



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO PORCINO
EN LA CHANCHERA “NAÚL VÉLEZ” DEL RECINTO TIMBRE,
PARROQUIA SAN MATEO, CANTÓN Y PROVINCIA DE
ESMERALDAS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MAOLY GIRABEL VALENCIA PERLAZA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIOGÁS A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO PORCINO
EN LA CHANCHERA “NAÚL VÉLEZ” DEL RECINTO TIMBRE,
PARROQUIA SAN MATEO, CANTÓN Y PROVINCIA DE
ESMERALDAS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MAOLY GIRABEL VALENCIA PERLAZA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2022, Maoly Girabel Valencia Perlaza

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

Yo, MAOLY GIRABEL VALENCIA PERLAZA, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo 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, 09 de enero de 2023



Maoly Girabel Valencia Perlaza

C.I. 090367843-2

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Investigación: **DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A, PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO PORCINO EN LA CHANCHERA “NAÚL VÉLEZ” DEL RECINTO TIMBRE, PARROQUIA SAN MATEO, CANTÓN Y PROVINCIA DE ESMERALDAS**, realizado por el señorita egresada **MAOLY GIRABEL VALENCIA PERLAZA**, 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. María Soledad Nuñez Moreno, MSc. PRESIDENTA DEL TRIBUNAL		2023-01-09
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-01-09
Dra. Lourdes Janneth Jara Samaniego, PhD. ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-01-09

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios por darme la oportunidad de vivir para cumplir todo lo que me propongo. A mi madre Kirvy Perlaza, por ser el pilar fundamental y por demostrarme todo su amor y apoyo a cambio de nada, por todas sus oraciones de rodilla ante Dios cada madrugada para que todo esto sea posible.

A mi padre Gilberto Valencia (+), quién fue un ejemplo de lucha constante, educación, sabiduría y humildad, pese a nuestra distancia física, puedo estar segura de que siempre está conmigo y aunque nos faltaron muchas aventuras por vivir, sé que en esta etapa de mi vida es el ángel más feliz.

A mi abuelo Saúl Perlaza quién me dio su refugio de padre cuando sentía que se me caía el mundo, por convertirse en mi fuente de inspiración con todo su cariño, humildad y consejos de vida, mismos que reafirmaron mi mente y mi corazón, aunque ya no esté aquí tengo la certeza de que siempre estará orgulloso.

A mis hermanos Elián y Johnny, que con su presencia, respaldo y cariño me impulsan a salir en adelante.

Maoly

AGRADECIMIENTO

Eternamente agradecida con Dios, quién puso en mí un espíritu de esfuerzo, dedicación y perseverancia para cumplir el sueño tan anhelado de terminar mi carrera universitaria pese a los problemas presentados durante el camino.

Agradecida con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias y en especial a la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental y su cuerpo docente por abrirme sus puertas y formarme como una profesional.

Al ingeniero Hannibal Brito por aportarme sus conocimientos y guiarme para lograr culminar mi tesis con éxito.

Al señor Naúl Vélez por darme la oportunidad de realizar estudios en su empresa y aportar con una solución al problema que radica en ella, por su apoyo y paciencia que han sido fundamental para que este proyecto sea posible.

A mi novio por ser el apoyo incondicional, que, con su amor y respaldo, me ayudó a alcanzar este objetivo aún en los momentos más difíciles.

A mi familia y amigos por darme su aliento día a día y creer en mí, más aún cuando siento que no puedo.

Maoly

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Bases Teórica	6
1.1.1. <i>Estiércol</i>	6
1.1.1.1. <i>Composición química del estiércol</i>	6
1.1.1.2. <i>Ventajas y desventajas</i>.....	7
1.1.2. <i>Biogás</i>.....	8
1.1.2.1. <i>Composición del biogás</i>	8
1.1.3. <i>Digestión anaerobia</i>.....	9
1.1.3.1. <i>Descripción del proceso de digestión anaerobia</i>	9
1.1.3.2. <i>Etapas de la digestión anaerobia</i>.....	9
1.1.3.3. <i>Etapa hidrolítica</i>.....	9
1.1.3.4. <i>Etapa hcidogénica</i>.....	10
1.1.3.5. <i>Etapa hcetogénica</i>	10
1.1.3.6. <i>Etapa hetanogénica</i>.....	10
1.1.4. <i>Factores que influyen en el proceso metanogénico (producción de biogás)</i>	11
1.1.4.1. <i>Niveles de sólidos totales</i>	12
1.1.4.2. <i>Temperatura</i>	12
1.1.4.3. <i>Relación carbono/nitrógeno (C/N) de las materias primas</i>	13
1.1.4.4. <i>Tiempo de retención (TR)</i>.....	13
1.1.4.5. <i>Nutrientes</i>	14
1.1.4.6. <i>Rangos de pH</i>	14
1.1.4.7. <i>Tóxicos e inhibidores de la metalogénesis</i>	14
1.1.5. <i>Biodigestores</i>.....	14
1.1.6. <i>Tipos de Biodigestores</i>.....	15
1.1.6.1. <i>Chino (Domo Fijo)</i>.....	15

1.1.6.2.	<i>Tipo Hindú o de campana flotante</i>	15
1.1.6.3.	<i>Tipo tubular (Bolsa Flexible)</i>	16
1.1.6.4.	<i>Tipo de polietileno</i>	17
1.2.	Base Legal	18
1.2.1.	<i>Ley de la República del Ecuador</i>	18
1.2.2.	<i>Ley de Gestión Ambiental</i>	19
1.2.3.	<i>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua</i>	19
1.2.4.	<i>Estrategia Nacional de la Calidad del Agua (ENCA)</i>	19
1.2.5.	<i>Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental</i>	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLOGÍCO	21
2.1.	Lugar del estudio	21
2.2.	Esquema de la metodología	22
2.2.1.	<i>Plan de muestreo de las excretas</i>	22
2.2.1.1.	<i>Cuantificación y distribución del ganado porcino en la chanchera</i>	22
2.2.1.2.	<i>Cuantificación de las excretas diarias producidas en la Chanchera</i>	23
2.2.2.	<i>Muestreo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las excretas</i>	25
2.2.3.	<i>Determinación de los parámetros óptimos para establecer los criterios del dimensionamiento y diseño del biodigestor</i>	26
2.2.3.1.	<i>Selección del modelo del biodigestor</i>	26
2.2.3.2.	<i>Construcción del prototipo</i>	29
2.2.3.3.	<i>Determinación densidad de las excretas</i>	30
2.2.3.4.	<i>Preparación del sustrato</i>	31
2.2.3.5.	<i>Determinación de la temperatura</i>	31
2.2.3.6.	<i>Determinación del volumen de biogás</i>	32
2.2.3.7.	<i>Prueba de llama</i>	33

CAPÍTULO III

3.	CÁLCULOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
3.1.	Cálculo de resultados	35
3.1.1.	<i>Cálculo de la determinación de las excretas disponibles</i>	35
3.1.2.	<i>Determinación de la composición de las excretas</i>	36
3.1.3.	<i>Dimensionamiento del biodigestor</i>	36

3.1.3.1.	<i>Cálculo experimental</i>	36
3.1.3.2.	<i>Cálculo y diseño del biodigestor proyectado</i>	38
3.1.3.3.	<i>Volumen disponible de excretas</i>	39
3.1.3.4.	<i>Volumen de biogás</i>	40
3.1.3.5.	<i>Volumen del líquido (excreta-agua)</i>	40
3.1.3.6.	<i>Volumen total del biodigestor</i>	41
3.1.3.7.	<i>Cálculo del tanque del biodigestor</i>	42
3.1.4.	<i>Resumen de resultados del prototipo y dimensionamiento el biodigestor proyectado para la chanchera</i>	42
3.2.	Análisis y discusión de resultados	43
3.2.1.	<i>Resultados del monitoreo del prototipo</i>	43
3.2.1.1.	<i>Monitoreo de la temperatura</i>	43
3.2.2.	<i>Discusión de resultados</i>	47
3.2.2.1.	<i>Cuantificación de excretas</i>	47
3.2.2.2.	<i>Análisis de excreta</i>	48
3.2.2.3.	<i>Determinación de los parámetros óptimos mediante el prototipo</i>	48
3.2.2.4.	<i>Dimensionamiento y diseño del biodigestor</i>	49
3.3.	Propuesta del diseño	50
3.3.1.	<i>Costo del trabajo</i>	53
CONCLUSIONES		55
RECOMENDACIONES		56
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición química de estiércoles	6
Tabla 2-1:	Producción de energía calórica y eléctrica	8
Tabla 3-1:	Composición química del biogás.....	9
Tabla 4-1:	Porcentajes de sólidos totales en materia fresca	12
Tabla 5-1:	Temperaturas	13
Tabla 1-2:	Localización geográfica del proyecto.....	21
Tabla 2-2:	Descripción de Porcinos	23
Tabla 3-2:	Composición de la muestra.....	26
Tabla 5-2:	Matriz de decisión.....	28
Tabla 1-3:	Determinación diaria de excretas.....	35
Tabla 2-3:	Resultado del análisis físico, químico, microbiológico de las excretas.....	36
Tabla 3-3:	Datos útiles para la generación de biogás.....	40
Tabla 4-3:	Resumen del prototipo.....	42
Tabla 5-3:	Resumen del dimensionamiento del biodigestor general	43
Tabla 6-3:	Monitoreo de la temperatura.....	43
Tabla 7-3:	Monitoreo de la producción de biogás.....	45
Tabla 8-3:	Materiales y accesorios del Biodigestor	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Etapas de la Digestión Anaerobia	11
Ilustración 2-1:	Biodigestor tipo chino domo fijo	15
Ilustración 3-1:	Biodigestor tipo Campana Flotante	16
Ilustración 4-1:	Biodigestor tipo tubular	17
Ilustración 5-1:	Biodigestor de polietileno	18
Ilustración 1-2:	Localización del estudio	21
Ilustración 2-2:	Metodología para desarrollar el estudio.....	22
Ilustración 3-2:	Ubicación de los cerdos	23
Ilustración 4-2:	Cuantificación de las excretas.....	24
Ilustración 5-2:	Muestreo de las excretas	25
Ilustración 6-2:	Construcción del prototipo.....	30
Ilustración 7-2:	Densidad las excretas.....	30
Ilustración 8-2:	Preparación de sustrato	31
Ilustración 9-2:	Prueba de la probeta.....	33
Ilustración 10-2:	Prueba de la llama.....	34
Ilustración 1-3:	Análisis de la temperatura.....	45
Ilustración 2-3:	Análisis de la producción de biogás.....	47
Ilustración 3-3:	Tanque de polietileno de 1100 L	51
Ilustración 4-3:	Sistema de biodigestores de polietileno.....	51
Ilustración 5-3:	Escalera para la carga.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BIODIGESTORES
- ANEXO B:** LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN
- ANEXO C:** GENERACIÓN DIARIA DE ESTIÉRCOL
- ANEXO D:** RESULTADO DE ANÁLISIS DE EXCRETAS EN EL LABORATORIO
- ANEXO E:** TANQUE CILÍNDRICO DE PLASTIGAMA
- ANEXO F:** TANQUE CÓNICO DE PLASTIGAMA
- ANEXO G:** DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE BIODIGESTOR
- ANEXO H:** VISTA FRONTAL DEL BIODIGESTOR
- ANEXO I:** VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR
- ANEXO J:** VISTA FRONTAL DEL SISTEMA COMPLETO
- ANEXO K:** VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA COMPLETO
- ANEXO L:** DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE MEZCLADO

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo realizar el diseño de un biodigestor para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado porcino, en la chanchera Naúl Vélez del recinto Timbre, parroquia San Mateo, provincia y cantón de Esmeraldas. Se cuantificó las excretas durante 14 días y mediante un muestreo compuesto se tomó una muestra, se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos. Se determinó los parámetros óptimos mediante un prototipo de polietileno con capacidad de 20 L, se realizó el monitoreo de temperatura y producción de biogás por el método de la prueba de flama y la probeta, finalmente se realizó el cálculo para el diseño. Se obtuvo que de 26 porcinos se generan 34,97 Kg/día de excretas, estas presentaron un 74,4% de materia orgánica; 42,49% de carbono orgánico; 1,30% de nitrógeno total; 69,61% de humedad; 30,39% de sólidos totales; $8,24 \times 10^9$ de coliformes totales, 31,69% de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N). Los parámetros óptimos fueron: relación excretas-agua 1:2, tiempo de retención de 40 días, temperatura de 27,5°C. El cálculo del biodigestor tuvo un factor de seguridad del 5%, una carga de 104,91 L por 8 días, volumen total de 1090,57L, altura de 1,395 m y 1 m de diámetro, datos ajustados a tanques de polietileno existentes, el diseño constó de 5 tanques de plastigama de 1100 L acondicionados con válvulas, tubería de carga, descarga y salida del biogás, filtro de agua y de hierro, manómetros y termómetros. En conclusión se estableció que a través del diseño de un biodigestor se minimizan los impactos ambientales producidos por las excretas generadas en la chanchera. Se recomienda al propietario ejecutar el proyecto a fin de lograr aprovechar dichos residuos convirtiéndolos en productos aprovechables para satisfacer sus necesidades como el caso del biogás para la cocción de los alimentos.

Palabras claves: <DISEÑO DE BIODIGESTOR>, <EXCRETAS>, <PRODUCCIÓN DE BIOGÁS>, <POLIETILENO>, <PARAMETROS ÓPTIMOS>.



0131-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The aim of this project was to design a biodigester for the production of biogas from swine excrement generated by Naúl Vélez piggery located in the Timbre rural area, San Mateo parish, Esmeraldas county and province. The excreta were quantified for 14 days and a composite sample was taken; in addition, physical, chemical and microbiological analyses were carried out. Optimal parameters were determined by means of a 20-liter polyethylene prototype. Temperature and biogas production were monitored through the flame test method and the test tube. Finally, the calculation for the design was carried out. It was evidenced that 26 pigs generate 34.97 kg of excreta a day, which presented 74.4% of organic matter; 42.49% of organic carbon; 1.30% of total nitrogen; 69.61% of humidity; 30.39% of total solids; 8.24×10^9 of total coliforms, 31.69% of Carbon/Nitrogen ratio (C/N). The optimal parameters were: excreta-water ratio 1:2, a retention time of 40 days, a temperature of 27.5°C. The biodigester calculation presented a safety factor of 5%, a load of 104.91L for 8 days, total volume of 1090.57 L, height of 1.395 m and 1 m in diameter, data adjusted to existing polyethylene tanks, the design consisted of 5 plastic tanks with a capacity of 1100L, which were equipped with valves, inlet, outlet and biogas piping, water and iron filters, pressure gauges and thermometers. In conclusion, it was established that the design of a biodigester minimizes the environmental impacts produced by the excrement generated in the piggery. It is recommended for the owner to implement the project in order to take advantage of such waste by converting it into usable products to meet their needs as in the case of biogas for cooking food.

Keywords: <BIODIGESTOR DESIGN>, <EXCRETA>, <BIOGAS PRODUCTION>, <POLYETHYLENE>, <OPTIMAL PARAMETERS>.



Lic. Paul Rolando Armas Pesántez, Mgs.

0603289877

INTRODUCCIÓN

La degradación del ambiente es el resultado de las actividades productivas para el rápido desarrollo económico e industrial, unas de las actividades mayores demandadas en la actualidad es la producción masiva de energías no convencionales encaminadas principalmente para el funcionamiento de maquinarias, producción de energías eléctrica y calórica, el uso de dichas energías obtenidas mediante los combustibles fósiles deja como consecuencia la contaminación atmosférica ya que se desprende una gran cantidad de gases de efectos invernaderos.

La actividad ganadera es otro de los factores que degrada el ambiente pues a medida que aumenta la población se ve la necesidad de que aumente la producción de alimentos cárnicos, mismos que para ser aptos para el consumo desencadenan una serie de procesos que van desde el crecimiento del animal hasta el faenamiento, permitiendo la generación de grandes cantidades de desechos como restos de alimentos, residuos de medicamentos, excretas, sangre, entre otros.

En la actualidad, Ecuador cuenta con una población porcina de 1.115.473 cerdos, el mayor porcentaje de estos sistemas productivos son encontrados en el régimen sierra y costa considerando a la industria porcina como un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, sin embargo, es importante mencionar que a medida que pasa el tiempo se ha convertido en una amenaza para el medio ambiente esto debido a que los porcicultores sólo buscan satisfacer sus necesidades económicas sin importar las consecuencias de la intensificación de dicha actividad (Producción Porcina en Ecuador , 2019 pp. 1-5).

Mediante estudios realizados por Espinoza (2021, p.8) se ha comprobado que los residuos de carácter orgánicos ya sean de origen animal o vegetal, sometidos a tratamientos adecuados como la digestión anaerobia, producen biogás, el cual puede ser utilizado como fuente de energía sea eléctrica o calórica, y puede ser aprovechado en los sectores rurales principalmente (Espinoza, 2021 pp. 19-20).

Los biodigestores son sistemas herméticamente cerrados donde se da el proceso de descomposición de materia orgánica para obtener biogás y fertilizantes, es una de las tecnologías más limpias que mediante su puesta en práctica ayuda a conservar el medio ambiente, además beneficia a los que lo implementan (Román, 2016 p. 4).

