
5	Equino	1:2
6	Desechos humanos	1:1
7	Desechos vegetales	1:0.5-1:2

Fuente: Ing. Carrasco Franklin. (2008). **Nota** de aula es deficiente en la producción de biogás entre 0,15 y 0,2 volumen de gas por volumen de digestor, energías no convencionales.

Dimensionamiento del biodigestor

a. Dimensionamiento de la cámara de digestión.

- ✓ Volumen del tanque del biodigestor.

Para la determinar el volumen del biodigestor se tomó en cuenta la carga diaria total (CDT) y el tiempo de retención de 25 días (tiempo óptimo para la producción de biogás con una temperatura de 30°C), como se indica en la tabla 2 y anexo G.

$$Vb = 0,75 + DCT * TR$$

Ecuación 9

Dónde:

Vb= Volumen de biodigestor

CDT= Carga diaria total

TR= Tiempo de retención

0,75=Volumen en m3 de mezcla (materia prima disponible + agua) adicional a la carga diaria.

$$Vb = 0,75m^3 + \frac{0,093mezcla}{día} * 25días$$
$$Vb = 3,07m^3$$

- ✓ Sobredimensionamiento para almacenar biogás:

Para obtener una capacidad mayor en el almacenamiento de biogás se sobredimensionó el biodigestor en 6% con respecto al volumen del biodigestor (4m³)

$$Sab = Vb * 6\%$$

Ecuación 10

Dónde:

Sab= Sobredimensionamiento para almacenar biogás

$$Sab = 3,07 * 6\%$$

$$Sab = 0.18$$

✓ Volumen real del biodigestor

Por ende, el volumen real del tanque se determina de la siguiente manera:

$$VRB = Vb + Sab$$

Ecuación 11

Dónde:

VRB= Volumen real del biodigestor

$$VRB = 3,07m^3 + 0,18m^3$$

$$VRB = 3,25m^3$$

Mediante estos resultados se optó por la elección del biotanco de 4000L ($4m^3$) de la marca Plastigama, mismo que se asemeja al volumen necesario del biodigestor. Este biotanco tiene las siguientes especificaciones:



Gráfico 1 - 3. Biotanque de 4 000 L

Fuente: Plastigama

Tabla 13-3: Especificaciones Técnicas

DIMENSIÓN	CAPACIDAD NOMINAL		
	1200L	2000L	4000L
Ancho	1108mm	1346mm	1900mm
Largo	1544mm	1976mm	1970mm
Alto	1201mm	1424mm	1780mm
Código	925497	925498	992008
Diámetro (tapa)	550mm	550mm	550mm

Fuente: PLASTIGAMA WAVIN. Biotanque séptico

b. Dimensiones de la caja de entrada.

Dimensiones de la caja de entrada.

Al igual que el biotanque la caja de entrada será remplazada por la caja domiciliaria de Plastigama, ya que es óptima para abarcar la cantidad de carga diaria total que se necesita (93m^3), esta caja domiciliaria tiene un largo de $0,45\text{m}$, un ancho de $0,43\text{m}$ y una altura de $0,5\text{ m}$; siendo su volumen de $0,097\text{ m}^3$.

c. Cálculo de la caja de salida Cs

Para el dimensionamiento de la caja de salida se utilizó el valor de la carga diaria total que ingresa al biodigestor ($0,093\text{m}^3$), ya que el objetivo es extraer el fluido cuya cantidad será similar a la cantidad de entrada de mezcla diaria.

$$VCs = LLCs^3 \qquad \text{Ecuación 12}$$

Dónde:

VCs= Volumen de la caja de salida

LLCs= Longitud de los lados de la caja de salida

$$LLCs = \sqrt[3]{VCe}$$

$$LLCs = \sqrt[3]{0,093\text{m}^3}$$

$$LLCs = 0,45\text{m}$$

Fuente: Fórmulas tomada de la tesis “Diseño de un biodigestor y conducción del biogás generado por las excretas de ganado vacuno, estación TUNSHI- ESPOCH”. Lara, E. e Hidalgo, M. 2011.

Cada lado de la caja de salida será de $0,45\text{m}$, pero para poder realizar la agitación y por comodidad se dimensionará con las siguientes medidas: Su longitud $0,70\text{m}$, su ancho de $0,50$ y su altura de $0,35\text{m}$; con estas medidas se obtiene una capacidad de almacenar de $0,123\text{ m}^3$, espacio suficiente para poder almacenar los 0.093 m^3 de biol generados en un día.

Cabe recalcar que para la salida del biol se cuenta con una llave de paso para regular el fluido durante su recolección, disminuyendo así derrames o accidentes

d. Dimensionamiento de la caja de lodos.

Para la caja de lodos se utilizará las mismas dimensiones que la caja domiciliaria de entrada, un largo de $0,45\text{m}$, un ancho de $0,43\text{m}$ y una altura de $0,5\text{m}$; capacidad suficiente para abarcar el fluido producido diario.

En este caso el centro de investigación Sacha Wiwa no optó por la construcción de la caja de lodos (ya que no poseía el dinero para esta construcción), por ende, la tubería que va a conducir estos lodos llega a un sembrío de guanábana, mismo que será utilizado como abono. Cuando el centro cuente con el dinero necesario incluirá esta caja para su almacenamiento y posterior recolección.

e. Determinación de biogás en base a la materia prima

Para la estimación de la cantidad de biogás a producirse en el centro de investigación, se tomó el valor del análisis realizado en el laboratorio LABSU en el cual reporta un valor promedio de

$$\frac{30,30kgMPD}{dia} * \frac{0,1745kgST}{1kgMPD} * \frac{0,093m3 biogas}{1kgST} = 0,49 \frac{m^3}{dia}$$

f. Cálculo de la energía requerida en la fundación

$$\frac{3 Tanque GLP}{mes} * \frac{15kgGLP}{1tanque GLP} * \frac{1m3 biogas}{0,45kgGLP} * \frac{1mes}{30 días} = 3,3m3/mes$$

g. Dimensionamiento del gasómetro

Para el volumen del gasómetro se determinó mediante “una medida razonable que tenga un volumen igual a la tercera parte del volumen del digestor” (Manual de instalación de un biodigestor familiar tipo manga para zonas alto-andinas de la Universidad Politécnica de Catalunya).

$$Vg = \frac{Vb}{3} \tag{Ecuación 13}$$

Dónde:

Vg= Volumen del gasómetro

Vb=Volumen del biodigestor

$$Vg = \frac{3,25m^3}{3}$$

$$Vg = 1,083m^3$$

Se diseñará un gasómetro de 1,5 m³, que tendrá la capacidad suficiente para almacenar la cantidad de 3 días de producción de biogás.

El gasómetro se construyó de plástico, basándonos en la guía de diseño de biodigestor de polietileno tubular (ver tabla 18)

Tabla 14-3: Relación óptima entre longitud y diámetro del biodigestor

Ancho del rollo (m)	Longitud del biodigestor (m)	Diámetro del biodigestor (m)	L/d (óptimo de 7 en un rango de 5-10)
1	Vt/0,32	0,64	L/d
1,25	Vt/0,5	0,80	L/d
1,50	Vt/0,72	0,96	L/d
1,75	Vt/0,97	1,12	L/d
2	Vt/0,27	1,28	L/d

Fuente: Martí J, 2008. (Biodigestores Familiares).

Ancho del plástico (Ap)=1 m

Longitud del gasómetro (L_g) = $\frac{Vt}{0,32} = \frac{1 \text{ m}^3}{0,32 \text{ m}^2} = 3,125 \text{ m}$ con un diámetro (\emptyset) de 0,64 m

El plástico finalmente será de 4 m quedando 50cm para poder amarrar cada extremo del gasómetro.

3.2.7. *Elaboración de planos en AutoCAD.*

Con la ayuda del programa AutoCAD se realizó el diseño del biodigestor tipo chanchito “biotanque” En formato 2d y 3d (ver anexo I)

3.2.8. *Evaluación del impacto ambiental*

La evaluación del impacto ambiental se realiza una vez terminado el proyecto, analizando si el impacto es positivo o negativo.

3.2.8.1. *Cuantificación de los impactos mediante la matriz de Leopold modificado.*

La matriz de Leopold nos ayuda a identificar los impactos del proyecto a efectuarse, mediante un listado de chequeo o verificación de la matriz causa-efecto de Leopold, determinando las actividades que se efectuaron en el proyecto, para luego calificar los impactos negativos o positivos que estos producen sobre los componentes ambientales (agua, aire, suelo, flora y fauna), existente dentro de las actividades de construcción y operación del biodigestor.

Dentro de estas matrices se evaluaron los siguientes parámetros.

La categorización de los impactos ambientales se los puede definir de la siguiente manera:

- Impacto compatible: Son generalmente puntuales, de baja intensidad reversibles en el corto plazo. El manejo recomendado es control y prevención.
- Impacto moderado: Son impactos generalmente de intensidad media o alta, reversibles en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención y mitigación.
- Impacto crítico: Son generalmente de intensidad alta o muy alta, persistentes, reversibles en el mediano plazo. Las medidas de manejo son de control, prevención, mitigación y hasta compensación.
- Impacto severo: Son generalmente de intensidad muy alta o total, extensión local e irreversibles (>10 años). Para su manejo se requieren medidas de control, prevención, mitigación y hasta compensación.

Actividades desarrolladas durante la construcción y operación del proyecto:

En el proyecto desarrollado dentro del Centro de investigación Sacha Wiwa, durante la construcción y operación se realizó las siguientes actividades:

Tabla 15-3: Actividades desarrolladas

Actividades	Descripción
Preparación del terreno.	Retirada de maleza. Excavación.
Construcción de la cubierta y plancha.	Generación de ruido por la construcción de la cubierta. Generación de desechos sólidos debido a los sobrantes de la construcción de la plancha y excavación para la fundición.
Construcción del biodigestor.	Generación de ruido por la construcción del biodigestor. Generación de desechos sólidos debido a los sobrantes de la construcción del biodigestor.
Operación del biodigestor.	Generación de desechos, debido a la mezcla de materia prima para la carga del biodigestor. Generación de malos olores por la recolección y preparación del sustrato.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Factores Ambientales evaluados:

- Calidad del Aire.
- Microflora
- Microfauna
- Destrucción de suelos
- Aumento del consumo de agua.
- Capacidad del agua.
- Salud y seguridad
- Beneficios económicos.

3.2.9. Construcción del biodigestor

Una vez diseñado el biodigestor en AutoCAD, basándonos en las características y necesidades del Centro de investigación Sacha Wiwa se inició con la construcción del biodigestor de polipropileno tipo chanchito “Biotanque”. Y se procedió con una planificación previa de los materiales a utilizarse, para de esta manera reducir tiempo y costos.

Dentro de la construcción tomamos en cuenta las siguientes etapas:

- a) *Selección del área destinada para la construcción.*

La selección del área dependió de las siguientes características:

- Un sitio que se encuentre cerca del lugar donde se ocupará el biogás, para de esta manera evitar la pérdida de presión que puede ocasionarse por la distancia que se encuentre el biodigestor. Por ello la distancia entre las cocinas del centro de investigación Sacha Wiwa y el biodigestor es de 13 metros.
- El suelo donde se va a construir el biodigestor debe ser firme, evitando así problemas de desmoronamientos de tierra al momento de realizar las excavaciones.
- El sitio a seleccionar debe tener escasa vegetación, para de esta manera evitar su destrucción. Además, que se debe encontrar lejana a los ojos de agua, evitando posibles contaminaciones por fugas que se puedan generar al momento de operar el biodigestor.

b) Limpieza y preparación del área destinada para la construcción

Con la ayuda de herramientas manuales (machete, pala, azadón, carretilla) se limpió un radio de 5 metros a la redonda del área destinada, toda la maleza creciente en esta zona, así como también de piedras y escombros.

c) Adquisición de materiales de construcción.

Para determinar que materiales vamos a utilizar y en qué cantidad, contamos con un albañil con conocimientos en construcciones de cemento, así como también con ingenieros industriales del centro de investigación Sacha Wiwa con conocimiento en armar estructuras metálicas y soldadura.

Tabla 16-3: Materiales utilizados

CANT.	DETALLE	UNIDAD
20	Abrazaderas para pared 3/4"	-
1	Abrazadera industrial	-
1	Acople de bronce	-
2	Adaptadores de 2" a 1 1/2 "	-
2	Adaptador plastigama tanque 2"	-
1	Adptador plastigama	-
1	Alambre de amarre galvanizado	libra
1	Biotanque Plastigama 4m3	-
150	Bloques de 10	-
2	Bushing 1 1/2" a 1/2 "	-
3	Bushing de 1/2" a 1/4"	-
2	Bushing polipropileno 3/4" a 1/2"	-
10	Cemento Selvalegre	quintal
1	Cinta de ducto Fantape	-

30	Clavo de acero 2"	-
15	Clavos de acero 1 ½ pulgadas	-
4	Clavos de 2 ½ pulgadas	libra
2	Codo plastidor 2"	-
10	Codo roscable 1/2 de 90°	-
2	Codos de 45° de 2 pulgadas	-
1	Conector polimex	-
0.5	Hierro de 8 mm	quintal
5	Hojas de zinc	-
2	Kalipega pega tubo	-
4	Llaves de paso de 1/4 pulgadas	-
1	Llave de paso PVC de 2 pulgadas	-
1	Llave de paso PVC de 1 1/2	-
2	Manometro de 150 PSI 1/4"	-
3	Material pétreo (arena fina)	m3
1	Material pétreo (ripio)	m3
1	Material pétreo (piedras)	m3
5	Manguera para gas	m
2	Neplo 1/4	-
3	Neplo 1/4 x 4"	-
2	Neplo plomex corrido	-
8	Neplo roscable 1/2 de 10 cm	-
2	Neplo polipropileno 1/2" de 15 cm	-
2	Neplo polipropileno 1" de 15 cm	-
2	Neplo corrido 1 1/2 "	-
9	Planchas de espuma flex de 1 x 3 m	-
4	Plástico doble negro de 1 1/2 m	m
10	Plástico doble negro de 1m	m
3	Reductores de 4" a 2 "	-
1	Reductor rival PVC 63 a 25	-
1	Reductor rival PVC 63 a 50	-
1	Reductor rival desague 110 a 50	-
1	Reducción china 2" a 1 1/2"	-
1	Reducción plastigama	-
2	Tee roscable 1/2"	-

3	Teflón	-
3	Tubos PVC de 1/2 pulgada	-
4	Tubo PVC de 4 pulgadas	-
1	Tubo PVC de 2 pulgadas	-
3	Unión enroscables 3/4"	-
4	Unión enroscable 1/2	-
1	Unión polipropileno 1"	-
2	Unión reducción roscable 3/4 a 1/2	-
2	Union red polipropileno 1" a 3/4"	-
1	Viruta de acero lustre fino	-
1	Viruta de acero lustre grueso	-

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano L., 2022

a) Demarcación de terreno

En el sitio determinado se marcó el perímetro de 5 x 3 m que son aproximadamente las dimensiones que vamos a necesitar para colocar el biodigestor, así como también tomando en cuenta el espacio que va a utilizar las personas al momento de realizar el mantenimiento de este.

b) Excavación y construcción de la plancha de cemento.

Se cavó aproximadamente 30 cm de profundidad para poder comenzar con la construcción de la plancha donde estaría ubicada el biodigestor, posterior a esto se colocó piedra en el área determinada para poder fundir con una mezcla de materiales pétreo y cemento. Dejando secar esta plancha aproximadamente 4 días debido a las condiciones meteorológicas del lugar.

c) Colocación de estructura metálica y techo.

Con la ayuda de los ingenieros mecánicos del Centro de Investigación se colocó y soldó la estructura metálica que servirá como base de la construcción de la estancia donde estará ubicado el biodigestor, así como también colocaron el techo de zinc.

d) Fundición de las paredes y ubicación de espumaflex.

Una vez colocada la estructura y el techo, se procedió a pegar los bloques y fundir las paredes, dejando secar las mismas por tres días, luego de esto se colocó las planchas de espumaflex en las paredes, para mantener una temperatura adecuada en el lugar.

3.2.9.1. Adquisición del tanque biodigestor.

Una vez establecido el volumen total necesario para la carga de materia orgánica, se analizó los diversos tanques que posee la empresa Plastigama, y se escogió el tanque que posee las características necesarias para ser utilizado como biodigestor. El tanque escogido fue el Biotanque Chanchito, mismo que me ayuda a tener una temperatura adecuada ya que es hermético y tiene

bastante seguridad ya que su grosor es de 3 cm, evitando fisuras o posteriores problemas. Debido a que estos tanques no son construidos normalmente, se realizó el pedido anticipado (1 mes de anticipación) a la empresa Plastigama, cuando llegó al centro de investigación con la ayuda de trabajadores del lugar se lo llevó al lugar establecido donde sería ubicado.

3.2.9.2. Conexiones de entradas y salidas de la materia prima.

Con herramientas manuales como taladro se procedió a realizar los hoyos necesarios en el biotanque dependiendo de las conexiones de tuberías que vayamos a utilizar, ya sea a la entrada de la materia prima o a la salida de la misma. Así como también de la salida del biogás.

3.2.9.3. Construcción de la trampa de agua.

A la conexión de la salida del biogás se acopló una te y en su parte posterior un tubo PVC de ½ pulgada de 15 cm de longitud conectada a una botella de plástico de 3 litros que contiene 30ml de agua, tomando en cuenta que el tubo PVC se encuentre totalmente dentro del agua de la botella.

3.2.9.4. Construcción del filtro para ácido sulfhídrico.

Se cortó un tubo PVC de 1 pulgada de 10 cm donde introducimos esponjilla de hierro y viruta oxidada para que reaccione con el ácido sulfhídrico, luego se colocó 2 uniones para ajustar los bujes reductores de la tubería de PVC colocando nipples de media pulgada a cada lado, cada una con su respectiva unión universal, para poder cambiar tranquilamente la viruta dentro del filtro y mejorar la eficiencia del mismo.

3.2.9.5. Instalación de la tubería de salida de biol

La tubería que conduce el biol a la caja de salida se encuentra a una altura de 50 cm donde llegará la (materia orgánica más agua) en la cámara de biodigestión, tomando en cuenta el diferencial de presión, en el cual menciona que el nivel de un líquido en un sistema será el mismo en cualquier parte. El material de la tubería utilizada es de PVC para presión y la presencia de una válvula para una adecuada evacuación del biol hacia la caja de recolección.