La presente investigación se enfoca en diseñar un biodigestor para la chanchera Naúl Vélez ubicada en el recinto timbre, parroquia San Mateo de la Provincia y cantón Esmeraldas, cuyo objetivo principal es aportar con una alternativa económica y amigable con el ambiente para aprovechar las excretas producidas a diario con el fin de obtener biogás y solventar problemas energéticos, como el consumo de GLP y a su vez mitigar los impactos ambientales provocados en la zona.

Antecedentes

El biogás obtenido de procesos de fermentación es un tipo de energía convencional y económica de gran beneficio para los sectores agrícolas y ganaderos utilizado desde la antigüedad.

A partir del siglo XX China creó los primeros biodigestores, estos eran elaborados de ladrillos con característica de una vasija gigante, cerradas herméticamente y enterradas en el suelo, sin embargo, debido a los altos costos de construcción y mantenimiento, no eran accesibles para las familias de zonas rurales y de bajos recursos (RedBioLAC, 2020, p. 1).

A finales de los años ochenta se propusieron los biodigestores familiares, aptos para los países en desarrollo que destacan el sector agropecuario como fuente de la economía, los costes de estos biodigestores eran recuperados por una familia en dos o tres años, así es como se da el nacimiento de los biodigestores de bajo costo que comenzaron a instalarse en Latinoamérica y el Caribe, iniciando por Colombia. (RedBioLAC, 2020 p. 3)

Según Vera (2015, p.4) en su investigación titulada “Diseño de un biodigestor tipo bolsa flexible utilizando desechos de estiércol porcino en la finca Divino Niño, en la comunidad Campo Alegre, Parroquia San José De Payamino” se realizó un diseño de un biodigestor dando como resultado un volumen total de 3,45m³, longitud del biodigestor y zanja de 6,27, cajas de entrada de la mezcla y salida del bioabono con un volumen de 0,30m³, con una capacidad de carga líquida 75% y capacidad de carga gaseosa 25%, la mezcla estiércol- agua fue de 12 l/día en una relación 1:3 de (estiércol + agua) a los 23 días se procedió con éxito a la verificación de producción de biogás mediante la quema del mismo obteniendo una llama de color naranja el volumen del reservorio del biogás fue de 0,69m³ y se llegó a la conclusión de que con la implementación de este sistema se pretende reducir aproximadamente el 80% de la contaminación producida por el mal manejo de las excretas de ganado porcino (Vera, 2015, p. 75).

Por su parte Apolo (2019) en su investigación titulada “Diseño y emplazamiento un biodigestor tipo tubular para el aprovechamiento de biogás en la granja de explotación porcina “Mis tres María” Arenillas- El Oro-Ecuador”, realizó un biodigestor con un volumen de 28,8m³ con una capacidad de carga líquida 75% y capacidad de carga gaseosa 25%, la mezcla estiércol- agua fue de 1,44m³ (1:4 de estiércol-agua), obteniendo como resultado la producción de biogás en la primera carga de 7,72 m³ con un tiempo de retención de 15 días, temperatura ambiente promedio de 29 °C y un pH de 7,5 (Apolo, 2019, p. 54).

Con base a lo mencionado por Yauyo (2016, p.6) quien desarrolló un estudio sobre la “Elaboración de un biodigestor piloto tubular para el manejo de estiércol porcino, en una de las viviendas de la Asociación Agropecuaria Los Lúcumos de Pachacamac”, construyó un digestor anaerobio de 0,67 m³ , 0,64 m de ancho y 2,08 m de longitud, mediante dichos datos calculó la cantidad de sólidos totales, volátiles, la producción de biogás, biol a generar, para la primera carga utilizó una mezcla

de estiércol y agua en una proporción de 1:4, el proceso de degradación anaerobia duró 30 días, durante esta etapa realizó las mediciones de los factores que influyen pH y temperatura, terminando la etapa de degradación empezó la etapa de operación, dentro de dicha etapa se realizaron cargas diarias en un mismo horario, el estiércol recolectado fue depositado en baldes de 5 litros, luego el excremento fue pesado a través de balanzas romana obteniendo solo 4 kg, al cual se le adición 16 litros de agua a una temperatura de 20-30°C, finalmente concluyó que a los 30 días se generó el biogás y biol, denotando una variación de 24-30 °C temperatura en el biodigestor, mientras que la temperatura ambiente varió entre 17-20°C, el pH durante los días iniciales fue muy ácido debido al material fermentado, fue regulado para una óptima generación de biogás, y a partir del día 34 se registró un pH óptimo de 7 (Yauyo, 2016).

Planteamiento del problema

En la provincia Esmeraldas la producción porcina es una de las actividades que se llevan a cabo en los sectores rurales, siendo uno de estos el recinto Timbre de la parroquia San Mateo, se puede decir que gracias al desconocimiento de los porcicultores sobre sistemas para el tratamiento de los desechos que se producen se derivan diversos problemas, uno de estos es la contaminación de los cuerpos hídricos debido a las descargas directas de las excretas que provocan un desnivel ecológico por el exceso de los nutrientes que se desprenden, principalmente el nitrógeno y fósforo reduciendo así el oxígeno disuelto en el agua, la intensificación de la producción de los cerdos también acarrea otro tipo de contaminación asociado a los problemas de olores desagradables generados por la evaporación de los compuestos volátiles, coexistiendo una amenaza para los moradores del recinto en cuanto a los problemas respiratorios.

Otra de las problemáticas que radica en el recinto es que debido a que es alejado de la ciudad se dificulta el acceso de gas doméstico mismo que es derivado de los combustibles fósiles, primordial para el desarrollo de las actividades como la cocción de los alimentos y el pelado de los cerdos cada que están listos para salir al mercado, esta dificultad hace que hasta conseguir transportar el tanque de gas GLP tomen como una alternativa la utilización de la leña, misma que al combustionar desprende gases en especial el dióxido de carbono, ocasionando un riesgo de enfermedades respiratorias para los porcicultores, de la mano con el deterioro de la capa de ozono. Todo lo mencionado es motivo de una gran preocupación, considerando que el método más apropiado para solventar estos problemas es el diseño de un biodigestor, pues es una tecnología que no requieren de costos elevados ni de difícil instalación sin embargo, es evidente que no son aplicados en estos sectores por ende urge la necesidad de darles a conocer el proyecto que se propone.

Formulación del problema

¿Cómo influye el diseño de un biodigestor en la mitigación de la contaminación ambiental ocasionada por las excretas de ganado porcino en la chanchera “Naúl Vélez” y en la satisfacción de la demanda energética?

Justificación

El presente trabajo de titulación orientado al diseño de un biodigestor para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado porcino en la chanchera Naúl Vélez, se debe al interés de aplicar tecnologías limpias que contribuyan en la disminución de gastos energéticos y a su vez brindar un manejo adecuado a las excretas generadas, dando un aspecto positivo a la población y al medio ambiente.

La Constitución de la República del Ecuador establece que el primordial deber del estado es ejecutar el desarrollo sostenible de los recursos, así como amparar el patrimonio natural y cultural del país, uno de los artículos que lo respalda es el art. 14, que instituye que los derechos de la población es contar con un ambiente ecológicamente equilibrado que asegure la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak kawsay, el art. 15. Expresa que el estado deberá suscitar, en sectores públicos y privados el empleo de tecnologías amigables con el medio ambiente (Constitución República del Ecuador, 2008, p. 13).

Previo a lo mencionado se puede decir que el biodigestor es una tecnología limpia, desde el punto de vista ecológico es benéfico, ya que al ser empleado aporta en la reducción de emisiones del gas metano que actualmente es uno de los contaminantes de mayor impacto a la atmósfera, esto gracias a que al combustionar el biogás producido dando como resultado una transformación del metano en CO₂ y agua reduciendo así la cantidad de gas metano causado en la chanchera por la mala disposición de los desechos producidos, cabe mencionar que al fomentar el uso de energía renovable “Biogás” resultante de la digestión anaerobia del biodigestor puede ser sustituido el uso de otros combustibles de impacto negativo (leña, gas natural o licuado de petróleo) apoyando el ahorro energético de las familias, otro de los beneficios es la producción de biol que se genera mediante la transformación del proceso, dicho biol puede ser un reemplazo de los agroquímicos en la producción agrícola de sector (Díaz et al., 2019, p.8). Este proyecto será de gran importancia a razón de que servirá como un prototipo a otros municipios o grupos atraídos en la implementación de este tipo de tecnologías ya que es muy eficiente para la conservación del medio ambiente.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un biodigestor para la producción de biogás a partir de las excretas de ganado porcino en la chanchera “Naúl Vélez” del recinto Timbre, parroquia San Mateo, cantón y provincia de Esmeraldas.

Objetivos específicos

- Cuantificar las excretas del ganado porcino para obtener la cantidad diaria de sustrato que debe ingresar al biodigestor.
- Caracterizar las excretas mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- Determinar los parámetros óptimos de diseño mediante un prototipo del biodigestor a diseñar.
- Establecer los cálculos y diseño básico del biodigestor.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Bases teórica

1.1.1. Estiércol

Es una mezcla de material orgánico descompuesto proveniente de la extracción metabólica de los animales, pueden contener residuos de alimentos no digeridos y precursores que intervienen en la digestión como: bacterias vivas y muertas del intestino, enzimas, células muertas de la mucosa intestinal, jugos gástricos (Inca, 2016 p. 9). El estiércol también puede presentar otros elementos como paja, aserrín, virutas de madera, o productos químicos, restos de alimentos del ganado, agua que provienen de los bebederos, limpieza de los establos o lluvias.

1.1.1.1. Composición química del estiércol

Se caracteriza por ser un fertilizante que no tiene una composición determinante, pues va a depender de los factores como, el tipo de ganado, tiempo, alimento, etc. Por ejemplo, un ganado joven ingiere mayor proporción de fósforo y nitrógeno a diferencia de un ganado viejo, sin embargo, las deyecciones contienen menor cantidad de esos elementos, ya que son absorbidos en su etapa de desarrollo, mientras que el ganado cuando ha dejado de crecer solo ingiere los alimentos que necesitan y generan para compensar pérdidas de energía de la misma manera generan excremento con mayor elemento fertilizante (Toala Moreira , 2013 pág. 5). Existen diferentes tipos de ganado que generan distinta composición química de estiércol. A continuación en la Tabla 1 se muestra la composición media de estiércoles frescos de diferentes animales, es la siguiente:

Tabla 1-1: Composición química de estiércoles

NUTRIENTES CONTENIDO (%)	TIPO DE ESTIERCOL POR ANIMAL				
	Ganado Vacuno	Ganado Porcino	Ganado Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia Orgánica %	48,9	45,30	52,80	63,90	54,10
Nitrógeno total %	1,30	1,36	1,55	1,94	2,38
Carbono orgánico	30	25	40	35	35

C/N	25:1	16:1	40:1	23:1	23:1
(P ₂ O ₅ %)	0,81	1,98	2,92	1,82	3,86
(K ₂ O %)	0,84	0,66	0,74	0,95	1,39
(CaO %)	2,03	2,72	3,20	2,36	3,63
(MgO %)	0,51	0,65	0,57	0,45	0,77

Fuente: (Toala, 2013 p. 7).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

1.1.1.2. Ventajas y desventajas

- Desventajas

Una de las principales desventajas del estiércol es su mala disposición final, debido a que diariamente los sectores de producción agropecuaria generan una gran cantidad de estiércol que al no ser tratados se derivan como una problemática (Inca, 2016, pp. 7-8). El estiércol puede ocasionar diversos impactos negativos al ambiente, uno de los principales son los gases de efectos invernaderos, como también el exceso de nutrientes en los suelos que como resultado da la eutrofización en el agua. Algunos de los nutrientes que abundan en el estiércol son el nitrógeno y fósforo, por ello es de gran importancia conocer sus concentraciones (Lara, 2016, p. 4).

El suelo es impactado negativamente por la presencia del estiércol, pues dicho desecho contiene altas concentraciones de nutrientes, que como resultado afectaría a la población microbiana por una sobrecarga de nutrientes en el suelo, provocando infiltraciones por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas, pudiendo decir que se podría ocasionar intoxicación en animales que se alimentan de estas tierras (Lara, 2016, p. 4).

La presencia de nitrógeno es cuantiosa en el estiércol, relacionándose con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitratos a través del suelo, viéndose afectada el agua por los escurrimientos directos de las excretas de ganado de una granja o por las esorrentías desde zonas de pastoreo. El fósforo en el agua no es considerado directamente como un tóxico sin embargo, cabe recalcar que cuando es dispersado directamente en las corrientes hídricas o aplicado en dosis excesivas en el suelo estimula el proceso de eutrofización, afectando en la calidad del agua (Lara, 2016, p. 4).

En el componente aire, el impacto ambiental negativo empieza cuando la vegetación es removida en su totalidad, formándose una capa de estiércol que junto al movimiento del ganado origina grandes nubes de polvo. El olor desagradable no representa peligros a la salud, sin embargo, en las zonas urbanas la mayoría de las personas encuentra inaceptable los olores emanados por el estiércol. Entre los contaminantes que se liberan por medio de las excretas hacia la atmósfera se encuentra el amoníaco, igualmente otros gases de efecto invernadero que incluidos metano y

óxido nitroso (Lara, 2016, p. 4).

- Ventajas

Dentro de las ventajas del estiércol producido está el manejo adecuado del excremento al ser tratados por los productores para su aprovechamiento, el estiércol se puede aprovechar para la producción de compost ayudando así a fertilizar el suelo y de la misma manera podría contribuir en la reducción del uso masivo de insumos químicos al reemplazarlos, otras de las ventajas es que el estiércol puede ser utilizado también para la producción de biogás y energía eléctrica, con la finalidad de disminuir el impacto ambiental negativo ocasionados por los residuos, y beneficiar económicamente al productor. A continuación, en el siguiente cuadro se plasma la producción de biogás y energía según el tipo de producción (Inca, 2016, p. 8).

Tabla 2-1: Producción de energía calórica y eléctrica

Tipos de producción	Producción de biogás (m3 de biogás /ton. Estiércol)	Energía eléctrica (Kwh)
Vacas	20	40
Cerdos	30	60
Gallinas	40	80

Fuente: (Lara, 2016).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

1.1.2. Biogás

El biogás es una mezcla de gases principalmente de metano y dióxido de carbono con pequeñas cantidades de otros gases como gas sulfuroso, nitrógeno, entre otros, obtenidos de la descomposición de materia orgánica mediante la acción de microorganismos en un medio carente de oxígeno. Su compuesto de gases combustibles lo caracteriza como un recurso energético muy útil (Criollo et al., 2014, pp. 12-13).

1.1.2.1. Composición del biogás

Varía de acuerdo con el tipo de materia orgánica que se utilice en el proceso, la composición del biogás. En la composición química del biogás obtenido, el componente más abundante es el metano (CH₄), y es caracterizado como el primer hidrocarburo de los alcanos y como un gas de efecto invernadero (Inca, 2016, p. 11). A continuación, se detalla en la siguiente tabla la composición química del biogás:

Tabla 3-1: Composición química del biogás

Composición del biogás	
Compuesto	Porcentaje %
Metano (CH ₄)	50 – 70 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27 – 45 %
Nitrógeno (N ₂)	0,5 – 3 %
Hidrógeno (H ₂)	1 – 10 %
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	0,1 %

Fuente: (Criollo et al., 2014 pp. 12-13).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

1.1.3. Digestión anaerobia

Es un proceso donde interactúan microorganismos a fin de degradar material orgánico en un medio anaerobio, es decir, un medio ausente de oxígeno, dando como resultado productos primordiales como el biogás y el biol (Calderón, 2015, p. 5).

1.1.3.1. Descripción del proceso de digestión anaerobia

El proceso de digestión anaerobia se lleva a cabo en un contenedor herméticamente cerrado denominado biodigestor cuya función es servir como una cámara donde se ingresa material orgánico con la finalidad de ser degradado por la actividad microbiana durante un periodo de tiempo que varía con base a la temperatura, cabe mencionar que los contenedores pueden ser cargados de forma continua y discontinua o semicontinua (Lara, 2016, p. 5).

1.1.3.2. Etapas de la digestión anaerobia

La digestión anaerobia se caracteriza por ser un proceso que se lleva a cabo mediante cuatro etapas, estas son detalladas a continuación:

1.1.3.3. Etapa hidrolítica

Proceso que consiste en transformar moléculas orgánicas más complejas (proteína, lípidos y carbohidratos) en compuestos solubles en agua (monosacáridos, aminoácidos, etc.) mediante la acción microbiana, es decir, los microorganismos encontrados en un medio anaeróbico rico en materia orgánica caracterizada por tener largas cadenas carbonadas se alimentan de ella

degradándola hasta convertirlas en cadenas más cortas y simples liberando mediante reacciones químicas gases (Salazar et al., 2016, p. 14).

1.1.3.4. Etapa acidogénica

La etapa, también conocida como etapa fermentativa, es el proceso en el cual las moléculas orgánicas solubles obtenidas en la primera fase son convertidas por bacterias anaerobias facultativas en moléculas más reducidas (ácidos orgánicos simples volátiles, acetato, aminoácidos, hidrógeno y algunos compuestos aromáticos) a fin de que puedan ser oxidados por bacterias acetogénicas en la siguiente etapa (Salazar et al., 2016 p. 14).