3.2.9.6. Instalación de la tubería de salida de la parte sólida

La tubería de salida de la parte sólida de la digestión del biodigestor parte del centro del Biotanque conectada con un codo de 90° de PVC unida a la tubería de 4 pulgadas para desagües la cual

desfoga a 8 metros del sitio donde se encuentra instalado el biodigestor. Al interior del Biotanque presenta esta conexión y una tapa que evita las fugas de la premezcla a descomponerse en el interior del digestor.

3.2.9.7. Construcción del gasómetro.

Una vez establecido todas las instalaciones se procedió a la construcción de un gasómetro como una fuente de almacenamiento adicional para el centro de investigación, el cual se encontrará conectado de manera directa a la cocina del edificio central para ser utilizada. La instalación como tal se estableció en la parte trasera del edificio y a unos 3 m de la cocina.

3.2.9.8. Carga de la mezcla homogénea al biodigestor

Para el proceso de producción de biogás y biol se establecieron las siguientes fases:

- a) **Primera fase:** Limpieza externa e interna del biodigestor.
- b) **Segunda fase:** Recolección y almacenamiento del estiércol.
- c) **Tercera fase:** Preparación de la premezcla del estiércol y el agua.
- d) **Cuarta fase:** Carga de la premezcla en el biodigestor.

a. Primera fase: *Limpieza externa e interna del biodigestor*

Esta primera fase consistió en retirar los escombros tales como palos, restos de cemento, basura en general generados por la construcción e instalación del biodigestor. Este procedimiento se realizó con el fin de evitar malestar del personal al momento de realizar la carga respectiva.

b. Segunda fase: *Recolección y almacenamiento del estiércol*

La recolección de estiércol se realizó desde el 4 de abril hasta el 25 del mismo mes del 2022 en horas de la mañana, esto en el establo debido a que el ganado es alimentado con balanceado y aproximadamente se encuentran en el sitio por una hora, logrando recolectar aproximadamente unos 487 kg de estiércol.

La recolección de las excretas se realizó de manera manual con ayuda de palas y baldes. Tratando de recolectar el estiércol sin piedras u objetos ajenos al estiércol, el cual se fue colocando en los baldes los cuales fueron trasladados al centro de acopio para ser almacenados en tanques para su posterior proceso.

c. Tercera fase: *Preparación de la premezcla del estiércol y el agua*

En esta etapa una vez almacenado el estiércol se procedió a realizar la premezcla en un tanque de 200 L de capacidad en el cual se colocó una tercera parte de estiércol y las otras dos de agua, se procedió a mezclarla con un pedazo de tabla el cual permitió homogenizar y disminuir los grumos del estiércol al realizar la mezcla; además de verificar que no haya objetos ajenos al estiércol.

d. Cuarta fase: Carga de la premezcla en el biodigestor

Las cargas de la premezcla en el biodigestor se realizaron en las siguientes fechas:

- La primera carga se realizó el 24 de mayo del 2022 con aproximadamente un volumen de 1000 L.
- La segunda carga se realizó el 31 de mayo del 2022 con aproximadamente un volumen de 900 L.
- La tercera carga se realizó el 07 de junio del 2022 con aproximadamente un volumen de 1000 L.

Dando un volumen total de 2900 L de carga el cual es equivalente al 75% de capacidad del biotanco. Cabe mencionar que la recolección del estiércol y almacenamiento se realizó de manera diaria.

3.2.9.9. Caracterización del biol obtenido

Para la caracterización del biol se tomó primero una muestra de 5L de biol obtenido del proceso de digestión anaerobia, mismo que fue colocado en una botella de galón dentro de un termo aplicando las técnicas de muestreo aprendidas, esta muestra fue llevada a la ciudad del Coca, Provincia de Orellana al laboratorio Labsu, encargado de realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Los análisis que se analizaron se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17-3: Parámetros analizados del biol

PARÁMETROS	UNIDAD	Método/Norma/Referencia	Incertidumbre (K=2)
Potencial Hidrógeno	-	SM 4500-H+ B	±0.05
Sólidos totales	%	SM 2540 B	±0.13
Sólidos totales volátiles	%	SM 2540D	-
Materia Orgánica	%	Gravimétrico	-
Nitrógeno Total	%	HACH 10071	-
Fósforo	mg/L	HACH 8029	-
Potasio	mg/L	SM 3030, B3111B	-
Coliformes fecales	UFC/g	SM 922 D	-
Coliformes totales	UFC/g	SM 922B	-

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

3.3. Método para evaluar la inversión con VAN Y TIR.

Tanque de GLP utilizados en la fundación al mes:

$$3 \frac{GLP}{mes} * \frac{15kg GLP}{1 GLP} = 45 \frac{kg}{mes} GLP$$

1GLP = 4.50 USD.

Gasto al mes = 13.5 \$

Biogás producido es de 3.13 m³.

$\rho_{biogás} = 1.08 \text{ kg/m}^3$

$$3.13 \frac{m^3}{día} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{1.08 \text{ kg}}{m^3} = 101.412 \frac{kg}{mes}$$

Cálculo de USD de ahorro al sustituir al GLP con biogás

$$USD_{biogás} = \frac{\frac{101.412kg}{mes} * 13.50 \$}{45 \text{ kg/mes}} = 30.42 \$$$

$$Ahorro = 30.42 \$ - 13.50 \$$$

$$Ahorro = 16.92 \$$$

$$USD = 16.92 \$ * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 203.04 \$/año$$

$$USD = 203.04 \$ \text{ al año } x 20 \text{ años tenemos}$$

$$USD = 4,060.80 \$ \text{ de ahorro}$$

Los costos para la construcción del biodigestor son de 2 130.22 USD

Cálculo del VAN

$$VAN = \sum_{n=1}^n \frac{Ff}{(1+i)^n} - I_0$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

I₀ = Inversión inicial

Tasa de interés = 10%

Ff= Flujo futuros

i = Tasa de retorno o descuento

n = Número de períodos considerado.

VAN > 0 Se acepta el proyecto

VAN < 0 Se rechaza el proyecto

VAN = 0 El proyecto es analizado para aceptarlo o rechazarlo

I₀ = 2 130. 22 \$

Ahorro = 4,060.80 en 20 años

Cálculo del TIR

$$VAN = \sum_{n=20}^n \frac{Ff}{(1+r)^n} - I_0 = 0$$

Donde:

TIR = tasa interna de retorno

TIR = r

TMA = 10%

Si la TIR \geq TMA el proyecto se acepta

Si la TIR $<$ TMA el proyecto se rechaza

$VAN = 0$

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de las muestras de estiércol

Las muestras de estiércol fresco procedente del Centro de investigación “SACHA WIWA” fueron analizadas en el Laboratorio Labsu (Ver anexo H)

Tabla 18-4: Análisis de laboratorio pretratamiento de las muestras de estiércol fresco

ANÁLISIS IN SITU						
Temperatura			27,1°C			
ANÁLISIS EX SITU						
PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA ESTIÉRCOL PORCINO	MUESTRA ESTIÉRCOL VACUNO	PROMEDIO	MÉTODO/NORMA/REFERENCIA	
Potencial hidrógeno	-	7,57	7,17	7,37	Ion selectivo	
Sólidos totales	%	13,38	21,52	17,45	SM 2540B	
Sólidos totales volátiles	%	13,86	20,66	17,26	SM 2540 B	
Materia orgánica	%	9,68	27,21	18,45	Gravimétrico	
Carbono orgánico total	%	5,62	15,78	10,7	EPA 9060	
Nitrógeno total	%	0,48	1,36	0,92	KJELDAHL EPA 351.2	
Fósforo disponible	mg/Kg	503,70	334,80	419,25	Booker tropical Soil Manual	
Cationes intercambiables	Ca	mg/Kg	2052,25	1903,50	1977,88	SM 3030E, 3030B, 311B
	Mg	mg/Kg	789,07	683,48	736,28	SM 3030E, 3030B, 311B
	K	mg/Kg	598,94	5006,77	2802,86	SM 3030E, 3030B, 311B
	Na	mg/Kg	289,59	342,02	315,81	SM 3030E, 3030B, 311B
Microelementos	Cu	mg/Kg	11,18	5,04	8,11	SM 3030E, 3030B, 311B
	Fe	mg/Kg	1414,51	52,77	733,64	SM 3030E, 3030B, 311B

	Mn	mg/Kg	82,70	61,07	71,89	SM 3030E, 3030B, 311B
	Zn	mg/Kg	37,24	11,14	24,19	SM 3030E, 3030B, 311B
	Recuento de microorganismos	UFC/g	1,0x10 ¹²	2,3x10 ⁷	5,0x10 ¹¹	Methods in applied soil microbiology
	Humedad	%	79,34	86,18	82,76	Gravimetría
	Coliformes totales	UFC/g	3,0x10 ⁸	3,0x10 ⁶	151500000	AOAC 991.14
	Coliformes fecales	UFC/g	2,0x10 ⁸	2,0x10 ⁶	101000000	AOAC 991.14

Realizado por: Arellano, L.; Choloquina, E., 2022

Potencial Hidrógeno

Según Cervantes et al. (2017: párr. 9) el rango óptimo de pH para las bacterias va de 6.0 hasta 8.5 y sólo pocas prefieren pH de 8.5 o mayor”, valores extremos tanto ácidos como básicos reducirán significativamente la actividad microbiana y por ende la producción de biogás.

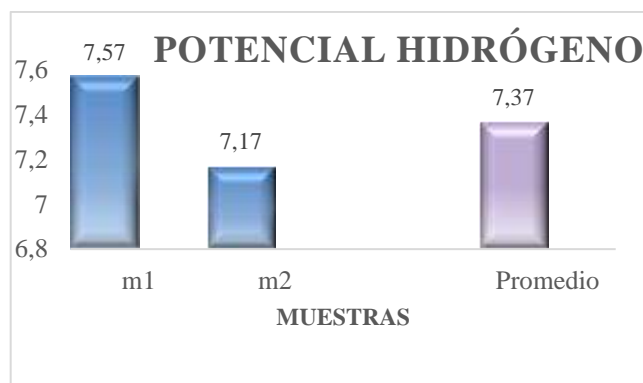


Gráfico 2 – 4. Análisis de las muestras de Potencial Hidrógeno

Realizado por: Arellano, L.; Choloquina, E., 2022

El pH promedio que obtuvieron las muestras promedio fueron de 7,37, mismo que representa un valor neutro, apto para el funcionamiento del biodigestor.

Sólidos Totales

Normalmente el porcentaje de sólidos del estiércol vacuno es de 18% y el de la cerdaza de 22%, por lo tanto, se debe agregar agua para llevar el porcentaje de sólidos al ideal (8% a 12%) (ICE,)



Gráfico 3 – 4. Análisis de las muestras de Sólidos Totales

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Los análisis realizados arrojaron un 13,38% ST en el estiércol de vaca, mientras que para el estiércol porcino un 2,52%ST, dándome un promedio de 17,45%ST en la mezcla.

Sólidos totales volátiles



Gráfico 4 – 4. Análisis de las muestras de Sólidos Totales Volátiles.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El estiércol de vaca me dio un 13,86%STV y el estiércol porcino un 20,66%STV dándome un promedio de 17,26%STV.

Materia Orgánica

La materia orgánica juega un papel fundamental en la producción de biogás, ya que será utilizado como alimento para las bacterias que se encuentran dentro del biodigestor,

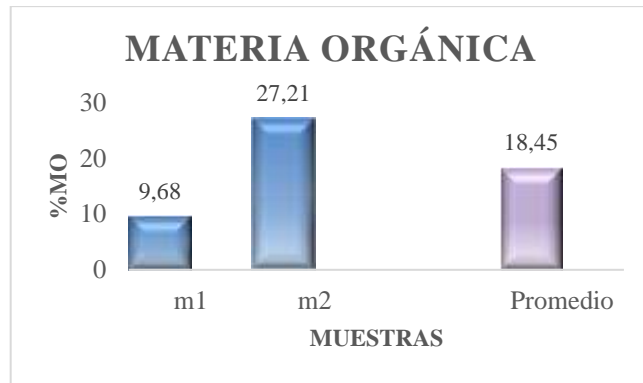


Gráfico 5 – 4. Análisis de Materia Orgánica en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de la materia orgánica es de 18,45%MO, este se obtiene de la relación carbono-nitrógeno.

Carbono Orgánico total

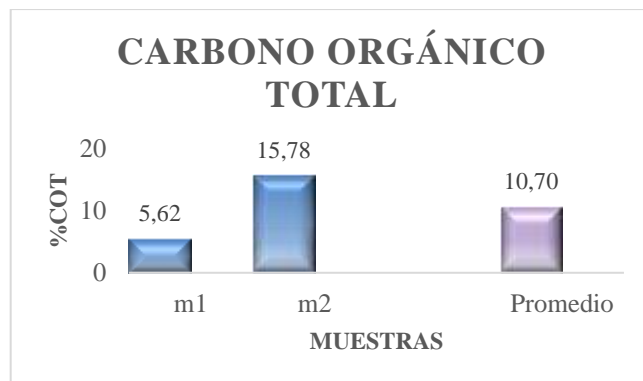


Gráfico 6 – 4. Análisis porcentual de Carbono orgánico total de las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio que se obtuvo en los análisis fue de 10,70%

Nitrógeno total

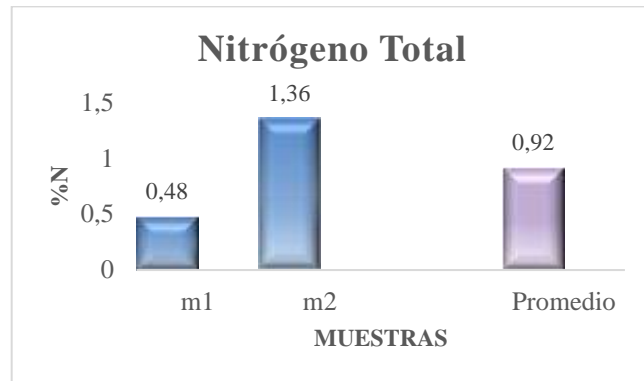


Gráfico 7 – 4. Análisis en mg/Kg de Nitrógeno Total en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 0,92%

Fósforo disponible

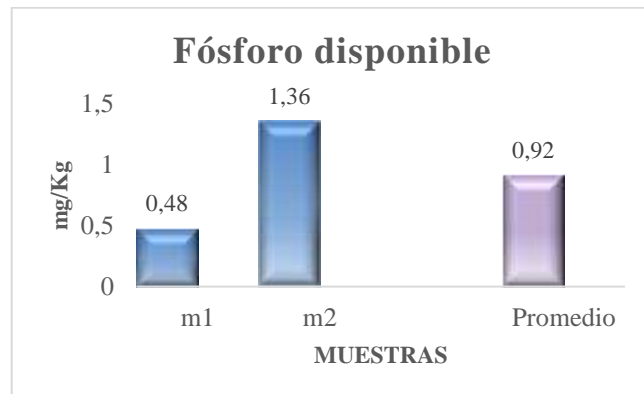


Gráfico 8 – 4. Análisis en mg/Kg de Fósforo disponible en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 0,92 mg/Kg.

Cationes intercambiables

Calcio

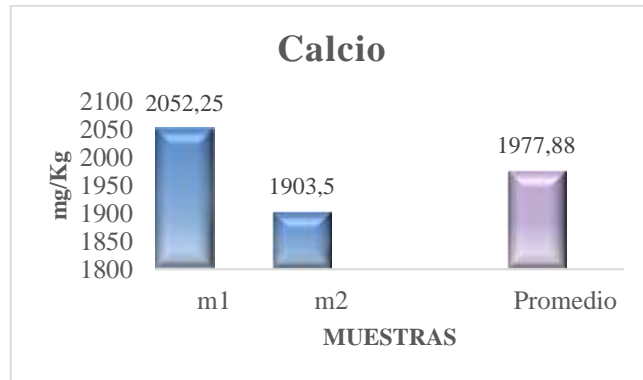


Gráfico 9 – 4. Análisis en mg/Kg de Calcio en las muestras

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 1977,88mg/Kg.

Magnesio



Gráfico 10 – 4. Análisis en mg/Kg de Magnesio en las muestras

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 736,28 mg/Kg.

Potasio

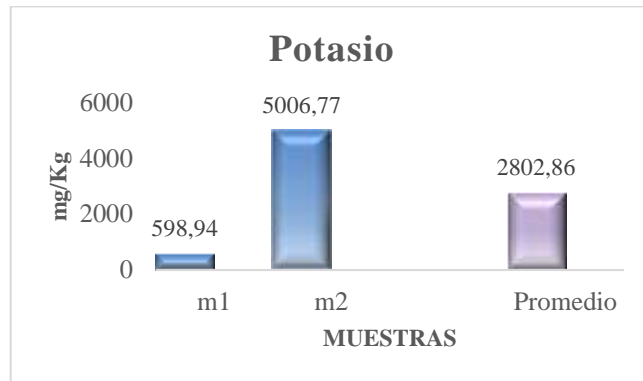


Gráfico 11 – 4. Análisis en mg/Kg de Potasio en las muestras

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 2802,86 mg/Kg de potasio.

Sodio



Gráfico 12 – 4. Análisis en mg/Kg de sodio en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 351,81 mg/Kg de sodio.

-Microelementos

Cobre

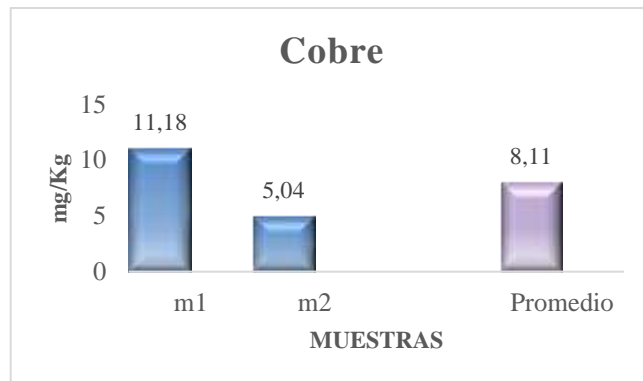


Gráfico 13 – 4. Análisis en mg/Kg de cobre en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 8,11 mg/Kg de cobre.

Hierro



Gráfico 14 – 4. Análisis de mg/Kg de hierro en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio que se obtuvo de las muestras fue de 733,64mg/Kg de hierro.