1.1.3.5. Etapa acetogénica

Etapa donde organismos acetogénicos toman los productos formados en la etapa de la fermentación y los convierten en productos más sencillos que puedan ser metabolizados por organismos metanogénicos, estos productos en especial son el acetato (HC_3COO) e hidrógeno (H_2) (Salazar et al., 2016 p. 14).

1.1.3.6. Etapa metanogénica

Etapa donde las bacterias metanogénicas toman los compuestos producidos en la fase acidogénesis y los transforman en productos finales de estructuras más sencillas, siendo estos principalmente el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) y en menor proporción el amoníaco, sulfuro de hidrógeno y materia orgánica resistente denominado biol (Salazar et al., 2016, p. 14).

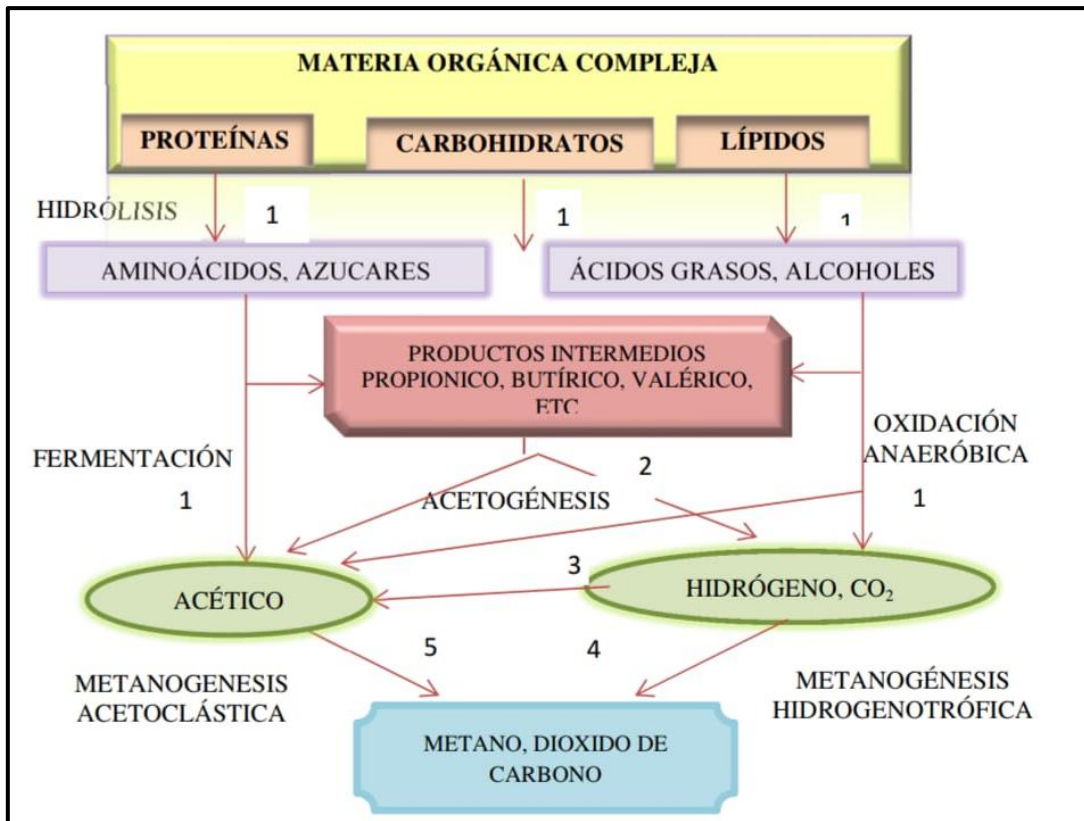


Ilustración. 1-1: Etapas de la Digestión Anaerobia

Fuente: (Salazar et al., 2016, p. 23).

Las bacterias metanogénicas solo pueden usar un número limitado de sustratos para la formación de metano, estos son CO_2 , H_2 , acetato, metanol, metilamina, y monóxido de carbono.

1.1.4. Factores que influyen en el proceso metanogénico (producción de biogás)

Los microorganismos presentes en la etapa metanogénica son capaces de adaptarse a cambios, por ende, es importante evaluar el desempeño de un medio anaerobio en base a la producción de metano (Lara, 2016, p. 36). Los factores para evaluar las condiciones ambientales son:

- a) Niveles de sólidos totales
- b) Temperatura
- c) Relación carbono/nitrógeno de las materias primas.
- d) Naturaleza y composición bioquímica de materias primas.
- e) Tiempo de retención (TR)
- f) Nutrientes
- g) Rangos de pH y alcalinidad
- h) Toxicidad e inhibidores

1.1.4.1. Niveles de sólidos totales

Los sólidos totales o también conocidos como fracción de sólidos totales (ST) están presentes en la materia orgánica, estos son importantes para la producción de biogás, ya que se debe tomar en cuenta que si estos están en mayor proporción en el sustrato preparado para alimentar al biodigestor limitarán la movilidad de las bacterias metanogénicas lo que hará que el proceso se inhiba. En el cuadro se puede observar el porcentaje de sólidos totales de materia prima fresca (Lara, 2016, p. 35).

Tabla 4-1: Porcentajes de sólidos totales en materia fresca

Materia Prima	Sólidos Totales
Residuos Animales	
Bovinos	13,4 – 56,2
Porcinos	15,0 – 49,0
Aves	26,0 – 92,0
Caprinos	83,0 – 92,0
Ovejas	32,0 – 45,0
Conejos	34,7 – 90,8
Equinos	19,0 – 42,9
Excretas humanas	17,0
Residuos Vegetales	
Hojas secas	50,0
Rastrojo Maíz	77,0
Paja trigo	88,0 – 90,0
Paja de arroz	88,8 – 92,6
Leguminosas (Paja)	60,0 – 80,0
Tubérculo (hojas)	10,0 – 20,0
Hortalizas	10,0 – 15,0
Aserrín	74,0 – 80,0

Fuente: (Lara, 2016, p. 36).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

1.1.4.2. Temperatura

La temperatura es el parámetro más importante para llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia, ya que de ella depende la velocidad, el crecimiento microbiano involucrados para

degradar la materia orgánica presente, si la temperatura es mayor va a aumentar la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás. A continuación, en el cuadro se ven las temperaturas en los que pueden trabajar los microorganismos anaeróbicos (Plascencia, 2014, p. 22).

Tabla 5-1: Temperaturas

Temperatura de biodigestión	Rango de Temperatura			Tiempo de biodigestión
	Mínimo	Óptimo	Máximo	
Psycrophilica	4-10 °C	15-18°C	20-25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	5-20 °C	25-35°C	35-45°C	30-60 días
Thermophilica	25-45°C	50-60°C	75-80°C	10-15 días

Fuente: (Plascencia, 2014 p. 40).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

1.1.4.3. Relación carbono/nitrógeno (C/N) de las materias primas

El carbono y nitrógeno son la fuente principal de alimentación de los microorganismos metanogénicos, de estos elementos depende la producción de biogás, en el proceso de digestión el carbono actúa como una fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la formación de nuevas células. La relación de C/N ideal para el proceso de digestión es de 20:1 a 30:1, si dicha relación es mayor a 35 es debido a que existe la presencia de un alto contenido de carbono, dando como resultado un proceso lento, ya que no se dará la proliferación de microorganismos por la falta de nitrógeno mismo que al final puede ser inhibido, si la relación de C/N es menor a 8:1 se inhibe la actividad microbiana debido a que se forma un excesivo contenido de amonio el cual puede ser tóxico (FAO, 2011, p. 35).

1.1.4.4. Tiempo de retención (TR)

El tiempo de retención, es el tiempo que tardan los microorganismos en descomponer la materia orgánica presente en un medio para generar productos finales, este parámetro depende de la temperatura, a mayor temperatura menor será el tiempo de retención, a menores temperatura el tiempo en que los microorganismos degraden el material orgánico será mayor (Lara, 2016, p.45).

1.1.4.5. Nutrientes

Para tener éxito en el proceso de digestión es necesario considerar macronutrientes como el nitrógeno y fósforo como también micronutrientes (hierro, cobalto, molibdeno, selenio, calcio, magnesio, zinc (en menor proporción), cobre, manganeso, tungsteno y boro a niveles de mg /L y la vitamina B12 en niveles de $\mu\text{g/L}$) ya que son esenciales para el crecimiento microorganismos anaerobios y para mejorar la producción de biogás (Lara, 2016, p. 11).

1.1.4.6. Rangos de pH

El pH puede afectar el crecimiento microbiano si se encuentran fuera de los parámetros óptimos, los distintos grupos bacterianos encontrados en la digestión anaerobia muestran actividad óptima a niveles, es por ello por lo que el pH ideal requerido para el proceso es de se encuentra en el rango de 6-8, si el medio de digestión contiene un pH menor a 6 tendrá una producción de biogás escaso de metano (Salazar et al., 2016, p. 11).

1.1.4.7. Tóxicos e inhibidores de la metalogénesis

Si existe la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados, compuestos halogenados, cianuros etc.) en un medio de digestión anaerobia el proceso se verá inhibido, ya que, en algunos casos, el efecto tóxico de una sustancia puede reducirse significativamente al aclimatarlo con la población microbiana. Entre las sustancias inhibitoras se encuentran: Ácidos grasos volátiles, Cationes y metales pesados, Hidrógeno, Nitrógeno amoniacal, Sulfatos y sulfuros. Por otra parte, muchas de estas sustancias a bajas concentraciones pueden ser estimuladoras del proceso (FAO, 2011, p. 46).

1.1.5. Biodigestores

También llamados digestores, reactor anaeróbico o biológico; son estructuras de plástico, tubería y cemento, estos dispositivos se encuentran totalmente cerrados, en cuyo interior se da la fermentación de la materia orgánica (desechos agrícolas, agroindustriales, forestales, aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos urbanos y estiércol) en ausencia de oxígeno produciendo biogás y biol (Criollo et al., 2014, p. 56).

Los biodigestores están compuestos básicamente por un área de premezclado, un tanque hermético (digestor anaeróbico), un sistema de captación de biogás, estas dos últimas pueden estar juntas o separadas y también cuenta con un sistema de distribución del efluente (Criollo et al., 2014, p. 56).

1.1.6. Tipos de Biodigestores

El diseño de biodigestores ha ido evolucionando con el fin de conseguir elevadas concentraciones de biomasa en los reactores y permanencia de ésta (alto tiempo de retención de sólidos), incluso trabajando con elevadas velocidades de líquidos (bajo tiempo hidráulico de residencia) (Yauyo, 2016, p. 15). Las clasificaciones de tecnologías anaeróbicas son muy diversas y difieren según las fuentes.

1.1.6.1. Chino (Domo Fijo)

Este diseño se originó en China y está ampliamente difundido ahí. Se trata de una cámara cerrada con sus respectivas cámaras de carga y descarga. La estructura puede ser construida de concreto armado, ladrillos, piedra u hormigón y las paredes internas permeabilizadas con diferentes métodos (como aplicación de cemento mezclado con porcelana) para evitar fugas de líquido (García et al., 2015 p. 14)



Ilustración 2-1: Biodigestor tipo chino domo fijo

Fuente: (Almanza, 2017, p. 12).

1.1.6.2. Tipo Hindú o de campana flotante

Diseño originado en India caracterizado por ser un pozo vertical construido de ladrillo o también concreto armado, este consta de una campana flotante de acero inoxidable o de plástico donde se almacena el biogás, estos biodigestores son fáciles de construir y de operar, su tiempo de vida útil es de 20 años (Oñate, 2018, p. 14).

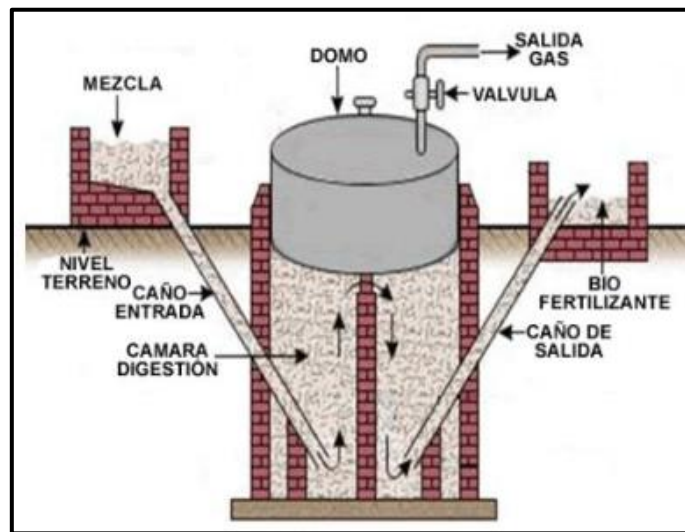


Ilustración 3-1: Biodigestor tipo Campana Flotante

Fuente: (Oñate, Cagua, 2018, p. 14).

1.1.6.3. Tipo tubular (Bolsa Flexible)

Sistema modelo tubular (cilíndrico) de origen taiwanés. La materia para digerir entra, por un lado, del reactor y sale por el otro, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno solo, el gas se va acumulando en la parte superior de la bolsa del reactor, mientras que el proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, misma que se llena con materia orgánica y agua, la bolsa se va inflando lentamente con una presión baja. Suelen ser de polietileno o geomembrana de PVC (García et al., 2015 p. 14).

Las ventajas que presenta este biodigestor son: es de bajo costo de construcción, muchos materiales los puede obtener en la misma propiedad y la parte de la mano de obra puede aportar la familia, el mantenimiento es de costo mínimo. Si el plástico presentará algún problema, este se puede cambiar o reparar sin mucha inversión de dinero. Es fácil de transportar por su bajo peso, en especial en aquellos sitios de difícil acceso. La forma de carga es sencilla y en los estudios realizados funciona en el clima frío (García et al., 2015, p. 12).



Ilustración 4-1: Biodigestor tipo tubular

Fuente: (Meza, 2017, p. 1).

Entre las desventajas del biodigestor de plástico se halla su bajo tiempo de vida útil, también es muy vulnerable a sufrir roturas por condiciones climáticas adversas, por las acciones del hombre o los animales; baja presión de gas.

1.1.6.4. Tipo de polietileno

Los Biodigestores de polietileno son 100% de material virgen, caracterizados por tener una tapa giratoria con seguro, que permite que sean herméticamente cerrados, presentan paredes lisas para evitar la acumulación y crecimiento de microorganismos, estos también constan de un sistema de tuberías uno de la carga por donde ingresa el sustrato que es por la parte superior, en la parte posterior cuenta con una tubería de descarga por donde sale el biol y biosol, también cuenta con una tubería donde sale el biogás, estos suelen estar acondicionados con manómetros para ver la presión como también un termómetro para controlar las temperaturas, su llenado debe ser calculado porque debe tener una parte para el líquido y otra para la acumulación del biogás, son de fácil construcción, limpieza y mantenimiento tienen un tiempo de vida útil de 35 años (Oñate, 2018, p. 16).



Ilustración 5-1: Biodigestor de polietileno

Fuente: (Oñate,2018, p. 16).

1.2. Base Legal

1.2.1. Ley de la República del Ecuador

“En el Título II de Derechos, Capítulo segundo de Derechos del Buen Vivir, en la sección primera, Agua y alimentación, se norman los siguientes derechos: Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria” (Constitución República del Ecuador, 2008, p. 13).

El Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”. En el Art. 66.- “Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho para vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Constitución República del Ecuador, 2008, p. 13).

Art. 71.- “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que

proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema” (Constitución República del Ecuador, 2008, p. 33).

1.2.2. Ley de Gestión Ambiental

Art. 2.- “La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales” (Ley de la gestión Ambiental, 2004, p. 1).

1.2.3. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua

“La norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes del recurso agua, revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Establece que el Manejo de aguas residuales es un “conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo y control, en relación con aguas residuales” (Ministerio del Agua, 2017, p. 1).

1.2.4. Estrategia Nacional de la Calidad del Agua (ENCA)

“El Ecuador alineándose a los Objetivos de Desarrollo Sostenible formuló la Estrategia Nacional de la Calidad del Agua (ENCA) con el fin de mejorar y proteger la calidad de los recursos hídricos, sus ecosistemas, la calidad de vida de la población, la seguridad alimentaria, así como el control y vigilancia de los agentes contaminantes de las fuentes naturales a nivel nacional” (Agencia de Control sanitario, 2019, p. 9).

1.2.5. Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418, de fecha 10 de septiembre de 2004; en los artículos 6, 7, 8 y 9, describen las responsabilidades y la coordinación intersectorial sobre las normas técnicas y regulaciones relacionadas con los vertidos y descargas, con la finalidad de prevenir y controlar la contaminación en el agua (Agencia de Control sanitario, 2019, p. 1).

En el Artículo 6 se establece que “Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes

normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades” (Agencia de Control sanitario, 2019, p. 2).

Por su parte, el artículo 7 afirma que “El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor” (Agencia de Control sanitario, 2019, p. 1).