Manganeso

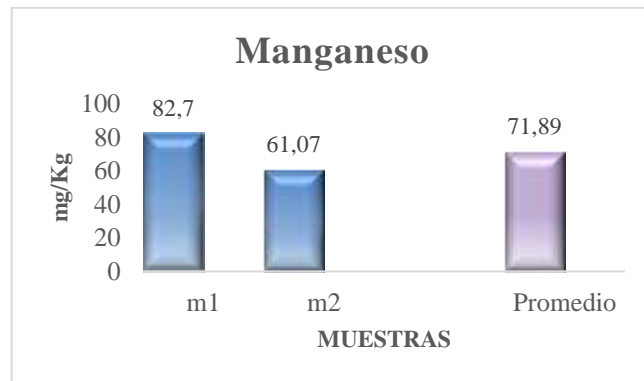


Gráfico 15 – 4. Análisis de las muestras de mg/Kg de manganeso.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 71,89 mg/Kg de manganeso.

Zinc

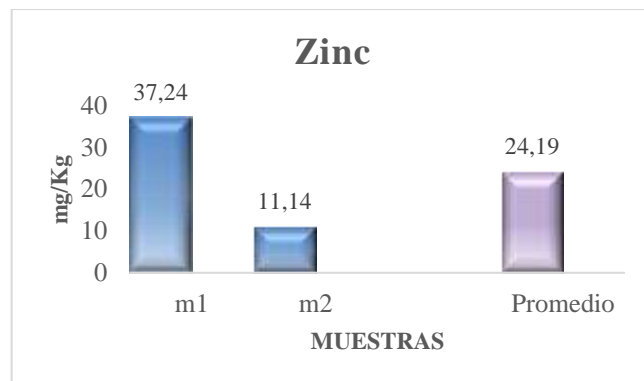


Gráfico 16 – 4. Análisis de los mg/Kg de Zinc en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de las muestras fue de 24,19 mg/Kg de zinc.

Recuento de microorganismos

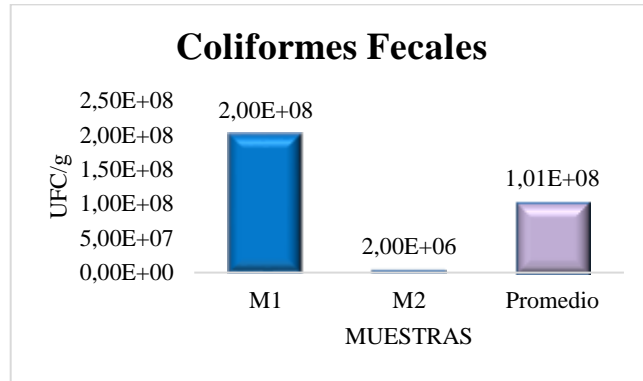


Gráfico 17 – 4. Análisis de UFC del Recuento de microorganismos de las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El promedio de los resultados de los análisis obtenidos en nuestros análisis es de 5.0×10^{11} UFC/g del recuento de microorganismos.

Humedad

La humedad hace referencia a la cantidad de agua que contiene una muestra de estiércol fresco, con este valor se puede determinar la relación estiércol;agua, para realizar la muestra que será depositada en el biodigestor.

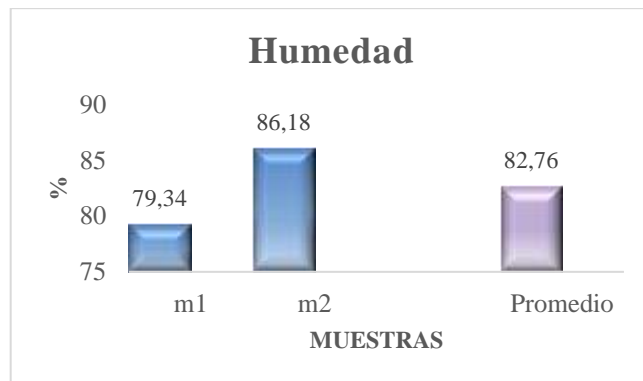


Gráfico 18 – 4. Análisis del porcentaje de Humedad de las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

En los análisis realizados se determinó una elevada cantidad de agua en las muestras de estiércol fresco, de un 82,76 % de humedad.

Coliformes totales

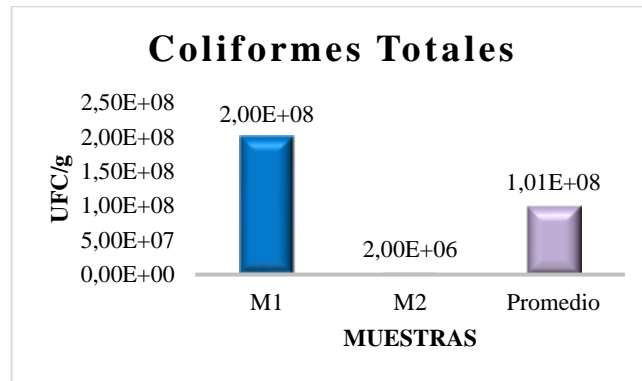


Gráfico 19 – 4. Análisis de la UFC de coliformes totales de las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El resultado promedio de los coliformes totales presentes en las muestras llevadas a análisis es de 5×10^{11} %.

Coliformes fecales

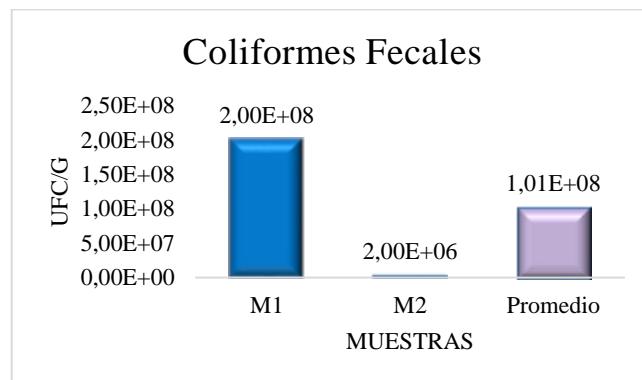


Gráfico 20 – 4. Análisis de UFC de Coliformes fecales presentes en las muestras.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El promedio de las muestras analizadas obtenidas de las muestras es de 1.01×10^8 % de coliformes fecales.

4.1.2. Cantidad de materia prima disponible (kg/día).

Tabla 19-4: Media de la cantidad de estiércol por cada cabeza de ganado

TAMAÑO	Kg RECOGIDO EN 5 DIAS	MEDIA
PEQUEÑAS	11,27	2,25
MEDIANAS	14.9	2,98
GRANDES	18,75	3,75

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Tabla 20 – 4: Cantidad de materia prima disponible

Estiércol diario Bovino	27,69 kg/día
Estiércol diario Porcino	12,72 kg/día
Estiércol total diario	40,41 kg/día

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

4.1.3. Carga Diaria del biodigestor

Tabla 21-4: Carga diaria al biodigestor

Carga diaria Bovino	$\frac{0,055m^3}{día}$
Carga diaria Porcino	$\frac{0,038m^3}{día}$
Carga diaria total	$\frac{0,093m^3mezcla}{día}$

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

4.1.4. Datos tomados en cuenta al momento de dimensionar el biodigestor

Tabla 22-4: Parámetros para el dimensionamiento del biodigestor

PARÁMETROS	DATOS
Régimen	Continuo
Tiempo de retención	25 días
Temperatura	30°
% de solidos	14%

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

4.2. Dimensiones del biodigestor

Las dimensiones del biodigestor se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 23-4: Medidas del biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Volumen real del biodigestor	VRB	3,25	m^3
Ancho	Ab	1,9	m
Largo	Lb	1,9	m
Alto	Hb	1,78	m
Diámetro de la tapa	$\varnothing t$	0,55	m

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Tabla 24-4: Medidas de la caja domiciliaria para la entrada de la mezcla

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Largo de la caja domiciliaria	LCd	0,45	m
Ancho de la caja domiciliaria	ACd	0,43	m
Altura de la caja domiciliaria	Hcd	0,50	m
Volumen de la caja domiciliaria	VCd	0,097	m^3

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Tabla 25-4: Medidas de la caja de salida de biol del biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Largo de la caja de salida	LCs	0,70	m
Ancho de la caja de salida	ACs	0,50	m
Altura de la caja de salida	HCs	0,35	m
Volumen de la caja de salida	VCs	0,123	m^3

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Tabla 26-4: Medidas del gasómetro que se instalará en el biodigestor

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Ancho del plástico	Ap	1,0	m
Longitud del plástico	Lp	3,0	m

Diámetro del gasómetro	Ø	0,64	m
Volumen del gasómetro	Vg	1,5	m ³

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

4.2.1. Diseño del biodigestor en AutoCAD

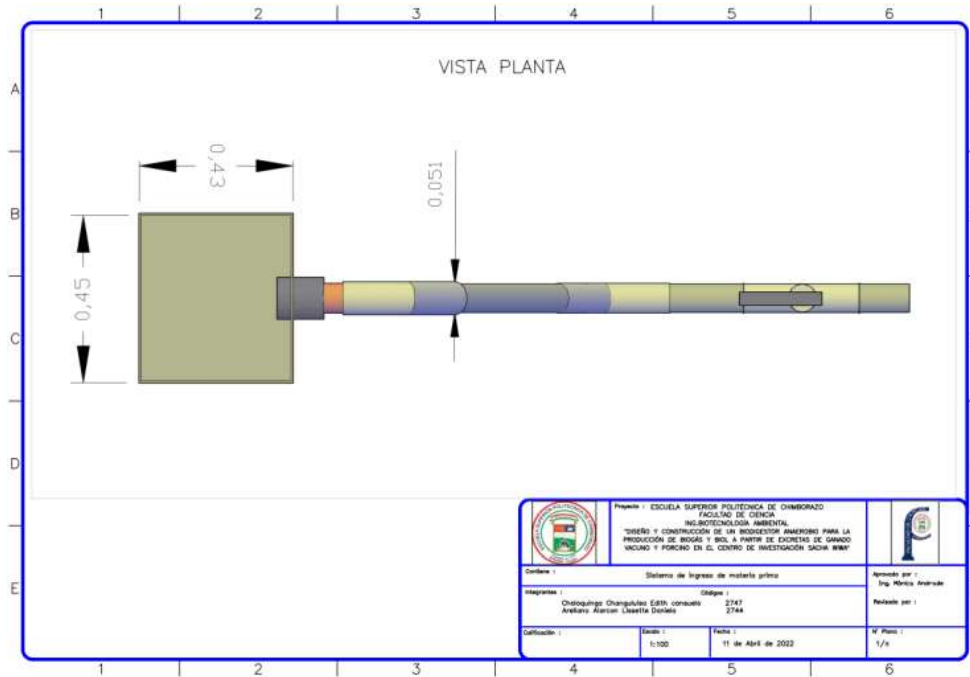


Figura 3 – 4. Vista planta del sistema de ingreso de materia prima

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

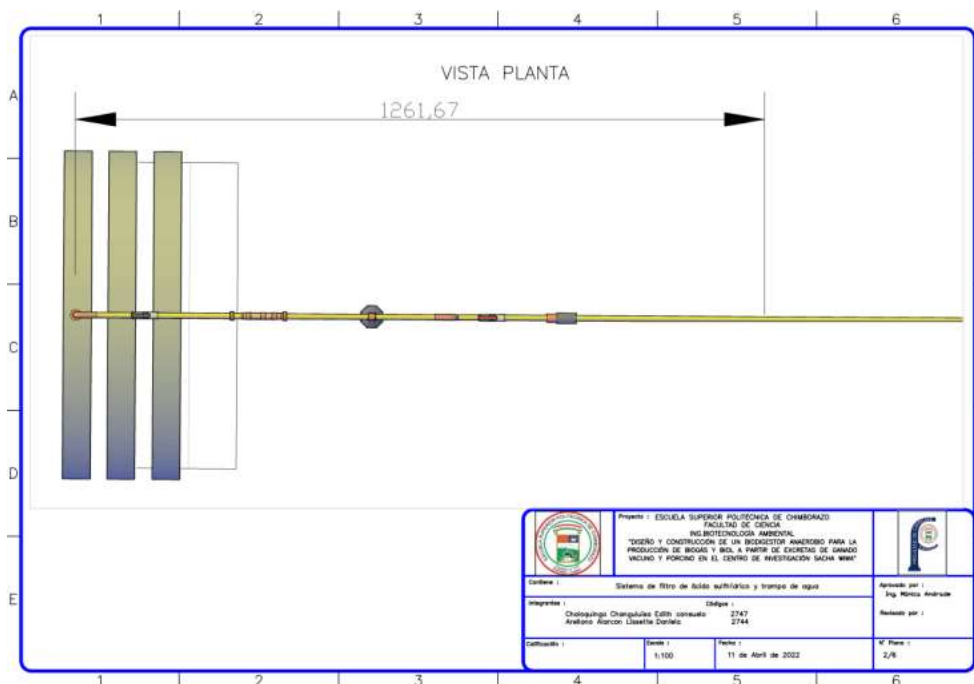


Figura 4 – 4. Vista planta del filtro de ácido sulfhídrico y trampa de agua

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

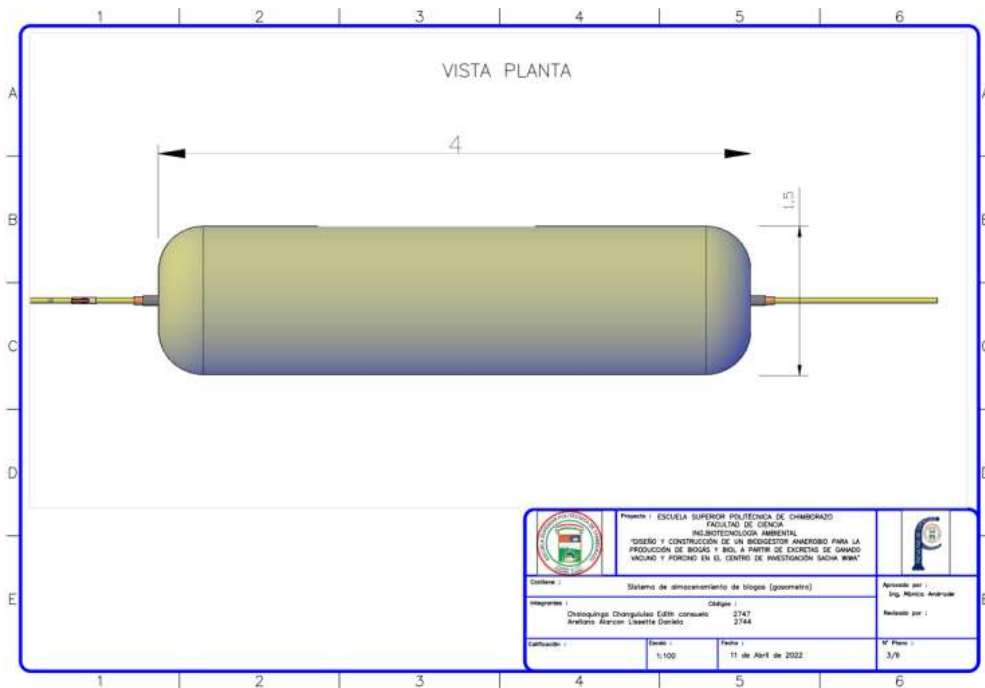


Figura 5 – 4. Vista planta del Gasómetro

Realizado por: Choloquiña, E.; Arellano, L., 2022

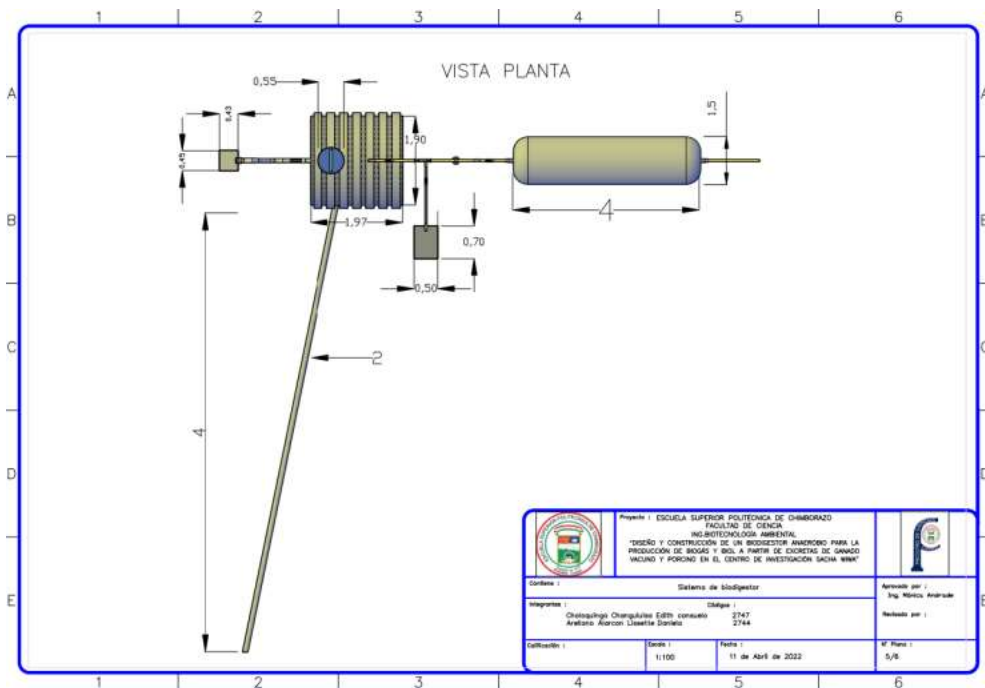


Figura 6 – 4. Vista planta del Biodigestor

Realizado por: Choloquiña, E.; Arellano, L., 2022

4.3. Resultados del biol

Una vez realizados los respectivos análisis, se obtuvo los resultados: (ver anexo S).

Tabla 27-4: Análisis de laboratorio del biol

Parámetros	Método de Referencia Normalizado/ PEE – LABSU	Unidad	Código a 25 126	Incertidumbre (2)
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+ B/PEE-LABSU-02	-	7.72	± 0.05
Fosforo	HACH 8029-/PEE-LABSU-19	mg/L	132.43	± 0.13
*Materia orgánica	Gravimétrico/PEE-LABSU-68	%	0.16	-
*Nitrógeno total	HACH 10071/PEE-LABSU-71	%	0.96	-
*Solidos totales volátiles	SM 2540 D/PEE-LABSU-56	%	0.83	-
*Solidos totales	SM 2540 B/PEE-LABSU-49	%	0,94	-
*Potasio	SM 3030, B3111 B/PEE-LABSU-32	mg/L	756.29	-
*Coliformes totales	SM 9222 B/PEE-LABSU-44	ufc/mL	1,8 x 10 ⁵	-
*Coliformes fecales	SM 9222 D/PEE-LABSU-43	ufc/mL	8,0 x 10 ⁴	-

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

Después de haber realizado los análisis del biol obtenidos del biodigestor, por lo cual se visualiza una variación de nutrientes lo cual se considera importante para usarlo en cualquier cultivo.

4.4. Costo/beneficio del proyecto

Tabla 28-4: Precios de materiales utilizados en la Construcción del biodigestor

CANT.	DETALLE	UNIDAD	V. Unitario	V. Total
20	Abrazaderas para pared 3/4"	-	0.10	2.00
1	Abrazadera industrial	-	1.00	1.00
1	Acople de bronce	-	1.20	1.20
2	Adaptadores de 2" a 1 1/2 "	-	1.50	3.00
2	Adaptador plastigama tanque 2"	-	8.20	16.40

1	Adptador plastigama	-	1.80	1.80
1	Alambre de amarre galvanizado	libra	1.00	1.00
1	Biotanque Plastigama 4m3	-	1,480.00	1,480.00
150	Bloques de 10	-	0.15	22.50
2	Bushing 1 1/2" a 1/2 "	-	1.00	2.00
3	Bushing de 1/2" a 1/4"	-	1.25	3.75
2	Bushing polipropileno 3/4" a 1/2"	-	0.80	1.60
10	Cemento Selvalegre	quintal	8.00	80.00
1	Cinta de ducto Fantape	-	12.00	12.00
30	Clavo de acero 2"	-	0.05	1.50
15	Clavos de acero 1 ½ pulgadas	-	0.10	1.50
4	Clavos de 2 ½ pulgadas	libra	0.90	3.60
2	Codo plastidor 2"	-	1.00	2.00
10	Codo roscable 1/2 de 90°	-	0.50	5.00
2	Codos de 45° de 2 pulgadas	-	1.15	2.30
1	Conector polimex	-	1.80	1.80
0.5	Hierro de 8 mm	quintal	30.00	15.00
5	Hojas de zinc	-	6.75	33.75
2	Kalipega pega tubo	-	3.40	6.80
4	Llaves de paso de 1/4 pulgadas	-	3.38	13.52
1	Llave de paso PVC de 2 pulgadas	-	4.80	4.80
1	Llave de paso PVC de 1 1/2	-	4.15	4.15
2	Manometro de 150 PSI 1/4"	-	7.00	14.00
3	Material pétreo (arena fina)	m3	15.00	45.00
1	Material pétreo (ripio)	m3	-	-
1	Material pétreo (piedras)	m3	-	-
5	Manguera para gas	m	1.50	7.50
2	Neplo 1/4	-	1.50	3.00
3	Neplo 1/4 x 4"	-	1.80	5.40
2	Neplo plomex corrido	-	0.45	0.90
8	Neplo roscable 1/2 de 10 cm	-	0.50	4.00
2	Neplo polipropileno 1/2" de 15 cm	-	0.40	0.80
2	Neplo polipropileno 1" de 15 cm	-	0.85	1.70
2	Neplo corrido 1 1/2 "	-	1.35	2.70
9	Planchas de espuma flex de 1 x 3 m	-	5.50	49.50

4	Plástico doble negro de 1 1/2 m	m	1.35	5.40
10	Plástico doble negro de 1m	m	1.00	10.00
3	Reductores de 4" a 2 "	-	1.75	5.25
1	Reductor rival PVC 63 a 25	-	1.50	1.50
1	Reductor rival PVC 63 a 50	-	1.30	1.30
1	Reductor rival desagüe 110 a 50	-	1.80	1.80
1	Reducción china 2" a 1 1/2"	-	1.50	1.50
1	Reducción plastigama	-	1.45	1.45
2	Tee roscable 1/2"	-	0.60	1.20
3	Teflon	-	1.00	3.00
3	Tubos PVC de 1/2 pulgada	-	5.50	16.50
4	Tubo PVC de 4 pulgadas	-	13.50	54.00
1	Tubo PVC de 2 pulgadas	-	6.50	6.50
3	Unión enroscables 3/4"	-	1.00	3.00
4	Unión enroscable 1/2	-	1.50	6.00
1	Unión polipropileno 1"	-	1.35	1.35
2	Unión reducción roscable 3/4 a 1/2	-	1.70	3.40
2	Union red polipropileno 1" a 3/4"	-	1.25	2.50
1	Viruta de acero lustre fino	-	0.60	0.60
1	Viruta de acero lustre grueso	-	0.50	0.50
SUBTOTAL				1,746.99
IVA 12%				238.23
TOTAL				1,985.22

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

Tabla 29-4: Análisis de precios de mano de obra en la construcción del biodigestor.

CANT	DETALLE	UNIDAD	V. Unitario \$	Días validos	V. Total \$
5	Limpieza del terreno	Estudiantes	-	1	-
1	Fundición del piso	Jornal Obrero	10.00	2	20.00
1		Jornal Albañil	15.00	2	30.00
1	Construcción de pared y gradas	Jornal Obrero	10.00	2	20.00

1		Jornal Albañil	15.00	2	30.00
5	Construcción de estructura metálica	Docentes U.E.J.U	-	1	-
2	Instalación del biodigestor	Tesistas	-	1	-
1		Jornal Albañil	15.00	1	15.00
2	Construcción del gasómetro	Tesistas	-	1	-
1		Jornal Albañil	15.00	1	15.00
1	Techado del gasómetro	Jornal Albañil	15.00	1	15.00
2		Tesistas	-	1	-
VALOR TOTAL \$					145.00

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

Tabla 30-4: Total, de costos

DETALLE	MONTO \$
Materiales de construcción	1,985.22
Mano de obra	145.00
Total \$	2,130.22

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

4.5. Análisis

4.5.1. Evaluación de impactos ambientales

Tabla 31-4: Tabla Matriz de Leopold

MATRIZ DE LEOPOLD EN LA EJECUCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO																	
ATRIBUTOS	a) PREPARACIÓN DEL TERRENO	Excavación	b) FASE DE CONSTRUCCIÓN	Ejecución del proyecto	c) FASE DE OPERACIÓN	Uso de agua	Descargas de biol	Conducción del biogás	c) ACCIDENTES	Derrame y fugas	Emisiones gaseosas y particuladas a la atmósfera	AFECTACIONES POSITIVAS	AFECTACIONES NEGATIVAS	TOTAL DE AFECTACIONES	AGREGACIÓN DE IMPACTOS	PORCENTAJE	
																	Calidad del aire
Materiales de construcción	-1	2	-2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	-6	-2
Destrucción de suelos	-4	3	-5	2	0	1	0	0	-1	1	0	0	5	2	7	-22	-3
Aumento del consumo del agua	0	0	-1	1	-2	-1	0	0	-1	1	-1	2	5	5	10	-7	-1
Agua subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	1	1	2	-1	-1	
Calidad del agua	0	0	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	2	2	4	-3	-1	
Microflora	-2	1	-1	1	0	2	0	0	-1	1	0	5	2	7	0	0	
Microfauna	-2	1	-1	1	0	-1	0	0	-1	1	0	4	3	7	-5	-1	
Salud y Seguridad	-1	1	-2	1	0	0	0	0	-1	1	-1	4	3	7	-5	-1	
Empleo	3	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	29	7	
Beneficios económicos	0	0	0	0	0	5	6	4	-1	1	-1	6	2	8	41	5	
AFECTACIONES POSITIVAS		1		1		0	3	1		0	0						
AFECTACIONES NEGATIVAS		5		7		2	2	0		8	4						
TOTAL DE AFECTACIONES		6		8		2	5	1		8	4						
AGREGACIÓN DE AFECTACIONES		-10		0		-4	23	24		-8	-7						
PORCENTANJE		-2		0		-2	5	24		-1	-2						

18	18
----	----

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022.

Tabla 32-4: Tabla Rango de Valores según el tipo de afectación

BENEFICIOSO	Mayor igual que 1	
SIN AFECTACIÓN	0	
LEVE	-1	-3
SEVERO	-4	-6
CRITICO	-7	-10

Fuente: (Conesa, 2006, p. 22).

Tabla 33-4: Valores de impactos ambientales para la construcción del biodigestor

RANGO	FACTORES	% DE AFECTACIÓN	VALOR
Aire			
0-20	Calidad del aire	1	- (No significativo)
Suelo			
0-20	Material de construcción	2	- (No significativo)
0-20	Destrucción del suelo	3	- (No significativo)
Agua			
0-20	Aumento del consumo del agua	1	- (No significativo)
0-20	Agua subterránea	1	- (No significativo)
0-20	Calidad del agua	1	- (No significativo)
Flora			
0-20	Microflora	0	(No significativo)
Fauna			
0-20	Microfauna	1	- (No significativo)
Sociocultural			
0-20	Salud y Seguridad	1	- (No significativo)
Economía Poblacional			
0-20	Empleo	7	+ (No significativo)
0-20	Beneficios	5	+ (No significativo)
Preparación del Terreno			
0-20	Excavación	2	- (No significativo)
Fase de Construcción			

0-20	Ejecución del Proyecto	0	(No significativo)
Fase de Operación			
0-20	Uso de agua	2	- (No significativo)
0-20	Descargas de Biol	5	+ (No significativo)
0-20	Conducción del Biogás	24	+ (Medianamente significativo)
Accidentes			
0-20	Derrame y fugas	1	- (No significativo)
0-20	Emisiones gaseosas y partículas a la atmósfera	2	- (No significativo)

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

4.5.1.1. Interpretación de los impactos negativos y positivos

Impactos negativos

Debido a que el proyecto es de mediana magnitud, el grado de afectación hacia el ambiente son insignificantes, considerando que el factor con un mayor índice de impacto negativo tenemos del 3% por la modificación y destrucción del suelo, en el proceso de la excavación del suelo para la construcción de la estructura metálica donde se instaló el biodigestor tipo chanchito se ve un impacto negativo del 2%, además, se tiene con este porcentaje el uso del agua en la fase de operación y en las emisiones gaseosas y partículas a la atmósfera en lo referente a los impactos negativos y en menor afectación tenemos la calidad del agua, el agua subterránea, la microfauna, la parte sociocultural y los derrames y fugas que puedan existir con una magnitud del 1%. Para la mitigación de estos impactos negativos se realizó las siguientes actividades:

- Retirar la maleza del lugar mediante poda, por lo que una vez construido la estructura metálica para la instalación del biodigestor se procedió a señalar un camino con el fin de mantener a las plantas en su límite.
- Al realizar la excavación solo se procedió a excavar las dimensiones establecidas para evitar afecciones innecesarias a los alrededores.
- Con respecto al uso de agua en la fase de operación se procedió a utilizar el agua del estero que se encuentra cerca del área del proyecto.

Impactos positivos

Los impactos positivos de la construcción del proyecto corresponden a los beneficios para el Centro de Investigación Sacha Wiwa que se genera al poner en operación del biodigestor, los factores afectados de manera positiva son en la fase de operación en el caso de la descarga de biol el cual presenta un valor de 5% el cual contribuirá en el mejoramiento del suelo al aumentar los nutrientes y en el caso de las plantas mejorar el rendimiento y crecimiento de las mismas, además un beneficio en el factor economía poblacional para el empleo de un 7% y beneficios del 5% permitiendo así la disminución de los gastos en la compra del cilindro de GLP ya que el impacto positivo para el centro de investigación se establece una rentabilidad ya que el factor con mayor impacto positivo es la conducción del biogás de un 24% que abastecerá las necesidades del centro de investigación.

4.5.2. Análisis del proyecto

La construcción del Biodigestor tipo chanchito “biotanque” en el Centro de Investigación Sacha Wiwa, en la Parroquia Guasaganda del cantón La Maná de la provincia de Cotopaxi tiene una afectación general de impactos al ambiente poco significativos, ya que se intervino 20 m² de suelo, en el cual se realizó la limpieza del área y se excavo para la construcción de la plancha y la estructura metálica el cual es destinado para el biodigestor, por ello se tuvo que realizar la remoción de microflora y parte de la microfauna.

Además de una influencia indirecta inferior a los 100 m a la redonda, en el cual se cuantificaron 29 impactos ambientales positivos y 2 afectaciones negativas, durante la fase de construcción y operación del biodigestor.

La matriz desarrollada establece que los factores ambientales afectados de manera negativa son el suelo con el 3%, el agua con 3%, la microflora y microfauna con un 0 y 1 % respectivamente, el cual da como una valoración poco significativa de afectación a los recursos presentes de la zona de implementación.

Dentro de las afectaciones de la microfauna afectadas fueron los animales domésticos y el caracol gigante africano, y en el caso de las especies afectadas de la microflora se identificaron a la hierba mala, saboya, hierba dalis y la alegría del hogar.

En el caso de las afectaciones positivas se destaca la conducción del biogás el cual presenta un valor de 24% de significancia y la descarga de biol en un 5% el cual servirá como fertilizante que permitirá el mejoramiento de las cualidades del suelo en cuestión.

4.5.3. Comparación del estiércol y biol

Potencial Hidrógeno pH

El pH presente en el biodigestor presenta niveles óptimos cercanos a la neutralidad, para un buen crecimiento bacteriano. Según Varnero (2011, p. 53) un pH óptimo está entre 5.5 y 6.5 para ácido génicos y entre 7.8 y 8.2 para metanogénicos.

Tabla 34-4: Valores de pH pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	PH	Muestra Biol	
(pre-tratamiento)	7,57	(Post-tratamiento)	7,72
	7,17		
PROMEDIO	7,37		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

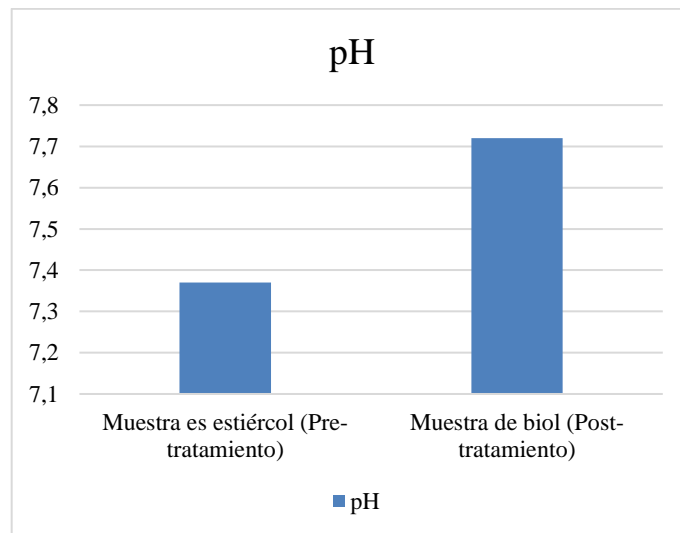


Gráfico 21 – 4. Comparación potencial hidrógeno en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022.

El resultado obtenido en los análisis de estiércol es de 7,37 siendo este óptimo para un adecuado proceso de fermentación anaeróbica, al transcurrir los 25 días (tiempo de retención) se generó un aumento de pH dando un resultado de 7,72 valor adecuado para el crecimiento de bacterias metanogénicas.

Sólidos totales

Según Herrero (2008, p. 33) el porcentaje de sólidos totales en este estiércol fresco este entorno a al 17%, sin embargo, el rango puede variar entre un 13% a 20%, estos sólidos totales representan el

peso del estiércol una vez seco, y por tanto es la carga real de materia sólida que se estará introduciendo en el biodigestor.

Tabla 35-4: Valores de sólidos totales pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Sólidos totales	Muestra Biol	Sólidos totales
(pre-tratamiento)	13,38	(Post-tratamiento)	0,94
	21,52		
PROMEDIO	17,45		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

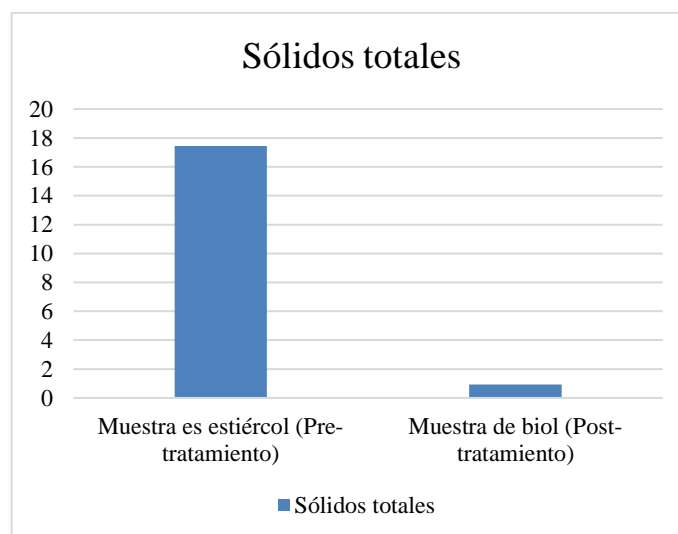


Gráfico 22 – 4. Comparación Sólidos totales en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Los análisis en el pre-tratamiento me dieron como resultado promedio un valor de 17,45%, siendo este valor adecuado para la producción de biogás, ya que será utilizado como alimento para las poblaciones microbianas presentes; al pasar los 25 días de retención nos da un resultado de 0,94% este valor indica que los microorganismos han degradado un 95% de los sólidos totales, siendo este un valor mayor al rango de 37-40% de remoción según Karim et al 2005.