Mientras que la articulación del modelo está dispuesta en el artículo 8 que indica que “Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen”. Artículo 9.- “Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento” (Agencia de Control sanitario, 2019, p. 1).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar del estudio

Tabla 1-2: Localización geográfica del proyecto

País	Ecuador
Región	Costa
Provincia	Esmeraldas
Cantón	Esmeraldas
Parroquia	San Mateo
Sitio	Recinto Timbre

Fuente: (Plascencia, 2014, p. 40).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

El trabajo de titulación se realizó en la chanchera Naúl Vélez del recinto timbre de la parroquia San Mateo ubicada en el Cantón y Provincia de Esmeraldas sus coordenadas geográficas: Longitud -79,6167; Latitud 0,816667, altitud 118 m.s.n.m y una temperatura promedio de 27,5°C, conformada por 10 cuartiles (corrales) con un número de 26 cerdos.

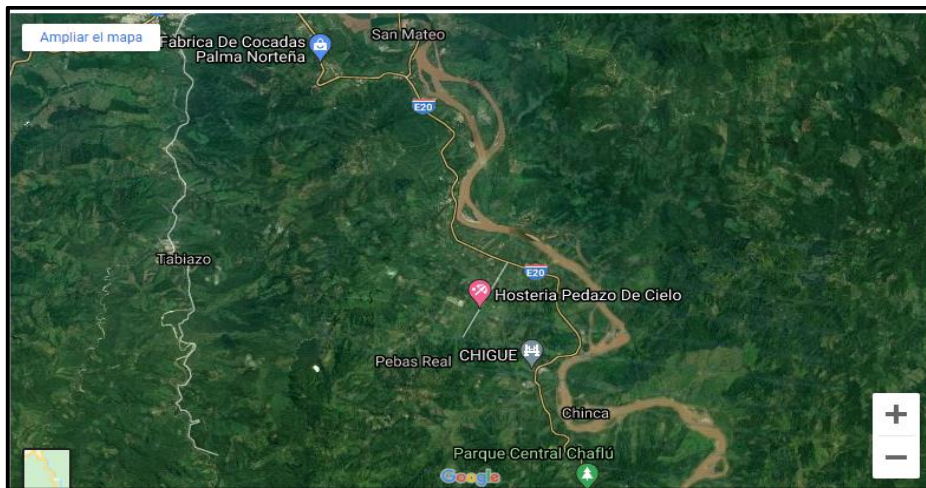


Ilustración 1-2: Localización del estudio

Fuente: (Google Maps, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2. Esquema de la metodología

Para llevar adelante el presente estudio se realizaron las siguientes etapas:

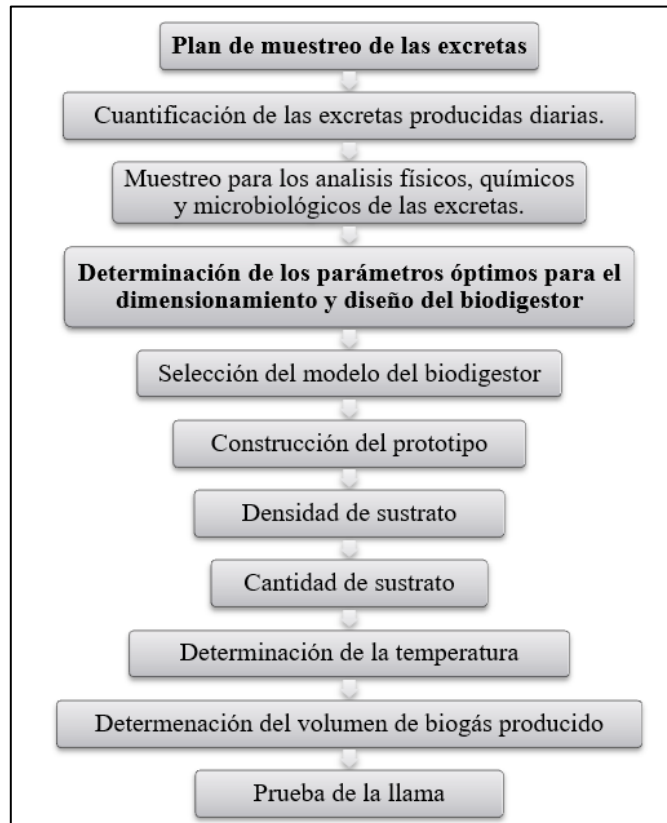


Ilustración 2-2: Metodología para desarrollar el estudio

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.1. Plan de muestreo de las excretas

2.2.1.1. Cuantificación y distribución del ganado porcino en la chanchera

- Materiales

- Esfero
- Hoja de registro
- Cámara fotográfica

- Método

Se registró la cantidad de cerdos existentes por su peso, edad y su ubicación en los corrales.

Tabla 2-2: Descripción de Porcinos

Porcinos				
	Cantidad	Peso Lb	Peso Kg	Edad
Lechones	13	15	6,8	23 días
Madre	1	250	113,5	2 años
Macho	1	230	104,3	1 año
Engorde	10	150	68,04	5 meses
Gestación	1	230	104,3	1 año

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

La porqueriza de la chanchera está distribuida por 10 corrales de los cuales los 26 cerdos están ubicados de la siguiente manera:

G: Grandes (3)

M: Medianos (10)

P: Pequeños (13)

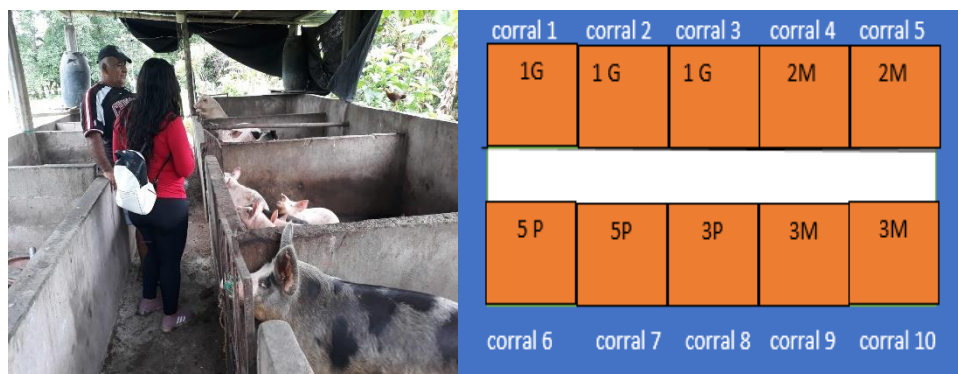


Ilustración 3-2: Ubicación de los cerdos

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.1.2. Cuantificación de las excretas diarias producidas en la Chanchera

- Materiales

- Pala de mano
- Balde de 20 L
- Balanza de tienda de 25 Kg/lbs
- Guantes
- Mascarilla
- Mandil
- Botas
- Cámara fotográfica
- Ficha técnica de registro
- Esfero

- Método

Para determinar la cantidad de excretas diarias disponibles se empleó el método cuantitativo, la chanchera “Naúl Vélez” cuenta con 26 cerdos de diferentes etapas de crecimiento (grandes, medianos y pequeños) mismo que se alimentan de balanceado y vegetales. La recolección de las excretas para su respectiva cuantificación se llevó a cabo en los diferentes corrales de la chanchera con la ayuda de una pala y un balde de 20 litros, en un periodo de 14 días consecutivos a las 8 de la mañana, esto debido a que los porcicultores realizan la limpieza a las 9 de la mañana una vez al día, luego de obtener el total de las excretas generadas a diario se procedió a pesarlas en una balanza de 25 kg/lbs y finalmente se anotaron los datos obtenidos en fichas de registro para su cálculo respectivo.



Ilustración 4-2: Cuantificación de las excretas

Fuente: (Investigación de campo, 2022)

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.2. Muestreo para los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las excretas

- Materiales

- Guante
- Mascarillas
- Fundas Ziploc
- Pala
- Balde de 20 l
- Icopor
- Cubos de hielo

- Método

Se recogieron las excretas frescas disponibles de todos los corrales en un balde de 20 L y se las llevó a un corral vacío y se homogenizó a fin de obtener una muestra compuesta, luego se procedió a tomar un 1 kg de las muestras y se las colocó en fundas Ziploc con su respectivo rotulado, se colocó la muestra en un icopor con hielo a fin de que la muestra se conserve para sus respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos y finalmente fue trasladada al laboratorio (SAQMIC) (SERVICIO ANALÍTICOS, QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS).



Ilustración 5-2. Muestreo de las excretas

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Para la caracterización de las excretas se tomó en cuenta análisis de Materia Orgánica, Carbono Orgánico, Nitrógeno Total, Humedad, Sólidos Totales y Coliformes totales.

A continuación, se detalla en la tabla:

Tabla 3-2: Composición de la muestra

Determinaciones	Unidad	Método de análisis
Materia orgánica	%	Gravimétrico (Incineración 500 °C)
Carbono orgánico	%	Walkley Black Oxi. -Red.
Nitrógeno total	%	Digestión Acido/base
Humedad	%	Gravimétrico (24H a 75°C)
Sólidos totales	%	Gravimétrico (24H a 75°C)
Coliformes totales	UFC/g	Siembra en masa

Fuente: (Laboratorio SAQMIC, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.3. Determinación de los parámetros óptimos para establecer los criterios del dimensionamiento y diseño del biodigestor

A fin de obtener datos reales con base al tiempo que tarda en degradarse las excretas y el volumen de biogás que éstas generan, se elaboró un prototipo, para establecer el dimensionamiento y el diseño del biodigestor.

2.2.3.1. Selección del modelo del biodigestor

- Tipo de biodigestor.

Para conocer el tipo de biodigestor adecuado para la zona de estudio se elaboró una matriz de decisión donde se evaluarán los siguientes tipos de biodigestores:

- Biodigestor de domo flotante o “Hindú”
- Biodigestor de Domo fino o “Chino”
- Biodigestor tubular o “Bolsa Flexible”
- Biodigestor de polietileno

- Factores para evaluar en la matriz de decisión.

Los factores tomados en cuenta para evaluar los biodigestores mediante la matriz de decisión son:

- Tipo de materia prima
- Durabilidad

- Requerimiento de área
 - Gastos requeridos
 - Transporte, materiales construcción
 - Operación y mantenimiento
 - Rendimiento
- Preselección del biodigestor a proyectar

Ponderación de los factores a evaluar:

Tabla 4-2: Factores de evaluación

Factores	Criterio	Peso
Tipo de materia prima	El material orgánico disponible en la chanchera son las excretas de ganado porcino, el biodigestor seleccionado deberá tener condiciones para trabajar con el tipo de material mencionado	0,05
Durabilidad	Para realizar la implementación del biodigestor se requiere de uno con durabilidad de al menos 20 años.	0,15
Requerimiento de Área	La chanchera Naúl Vélez cuenta con una superficie grande, la cual tiene espacio suficiente para la construcción del biodigestor	0,05
Gastos requeridos	Basándonos en la situación económica del propietario se requiere de un biodigestor de bajo costo.	0,20
Transporte materiales y construcción	La zona de estudio está retirada de la ciudad, por ello se estima que los materiales de construcción no sean complejos para transportarlos, ni para construir el biodigestor.	0,15
Operación y mantenimiento	Se aspira que el biodigestor sea de fácil operación y mantenimiento, ya que el propietario y trabajadores de la chanchera no están muy capacitados para este tipo de tecnologías	0,15

Fuente: (Oñate, 2018, p. 66).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

- Matriz de selección del modelo

Tabla 5-2: Matriz de decisión

Factores para evaluar	Peso	Tipo de biodigestores							
		“Hindú”		“Chino”		“Bolsa Flexible”		“Polietileno”	
		C	PP	C	PP	C	PP	C	PP
Tipo de materia prima	0,05	5	0,05	5	0,05	5	0,05	5	0,05
Durabilidad	0,15	1	0,03	5	0,15	1	0,03	5	0,15
Requerimiento de Área	0,05	5	0,05	5	0,05	5	0,05	5	0,05
Gastos requeridos	0,20	1	0,04	1	0,04	3	0,12	5	0,20
Transporte, materiales y construcción	0,15	3	0,09	3	0,09	3	0,09	5	0,15
Operación y mantenimiento	0,15	1	0,03	5	0,15	5	0,15	5	0,15
Rendimiento	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	3	0,15
TOTAL	1	0,54		0,78		0,74		0,90	
DATOS ÚTILES									
Equivalente de símbolo					Forma de calificar				
C=Calificación					0= No aplica				
P=Peso					1= Suficiente				
PP= Peso ponderado					3=Adecuado				
					5= Muy Bueno				
Ecuación para calcular el peso ponderado									
$PP = \frac{C}{5} \times P$									

Fuente: (Oñate Cagua , 2018 pág. 66).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Según los factores evaluados a través de la matriz de decisión, el tipo de biodigestor seleccionado para implementar en la zona de estudio es el de polietileno, ya que cumple con las condiciones que se requieren, alcanzando un 0,90 equivalente al 90%

2.2.3.2. Construcción del prototipo

- Materiales

- Recipiente de polietileno de 20L
- 3 abrazaderas
- 2 adaptadores
- 1 metro de manguera de cocina
- Una válvula de bola
- Un termómetro

- Método

Para el proceso de digestión anaerobia se utilizó un recipiente plástico con capacidad de 20 L mismo que se acondicionó como un biodigestor, éste fue lavado con agua caliente y luego desinfectado con una solución al 10% de cloro hasta quedar completamente limpio con el objetivo de que la carga no se contamine y se obtengan excelentes resultados.

Se procedió a realizar un agujero en la parte de arriba de la tapa y se ubicó un adaptador pequeño donde se colocó una manguera de gas ajustándolo con abrazadera, a un lado del recipiente se ubicó un termómetro para verificar la temperatura en diferentes horarios, sellando con caucho y pegamento de tanque, se verificó que todo quede herméticamente cerrado para evitar el escape del biogás producido.

Finalmente, se colocó una válvula con un adaptador, misma que sirvió para verificar la producción del biogás por prueba de llama, seguido se ubicó otro pedazo de manguera ajustada con una abrazadera para tener facilidad de hacer la prueba de la probeta, es importante mencionar que dicha manguera se la sacó cuando se realizó la prueba de la llama.



Ilustración 6-2: Construcción del prototipo

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.3.3. *Determinación densidad de las excretas*

- Materiales

- Balde
- Excretas
- Agua

- Método

Para conocer cuál es la densidad que contiene las excretas de cerdo, se realizó una práctica a nivel de campo y consistió en colocar 10 kg de excretas en una funda y sumergirla en un balde con agua, a fin de conocer la altura que alcanza.



Ilustración 7-2: Densidad las excretas

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.3.4. Preparación del sustrato

- Materiales

- Pala manual
- Balde de 20 litros
- Balanza
- Mezclador
- pH metro en tira
- Agua
- Excretas

- Método

Se pesó 5 kg de excretas y se adicionó 10 kg de agua, se mezcló hasta quedar una mezcla completamente homogénea, con la ayuda de tiras de pH se midió el pH de la mezcla y se ingresó al biodigestor para el proceso.



Ilustración 8-2: Preparación de sustrato

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.3.5. Determinación de la temperatura

- Materiales

- Termómetro

- Libreta
- Bolígrafo

- Método

Se evaluó la temperatura ambiente y la del interior del biodigestor construido a escala piloto, se realizó el control todos los días en diferentes horarios, la primera toma a las 10 am, la segunda 14:00 pm y la tercera a las 18:00 pm, todos los datos se los registró en una ficha técnica de registro; estos datos fueron usados para obtener la temperatura promedio.

2.2.3.6.Determinación del volumen de biogás

- Materiales

- Probeta de 500ml
- Una tina
- Agua

- Método

Se empleó la técnica de la probeta invertida, la cual consiste en el desplazamiento de un líquido en este caso agua, donde permite determinar el volumen de biogás producido diariamente. Esta prueba se realizó desde el segundo día del proceso de carga del sustrato hasta los 40 días, se utilizó una probeta de 500 ml, una tina grande de 20 litros y la manguera conectada al biodigestor, para realizar las respectivas mediciones de volumen de biogás, se procedió a introducir la manguera a la probeta llena de agua e invertida sobre la tina con agua y luego se abrió la válvula de salida de gas, se restó el volumen inicial menos el volumen final para tomar el volumen exacto de biogás generado, todos estos datos obtenidos se pueden apreciar en la Ilustración (12).



Ilustración 9-2: Prueba de la probeta

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

2.2.3.7. Prueba de llama

- Materiales

- Fósforo
- Llave de paso

- Método

Para la prueba se encendió una fosforera, se colocó cerca de la boquilla adaptada en la manguera y se abrió la válvula cuidadosamente para evitar incidentes, se realizó esta prueba 2 veces durante el proceso de la digestión anaerobia, al día 14 se apreció una pequeña llama con una coloración amarilla, al día 24 una llama con coloración amarillenta y base azulada.



Ilustración 10-2: Prueba de la llama

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

CAPÍTULO III

3. CÁLCULOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Cálculo de resultados

3.1.1. Cálculo de la determinación de las excretas disponibles

La cuantificación de las excretas se realizó en un periodo de 14 días con un total de 26 cerdos disponibles con un aprovechamiento del 100% como se muestra. A continuación, se detalla el resumen de los datos obtenidos.