Sólidos totales Volátiles

Los sólidos totales volátiles (SV) tienen componentes orgánicos, los cuales deben ser teóricamente convertidos a metano (Varnero, 2011, p. 62)

Tabla 36-4: Valores de sólidos totales volátiles pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Sólidos totales volátiles	Muestra Biol	Sólidos totales Volátiles
(pre-tratamiento)	13,86	(Post-tratamiento)	0,83
	20,66		
PROMEDIO	17,26		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

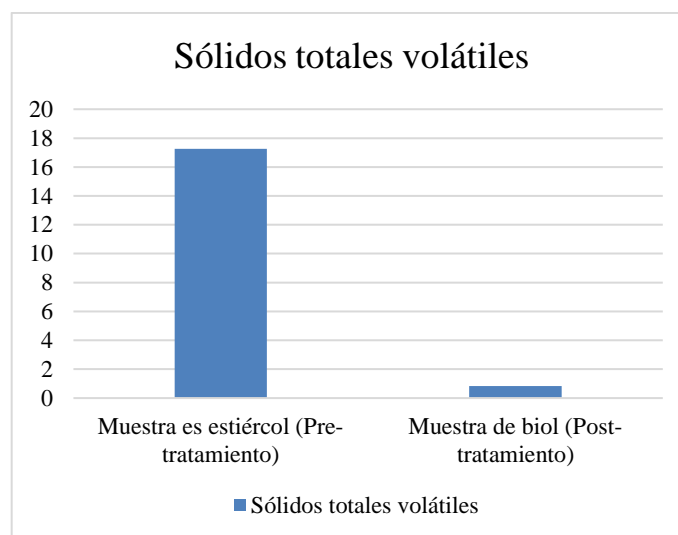


Gráfico 23 – 4. Comparación Sólidos totales en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Al inicio del proceso el estiércol presenta un valor promedio de 17,26 % de sólidos totales volátiles, mientras que las muestras ya tratadas (biol) obtuvieron un resultado de 0,83, es decir que tuvo un porcentaje de remoción del 95%, valor mucho mayor al 63% de remoción según (Karim, 2005, p. 2)

Materia orgánica

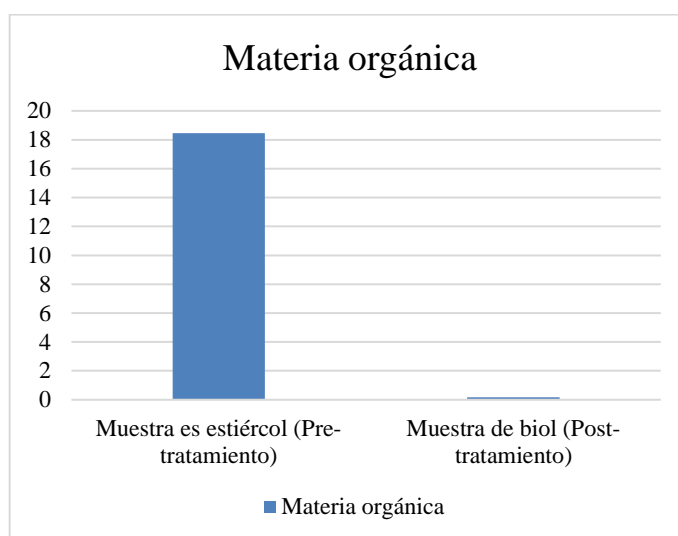
Dentro del proceso de digestión anaerobia es un parámetro importante, ya que este será utilizado como el alimento para las bacterias que actúan sobre el proceso de digestión.

Tabla 37-4: Valores de materia orgánica pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Materia Orgánica	Muestra Biol	Materia orgánica
(pre-tratamiento)	9,68	(Post-tratamiento)	0,16
	27,21		

PROMEDIO	18,45		
----------	-------	--	--

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022



Gráfica 24 – 4. Comparación Materia orgánica en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El pre-tratamiento presenta un valor promedio de 18,45% y el post-tratamiento generó un valor de 0,16% lo que indica que la cantidad de materia prima que fue degradada por los microorganismos fue de 99%.

Nitrógeno total

El nitrógeno presente en las muestras de estiércol es utilizados y transformadas en moléculas más simples como el amonio, este mismo será utilizado por las plantas al momento de colocar el biol generado.

Tabla 38-4: Valores de Nitrógeno total pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Nitrógeno total	Muestra Biol	Nitrógeno total
(pre-tratamiento)	0,48	(Post-tratamiento)	0,96
	1,36		
PROMEDIO	0,92		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

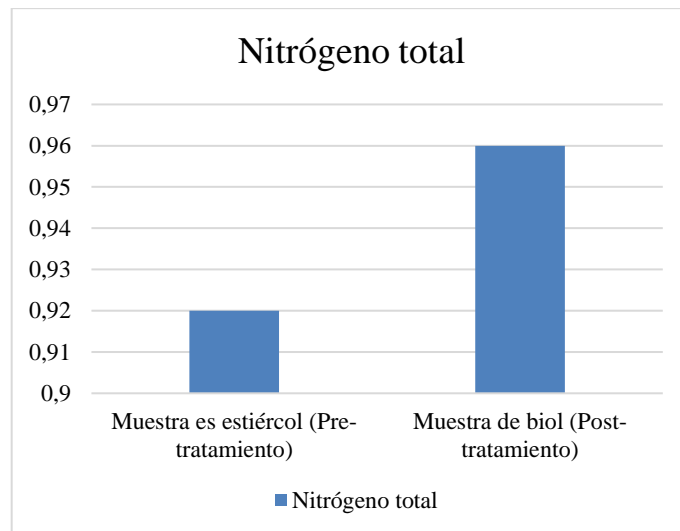


Gráfico 25 – 4. Comparación Nitrógeno total en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El valor promedio del nitrógeno total en el pre-tratamiento fue de 0,92%, y luego del tratamiento presentó un valor de 0,96% presentando así un incremento de este elemento que mediante la degradación de las proteínas (nitrógeno orgánico), aminoácidos y urea transforman una parte de estos en nitrógeno total de acuerdo con (Sánchez y León, 2015: p. 92)

Fósforo

Tabla 39-4: Valores de Fósforo pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Fósforo	Muestra Biol	Fósforo
(pre-tratamiento)	503,70	(Post-tratamiento)	132,43
	334,80		
PROMEDIO	419,25		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

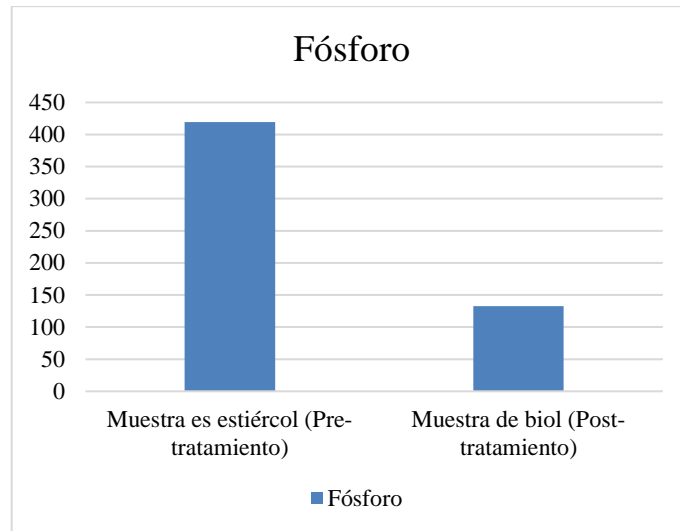


Gráfico 26 – 4. Comparación Fósforo total en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El valor promedio de fósforo en el pre-tratamiento fue de 419,25 ppm y en el post-tratamiento de 132,43 ppm dándome un porcentaje de disminución del 68%, siendo este un micronutriente será degradado por los microorganismos en el proceso de fermentación anaerobio según (Sánchez & León, 2015, p. 92).

Potasio

Tabla 40-4: Valores de Potasio pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Potasio	Muestra Biol	Potasio
(pre-tratamiento)	598,94	(Post-tratamiento)	756,29
	5006,77		
PROMEDIO	2802,86		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

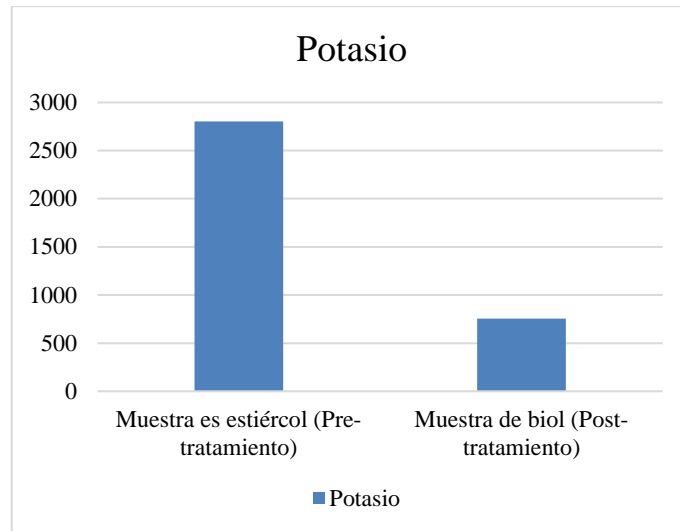


Gráfico 27 – 4. Comparación Potasio total en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El valor promedio de potasio en la muestra de estiércol resulto de 2802,86 ppm y luego del tratamiento me generó un valor de 756,29 ppm generando un porcentaje de descomposición del 73%, similar a los valores generados según (Sánchez y León, 2015: p. 24)

Coliformes totales

Tabla 41-4: Valores de Coliformes totales pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Coliformes totales	Muestra Biol	Coliformes totales
(pre-tratamiento)	3,0x10 ⁸	(Post-tratamiento)	1,8x10 ⁵
	3,0x10 ⁶		
PROMEDIO	1,5x10 ⁸		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

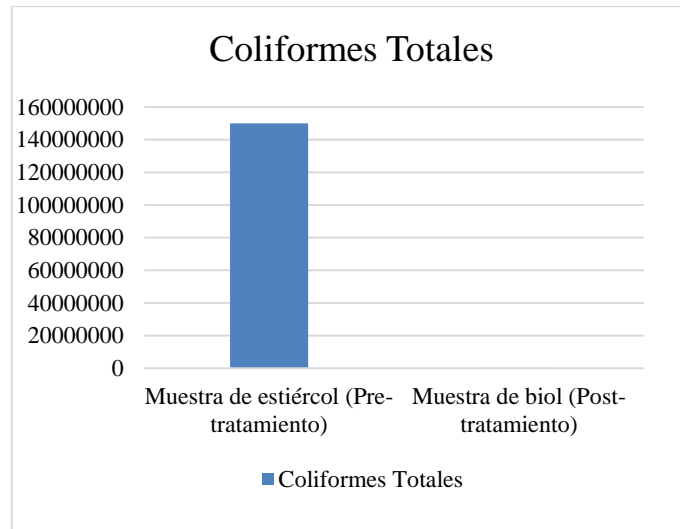


Gráfico 28 – 4. Comparación Coliformes totales en muestra de estiércol y biol

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El valor promedio de los coliformes totales fue de $1,5 \times 10^8$ UFC en el pre-tratamiento, mientras que en el post-tratamiento su valor fue de $1,8 \times 10^3$, presentando una disminución de un 99,8% debido a la digestión anaerobia, dándonos a conocer que la degradación que se generó fue efectiva y casi en su totalidad, de esta manera podrá ser aprovechado de manera adecuada por las plantas.

Coliformes Fecales

Tabla 42-4: Valores de Coliformes Fecales pre y post tratamiento

Muestra de estiércol	Coliformes Fecales	Muestra Biol	Coliformes Fecales
(pre-tratamiento)	$2,0 \times 10^8$	(Post-tratamiento)	$8,0 \times 10^4$
	$2,0 \times 10^6$		
PROMEDIO	$1,0 \times 10^7$		

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

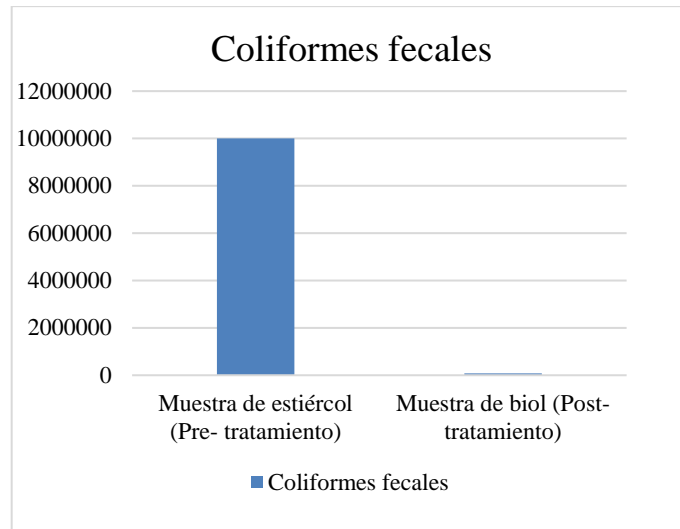


Gráfico 29 – 4. Comparación Coliformes fecales en muestra de estiércol y biol

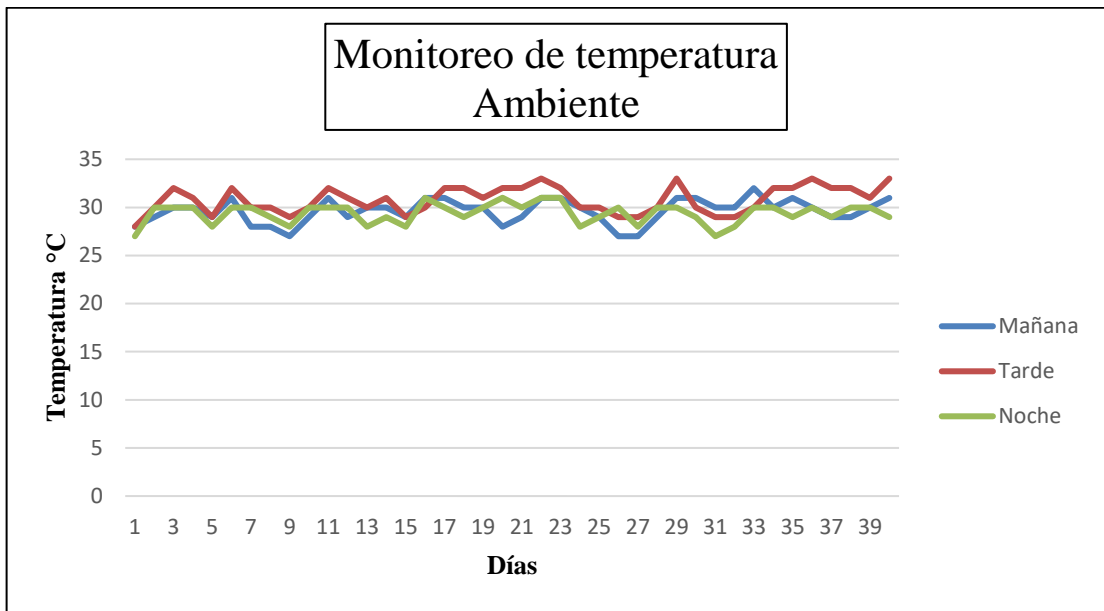
Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

El valor promedio de los coliformes totales fue de $1,0 \times 10^7$ UFC en el pre-tratamiento, mientras que en el Post-tratamiento su valor fue de $8,0 \times 10^3$, presentando una disminución de un 99% debido a la digestión anaerobia, dándonos a conocer que la degradación que se generó fue casi total y será muy bien aprovechado por las plantas.

4.5.4. *Análisis de temperatura*

Las mediciones de temperatura se realizaron tres veces por día: en horario de la mañana (8:00), en horario de la tarde (13:00) y en horario de la noche (18:00), alrededor de 40 días antes, durante y después del proceso de digestión, donde la temperatura promedio ambiente fue de 30 °C y la temperatura promedio dentro del biodigestor fue de 35.87 (ver anexo R y anexo Q).

4.5.4.1. Temperatura ambiente



Gráfica 30 – 4. Monitoreo de la temperatura ambiente.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Como se observa en la gráfica la temperatura ambiente se mantiene en los rangos estables de acuerdo con las condiciones climatológicas del cantón La Maná, esta temperatura es adecuada para que se genere un buen proceso de fermentación dentro del biodigestor.

4.5.4.2. Temperatura dentro del biodigestor

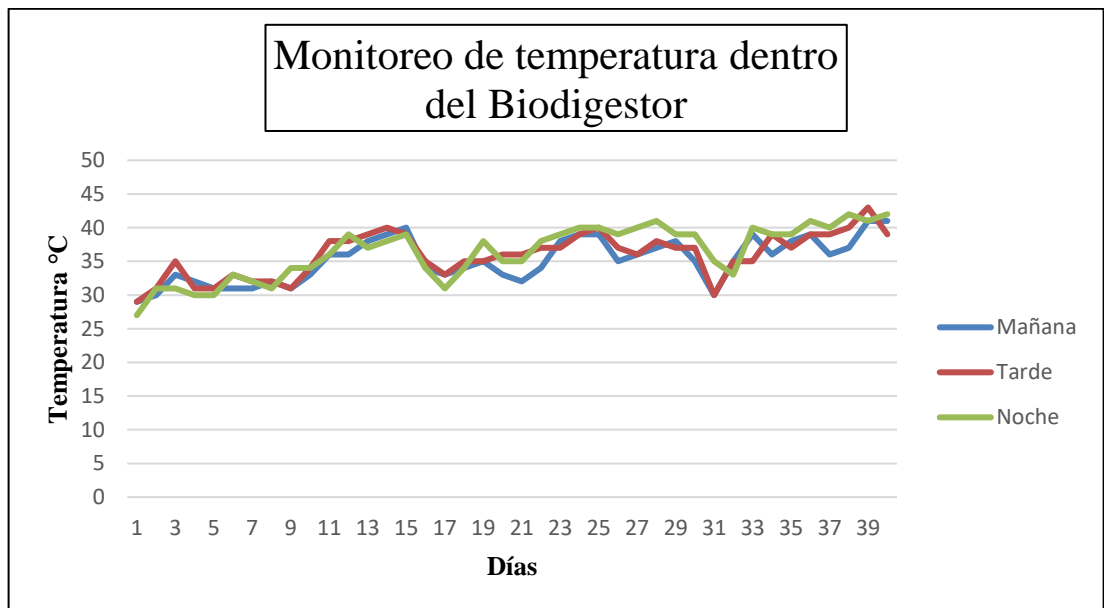


Gráfico 31 – 4. Monitoreo de la temperatura dentro del biodigestor.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

La temperatura que se encontraba dentro del biodigestor variaba dependiendo de la temperatura ambiente y las cargas que se realizaron. Como se observa en la gráfica la temperatura se mantiene casi igual a la temperatura ambiente desde el día 1 al día 8, debido a que es el tiempo donde los microorganismos comienzan con el proceso de degradación, desde el día 9 al día 15 se ve que la temperatura asciende dando a conocer que los microorganismos se encuentran degradando una gran cantidad de biomasa.

Del día 16 al día 19 se genera un descenso significativo de temperatura, debido a que en este tiempo se aplica la última carga del biodigestor, por ende, el proceso de fermentación disminuye, para luego volver a acelerarse para tratar de descomponer la mayor cantidad de biomasa posible, teniendo de esta manera una temperatura promedio de 30 °C, adecuada para el proceso fermentativo.

La producción de biogás dependerá en gran medida de la temperatura, donde la temperatura adecuada para poder generarlo es pasado los 35°C, mientras que los microorganismos mesófilos que son los encargados de degrada la biomasa, necesitan temperaturas entre los 25 y 45 °C (Varnero, 2011, p. 9).