Tabla 1-3: Determinación diaria de excretas

DÍAS	FECHA	TOTAL CERDOS	TOTAL EXCRETAS (Kg)
Lunes	7/03/2022	26	34,53
Martes	8/03/2022	26	33,98
Miércoles	9/03/2022	26	35,51
Jueves	10/03/2022	26	34,25
Viernes	11/03/2022	26	33,67
Sábado	12/03/2022	26	36,99
Domingo	13/03/2022	26	34,47
Lunes	14/03/2022	26	34,09
Martes	15/03/2022	26	36,39
Miércoles	16/03/2022	26	34,99
Jueves	17/03/2022	26	34,45
Viernes	18/03/2022	26	35,81
Sábado	19/03/2022	26	34,81
Domingo	20/03/2022	26	34,65
PROMEDIO			34,97

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

La cantidad de excretas que se generan a diario en los corrales de la chanchera Naúl Vélez es de 34,97 Kg, mismas que serán aprovechadas al 100% para la producción de biogás.

3.1.2. Determinación de la composición de las excretas

Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las excretas de ganado porcino obtenidos de la chanchera “Naúl Vélez”, realizados en SAQMIC se muestran en la presente tabla a continuación

Tabla 2-3: Resultado del análisis físico, químico, microbiológico de las excretas

Determinaciones	Unidad	Resultado de análisis
Materia orgánica	%	74,4
Carbono orgánico	%	41,2
Nitrógeno total	%	1,30
Humedad	%	69,61
Sólidos totales	%	30,39
Coliformes totales	UFC/g	8,24x10 ⁹
Relación C/N	Cálculo	31,69

Fuente: (Laboratorio SAQMIC, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

3.1.3. Dimensionamiento del biodigestor

3.1.3.1. Cálculo experimental

En este escenario se determinan principalmente los parámetros óptimos necesarios para el dimensionamiento del diseño adecuado del biodigestor a proyectar en la chanchera.

- Determinación de la densidad de las excretas

Para conocer cuál es la densidad se sumergió 10 kg de las excretas en un balde de radio de 0,21 m, con agua alcanzando una altura de 0,29 m.

Para el cálculo del volumen de las excretas en el balde se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 1-3

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

V= volumen de las excretas en el balde

π = constante pi

r= Radio del balde

h= Altura alcanzada de las excretas en el balde

$$V = \pi r^2 h$$
$$V = \pi (0,105m)^2 (0,29m)$$
$$V = 0,010044457 m^3$$

Luego se procede a calcular la densidad con la siguiente ecuación:

Ecuación 2-3

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dónde:

d= Densidad las excretas

m= Masa de las excretas

v= Volumen de las excretas en el balde

$$\rho = \frac{10 kg}{0,010044457 m^3}$$

$$\rho = 995,57 \frac{kg}{m^3}$$

La densidad de la excreta porcina calculada es de $995,57 \text{ kg/m}^3$, aproximándose a la densidad del agua correspondiente a 1000 kg/m^3 .

- Determinación del sustrato

Para conocer cuál es la carga de sustrato que debe ingresar al biodigestor de polietileno con capacidad de 20 litros se toma en cuenta el 75% de la fase líquida y el 25% de la parte gaseosa, para ello se utilizó la fórmula siguiente:

Ecuación 3-3

$$Vs = Ctq \times 0,75$$

Vs= Cantidad de sustrato

Ctq= Capacidad del tanque

0,75= Constante

$$Vs = 20 L \times 0,75$$

$$Vs = 15L$$

La cantidad de sustrato que se utilizó fue de 15 litros considerando la relación de excreta-agua 1:2, es decir por cada 1 kg de excreta se adicionó 2 kg de agua, de acuerdo con esto se establece lo siguiente:

$$Vs = 5L \text{ de excreta} + 2 * (5L \text{ de agua}) = 15 L \text{ de sustrato}$$

Como se tiene el sustrato en L se procede a convertir en kg haciendo uso de la densidad del agua, esta no influye significativamente en el peso de las excretas y el agua, lo que se puede decir que:

$$Vs = 5kg \text{ de excreta} + 2 * (5kg \text{ de agua}) = 15 kg \text{ de sustrato}$$

Una vez realizado los cálculos de la carga del prototipo se procedió a llenarlo y a realizar el monitoreo, al finalizar el proceso se pudo comprobar que el tiempo que se necesita para degradar la materia orgánica es de 40 días a una temperatura de 27,5°C estos datos son esenciales para el dimensionamiento del biodigestor.

3.1.3.2. Cálculo y diseño del biodigestor proyectado

- Cantidad de biogás que necesita la chanchera

En la chanchera Naúl Vélez se consume para cocción de los alimentos y pelado de cerdos mensualmente 1 tanque de GLP, para estimar la cantidad de biogás necesario en reemplazo del uso del gas GLP requerido para satisfacer las necesidades, se realizó la transformación como a continuación se detalla:

- Cálculo de la cantidad de gas GPL en m³ biogás al mes

Ecuación 4-3

$$1 \text{ tanque de GLP} = 15 Kg$$

$$15 \frac{\text{kg de GLP}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{0,45 \text{ kg de GLP}} = 33,33 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

La chanchera requiere de 33,33 m³ de biogás al mes para cubrir el 100% del consumo de GLP.

- Cálculo para determinar la cantidad de biogás requerido al día

$$33,33 \frac{\text{m}^3 \text{ de biogas}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 1,096 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

La chanchera necesita 1,096 m³ de biogás diario

3.1.3.3. Volumen disponible de excretas

El volumen disponible de excretas se refiere a la cantidad total de excremento existente en los corrales de la chanchera, mismo que puede ser útil para producir biogás, para conocer el volumen de excretas a partir de la cantidad de 34,97 kg de masa cuantificada a diario se procedió a transformar haciendo uso del valor 1000 Kg/m³ correspondiente de la densidad de las excretas.

Ecuación 5-3

$$Vde = \frac{Mec}{\vartheta}$$

Dónde:

Vde= Volumen disponible de excretas

Mec= Masa de excretas en el corral

$\vartheta = 1000 \text{ Kg/día}$

$$Vde = \frac{34,97 \text{ kg/Día}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vde = 0,03497 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Vde = 34,97 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

3.1.3.4. Volumen de biogás

Para conocer cuál es el volumen de biogás diario a generar en la chanchera se tomó en cuenta el resultado de sólidos totales obtenidos del análisis de un 1kg de excreta en el laboratorio que es 0,039 ST/kg Exf y a través de la tabla 11 se escogen los datos de producción de biogás de acuerdo a la temperatura promedio de la zona de estudio que es de 27,5°C.

Tabla 3-3: Datos útiles para la generación de biogás.

Peso de excreta (kg)	Descripción		Producción de biogás	Condiciones
	Parámetro	Símbolo		
1	Sólidos Totales	ST	0,30 m ³ de biogás	a (35°C Y Pr. Atm.)
1	Sólidos Totales	ST	0,25 m ³ de biogás	a (30°C Y Pr. Atm.)
1	Sólidos Totales	ST	0,2 m ³ de biogás	a (25°C Y Pr. Atm.)
1	Sólidos Totales	ST	0,16 m ³ de biogás	a (22°C Y Pr. Atm.)
1	Sólidos Totales	ST	0,10 m ³ de biogás	a (35°C Y Pr. Atm.)
1	Sólidos Totales	ST	0,08 m ³ de biogás	a (15°C Y Pr. Atm.)

Fuente: (Román, 2016 p. 68)

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Para el cálculo requerido se parte de los 34,5 kg/días de excretas disponibles en la chanchera.

Ecuación 6-3

$$34,97 \frac{\text{kg de ExT}}{\text{Día}} \times \frac{0,3039 \text{ kg de ST}}{1 \text{ kg de ExF}} \times \frac{0,2 \text{ m}^3 \text{ de Biogá}}{1 \text{ kg de ST}} = 2,13 \frac{\text{m}^3 \text{ de Biogá}}{\text{Día}}$$

$$2,13 \frac{\text{m}^3 \text{ de Biogá}}{\text{Día}} \times \frac{1000\text{L}}{1 \text{ m}^3} = 2130 \text{ L}$$

Mediante los 34,5 Kg de excretas se generarán 2,13 m³ de biogás al día, esto cubre el 100% de energía requerida en la chanchera, ya que solo se necesita de 1,096 m³/día.

3.1.3.5. Volumen del líquido (excreta-agua)

Para calcular el volumen del sustrato se tomó en cuenta la relación 1:2 como se detalla a continuación:

Ecuación 7-3

$$V_L = 1L \text{ de excreta} + 2 * \text{agua}$$

$$VL = 34,97 \frac{L}{\text{día}} \text{ excreta} + 2 * \left(34,97 \frac{L}{\text{día}} \text{ de agua} \right)$$

$$VL = 104,91 \frac{L}{\text{día}} \text{ de sustrato}$$

3.1.3.6. Volumen total del biodigestor

Para obtener biogás, el tiempo que tarda en degradarse la materia orgánica según los resultados del prototipo es de 40 días, partiendo de ello se consideró un tiempo de alimentación de 8 días para 5 biodigestores.

Ecuación 8-2

$$VB_{C8días} = VL \times \# \text{ días}$$

$$VB_{C8días} = 104,91 \frac{L}{\text{días}} \times 8 \text{ días}$$

$$V_{C8días} = 839,28 L$$

Nota: Para calcular el volumen total del biodigestor con una carga de sustrato de 8 días se consideró la parte gaseosa (Vg.) en un 25% con un factor de seguridad (Fs.) de 5% a continuación, se detalla:

Ecuación 9-3

$$V_g = V_{c8días} (Fs + Gg)$$

$$V_g = 839,29 L \times (0,05 + 0,25)$$

$$V_g = 251,78L$$

$$V_{TB} = 839,28 L + 251,29L = 1090,57L$$

$$1090,57L \times \frac{1 m^3}{1000L} = 1,09057 m^3$$

3.1.3.7. Cálculo del tanque del biodigestor

Una vez calculado el volumen total del biodigestor 1,09057 m³ se procedió a calcular la altura, tomando en cuenta un diámetro de 1 m, para el diseño de tanques cilíndricos se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 10-3

$$V_{TD} = \pi \times r^2 \times h$$

Despejamos:

$$h = \frac{V_{TD}}{\pi \times (r^2)}$$
$$h = \frac{1,0957 \text{ m}^3}{\pi \times ((0,5\text{m})^2)} = 1,395 \text{ m}$$

3.1.4. Resumen de resultados del prototipo y dimensionamiento el biodigestor proyectado para la chanchera

Tabla 4-3: Resumen del prototipo

Descripción de los componentes	Unidad	Resultados Obtenidos
Capacidad del prototipo	L	20
Parte gaseosa	%	25
Parte líquida	%	75
Volumen del sustrato	L	15
Relación Excretas-agua	-	1:2
Porción de excretas	Kg	5
Porción de agua	L	10
Tiempo de retención	días	40
Temperatura	°C	27,5

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Tabla 5-3: Resumen del dimensionamiento del biodigestor general

Descripción de los componentes	Unidades	Resultados Obtenidos
Excretas diarias producidas	Kg	34,97
Relación excretas-agua	-	1:2
Volumen de sustrato	L/días	104,91
Volumen del sustrato en 8 días	L	839,28
Factor de seguridad	%	5
Volumen de la parte gaseosa	%	25
Volumen total	L	1090,57
Capacidad total para almacenar el biogás	L	251,78
Diámetro	m	1
Altura	m	1,39 m

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

3.2. Análisis y discusión de resultados

3.2.1. Resultados del monitoreo del prototipo

3.2.1.1. Monitoreo de la temperatura

Una vez puesto en marcha el prototipo se tomaron los datos de la temperatura dentro del biodigestor y del ambiente en 3 horarios diferentes, como se muestra a continuación:

Tabla 6-3: Monitoreo de la temperatura

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA									
DÍAS	FECHA	HORARIO						T°C A Prom	T°C B Prom
		10:00 a. m.		14: PM		18:00 PM			
		T. Amb	T. Bio	T. Amb	T. Bio	T. Amb	T. Bio		
1	30/6/2022	26	28	27	29	25	27	26	28
2	1/7/2022	26	28	27	29	24	26	26	29
3	2/7/2022	27	29	27	29	27	29	27	29
4	3/7/2022	27	29	29	32	26	28	27	30
5	4/7/2022	27	29	30	32	27	29	28	30
6	5/7/2022	27	29	29	32	27	29	28	30
7	6/7/2022	27	29	29	32	27	29	28	30

8	7/7/2022	27	29	31	33	26	29	28	30
9	8/7/2022	27	29	29	32	28	30	28	30
10	9/7/2022	28	30	29	32	26	29	28	30
11	10/7/2022	26	28	30	33	27	29	28	30
12	11/7/2022	27	29	31	33	27	29	28	30
13	12/7/2022	26	28	29	32	29	30	28	30
14	13/7/2022	25	28	29	32	29	30	28	30
15	14/7/2022	26	28	28	30	29	30	28	29
16	15/7/2022	27	29	30	32	27	29	28	30
17	16/7/2022	27	29	31	33	29	30	29	31
18	17/7/2022	27	29	29	32	29	30	28	30
19	18/7/2022	26	28	30	33	27	29	28	30
20	19/7/2022	27	29	31	33	26	28	28	30
21	20/7/2022	26	28	31	33	26	28	28	30
22	21/7/2022	26	28	32	33	26	28	28	30
23	22/7/2022	27	29	30	32	26	28	28	30
24	23/7/2022	27	29	29	30	25	27	27	29
25	24/7/2022	28	30	30	33	26	28	28	30
26	25/7/2022	26	28	31	33	26	28	28	30
27	26/7/2022	27	29	31	33	25	27	28	30
28	27/7/2022	26	28	31	33	24	26	27	29
29	28/7/2022	26	28	30	33	24	26	27	29
30	29/7/2022	27	29	30	32	24	26	27	29
31	30/7/2022	27	29	30	33	24	26	27	29
32	31/7/2022	27	29	30	33	24	26	27	29
33	1/8/2022	27	29	30	33	25	27	27	30
34	2/8/2022	27	29	30	33	25	27	27	30
35	3/8/2022	27	29	30	33	26	28	28	30
36	4/8/2022	26	28	29	32	26	28	27	29
37	5/8/2022	26	28	29	32	26	28	27	29
38	6/8/2022	26	28	29	32	26	28	27	29
39	7/8/2022	26	28	29	32	26	28	27	29
40	8/8/2022	26	28	29	32	26	28	27	29

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

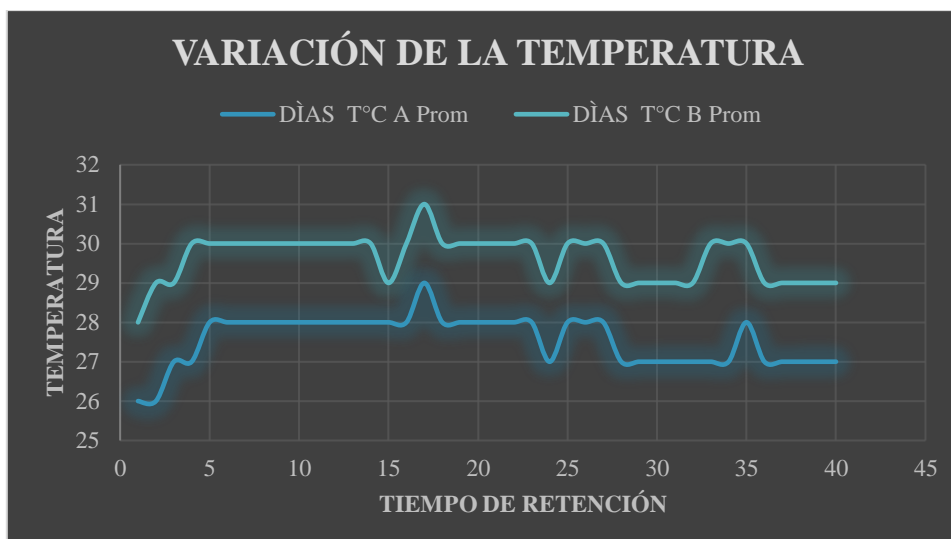


Ilustración 1-3: Análisis de la temperatura

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

En la Ilustración 1-4 se estimó que la temperatura ambiente de la zona de estudio osciló entre los 26 °C hasta alcanzar 29°C y dentro del biodigestor de 28 °C a 30°C, se considera que el ascenso de la temperatura interna es debido a los fenómenos de transferencia materia, energía y la cantidad de movimiento desarrollados por la interacción de las bacterias dentro del biodigestor.

3.2.1.2. Monitoreo de la producción de biogás

Tabla 7-3: Monitoreo de la producción de biogás

DÍAS	V CH₄ (mL)	V CH₄ (mL) Acumulado
1		
2		
3		
4	120	120
5	200	320
6	300	620
7	350	970
8	400	1370

9	550	1920
10	690	2610
11	790	3400
12	890	4290
13	800	5090
14	0	5090
15	800	5890
16	850	6740
17	900	7640
18	990	8630
19	1400	10030
20	1490	11520
21	1520	13040
22	1580	14620
23	1600	16220
24	0	16220
25	1600	17820
26	1600	19420
27	1600	21020
28	1600	22620
29	1600	24220
30	1600	25820
31	1200	27020
32	1200	28220
33	950	29170
34	800	29970
35	800	30770
36	800	31570
37	700	32270
38	700	32970
39	660	33630
40	600	34230

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

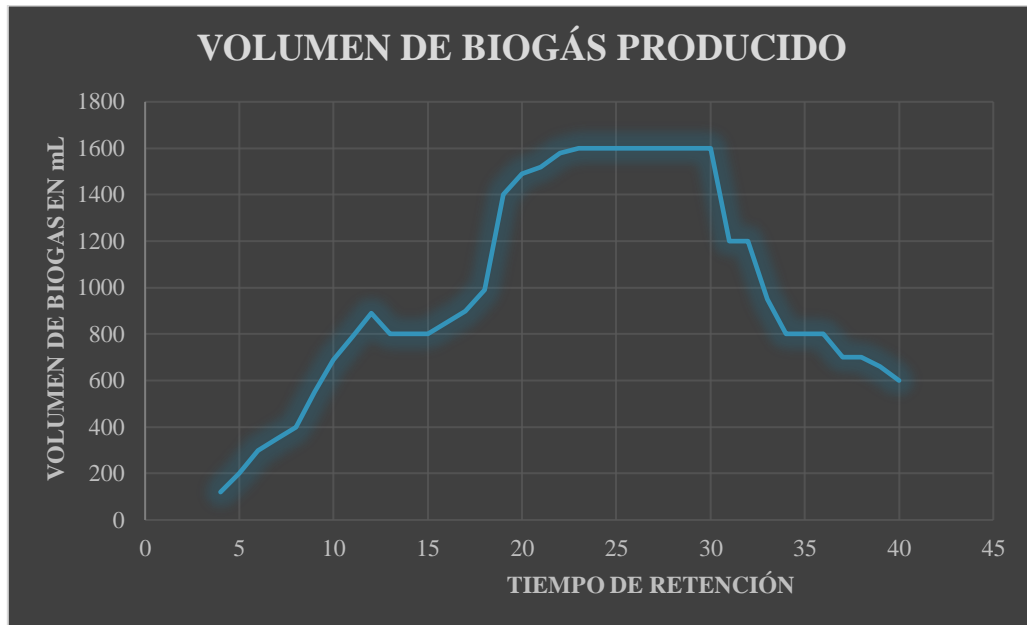


Ilustración 2-3: Análisis de la producción de biogás

Fuente: (Investigación de campo, 2022).

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Según la Ilustración 16-3, una vez iniciado el proceso de digestión, del día 1 al 3 no hay la presencia de biogás esto debido al proceso de adaptación de las bacterias, a partir del día 4 se empezó a generar biogás en una mínima cantidad, a medida que pasaron los días se produjo biogás de forma variada, se puede decir que esto es debido a los cambios climáticos de la zona que incide en el proceso de degradación del material orgánico por las bacterias, al día 23 se dio la mayor producción de biogás, se logró una estabilidad hasta el día 30, a partir del día 31 la producción de biogás empezó a disminuir hasta el día 40. Mediante el experimento se evidenció que existió una buena producción de biogás.

3.2.2. *Discusión de resultados*

3.2.2.1. *Cuantificación de excretas*

El estudio realizado reportó, que en la chanchera Naúl Vélez se generan 34,97 Kg/día de excretas a partir de 26 cerdos distribuidos en 10 corrales, manteniendo un promedio de 0,26 Kg/día de excretas por cerdos pequeños, 2,23 Kg/día medianos y 3,036 Kg/días grandes. Los resultados obtenidos varían en comparación a los de Bautista (2016) quién en su estudio titulado “Evaluación de la generación de biogás a partir de excretas porcinas en la granja agroinporc y diseño de un biodigestor” estima que el promedio de excretas generadas por cerdos pequeños es de 0,54 Kg/día,

medianos un 2,4 Kg/día y grandes 6,1 Kg/días (Bautista Guerra , 2016 págs. 36-37) . Se consideró que los factores incidentes en esta variación son el tipo de alimentación, el número de cerdos, edad, y peso.

3.2.2.2. Análisis de excreta

Las excretas presentaron una composición de 74.4% de materia orgánica, este valor fue cercano al resultado obtenido por Rochima (2018) quién determinó un 76,26% y señala que la materia orgánica es un parámetro importante para la producción de biogás, esto debido a que es el alimento fundamental para las bacterias dentro del biodigestor, a su vez afirma que el rango de materia orgánica para llevar a cabo el proceso de digestión está comprendido entre 70%- 85% (Rochima, 2018, p. 57). En función a lo expuesto, se concluyó que el valor obtenido es aceptable al encontrarse dentro del rango establecido.

La FAO (2011, p. 9) enfatiza que otro de los factores importantes para el proceso de digestión anaerobia es la relación de C/N, de tal manera que el carbono actúa como una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno ayuda a que se generen nuevas células, por ende establece que la relación óptima de estos elementos debe ser de 8:1 a 35:1 (FAO, 2011, p. 37), esto corrobora los resultados obtenidos en esta investigación donde se reportó un valor relación C/N de 31,69%, mismo que se encuentra dentro del intervalo mencionado.

El porcentaje de humedad obtenido fue de 69,61%, similar al resultado 69,74% de (Vera, 2015 pág. 66), por otra parte se encontró por debajo del valor 75,75% de (Román, 2016, p. 90), según Calderón (2015) el porcentaje de humedad para llevar a cabo el proceso es de 85% a 90% (Calderón, 2015 p. 8), previo a lo mencionado es evidente que los resultados obtenidos se encuentran ligeramente por debajo del rango establecido, se puede decir que el bajo valor de humedad probablemente se debió a la alimentación que se proporcionó a los cerdos siendo principalmente los vegetales que en su mayoría es el plátano, sin embargo, no se consideró como un factor limitante para el proceso, ya que pudo ser compensado en la mezcla excreta-agua, para el caso se consideró una relación 1:2 es decir por cada kilogramo de excretas se agregó 2 Kg de agua.

En relación con la cantidad de sólidos totales se obtuvo una concentración del 30,39% esto concuerda con Vera (2015, p.8), quién en su experimento determinó un 30,26 % y afirma que la movilidad de las bacterias en el medio depende de la cantidad de sólidos totales, además establece que para la producción de biogás deben encontrarse en un rango de 15% - 49% (Vera, 2015, p. 64). Esto resalta que el resultado arrojado en este estudio es válido para el proceso.

3.2.2.3. Determinación de los parámetros óptimos mediante el prototipo

De acuerdo a los resultados obtenidos del prototipo cargado con 15 L en una relación 1:2, se estimó que la temperatura promedio fue de 27,5°C, siendo este valor ideal para que se realice el proceso fermentativo de la mezcla ingresada al biodigestor, esto se reafirma con lo descrito por Román (2016, p.6) quién menciona que “la temperatura es un factor de gran importancia para la eficiencia de la digestión anaerobia y que el mejor rango para interactuar las bacterias es de 25,7°C a 36,5°C” (Román, 2016, pp. 92-94).

Mediante la prueba de la probeta destinada a determinar la producción de biogás se pudo estimar que el tiempo de retención es de 40 días, en cuanto al comportamiento del prototipo como productor de biogás se apreció que los primeros días del proceso no existió la presencia de biogás, esto se debe a que los microorganismos están en estado de adaptación, a partir del día 4 se empezó a generar biogás, al día 23 se evidenció una mayor producción, logrando una estabilidad hasta el día 30, al llegar al día 31 la producción de biogás empezó a descender hasta el día 40, debido a la disminución de la carga microbiana por el agotamiento de la materia orgánica. Estos resultados obtenidos se validaron con el criterio de Rojas (2015, p.8) quién menciona que en el proceso de digestión anaerobia las bacterias pasan por 4 fases las cuales son, latencia, exponencial, estacionaria y fase de muerte (Rojas, 2015, p. 11).

3.2.2.4. Dimensionamiento y diseño del biodigestor

A fin de conocer el tipo de biodigestor requerido para la chanchera se evaluó una matriz de decisión tomando en cuenta factores como; tiempo de vida útil, costo, requerimiento de área operación y mantenimiento, el cual, el más adecuado fue el de polietileno, esto concuerda con el criterio de Salazar (2014, p.9) quién manifiesta que existen diferentes tipos de biodigestores caracterizados según su función, carga, ventajas y desventaja, por ello fue necesario elegir el más recomendable (Salazar, 2014, p. 81), por otro lado, con Oñate (2018, p. 9) quién determina que el biodigestor más factible para zonas rurales es el de polietileno (Oñate, 2018, p. 66).

Para el dimensionar el tanque del biodigestor se tomó en cuenta como punto de partida el dato de la cantidad de excretas disponible al día, ya que con ello se logró establecer que la carga diaria es de 104,97 L/días, además se consideró un factor de seguridad del 25% de la parte gaseosa más un 5%, alcanzando volumen total de 1090,57 L, esto con la finalidad de dejar un espacio disponible aparte del requerido, para evitar altas presiones en el biodigestor, el tanque presenta un diámetro de 1 m y una altura de 1,39 m, todos los datos obtenidos se ajustan a tanques encontrados en el mercado.

3.3. Propuesta del diseño

Con base a la problemática existente en la chanchera Naúl Vélez sobre la mala disposición de las excretas, se propuso un diseño de una planta de digestión, ésta consta de 5 biodigestores de polietileno, cuya finalidad es aprovechar todos estos residuos orgánicos generados en los corrales destinados al suelo sin un previo tratamiento y así satisfacer la demanda energética de la chanchera, para el diseño se tomó en cuenta diferentes factores como los recursos económicos, ya que una vez analizada la situación de los porcicultores de la zona de estudio, se vio la necesidad de diseñar un biodigestor de bajo costo tanto en la instalación, construcción y mantenimiento y el idóneo para ello son los de polietileno, otro de los factores fue la disposición de la materia prima que mediante la cuantificación diaria de excretas producidas en la chanchera se conoció la cantidad exacta y suficiente para la carga diaria del biodigestor para la producción de biogás y como subproducto biol y biosol, además otros de los factores tomados en cuenta fue la contaminación del ambiente ya que al diseñar un biodigestor será una alternativa para reducir los impactos a los recursos agua, aire y suelo.

Cada uno de los 5 biodigestores continuos diseñados tienen un tiempo de carga de 8 días, donde cada día deben ingresar 104,97 L de sustrato, mismo que está calculado con una relación 1:2, todo esto se planteó de acuerdo con el tiempo de retención que fue de 40 días determinado experimentalmente.

Gracias a las medidas del volumen del tanque, diámetro, radio y altura obtenidas como resultado del dimensionamiento, se aprecia que en el mercado hay disponibles tanques de polietileno de 1100 L que se ajustan al dimensionamiento obtenido, siendo estos elegidos para el diseño. Los tanques diseñados constan con un sistema de tubería, de entrada de la carga, tubería de salida del gas, tubería de descarga, válvula de seguridad, manómetro, termómetro, filtro de ácido sulfhídrico (H₂S) y trampa de agua.

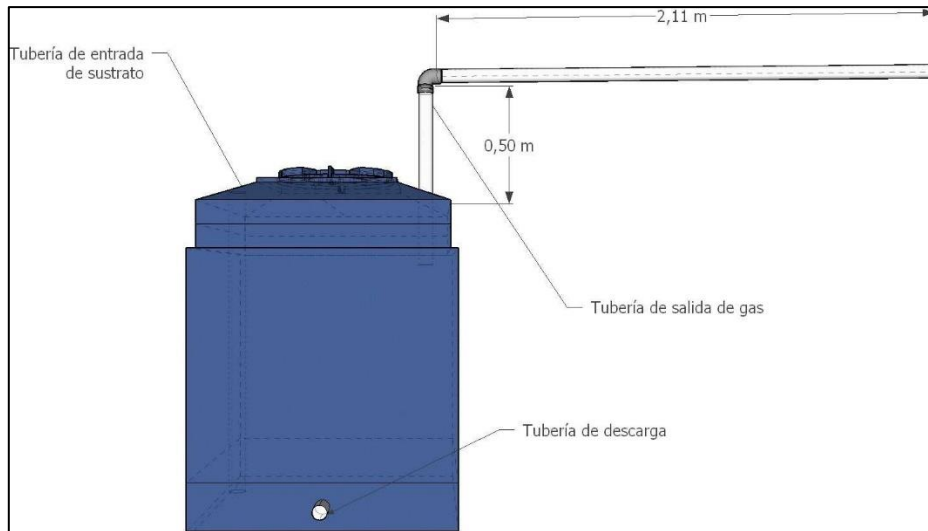


Ilustración 3-3: Tanque de polietileno de 1100 L

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Además, el diseño de planta productora de biogás debe estar en una superficie plana de preferencia para conservar los biodigestores y tanque de mezcla y de almacenamiento, el largo es de 15,5 m y 2 m de ancho, cada biodigestor deberá estar a una distancia de 1 m para facilitar la carga de cada uno, como se muestra en la Ilustración.

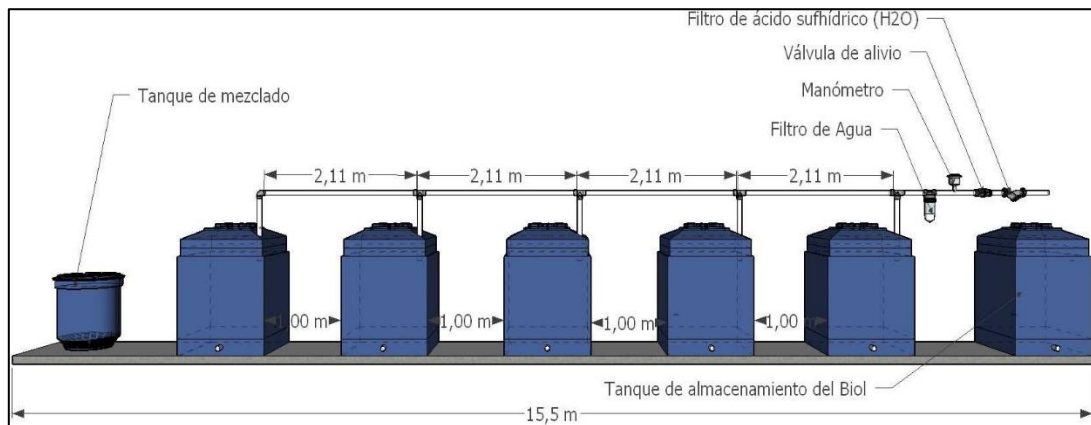






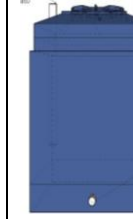
Ilustración 4-3: Sistema de biodigestores de polietileno

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

En cuanto a su carga se debe ir llenando de uno en uno, como se muestra en la tabla es decir una vez llenado el primer tanque 8 días consecutivos, al 9no día se procede a llenar el segundo tanque hasta el 16 día, al 17 día se deberá llenar el tercero hasta el 24, luego al día 25 hasta el día 32 el cuarto tanque y finalmente al día 33 hasta el día 40 se deberá llenar el quinto y último tanque, hasta cumplir con el tiempo de retención, terminado el proceso de digestión, se debe descargar los tanques y lavarlos cuidadosamente sin manipular químicos que lo contaminen, para así

continuar nuevamente con el proceso, es importante saber que el subproducto que sale de esta digestión conocida como biol y biosol pueden ser aprovechados para cultivos en caso de tener a los alrededores de las chancheras o venderlos para beneficiarse económicamente.

Tabla 8-3: Planificación de la carga de sustrato

Días	8	16	24	32	40
Tanques					
	1ro	2do	3ro	4to	5to

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

Para facilitar la carga de cada uno de los biodigestores se diseñó una escalera que puede ser de metal o madera, está consta de 2 pisos como se muestra en la siguiente Ilustración

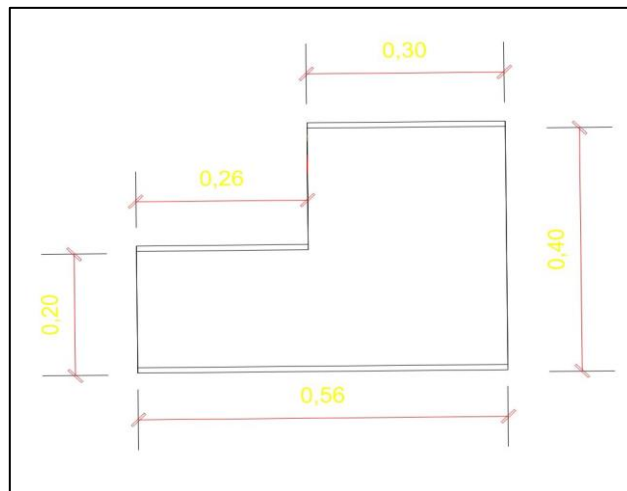


Ilustración 5-3: Escalera para la carga

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

3.3.1. Costo del trabajo

Tabla 8-3: Materiales y accesorios del Biodigestor

CONSTRUCCIÓN DE LOS BIODIGESTORES				
DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	MEDIDAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
Tanque cilíndrico de Plastigama	1100 litros	6	\$144,90	\$ 869,4
Tubería PVC	4 pulgadas (1,5 m)	5	\$ 2,00	\$ 10,00
Llave de paso enroscada PVC	4 pulgadas	5	\$ 45,00	\$225,00
Adaptador de tanque PVC.	4 pulgadas	5	\$ 6,00	\$ 30,00
Tapa PVC.	4 pulgadas	5	\$ 0,40	\$2,00
Tubería PVC.	1 ½ pulgada (3m)	5	\$18,50	\$92,50
Codo de 90°C PVC	1 ½ pulgada	5	\$2,25	\$ 11,25
Tee 90°C PVC	1 ½ pulgada	6	\$ 3,60	\$ 21,60
Llave de paso de metal	1 ½ pulgadas	5	\$ 12,50	\$ 62,50
Kalipega	1 L	1	\$ 15,75	\$15,75
Teflón industrial	¾ x 15	3	\$ 2,25	\$ 6,75
Balanza electrónica de mano	110 lb/50kg	1	\$ 33,80	\$ 33,80
Manómetro PVC	1 ½	5	\$ 5,75	\$ 5,75
Termómetro de Hg	1-100 °C	5	\$ 12,25	\$61,25
Tanque cónico de plastigama	250 L	1	\$ 54,01	\$ 54,01
Unión de tanque	1 ½ pulgada	4	\$1,80	\$ 7,20

Adaptadores	1 ½ pulgada	4	\$1,25	\$ 5,00
2 tapas de para tuvo de PVC	4 pulgada	2	\$ 0,40	\$ 0,80
Tubería PVC.	4 pulgada (40 cm)	2	\$ 2,00	\$2,00
Virutex de Hierro	-	30	\$ 0,10	\$3,00
Caneca de polietileno	20 L	1	\$ 5,00	\$ 5,00
TOTAL				\$1524,56
COSTOS INDIRECTOS				
Descripción			Valor	
Mano de obra			100\$	
Transporte de materiales			40\$	
TOTAL			1664,56\$	

Realizado por: Valencia, Maoly, 2022.