4.5.4.3. Comparación de temperaturas

Para poder comparar las temperaturas se determinará las temperaturas promedio diarias ya sea de la temperatura ambiente y de la temperatura dentro del biodigestor.

Tabla 43-4: Promedio de la temperatura ambiente y dentro del biodigestor

Día	Temperatura ambiente °C	Temperatura dentro del biodigestor °C
1	27.70	28.30
2	29.70	30.70
3	30.70	33.00
4	30.30	31.00
5	28.70	30.70
6	31.00	32.30
7	29.30	31.70
8	29.00	31.70
9	28.00	32.00
10	29.70	33.70
11	31.00	36.70
12	30.00	37.70

13	29.30	38.00
14	30.00	39.00
15	28.70	39.30
16	30.70	34.30
17	31.00	34.30
18	30.30	34.30
19	30.30	36.00
20	30.30	34.70
21	30.30	34.30
22	31.70	36.70
23	31.30	38.00
24	29.30	39.30
25	28.70	39.70
26	28.70	37.00
27	28.00	37.30
28	29.70	38.70
29	31.30	38.00
30	30.00	37.00
31	28.70	31.70
32	30.70	34.30
33	30.70	38.00
34	30.70	38.00
35	30.70	38.00
36	31.00	39.70
37	30.00	38.30
38	30.30	39.70
39	30.30	41.70
40	31.00	40.00

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022.

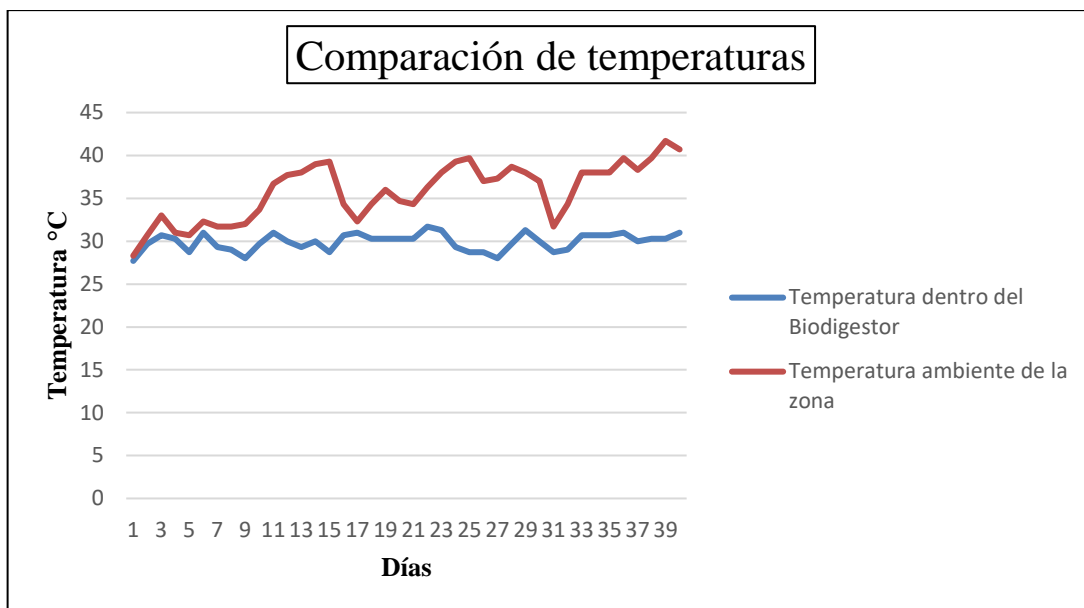


Gráfico 32 – 4. Comparación de temperaturas promedio dentro del biodigestor y temperatura ambiente.

Realizado por: Arellano, L; Choloquina, E, 2022

Como se observa en la gráfica la temperatura dentro del biodigestor es mayor que la temperatura ambiente, y día a día esta va ascendiendo gracias al trabajo de los microorganismos mesófilos que se encuentran degradando la biomasa.

4.5.5. Registro de presión en el biodigestor

La presión dentro del biodigestor va ascendiendo en el transcurso del tiempo en el cual los microorganismos degradan la materia orgánica. (ver anexo P)

4.6. Discusión de resultados

4.6.1. Biogás

Tabla 44-4: Resultados de producción de biogás

Medición	Tiempo (días)	Cantidad de Biogás m3
1	4	0.2
2	8	0.4
3	14	0.9
4	20	1.3
5	25	2.05

6	27	2.65
7	30	3.13

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

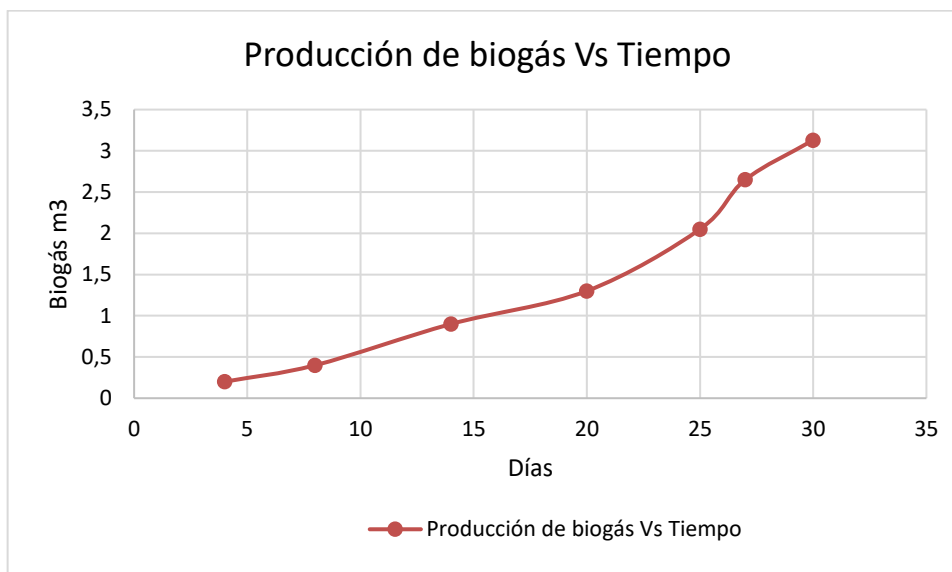


Gráfico 33 – 4. Producción de Biogás en el Centro de Investigación Sacha Wiwa.

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

De acuerdo con la gráfica, la producción de biogás en el biodigestor construido para el centro de investigación “Sacha Wiwa”, va creciendo de manera ascendente, es decir la producción de biogás mantiene una relación directamente proporcional al tiempo. Además, se determinó que la producción requerida es de 3.3 m³ y el generado por el biodigestor es de 3.1 m³ lo cual presenta una diferencia de 0.17 m³ y denota que es un valor inferior y no supone un déficit en la generación de biogás.

La producción de biogás obtenido en el centro de investigación fue de 3.13 m³, en base a los cálculos realizados se estima que 30,30 Kg EF de materia prima podría producir aproximadamente 1 m³ de biogás, lo cual establece una eficiencia del biodigestor de un 75% comparado con otros estudios realizados en las tesis de “Diseño y construcción de un biodigestor para generación de energía a partir del estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC.PP Las Canteras del Distrito de Pátapo-Chiclayo-Lambayeque” de Ruiz, B. en el cual se puede apreciar que este tipo de biodigestor tipo salchicha tiene una eficiencia del 65%.

Además de esto, se puede apreciar que la cantidad de biogás aumenta cuando el tiempo de retención es mayor y por ende su presión aumenta y esto se lleva a almacenamiento en el gasómetro para su posterior uso.

4.6.2. Quema del biogás

La prueba de la flama o llama se llevó a cabo a los 25 días que es el tiempo de retención para la producción del biogás, en la cual también se procedió a verificar mediante observación la coloración de la llama, para caracterizar su poder calorífico y observar la longitud de la llama. Se observó una coloración azul a lo largo de la llama con un borde casi nulo de color amarillo. (ver anexo N)

Comparado con la implementación de biodigestores para producción de biogás en Kenia y África por la compañía en su página oficial SISTEMA. bio (“La llama azul del biogás arde en 15 condados, tres países y contando, 2018”), se puede determinar que la llama en el quemador obtenido es de color azul y por ende se atribuye que se está generando una buena combustión del biogás.

4.6.3. Cálculo de la inversión con VAN Y TIR

Posteriormente a aplicar las fórmulas correspondientes se obtiene los siguientes valores:

Tabla 45-4: Resultados del cálculo de VAN y TIR

Detalle	Valor
Ahorro económico al cambiar biogás por GLP	16.92 \$
Ahorro económico a los 20 años de funcionamiento	4,060.80 \$
Valor Actual Neto (VAN)	723.36 \$
Tasa Interna de Retorno (TIR)	13.76%

Realizado por: Choloquina, E.; Arellano, L., 2022

TMA = 10%

Si la $TIR \geq TMA$ el proyecto se acepta

Si la $TIR < TMA$ el proyecto se rechaza

$$TIR = 13.76\%$$

$$TIR \geq TMA$$

$$13.76\% \geq 10\% \therefore \text{se acepta el proyecto}$$

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Mediante la realización del proyecto se diseñó y construyó un biodigestor anaerobio para la producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado vacuno y porcino en el centro de investigación SACHA WIWA, basándonos en variables principales como la cantidad de biomasa disponible, la temperatura ambiente del lugar y el tiempo de retención que fue de 25 días.
- En el Centro de Investigación SACHA WIWA se obtiene una cantidad de biomasa promedio de 30,30kg/día de estiércol porcino y vacuno, donde los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos son: Sólidos Totales 17,45%; sólidos totales volátiles 17,26 %; materia orgánica 18,45 %; carbono orgánico total 10,7%; nitrógeno total 0,92%; fósforo 419,25 mg/kg; humedad 82,76%; potasio 2802,86 mg/kg; zinc 24,19 mg/kg; calcio 1977,88 mg/kg; magnesio 736,28 mg/kg; cobre 8,11 mg/kg sodio 315,81 mg/kg; manganeso 71,89 mg/kg; hierro 733,64 mg/kg; recuento de Microorganismos $5,0 \times 10^{11}$ UFC/g; estos valores son adecuados para la producción de biogás.
- Se dimensionó el biodigestor mediante el cálculo de la cantidad de biomasa disponible generado por las 50 cabezas de ganado vacuno y 11 cabezas de ganado porcino que posee el centro de Investigación Sacha Wiwa, dando como resultado un volumen de 3,25 m³ por lo cual se seleccionó para diseño el biotanco de Plastigama tipo “chanchito” de 4 m³ con las dimensiones preestablecidas por la empresa la cual cuenta con una altura de 1.89m, largo de 1.90m, ancho de 1.70m y un diámetro de tapa de 0.55 m.
- La viabilidad del proyecto se analizó mediante la elaboración del costo beneficio y la aplicación del VAN y el TIR con una proyección de 20 años de producción de biogás y biol, dando un valor de 723.36\$ y un 13.76 % respectivamente, valores que permiten que se establezca la viabilidad del proyecto ya que refleja el ahorro al cambiar el GLP por el biogás producido y la recuperación de la inversión en la construcción del proyecto.

RECOMENDACIONES

- Las cargas de estiércol que serán introducidas al biodigestor deben ser filtradas para evitar algún taponamiento o inhibición del proceso de fermentación y por ende la producción de biogás y biol.
- Completar el cerramiento donde se encuentra el biodigestor y el gasómetro para evitar el ingreso de animales o personas para evitar accidentes, así como también implementar una zanja que conduzca el agua lluvia para que no se acumule en el área.
- Utilizar el biol en el tiempo establecido debido a que las características de este compuesto pueden cambiar y pueden ocasionar efectos negativos sobre los cultivos y el suelo.
- Realizar centros de acopio de estiércol para facilitar la recolección del mismo y deben encontrarse bajo cubierta para evitar cambios o pérdida de la materia prima por acción de las condiciones climáticas.

GLOSARIO

Gases de efecto invernadero: son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. (Benavides & León, 2007, p. 5)

Gasómetro: Concebidos como una precisa maquinaria civil donde almacenar y, sobre todo, adecuar la presión del gas, el mundo hoy los recupera y los revalora. (Minervino, 2014, p. 10)

Catálisis: Incremento de la velocidad de una reacción en presencia de un catalizador. (Aguilar, 2017, p. 11)

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR GARCÍA, J. Procesos más eficientes en catálisis mediante la síntesis de nuevos recubrimientos y rellenos [En línea] (trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad de Alicante, San Vicente del Raspeig, España. 2017. p.11. [Consulta: 2021-12-23]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>

ANDRADE PROAÑO, Paulo; PETERSEN ROJAS, Steven; ORTIZ ACOSTA, Jaime “Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales”. *Ministerio de Ambiente y Agua* [En línea], 2020, (Ecuador) 1, p.40. [Consulta: 07 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

APOLO YAGUAL, A. Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobio prototipo de bajo (trabajo de titulación). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. 2015. pp. 34-36.

AQUAE FUNDACIÓN. *Descubre todos los detalles acerca del biodigestor* [blog]. [Consulta: 12 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/biodigestor/#:~:text=Un%20biodigestor%20es%20un%20contenedor,que%20se%20puede%20obtener%20energ%C3%ADa.>

ARCE CABRERA, Jimmy Jorge. Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. 2009. pp. 36- 37. [Consulta: 2021-12-23]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>

ARENAS GUAYAZAN, Brandon Danielo. Propuesta para el diseño de un biodigestor anaerobio como sistema de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, generados en las viviendas del proyecto “la villa solar” ubicado en la ciudad de Buenaventura- Colombia (Trabajo de titulación). Universidad de la Salle, Facultad de ingeniería, Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Colombia. 2019. pp. 18- 23.

BÁEZ CAZARES, Gabriel Esteban G & BENÍTEZ OLIVES, Daniel Eduardo. Diseño y construcción de un biodigestor tipo campana flotante con la utilización de desechos porcinos para la finca “el recuerdo [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad

Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2015. p. 7. [Consulta: 2022-02-20]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11470/3/UPS-KT01209.pdf>

BENAVIDES, H & LEÓN, G. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático [en línea]. Bogotá-Colombia: 2007. [Consulta: 1 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

BERNAL PATIÑO, Leidy Enith & SUÁREZ RAMÍREZ, Stephanny Leidy. Diseño conceptual de un biodigestor partiendo de estiércol vacuno y avícola, producido en la finca el Guarumal, para la obtención de biogás [En línea] (Trabajo de titulación). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. 2018. pp. 18- 25. [Consulta: 2022-03-03]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6844/1/6102531-2018-2-IQ.pdf>

CANUL BACAB, Fernando. Análisis del efecto de la microaireación en un reactor acidogénico de un proceso de digestión anaerobia con carbón granular en dos fases y balance de masas en la distribución de carbono, nitrógeno y fósforo [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Centro de Investigación Científica de Yucatán, Yucatán, México. 2020. pp. 8- 15. [Consulta: 2022-02-11]. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1780/1/PCER_D_Tesis_2020_Fernando_Canul_Bacab.pdf

CERVANTES MARTÍNEZ, Jesús; ORIHUELA EQUIHUA, Rocio; RUTIAGA QUIÑONES, José. “Acerca del Desarrollo y Control de Microorganismos en la Fabricación de Papel.”. Ciencia Tecnológica [en línea], 2017, (México) 54(2), pp. 9. [Consulta: 20 enero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631001>

CHISAG TOALA, Rolando Daniel. Diseño y construcción de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado porcino [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 20- 28. [Consulta: 2022-01-13]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/14227/1/17T01618.pdf>

CONESA FERNANDEZ, Vicente. *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental* [En línea]. Madrid- España: MUNDI-PRENSA, 2006. [Consulta: 22 de enero 2022]. Disponible en:

<http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf>

CORONA ZÚÑIGA, Ivan. Biodigestores [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 2007. pp. 28- 29. [Consulta: 2022-01-4]. Disponible en:

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10722/Biodigestores.pdf?sequence=1>

CUESTA LOPÉZ, Jorge. Obtención de biogás a partir de Residuos Sólidos Urbanos para su inyección a Red [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España. 2015 pp.23-24. [Consulta: 2022-01-4]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23542/TFG_Jorge_Cuesta_Lopez.pdf

DÍAS GUÍO, David Santiago, & SALAZAR CERÓN, Melissa Laura. Estudio de factibilidad para el diseño de un biodigestor de aprovechamiento sostenible de excretas de bovino en la hacienda los naranjos, tambo - cauca. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad el Bosque, Bogotá, Colombia. 2019. pp. 36-45. [Consulta: 2021-11-3]. Disponible en:

https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2143/D%c3%adaz_Guio_%20David_Santiago_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FAO. *La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones.* [en línea]. Roma, 2008. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en:

<https://www.fao.org/3/a0701s/a0701s.pdf>

FAO. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores [en línea]. Roma, 2019. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en:

<http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf>

FLUENCE. “Agregando valor con la digestión anaeróbica”. *Fluence news team* [en línea], 2020, (Colombia), párr. 1-2. [Consulta: 14 abril 2022]. Disponible en:

<https://www.fluencecorp.com/es/que-es-digestion-anaerobica/>

GARCÍA RODRIGUEZ, Angie Mariana & GÓMEZ FRANCO, Juan Daniel. Evaluación de la producción de biogás a partir de residuos vegetales obtenidos en la central de abastos de Bogotá mediante digestión anaerobia [En línea] (Trabajo de titulación). Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. 2016. p. 32. [Consulta: 2022-04-13]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/667/1/6112733-2016-2-IQ.pdf>

HERRERO, Jaime. Biodigestores familiares [en línea]. La Paz-Bolivia, 2008. [Consulta: 08 enero 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282156621 Biodigestores familiares Guia de diseno y manual de instalacion 2008](https://www.researchgate.net/publication/282156621_Biodigestores_familiares_Guia_de_diseno_y_manual_de_instalacion_2008)

HIDALGO OSORIO, William Armando; VÁSQUEZ CARRERA, Paco Jovanni; ESPINOSA CUNUHAY, Kleber Augusto; MORALES TAMAYO, Yoandrys. “Desechos orgánicos que generan gas a través de un biodigestor diseño experimental en la parroquia Guasaganda de la ciudad de la Maná”. *Ciencia Digital* [en línea], 2019, (Ecuador) 3(2.6), p. 192. [Consulta: 04 abril 2022]. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/558>

INDEREN. Los beneficios del biogás [blog]. [Consulta: 22 mayo 2021]. Disponible en: <https://inderen.es/es/los-beneficios-del-biogas/>

LARA GUILCAPI, Marlon Fabricio. Diseño de un biodigestor para la producción de biogás generado por las excretas de ganado vacuno, en el criadero “Jersey Chugllin” [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 20-23. [Consulta: 2021-12-12]. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/6261/1/236T0242.pdf>

MINERVINO, Manuel (2014). Gasómetros. Obras y Protagonista [blog]. [Consulta: 22 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/biodigestores>

MINISTERIO DE ENERGÍA DEL GOBIERNO DE CHILE. ¿Qué es un Biodigestor? [blog]. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: https://Autoconsumo.Minenergia.CI/?Page_id=518.