CONCLUSIONES

- Considerando los factores técnicos, económicos, ambientales y requerimientos de la chanchera se diseñó un biodigestor de polietileno.
- A través del método cuantitativo se estableció que en la chanchera Naúl Vélez se generan 34,97 Kg/día de excretas.
- Se caracterizaron las excretas, presentando un contenido 74,4% de materia orgánica; 42,49% de carbono orgánico; 1,30% de Nitrógeno total; 69,61% de Humedad; 30,39% de sólidos totales; $8,24 \times 10^9$ de coliformes totales, 31,69% de la relación C/N y 995,57 Kg/m³ de la densidad, todos los valores se encuentran dentro de los límites permisibles para la producción de biogás.
- Mediante el prototipo de 20 L se determinó que los parámetros óptimos de diseño son: una relación de excretas-agua de 1:2, un tiempo de retención de 40 días y una temperatura de 27,5°C.
- Se estableció que los cálculos para el diseño del biodigestor cumplen con un factor de seguridad del 5%, un volumen de carga de 104,91 L con un tiempo de carga de 8 días, volumen total del biodigestor de 1090,57 L, altura de 1,395 m y 1 m de diámetro. El diseño consta de 5 tanques ubicados de forma continua, acondicionados con válvulas de alivio, tubería de entrada de carga y de descarga, tubería para la conducción del biogás, trampa de agua y filtro de ácido sulfhídrico, manómetros y termómetros.

RECOMENDACIONES

- Al construir los biodigestores se debe realizar una prueba de hermeticidad para verificar que estén aptos para ser sometidos al proceso de digestión a fin de evitar fugas.
- Ubicar la planta de digestión en la sombra para evitar cambios bruscos de temperatura al caer directo los rayos solares y a su vez en una plancha de cemento y cerca del área donde será utilizado el biogás, para que se facilite su llegada.
- Utilizar el biol y biosol resultantes del proceso de digestión, podrían reemplazar el uso de agroquímicos que son de impacto ambiental y de alto costo, ya que aportan con nutrientes necesarios para los cultivos.
- Se recomienda al propietario implementar el proyecto, a fin de reducir los gastos energéticos y a su vez ser un ejemplo para que población campesina de sus alrededores puedan también conocer que existe tecnologías limpias y de bajo costo para tratar los desechos y beneficiarse de ellos.

BIBLIOGRAFÍA

ALARA GUILCAPI, Marlon Fabricio . Combustible a partir de excretas de ganado en la parroquia de San Juan. Riobamba: 2016, p.67.

AGENCIA DE CONTROL SANITARIO. *Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.* [En línea]. Ecuador:, 2019. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>.

ALMANZA, Freddy. *Construcción y evaluación de un biodigestor modelo chino mejorado.* [En línea]. Ecuador: 2017. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/cusco_cedepac/construccion_evaluacion-fredy_almanza.pdf.

Apolo, Geovanny. "Diseño y emplazamiento un biodigestor tipo tubular para el aprovechamiento de biogás en la granja de explotación porcina “Mis tres María” Arenillas- El Oro-Ecuador. Ecuador" *Scielo*, vol. 18, n°5 (2019), pp.7-9.

BALTAZAR. *Metodología de la investigación.* Ecuador-Quito, 2017 p.5.

BAUTISTA GUERRA , Veronica Mabel. "Evaluación de la generación de biogás a partir de excretas porcinas en la granja agroinporc y diseño de un biodigestor" *.Scielo*, vol. 4, n°16 (2016). pp. 36-37.

CALDERÓN PUENTE, Carlos Vicente. Diseño de un biodigestor tubular para obtener biogás a partir de residuos orgánicos del ganado vacuno generados en la Hacienda “Santa Mónica” Guamote. Riobamba . Ecuador-Riobamba: Andes Edit, 2016, pp.6-12.

CANCELIER, Adriano. et al. "Avaliação da produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta". *Scielo- Brasil* , Vol. 20, n° 15 (2015) p. 17.

CHILLO ABRIL, Jonathan Fabricio & PAGUAY CUVI, Saúl Basilo. “Implementación de un biodigestor continuo para producción de biogás a partir de estiércol de ganado vacuno en la finca la poderosa.” *Scielo*, vol. 5, n°1 (2018). p. 367.

Constitución República del Ecuador. [En línea] 20 de Octubre de 2008. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf.

CRIOLLO QUIZHPI , Erika Carmen & GUZMÁN GUARACA, Adriana Catalina. "Elaboración de un Biodigestor piloto tubular para producción de Biogás a partir de estiércol de ganado vacuno en una vivienda de la comunidad de Tembo. Guano". *Scielo* , vol. 20, n° 15 (2016) p. 2.

DÍAZ GUÍO, David Samaniego & SALAZAR CERÓN, Laura Melissa. "Estudio de factibilidad para el diseño de un biodigestor de aprovechamiento sostenible de excretas de bovino en la hacienda los naranjos, tambo - cauca" *Scielo* , vol. 7, n° 5 (2019) p. 3.

DOYO RAMOS, Luz Marina. "Elaboración De Un Biodigestor Piloto Tubular Para El Manejo De Estiércol Porcino, En Una De Las Viviendas De La Asociación Agropecuaria Los Lúcumos De Pachacamac" *Scielo* , vol. 4, n° 1 (2021) pp. 1-7.

ESPINOSA MANTILLA, Karla Gabriela. "Biogás de residuos orgánicos como fuente de energía renovable" *Scielo* , vol. 2, n° 10 (2021) p. 9.

FAO. 2011. *Manual de biogás*. Madrid-España: 2011, p.76.

GARCÍA SÁNCHEZ, Jennyfer Greis & LEÓN WAMPUTSRIK, Eliecer Gonzalino. "Diseño y construcción de un biodigestor hindú anaerobio en la finca “Los Cuencanos” de la Parroquia García Moreno". *Scielo* , vol. 2, n° 5 (2019) p. 5.

GORDILLO, Cispe. "Impactos de la producción porcina en la calidad ambiental del cantón las lajas, provincia de el oro" *Redayle* , vol. 80, n° 54 (2015) p. 17.

INCA GUERRERO, Jaime Iván. “diseño de un biodigestor para la obtención de biogás a partir de las excretas de las gallinas provenientes de la granja avícola “bilbao” en la parroquia cotaló” *Scienze Bio* , vol. 2, n° 5 (2016) p. 5.

Lara, Marlon. “diseño de un biodigestor para la producción de biogás generado por las excretas de ganado vacuno, en el criadero “jersey chugllin”. *Scielo* , vol. 7, n° 1 (2016) p. 1.

Ley de la gestión Ambiental, Codificación 2004. [En línea] 10 de Septiembre de 2004.

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>.

MARTINEZ, Ligia Paulina. *Análisis del manejo de efluentes porcinos en Ecuador, su biodigestión y gestión ambiental sustentable.* Quito- Ecuador: 2020, pp. 1-6.

MEZA, Elizabeth. *La empresa ayuda a los pequeños productores a conviertan los desechos naturales de la ganadería en energía renovable.* Ecuador: G&E Editorial, 2017, p.6.

MINISTERIO DEL AGUA. *Norma de calidad del agua.* Ecuador-Quito: 2017, p. 54.

OÑATE CAGUA, Fabio Fernando. "Diseño de un proceso para la utilización de desechos de la ruminaza de bovinos en la elaboración de bioles en el camal del Gobierno Autónomo Descentralizado Frigorífico Municipal del Cantón Riobamba". *Scielo* , vol. 5, n° 10 (2019) p. 1.

ORDOÑEZ, Katherine. Estrategias para mitigar el impacto ambiental generado por la porcicultura hacia la contribución del desarrollo sostenible (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2019. p.43.

PLASCENCIA ROSALES, Cinthia Elena. "Estudio de codigestión de residuos orgánicos agroindustriales para la producción y uso de biogás" *Scielo* , vol. 2, n° 6 (2014) p. 10.

PRODUCCIÓN PORCINA EN ECUADOR. "Produccion del Ecuador en la ecualidad, un nuevo reto para la poducción". *Scielo* , vol. 20, n° 15 (2019) p. 17.

QUILUMBANGO FLORES, Silvia Cecilia. "Evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini-biodigestores en Intag, cantón Cotacahi, provincia de Imbabura. Ibarra" *Scielo* , vol. 2, n° 17 (2012) p. 10.

REDBIOLAC 2020. *Biodigestores.* Ecuador: 2020, p.5.

ROCHIMA CHIMBO , Hilda Marlene. "Diseño de un biodigestor para la generación de biogás y biol en la comunidad de illagua del cantón guaranda." *Scielo* , vol. 1, n° 2 (2019) p. 1.

Román Nevarez, Liseth Lorena. 2016. "Diseño de un biodigestor para la generación de biogás a partir de desechos orgánicos de ganado bovino y porcino en la comunidad 25 de diciembre

parroquia tres de noviembre, cantón joya de los sachas, provincia de orellana". *Scielo* , vol. 2, n° 1 (2016) p. 7.

SALAZAR ABAD, José Balentin & ARIAS BONILLA, Janeth Lizeth. 2016. "Diseño y construcción de un biodigestor para producción de biogás a partir de estiércol vacuno en la Finca Isabel de la Parroquia Taracoa, Provincia de Orellana" *Revista UCE* , vol. 3, n° 2 (2015) p. 17.

TOALA MOREIRA , Edwin Eyner. Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. p.43.

TORRES ANDY , Jefferson Feliberto. Diseño de un biodigestor para la producción de biol a partir de excretas de ganado vacuno generado en la finca “la envidia” parroquia la belleza cantón francisco de orellana coca. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. p.46.

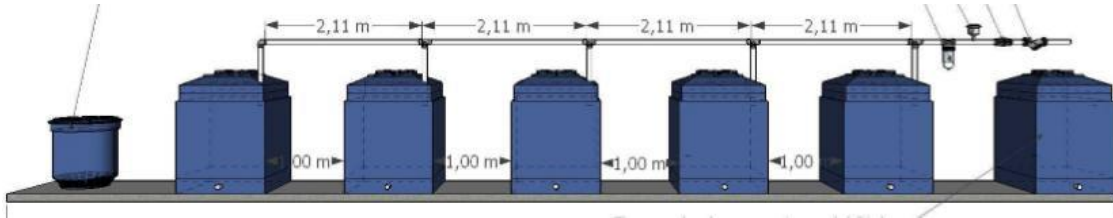
VERA, Ivan. et al. Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. p.7.

VERA, Veronica. Diseño de un biodigestor tipo bolsa flexible utilizando desechos de estiércol porcino, en la finca divino niño, en la comunidad campo alegre, parroquia san josé de payamino (Trabajo de Titulación). (Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. p.4.

YAUYO, Luz. "Elaboración de un biodigestor piloto tubular para el manejo de estiércol porcino, en una de las viviendas de la Asociación Agropecuaria Los Lúcumos de Pachacamac. S.l.: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur". *Scielo* , vol. 3, n° 2 (2016) p. 17..

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BIODIGESTORES



Para que el sistema de Biodigestores opere con éxito es necesario considerar parámetros necesarios, de este modo se asegurará que el proceso de digestión se lleve a cabo de forma adecuada a fin de darle un tratamiento a las excretas para obtener biogás. A continuación, se detallan los parámetros

a) **Materia prima útil**

Una vez que se haga la recolección total de los desechos útil para preparar la carga, se debe eliminar los materiales ajenos como madera, plástico entre otros, ya que estos al estar presentes en el proceso podrían limitar la producción de biogás.

b) **Relación excretas-agua**

La relación excretas-agua, es uno de los parámetros importantes que debe ser tomado en cuenta para que se dé proceso ya que determina el grado de humedad al exterior del biodigestor, cabe mencionar que al estar un medio carente de agua los microorganismos no pueden degradar con facilidad la materia orgánica disponible, mientras que si el medio presenta mayor cantidad de agua se verá pobre el medio de digestión, por ello es necesario trabajar con una relación 1:2 que equivale a 2 Kg de agua por un Kg de excreta.

c) **Carga de sustrato al sistema de biodigestores**

Se debe cargar cada día 104,97 L durante 8 días hasta completar 839,28 L total a cada tanque, para completar los 5 tanques se debe cargar de la siguiente manera, el primer tanque 8 días consecutivos, al 9no día se procede a llenar el segundo tanque hasta el 16 día, al 17 día se deberá llenar el tercero hasta el 24, luego al día 25 hasta el día 32 el cuarto tanque y finalmente al día 33 hasta el día 40 se deberá llenar el quinto y último tanque.

d) Monitoreo del sistema de biodigestores.

Se debe de controlar la temperatura interna de los biodigestores mediante los termómetros, también controlar la presión dentro de los biodigestores para evitar algún daño y perjuicio.

e) Conducción de biogás

Para conducir el biogás hasta su zona de requerimiento se debe abrir las válvulas de paso en cada uno de los biodigestores en su orden de carga.

f) Descarga y mantenimiento del sistema de biodigestores

Una vez terminado el proceso de digestión en los 40 días, los tanques deben ser descargados y lavados cuidadosamente sin ningún componente químico para así evitar la contaminación de los Biodigestores.

ANEXO B: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS Elaborado por: Maoly Valencia	Levantamiento de información de la zona de estudio		
	LÁM	ESC		FECHA		
a) Toma de coordenadas geográficas	Aprobado	Preliminar		1	1:1	30/09/2022
b) excretas directas.	Certificado	Por aprobar				
c) Registro de cerdos	Información	Por calificar				

ANEXO C: GENERACIÓN DIARIA DE ESTIÉRCOL

GENERACIÓN DE EXCRETAS DISPONIBLES A DIARIO EN LA CHANCHERA																						
Números de corrales- Numero de cerdos- Peso de excretas kg																						
DÍAS	FECHA	Corral 1		Corral 2		Corral 3		Corral 4		Corral 5		Corral 6		Corral 7		Corral 8		Corral 9		Corral 10		Total
		Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	Cerd	Kg Exc	
Lunes	7/3/2022	1G	3,05	1G	3,42	1G	2,75	2M	4,5	2M	4,36	5P	1,23	5P	1,25	3P	0,75	3M	6,44	3M	6,78	34,53
Martes	8/3/2022	1G	3,02	1G	3,4	1G	2,69	2M	4,56	2M	4,54	5P	1,28	5P	1,25	3P	0,75	3M	6,03	3M	6,46	33,98
Miércoles	9/3/2022	1G	3,2	1G	3,15	1G	2,58	2M	5,01	2M	4,7	5P	1,19	5P	1,95	3P	0,78	3M	6,45	3M	6,5	35,51
Jueves	10/3/2022	1G	2,95	1G	3,45	1G	2,8	2M	3,95	2M	4,5	5P	1,03	5P	1,19	3P	0,68	3M	6,8	3M	6,9	34,25
Viernes	11/3/2022	1G	3,05	1G	3,33	1G	2,58	2M	4,5	2M	4,51	5P	1,2	5P	0,95	3P	0,7	3M	5,96	3M	6,89	33,67
Sábado	12/3/2022	1G	3,05	1G	3,42	1G	2,45	2M	5,8	2M	5,1	5P	1,24	5P	1,26	3P	0,85	3M	6,9	3M	6,9	36,97
Domingo	13/3/2022	1G	3,04	1G	3,42	1G	3,01	2M	3,9	2M	4,56	5P	1,25	5P	1,25	3P	0,5	3M	6,84	3M	6,7	34,47
Lunes	14/3/2022	1G	3,04	1G	3,4	1G	2,79	2M	4,49	2M	4,56	5P	1,24	5P	1,31	3P	0,75	3M	6,01	3M	6,5	34,09
Martes	15/3/2022	1G	3,18	1G	2,95	1G	2,79	2M	4,46	2M	4,56	5P	2,05	5P	1,95	3P	0,8	3M	6,84	3M	6,8	36,38
Miércoles	16/3/2022	1G	3,04	1G	3,45	1G	2,7	2M	4,35	2M	4,65	5P	1,25	5P	1,23	3P	0,85	3M	6,67	3M	6,8	34,99
Jueves	17/3/2022	1G	2,99	1G	3,4	1G	2,78	2M	4,56	2M	4,56	5P	1,26	5P	1,25	3P	0,75	3M	7,01	3M	6,89	35,45
Viernes	18/3/2022	1G	3,02	1G	3,42	1G	2,9	2M	4,56	2M	3,5	5P	2,01	5P	2,01	3P	0,75	3M	6,8	3M	6,84	35,81
Sábado	19/3/2022	1G	3,24	1G	3,54	1G	2,9	2M	3,99	2M	4,29	5P	1,25	5P	1,3	3P	0,9	3M	6,85	3M	6,55	34,81
Domingo	20/3/2022	1G	2,89	1G	3,01	1G	2,41	2M	4,89	2M	4,77	5P	1,25	5P	1,3	3P	0,66	3M	6,78	3M	6,69	34,65
PROMEDIO		3,05428571		3,34		2,72357143		4,537142857		4,51142857		1,33785714		1,38928571		0,74785714		6,59857143		6,72857143		34,9685714
EXCRETAS GENERADAS PROMEDIO POR CERDO SEGÚN SU ETAPA DE CRECIMIENTO																						
G =Grandes												3,039 kg/día										
M=Medianos												2,237 kg/día										
P= Pequeños												0,266 kg/días										