MONTENGERO OROZCO, Karen Tatiana; ROJAS CARPIO, Ana Sofía; CABEZAS ROJAS, Ivan; HERNÁNDEZ PARDO, Mario Andrés. “Potencial do biogás dos residuos agro-industriás gerados no departamento de Cundinamarca”. *Redalyc* [en línea], 2016, (Bucaramanga) 29(2), párr. 6. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2016000200023

NAVARRO ORTIZ, Natalia. Potencial técnico para la producción de biogás, generado a partir de residuos orgánicos producidos en la comuna de independencia [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2017. p. 17. [Consulta: 2022-02-13]. Disponible en: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Navarro%20Natalia.pdf>

NAVARRO SOTO, Rafael. Obtención de biogás a partir de residuos agrícolas y de producción de biodiésel [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de la Laguna, Tenerife, España. 2016. pp. 35-61. [Consulta: 2022-03-13]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2927/OBTENCION+DE+BIOGAS+A+PARTIR+DE+RESIDUOS+AGRICOLAS+Y+DE+PRODUCCION+DE+BIODIESE L.pdf;jsessionid=75BDC1B2832CAEBA847FFEEBDF8017C9?sequence=1>

PARRA HUERTAS, Ricardo Adolfo. “Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria”. *Scielo* [en línea], 2015, (España) 10(2), p. 153. [Consulta:13 enero 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S190904552015000200014&script=sci_abstract&tlng=es

PÉREZ MEDEL, Andrés Javier. Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Chile, Santiago, Chile. 2010. p. 13. [Consulta: 2021-12-13]. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cfperez_jm.pdf?sequence=3&isAllowed=y

PON, Javier. Taller regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo. [blog]. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/eventos/taller-regional-instrumentos-la-implementacion-efectiva-coherente-la-dimension-ambiental-la>

QUINCHÍA JARAMILLO, Yuli Andrea; PÉREZ SERNA, Johana; DORIA HERRERA, María Gloria; SÁNCHEZ ACOSTA, Yesid. “Parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café”. *Agricolae habitat* [en línea], 2019, (Colombia) 2(1), p. 309-344. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN 1988-320X. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/article/view/3521/3439>

ROMERO LOAIZA, Ricardo; MAMANI PARI, Renzo Henry. “Obtención de biogás como fuente de energía renovable a partir de los subproductos del café”. *Dialnet* [en línea], 2013, (Perú) 15(2), p. 251. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN 2306-8582. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5893937>

SÁNCHEZ GARCÍA, Jennyfer Greis; LEÓN WAMPUTSRIK, Eliecer Gonzalino. Diseño y construcción de un biodigestor hindú anaerobio en la finca “los cuencanos” de la parroquia García Moreno [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp. 24- 92. [Consulta: 2021-12-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4863/1/236T0166.pdf>

TUPIZA NOTE, Segundo Julián & VELASQUEZ CONDE, Daniel. Diseño e implementación de un biodigestor para el funcionamiento de un motor térmico [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. p. 26. [Consulta: 2021-12-12]. Disponible en: https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UIDE_96fdb41a37a7b9493aedbbca654a8fa

VARNERO MORENO, María Teresa. *Manual del biogás* [en línea]. Santiago de Chile-Chile: Global environment facility, 2011. [Consulta: 18 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

VEGA MARTÍNEZ, David Julián; SILVA ARIZA, Farid Leandro. Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. 2020. pp. 28-29. [Consulta: 2021-01-21]. Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12005/2020_Tesis_David_Julian_Vega.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO A: FLORA PRESENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN “SACHA WIWA”

		
Café (<i>Geisha</i>)	Guaba (<i>Inga edulis</i>)	Pasto Dalis (<i>Paspalum dilantum</i>)
		
Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	Bijao (<i>Calathea lutea</i>)	Cica (<i>Cyca revoluta</i>)
		
Guanábana (<i>Annona muricata</i>)	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	Mate (<i>Crescentia cujete</i>)

ANEXO B: FAUNA PRESENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN “SACHA WIWA”



Rana toro (*Bufo japonicus*)



Lombriz (*Crassicitellata*)



Caracol gigante africano
(*Achatina Fulica*)



Mariposa (*Hyalophora euryalus*)



Toros (*Nelore*)



Perro (*Cannis spp.*)



Anfibio (*Hiperolius pusillus*)



Barranquero (*Momotus momota*)



Rana de bosque (*Lithobates sylvaticus*)

ANEXO C: FUENTES HÍDRICAS ALEDAÑAS AL PROYECTO



ANEXO D: FOTOGRAFÍA ESPACIAL DEL LUGAR A IMPLEMENTAR EL PROYECTO



ANEXO E: CHANCHERA Y ESTABLO





ANEXO F: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN “SACHA WIWA”.




ANEXO G: REGISTRO DE LA TEMPERATURA EN EL LEVANTAMIENTO DE LA LÍNEA BASE.

REGISTRO DE LA TEMPERATURA EN EL “CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA”

DÍA	FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE °C			CONDICIONES CLIMÁTICAS		
		M	T	N	S	Nu	Li
1	10-02-2022	29	30	29	T	H	N
2	11-02-2022	30	30	29	T	H	N
3	12-02-2022	30	31	30	T	H/N	
4	13-02-2022	29	29	29			H/N
5	14-02-2022	30	29	29		H	H/N
6	15-02-2022	28	29	29			H/N
7	16-02-2022	30	29	29		H	T/H
8	17-02-2022	31	30	30	T	H/N	
9	18-02-2022	31	31	31	T	H/N	
10	19-02-2022	30	29	29	T	H/N	
TOTAL		296	297	294			
PROMEDIO		29.6	29.7	29.4			
PROMEDIO DIARIO °C		29.63					
M= Mañana		T= Tarde		N= Noche			
S= Soleado		Nu= Nublado		Li= Lluvia			

ANEXO H: RESULTADO DE LABORATORIO, MUESTRAS DE ESTIÉRCOL PRE-TRATAMIENTO.

 <p>LABSU LABORATORIO AMBIENTAL Suelos, Agua, Alimentos, Emisiones, Ruido</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Frm P. de Villarequimado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labasu.com.ec Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Teléfono: (593) 06- 2881105</p>	<p>Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 07-003</p>	
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 145.186</p>		
	<p>SPS: 22 - 0 004</p>		<p>Análisis de Alamo</p>

Coca, 7 de mayo de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Srta. Lissett Arellano.
 Dirección: Riobamba.
 Fecha hora de toma de muestra: 2 022 04 14 15:00. Responsable: Srta. Lissett Arellano /
 Identificación de la muestra: Estiércol Porcino, Centro de Investigación Sacha WITVA. Srta. Edith Choloquiña

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 022 04 15 12:00.
 Fecha del análisis: 2 022 04 15 a 2 022 05 06.
 Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C T. Min: 21,5°C
 Código de LabSu: b 2 914

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Item	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado/ PEE - LABSU	Unidad	Código b 2 914	
1	*Potencial hidrógeno	Ion selectivo/ PEE-LABSU-12	~	7,57	
2	*Sólidos totales	SM 2540 B/ PEE-LABSU-49	%	13,38	
3	*Sólidos totales volátiles	SM 2540 B/ PEE-LABSU-49	%	13,86	
4	*Materia Orgánica	Gravimétrico/ PEE-LABSU-67	%	9,68	
5	*Carbono Orgánico Total	EPA9060/ PEE-LABSU-66	%	5,62	
6	*Nitrógeno Total	KJELDAHL, EPA832/ PEE-LABSU-71	%	0,48	
7	*Fósforo disponible	Baker Topsoil Soil Method/ PEE-LABSU-73	mg/Kg	503,70	
8	*Cationes intercambiables	Ca	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/30	mg/Kg	2052,25
9		Mg	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/31	mg/Kg	789,07
10		K	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/35	mg/Kg	598,94
11		Na	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/32	mg/Kg	289,59
12	*Microelementos	Cu	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/26	mg/Kg	11,18
13		Fe	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/27	mg/Kg	1414,51
14		Mn	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/28	mg/Kg	82,70
15		Zn	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/29	mg/Kg	37,24
16	*Recuento de microorganismos	Method in applied soil microbiology / PEE-LABSU-82	ufc/g	1,0x10 ¹²	





VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO
Fray P. de Villanquemado S/N y Av. Labaka
E-mail: laboratorio@labu.com.ec
Coca, Provincia de Orellana - Ecuador
Telefax: (593)06- 2881105

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE
con acreditación N°
SAE LEN 07-003

INFORME DE ENSAYO N°: 145.186

SPS: 22 - 0 004

Análisis de Abono

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado/ PEE - LABSU	Unidad	Código b 2 914
17	*Humedad	Gravimetría/ PEE-LABSU-3R	%	79,34
18	*Coliformes totales	AOAC 991.14/ PEE-LABSU-7R/44	ufc/g	3,0x10 ⁸
19	*Coliformes fecales	AOAC 991.14 / PEE-LABSU-7R/45	ufc/g	2,0x10 ⁸

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

3.- RESPONSABLES DEL INFORME:

Ing. Gilberto López Pérez
DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZACIÓN



Ing. Michell Herrera Veloz
RESPONSABLE DE CALIDAD
REVISIÓN



LABSU
LABORATORIO AMBIENTAL
Suelos, Agua, Alimentos, Emisiones, Ruido

VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO

Fray P. de Villaspumado S/N y Av. Talsaka
E-mail: laboratorio@labsu.com.ec
Coca, Provincia de Orellana - Ecuador
Teléfono: (593)06- 2881105

**Laboratorio de
ensayo acreditado
por el SAE con
acreditación N° SAE
LEN 07-003**

INFORME DE ENSAYO N°: 145.187

SPS: 22 - 0 004

Análisis de Abono

Coca, 7 de mayo de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Seta Lissett Arellano.
Dirección: Riobamba
Fecha hora de toma de muestra: 2 022 04 14 15:20. Responsable: Seta Lissett Arellano /
Identificación de la muestra: Estércol Vacuno, Centro de Investigación Sacha WITVA Seta. Edith Choloquiña

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha hora ingreso al Laboratorio: 2 022 04 15 12:00.
Fecha del análisis: 2 022 04 15 a 2 022 05 06.
Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C
Código de LabSu: b 2 915

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado/ PEE - LABSU	Unidad	Código b 2 915	
1	*Potencial hidrógeno	Ion selectivo/ PEE-LABSU-12	~	7,17	
2	*Sólidos totales	SM 2540 B/ PEE-LABSU-49	%	21,52	
3	*Sólidos totales volátiles	SM 2540 B/ PEE-LABSU-49	%	20,66	
4	*Materia Orgánica	Gravimétrico/ PEE-LABSU-67	%	27,21	
5	*Carbono Orgánico Total	EPA9060/ PEE-LABSU-66	%	15,78	
6	*Nitrógeno Total	KJELDAHL, EPA812/ PEE-LABSU-71	%	1,36	
7	*Fósforo disponible	Bodley Tropical Soil Method/ PEE-LABSU-73	mg/Kg	334,80	
8	*Cationes intercambiables	Ca	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/30	mg/Kg	1903,50
9		Mg	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/31	mg/Kg	683,48
10		K	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/33	mg/Kg	5006,77
11		Na	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/32	mg/Kg	342,02
12	*Microelementos	Cu	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/26	mg/Kg	5,04
13		Fe	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/27	mg/Kg	52,77
14		Mn	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/28	mg/Kg	61,07
15		Zn	SM 3030E, 3030B, 3111B/ PEE-LABSU-06/29	mg/Kg	11,14
16	*Recuento de microorganismos	Methods in applied soil microbiology / PEE-LABSU-82	ufc/g	2,3x10 ⁻⁷	





LABORATORIO AMBIENTAL
Suelos, Aguas, Alimentos, Emisiones, Ruido

VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO

Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka
E-mail: laboratorio@labsu.com.ec
Coca, Provincia de Orellana - Ecuador
Teléfono: (593)06- 2881105

**Laboratorio de
ensayo acreditado
por el SAE con
acreditación N° SAE
LEN 07-003**

INFORME DE ENSAYO N°: 145.187

SPS: 22 - 0 004

Análisis de Abono

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado/ PEE - LABSU	Unidad	Código b 2 915
17	*Humedad	Gravimetría/ PEE-LABSU-38	%	86,18
18	*Coliformes totales	AOAC 991.14/ PEE-LABSU-78/44	ufc/g	3,0x10 ⁶
19	*Coliformes fecales	AOAC 991.14 / PEE-LABSU-78/43	ufc/g	2,0x10 ⁶

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

3.- RESPONSABLES DEL INFORME:


Ing. Gilberto Espino Pérez
DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZACIÓN




Ing. Michel Llerena Veloz
RESPONSABLE DE CALIDAD
REVISIÓN

MC2201-06

Notas: El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Página 2 de 2

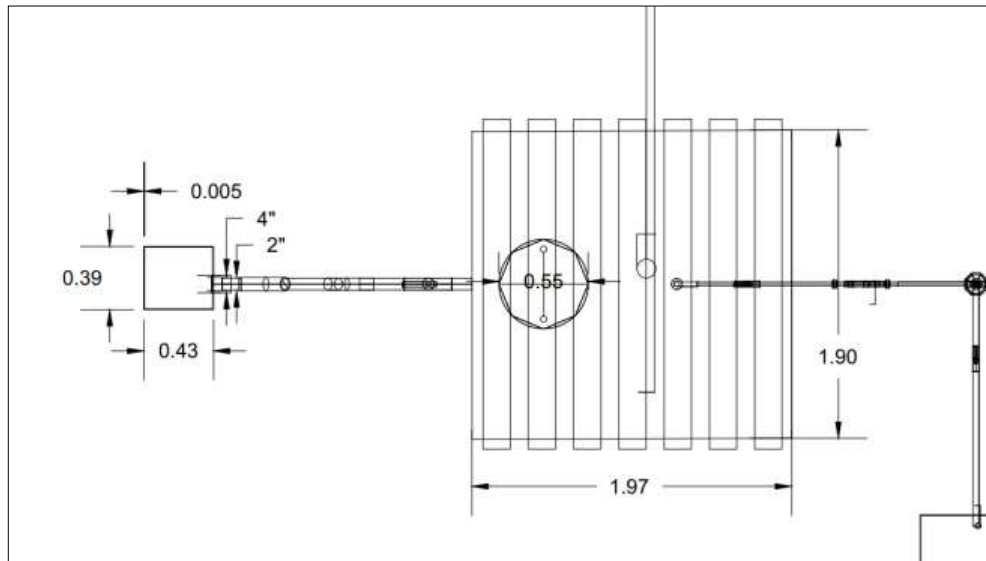
MC2201-06

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

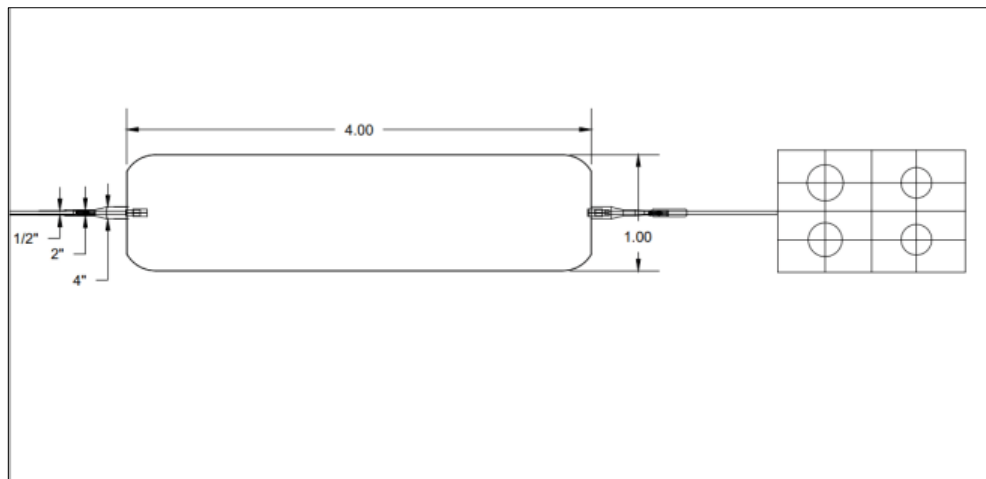
Página 1 de 2

ANEXO I: DISEÑOS DE AUTOCAD

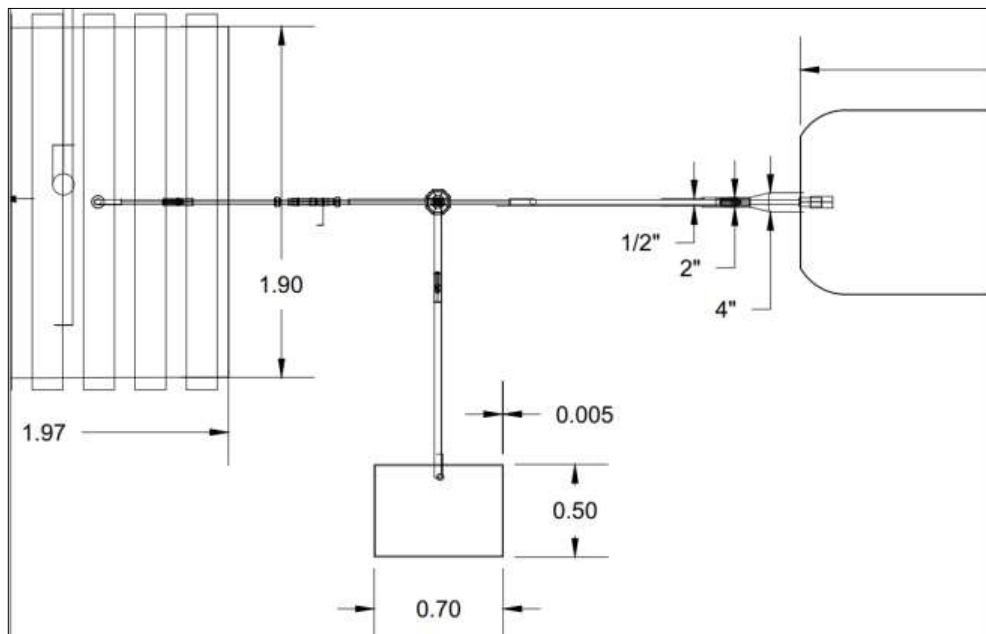
Sistema 1: Ingreso de premezcla y tanque de biodigestión.



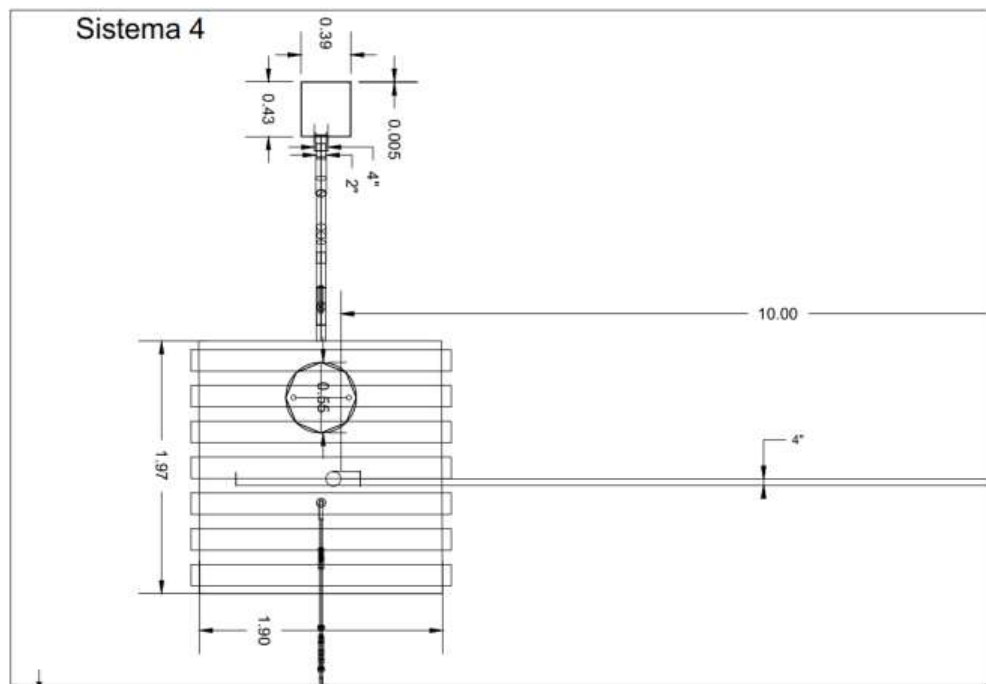
Sistema 2: Sistema de almacenamiento de biogás y conexión a la cocina.



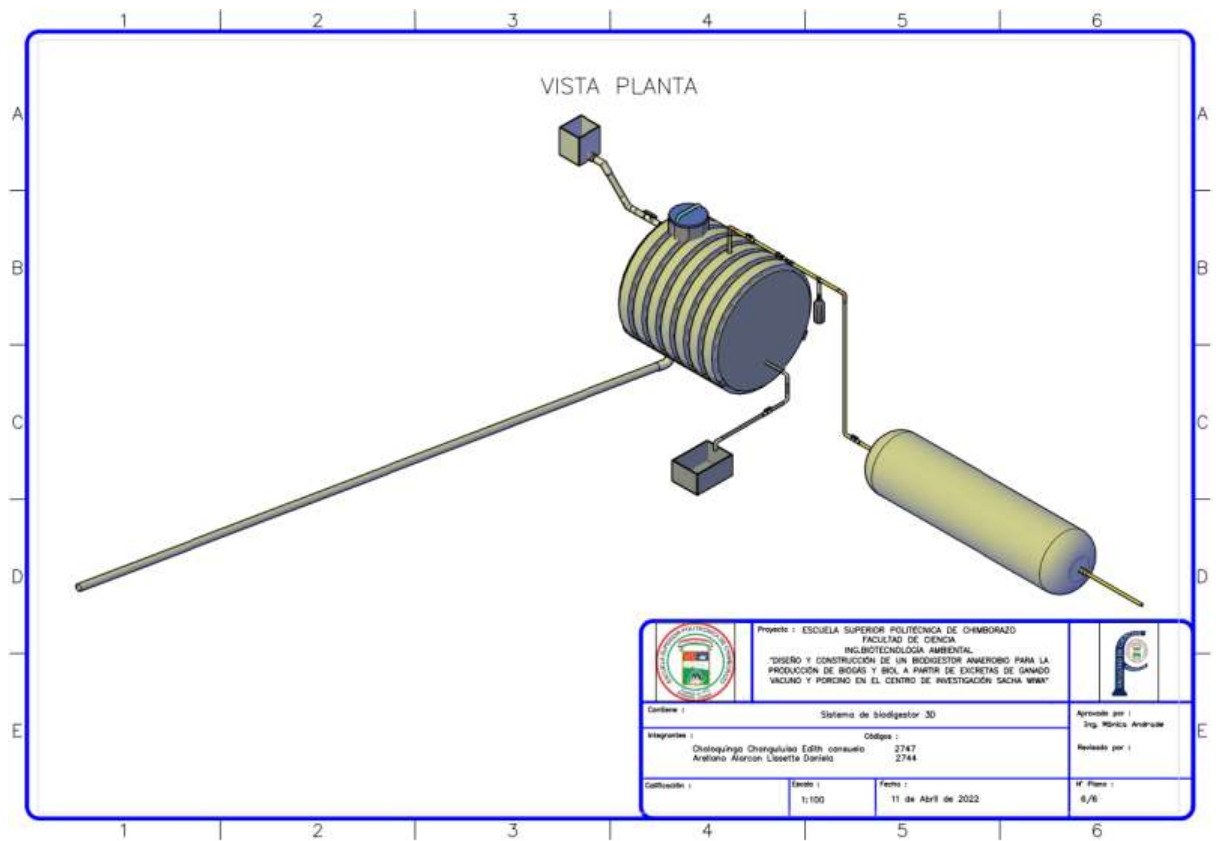
Sistema 3: Sistema de filtro de ácido sulfhídrico y sistema de recolección de biol



Sistema 4: Sistema de salida de sedimento.



Plano en 3D del biodigestor



ANEXO J: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL BIODIGESTOR.



Selección del área de construcción

Marcación del lugar a excavar



Construcción de la plancha de cemento



Instalación de tubería de salida de sólidos



Construcción de la estructura metálica



Construcción de la pared



Colocación de la espumaflex



Adquisición del Biotanque Plastigama



Conexión del ingreso de la materia prima



Trampa de agua



Filtro de ácido Sulphídrico



Válvula de salida del biol



Excavación de la caja de salida de biol



Construcción del gasómetro



ANEXO K: RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA



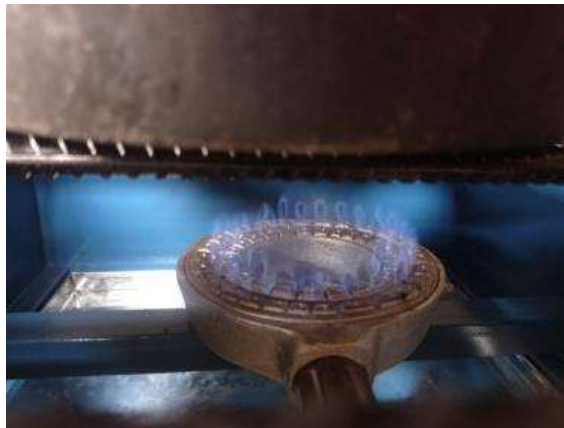
ANEXO L: PREPARACIÓN DE PREMEZCLA Y CARGA DEL BIODIGESTOR



ANEXO M: HOMOGENIZACIÓN DEL ENVASE PARA RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA DE BIOL POST-TRATAMIENTO.



ANEXO N: QUEMA DEL BIOGÁS



ANEXO O: MEDICIÓN DE TEMPERATURA INTERNA DEL BIODIGESTOR Y AMBIENTE.



ANEXO P: REGISTRO DE LA PRESIÓN EN EL BIODIGESTOR.

REGISTRO DE PRESIÓN EN EL BIODIGESTOR		
DIA	FECHA	PRESIÓN
1	10/06/2022	1
2	15/06/2022	1
3	20/06/2022	3
4	25/06/2022	5
5	30/06/2022	8

ANEXO Q: TEMPERATURA AMBIENTE EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.

REGISTRO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE EN EL "CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA" (FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR)


DÍA	FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE °C			PROMEDIO (DÍA)	CONDICIONES CLIMATICAS		
		M	T	N		S	Nu	LJ
1	24/05/2022	28	28	27	27,7		H	H/N
2	25/05/2022	29	30	30	29,7	T	H/N	
3	26/05/2022	30	32	30	30,7	T	H/N	
4	27/05/2022	30	31	30	30,3	T	N	H
5	28/05/2022	29	29	28	28,7		H/N	N
6	29/05/2022	31	32	30	31		H	T/N
7	30/05/2022	28	30	30	29,3	T	N	H
8	31/05/2022	28	30	29	29	T		H/N
9	01/06/2022	27	30	28	28	T		H/N
10	02/06/2022	29	32	30	29,7	T	H/N	
11	03/06/2022	31	32	30	31	T	H/N	
12	04/06/2022	29	31	30	30	T	N	H
13	05/06/2022	30	30	28	29,3	T	H	N
14	06/06/2022	30	31	29	30	T	H	N
15	07/06/2022	29	29	28	28,7		T	H/N
16	08/06/2022	31	30	31	30,7	T	H/N	
17	09/06/2022	31	32	30	31	T	H/N	
18	10/06/2022	30	32	29	30,3	T	H	N
19	11/06/2022	30	31	30	30,3	T	H/N	
20	12/06/2022	28	32	31	30,3	T	N	H/T
21	13/06/2022	29	32	30	30,3		N	H/T
22	14/06/2022	31	33	31	31,7	T	H/N	
23	15/06/2022	31	32	30	31,30	T	H/N	
24	16/06/2022	30	30	28	29,30	T	H	N
25	17/06/2022	29	30	29	29,3	T	H	T/N
26	18/06/2022	27	29	30	28,7			H/T
27	19/06/2022	27	29	28	28		N	H/T
28	20/06/2022	29	30	30	29,7		N	H/T
29	21/06/2022	31	33	30	31,3	T	N	H/T
30	22/06/2022	31	30	29	30	T	H	N
31	23/06/2022	30	29	27	28,7	T	H	N/N
32	24/06/2022	30	29	28	30,2		H	T/N
33	25/06/2022	32	30	30	30,7	T	H	N
34	26/06/2022	30	32	30	30,7	T	H/N	
35	27/06/2022	31	32	29	30,7	T	H/N	
36	28/06/2022	30	33	30	31	T	H/N	
37	29/06/2022	29	32	29	30	T	H/N	
38	30/06/2022	29	32	30	30,3	T	H/N	
39	01/07/2022	30	31	30	30,3	T	H/N	
40	02/07/2022	31	33	29	31	T	H	N
TOTAL		1185	1232	1126				N
PROMEDIO		29,6	30,8	29,4				
PROMEDIO DIARIO °C								
M= Mañana		T= Tarde		N= Noche				
S= Soleado		Nu= Nublado		LJ= Lluvia				

ANEXO R: TEMPERATURA DENTRO DEL BIODIGESTOR EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR.

REGISTRO DE LA TEMPERATURA DENTRO DEL BIODIGESTOR EN EL "CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA" (FUNCIONAMIENTO DEL BIODIGESTOR)

DÍA	FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE °C			PROMEDIO (DÍA)	CONDICIONES CLIMÁTICAS		
		M	T	N		S	Un	Ll
1	24/05/2022	24	29	27	26,3		M	M/N
2	25/05/2022	30	34	31	30,7	T	M/N	
3	26/05/2022	33	35	34	33	T	M/N	
4	27/05/2022	32	34	30	31,7	T	N	M
5	28/05/2022	34	31	30	30,7		M/T	N
6	29/05/2022	31	33	33	32,3		M	T/N
7	30/05/2022	34	32	32	31,7	T	N	M
8	31/05/2022	32	32	31	31,7	T		M/N
9	01/06/2022	31	31	34	32	T		M/N
10	02/06/2022	33	34	34	33,7	T	M/N	
11	03/06/2022	36	38	36	36,7	T	M/N	
12	04/06/2022	36	38	39	39,7	T	N	M
13	05/06/2022	38	39	37	38	T	M	N
14	06/06/2022	39	40	38	39	T	M	N
15	07/06/2022	40	39	39	39,3		T	M/N
16	08/06/2022	34	35	34	34,3	T	M/N	
17	09/06/2022	33	33	34	34,3	T	M/N	
18	10/06/2022	34	35	34	34,3	T	M	N
19	11/06/2022	35	35	38	36	T	M/N	
20	12/06/2022	33	36	35	34,7	T	N	M/T
21	13/06/2022	32	36	35	34,3		N	M/T
22	14/06/2022	34	37	38	36,7	T	M/N	
23	15/06/2022	38	37	39	38	T	M/N	
24	16/06/2022	39	39	40	39,3	T	M	N
25	17/06/2022	39	40	40	39,7	T	M	T/N
26	18/06/2022	35	32	39	37,7			M/T
27	19/06/2022	36	36	40	37,3		N	M/T
28	20/06/2022	33	38	41	38,7		N	M/T
29	21/06/2022	38	37	39	38	T	N	M
30	22/06/2022	35	37	39	37	T	M	N
31	23/06/2022	30	30	35	31,7	T	M	N
32	24/06/2022	35	35	35	34,3		M	T/N
33	25/06/2022	39	35	40	38	T	M	N
34	26/06/2022	36	39	39	38	T	M/N	
35	27/06/2022	38	37	39	38	T	M/N	
36	28/06/2022	39	39	41	39,7	T	M/N	
37	29/06/2022	36	39	40	38,3	T	M/N	
38	30/06/2022	37	40	42	39,7	T	M/N	
39	01/07/2022	41	43	41	41,7	T	M/N	
40	02/07/2022	41	39	42	40	T	N	N
TOTAL		1406	1437	1456				
PROMEDIO		35,15	35,9	36,4				
PROMEDIO DIARIO °C		35,8						
M= Mañana		T= Tarde		N= Noche				
S= Soleado		Nu= Nublado		Ll= Lluvia				

ANEXO S: RESULTADOS DE LABORATORIO, MUESTRA DE BIOL.

	ANÁLISIS DE AGUA	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 07-003
	Informe de Ensayo	
	N°: 146 316	

Coca, 22 de julio de 2022

1.- INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Solicitado por: Srta. Lissett Arellano

Dirección: Riobamba

Fecha de toma de muestra: 2 022/07/04 Hora: 10:00

Responsable: Srta. Lissett Arellano

Identificación de la muestra: Biol. Centro de investigación SACHA WTWA

2.- INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha ingreso al Laboratorio 2 022/07/05 Hora: 18:00

Condiciones Ambientales de Análisis: T. Máx: 26.5°C

Fecha del análisis: 2 022/07/05 a 2 022/07/21

T. Mín: 21.5°C

Código de LabSu: a 25 168 SPS: 22-0 166

2.1.- PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA:

Ítem	Análisis solicitados	Método de Referencia Normalizado/ PEE - LABSU	Unidad	Código a 25 168	Incertidumbre (%)
1	Potencial hidrógeno	SM 4500-H ⁺ B/ PEE-LABSU-02	~	7.72	= 0.05
2	Fosforo	HACH 8029/ PEE-LABSU-19	mg/L	132.43	± 13%
3	*Materia organica	Gravimetrico/ PEE-LABSU-68	%	0.16	~
4	*Nitrogeno total	HACH 10071/ PEE-LABSU-71	%	0.96	~
5	*Solidos totales volátiles	SM 2540 D/ PEE-LABSU-56	%	0.83	~
6	*Solidos totales	SM 2540 B/ PEE-LABSU-49	%	0.94	~
7	*Potasio	SM 3030 B, 3111 B/ PEE-LABSU-32	mg/L	756.29	~
8	*Coliformes totales	SM 9222 B/ PEE-LABSU-44	ufc/mL	1.8x10 ⁵	~
9	*Coliformes fecales	SM 9222 D/ PEE-LABSU-43	ufc/mL	8.0x10 ⁴	~

2.2.- COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

2.2.1.- COMENTARIOS

- › (2) La incertidumbre declarada se basa en la incertidumbre expandida; multiplicada por un factor de cobertura k=2, que garantiza un nivel de confianza aproximada del 95%.
- › El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
- › El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo conforme lo solicitado por el cliente.
- › Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- › Valores reportados como < 2 ufc/100 ml significa que no se observa colonias.

3.- RESPONSABLE DEL INFORME:



 VIVIANA
 PATRICIA LARA
 VILLEGAS
 Ing. Viviana Lara Villegas
**DIRECCIÓN GENERAL
 AUTORIZADO**

ANEXO T: ACTA DE VALIDACIÓN DEL PROYECTO.

Latacunga, 25 de agosto 2022

ACTA DE VALIDACIÓN DEL PROYECTO

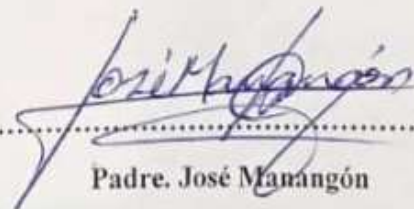
En el cantón de La Maná, parroquia Guasaganda, el día 25 de Julio de 2022 a las 10:00 am en presencia del Padre José Manangón director del Centro de Investigación y Desarrollo SACHA WIWA, Edith Consuelo Choloquina Changoluisa con C.I. 050428808-5 y Lissette Daniela Arellano Alarcón con C.I 060573961-4, tesistas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se procedió a realizar la validación del proyecto:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR ANAEROBIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO Y PORCINO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN SACHA WIWA.

Se realizó la prueba de la flama, encendiendo la cocina industrial presente en el centro, con el biogás generado en el biodigestor de Polietileno y almacenado en el gasómetro de plástico, presentando una llama alta de color azul con un borde pequeño anaranjado dando a conocer de esta manera que se produce biogás eficiente y de buena calidad, ya que existe una buena combustión.

También se procede a la entrega los resultados de análisis del biol generado por biodigestor, mismo que fue analizado en el laboratorio LABSU, dándome valores adecuados para poder ser utilizado como fertilizante.

Finalizada la entrega se efectuó la aclaración de todas las dudas generadas, para finalmente **APROBAR** el proyecto.



Padre. José Manangón

Director del centro de investigación SACHA WIWA