ANEXO D: RESULTADO DE ANÁLISIS DE EXCRETAS EN EL LABORATORIO



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de marzo del 2022
 Análisis solicitado por: Srta. Maoly Girabel Valencia Perlaza
 Tipo de muestras: Muestra fresca de excretas de ganado porcino
 Proyecto: **DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE LAS EXCRETAS DE GANADO PORCINO, EN LA CHANCHERA NAUL VÉLEZ DEL RECINTO TIMBRE, PARROQUIA SAN MATEO, CANTON Y PROVINCIA DE ESMERALDAS**

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Materia orgánica (base seca)	%	Gravimétrico (incineración 500°C)	74,4
Carbono Orgánico	%	Walkley Black Oxi.-Red.	41.2
Nitrógeno total	%	Digestión Acido/base colorimetría	1.30
Humedad	%	Gravimétrico (24H a 75°C)	69.61
Sólidos Totales	%	Gravimétrico (24H a 75°C)	30.39
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	8.24 x 10 ⁹

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
 RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Análisis físicos, químicos y microbiológicos		
	Aprobado Preliminar	Elaborado por: Maoly Valencia	LÁM	ESC	FECHA
	Certificado Por aprobar		2	1:1	30/09/2022
	Información Por calificar				

ANEXO E: TANQUE CILÍNDRICO DE PLASTIGAMA

TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL / TIPO BOTELLA

USO SUPERFICIAL

- Hermético, tapa de traba con seguro giratorio.



Especificaciones Técnicas



Capacidad litros	A	B	H
	mm	mm	mm
250	550	695	880
500	550	860	1165
1100	550	1120	1465
2500	550	1570	1520

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Tanque Cilíndricos de Polietileno		
		Aprobado		Preliminar		LÁM
	Certificado	Por aprobar	Elaborado por: Maoly Valencia	3	1:1	30/09/2022
	Información	Por calificar				

ANEXO F: TANQUE CÓNICO DE PLASTIGAMA

TANQUE APILABLE CÓNICO

USO SUPERFICIAL

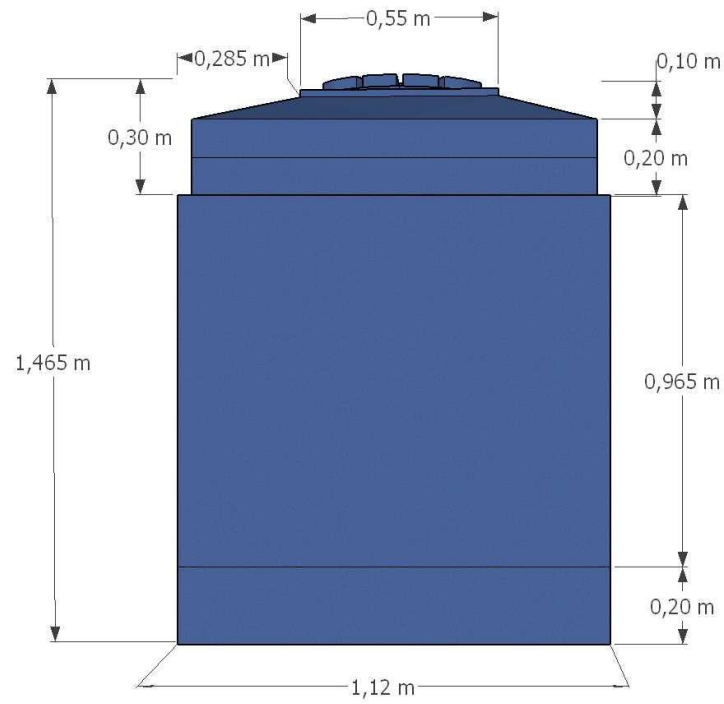
- Apilable, permite el ahorro de espacio al almacenar.



Capacidad litros	A 1	A 2	H (con tapa)
	mm	mm	mm
250	835	590	860
500	1150	710	1080
1000	1241	995	1200
2000	1630	1180	1610

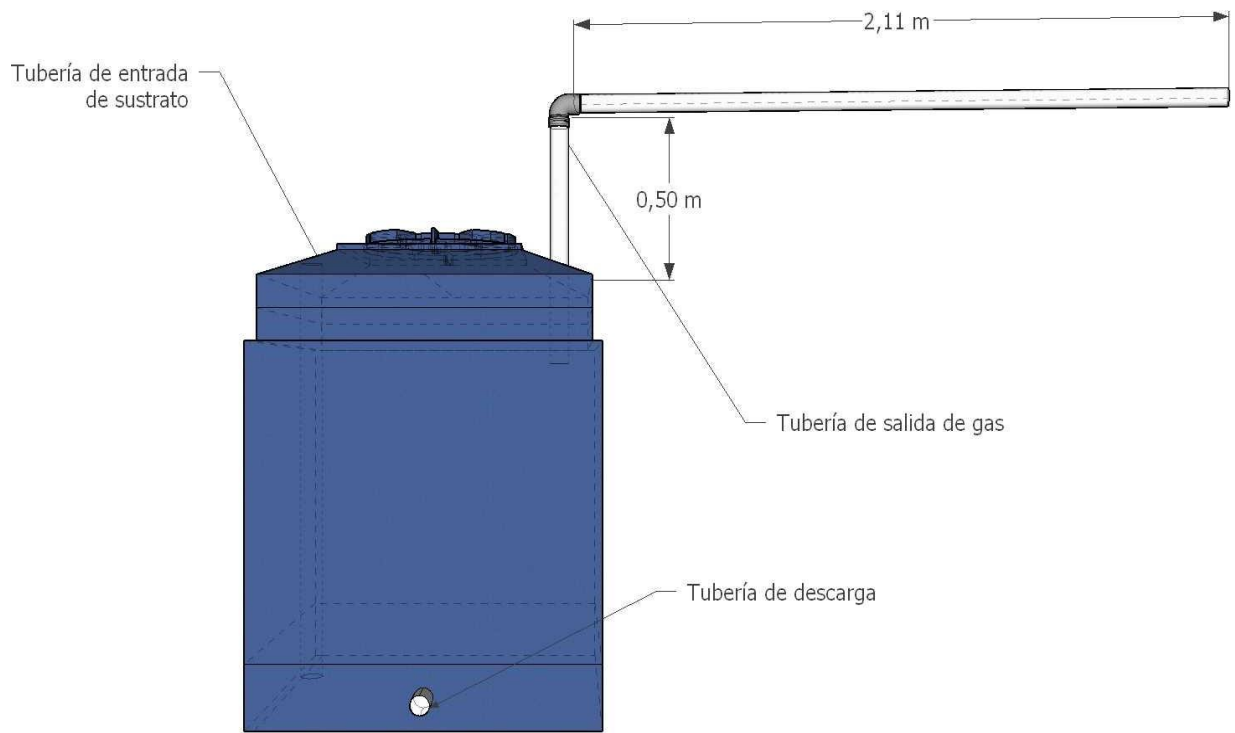
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Tanque Cónico de Polietileno		
	Aprobado	Preliminar		LÁM	ESC	FECHA
	Certificado	Por aprobar	Elaborado por: Maoly Valencia	4	1:1	30/09/2022
	Información	Por calificar				

ANEXO G: DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE BIODIGESTOR



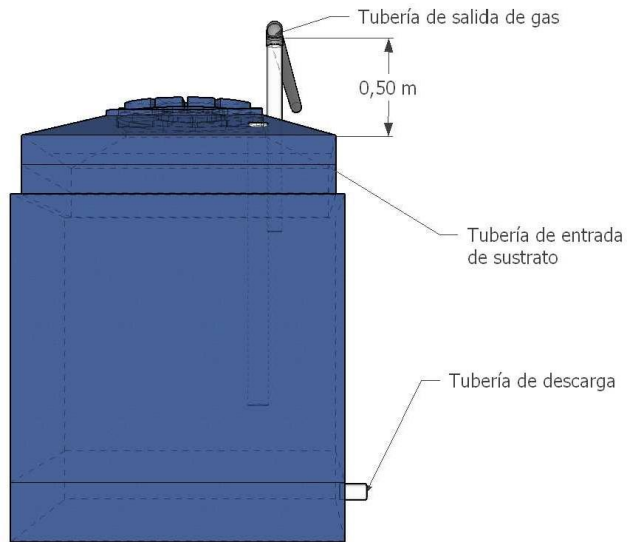
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Tanque Cilíndricos de Plastigama de 1100 L		
	Aprobado	Preliminar				
	Certificado	Por aprobar		LÁM	ESC	FECHA
	Información	Por calificar	Elaborado por: Maoly Valencia	5	1:1	30/09/2022

ANEXO H: VISTA FRONTAL DEL BIODIGESTOR



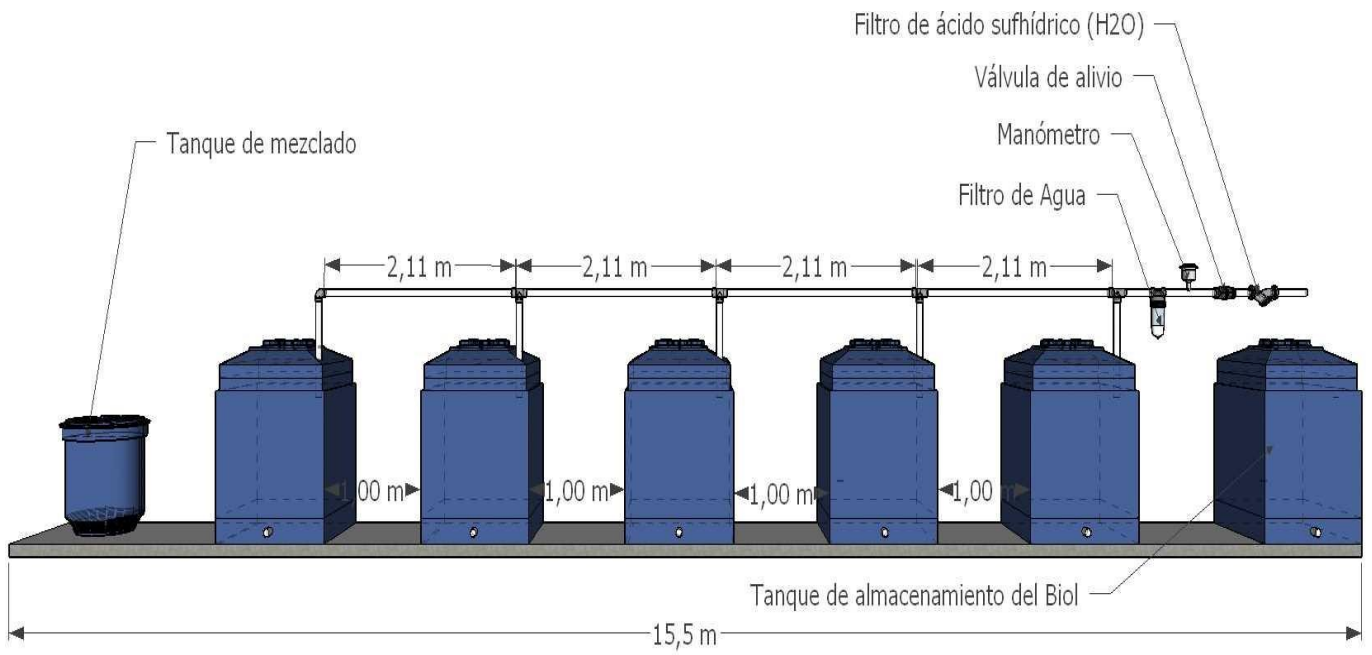
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Vista frontal del biodigestor		
	Aprobado	Preliminar				
	Certificado	Por aprobar		Elaborado por: Maoly Valencia	LÁM	ESC
Información	Por calificar	6	1:1		30/09/2022	

ANEXO I: VISTA LATERAL DEL BIODIGESTOR



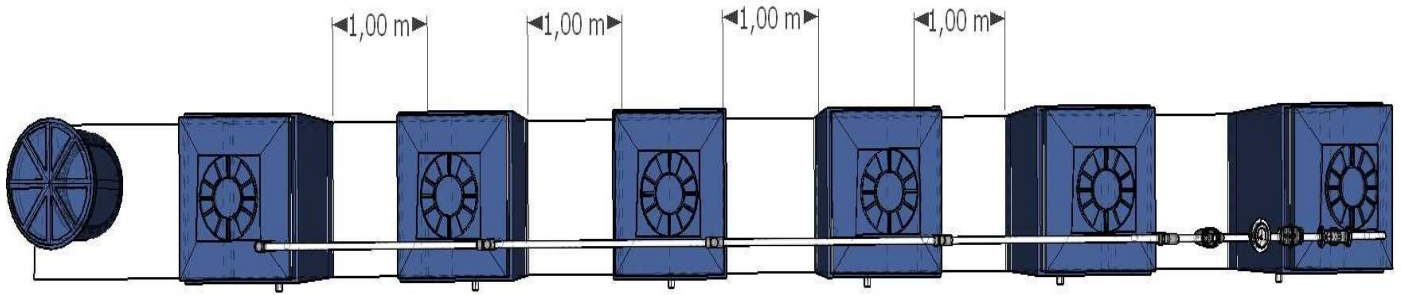
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Vista lateral del biodigestor		
	Aprobado	Preliminar		LÁM	ESC	FECHA
	Certificado	Por aprobar		7	1:1	30/09/2022
	Información	Por calificar	Elaborado por: Maoly Valencia			

ANEXO J: VISTA FRONTAL DEL SISTEMA COMPLETO



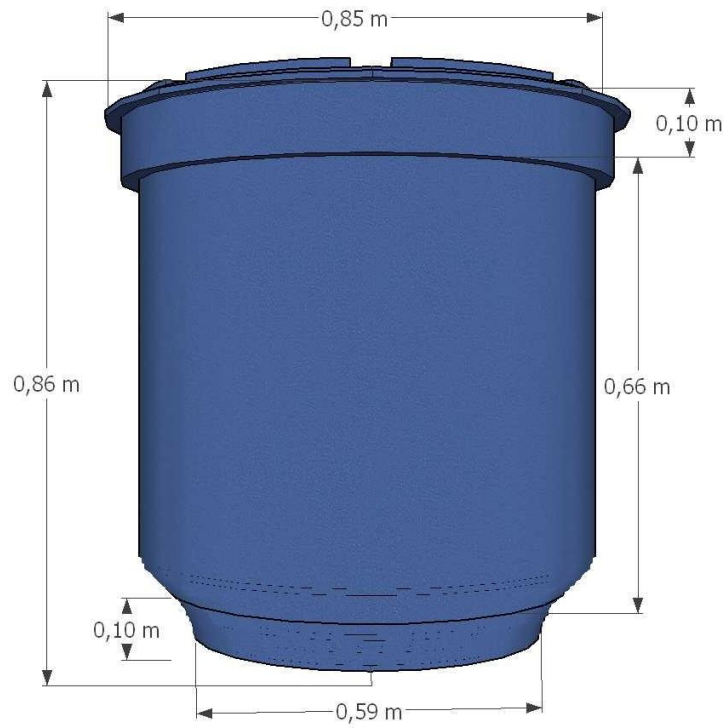
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Vista frontal del sistema de biodigestores		
	Aprobado	Preliminar				
	Certificado	Por aprobar		Elaborado por:	LÁM	ESC
Información	Por calificar	Maoly Valencia	8	1:1	30/09/2022	

ANEXO K: VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA COMPLETO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS Elaborado por: Maoly Valencia	Vista superior del sistema de biodigestores		
	Aprobado	Preliminar				
	Certificado	Por aprobar		LÁM	ESC	FECHA
Información	Por calificar	9	1:1	30/09/2022		

ANEXO L: DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE MEZCLADO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	Tanque de Mezcla		
	Aprobado	Preliminar		LÁM	ESC	FECHA
	Certificado	Por aprobar		10	1:1	30/09/2022
	Información	Por calificar	Elaborado por: Maoly Valencia			



esPOCH

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 2 / 02 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Maoly Girabel Valencia Perlaza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Saltos Hidalgo



0131-DBRA-UPT-2023