

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo para generar
biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas alto
andinas, Juliaca - 2020**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Rober Lee Quispe Condori

Asesor:

Mg. Jael Calla Calla

Juliaca, octubre del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

MSc. Jael Calla Calla, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO PARA GENERAR BIOGÁS A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO VACUNO EN ZONAS ALTOANDINAS, JULIACA-2020" constituye la memoria que presenta el bachiller Rober Lee Quispe Condori, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Juliaca, a los 27 días del mes de octubre del año 2021.



MSc. Jael Calla Calla



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 07 día(s) del mes de octubre del año 2021, siendo las 11:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: MSc. Benajir Francis Herrera Yucra, el secretario: Ing. Miguel Angel Salcido Enriquez y los demás miembros: MSc. Rose Adeline Ballata Chura - Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera y el asesor MSc. Jael Balla Balla

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo para generar biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas altoandinas, Juliaca-2020"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) Rober Lee Quispe Condori b) conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental (Nombre del Título Profesional)

con mención en

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Rober Lee Quispe Condori

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: Aprobado, 18, A-, Muy bueno, Sobresaliente

Candidato (b):

Table with columns: CALIFICACIÓN, ESCALAS (Vigesimal, Literal, Cualitativa), Mérito. Row 1: (Empty)

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Asesor

Candidato/a (a)

Miembro

Handwritten signatures for Secretario and Miembro

Candidato/a (b)

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a Dios por la oportunidad de cumplir una meta más en cuanto a mi formación académica. A mis padres Gerardo Quispe Apaza y Pascuala Condori Quispe, a mis hermanos Nancy, Víctor, Luis, mi mamita Agustina y a mi novia Ayda por enseñarme a ser perseverante en cada aspecto de mi vida.

Agradecimientos

A Dios, por guiarme y acompañarme todos los días de mi vida y poder culminado esta meta.

A mi asesor Mg. Jael Calla Calla por el apoyo y soporte que me brindo en el proceso.

Al Mg. Vigo por orientarme, alentarme y no dejarme solo en este largo proceso, asimismo a la Mg Rose Callata por su paciencia y comprensión, además de la ayuda en todo el proceso administrativo.

A mis padres por su incondicional apoyo porque gracias a ellos pude iniciar y terminar mi carrera profesional.

A la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca a los docentes de la E.P. de Ingeniería Ambiental por su desempeño y calidad profesional.

INDICE GENERAL

Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
CAPÍTULO I	15
El Problema.....	15
1.1.Planteamiento del problema	15
1.1.1. Pregunta general	17
1.1.2. Preguntas especificas.....	17
1.2.Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II	19
Marco teórico.....	19
2.1.Marco bíblico filosófico.....	19
2.2. Antecedentes de la investigación	20
2.2.1. Internacionales	20
2.2.2 Nacionales	22
2.3.Bases teóricas	25
2.3.1. Marco legal	25
2.3.2. Biogás.....	26
2.3.2.1Ventajas de la utilización del biogás.....	26
2.3.2.2.Historia del biogás	27
2.3.2.3.Componentes del biogás.....	27
2.3.3. Biomasa.....	28
2.3.3.1.Tipos de biomasa	28
a) Biomasa natural:.....	29
b) Biomasa residual:	29
2.3.3.2.Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica	29
2.3.3.3.Tiempo de retención de la biomasa	30
2.3.4. Biodigestor	30
2.3.4.1.Ventajas de un biodigestor	30
2.3.4.2.Clasificación de biodigestores	31
2.3.5. Biodigestión	31
2.3.5.1.Biodigestión anaeróbica	31

2.3.6. Tipos de biodigestores.....	32
2.3.6.1.Biodigestor de flujo continuo	32
2.3.6.2.Biodigestor de flujo discontinuo	33
2.3.7.Definición de términos.....	33
a) Biogás.....	33
b) Biodigestor.....	33
c) Digestión anaeróbica	33
d) Biomasa.....	34
f) Materia orgánica:	34
g) Temperatura:	34
2.3.8. Terma solar.....	34
2.3.9. Tubos de vacío – borocilicato	35
2.4.Hipótesis	35
2.4.1. Hipótesis general	35
2.4.2. Hipótesis específicas	35
CAPITULO III	36
Materiales y métodos	36
3.1.Lugar de ubicación.....	36
3.2.Tipo de investigación	39
3.3.Variable del estudio.....	39
3.4.Desarrollo del proyecto de investigación	39
3.4.1. Materiales	39
3.4.2. Medición de parámetros	41
3.4.3. Proceso de construcción del invernadero	41
3.4.4. Proceso de construcción del biodigestor	42
3.4.4.1.Componentes del biodigestor	43
3.4.5. Adición de cubierta a los tubos de vacío.....	44
3.5.Metodología para la generación de biogás	45
3.5.1. Diagrama general del proceso.....	45
3.5.2. Recolección de la Biomasa.....	46
3.5.3. Mezclado de la biomasa	46
3.5.4. Proceso de Fermentación.....	46
3.5.5. Monitoreo.....	47
3.5.5.1.Monitoreo de temperatura	47

3.5.5.2. Monitoreo de producción de biogás	47
3.5.6. Pruebas de hermeticidad	47
3.5.7. Control de sobrecarga de calor de biomasa	48
CAPITULO IV	49
RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
4.1. Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas	49
4.2. Implementación de un biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar e invernadero	49
4.2.1 Biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar	49
4.2.2. Invernadero artesanal	51
4.3. Determinación de la producción de biogás	53
4.3.1. Resultados de parámetros monitoreados	53
4.4. Determinación del comportamiento de la temperatura durante el proceso. ...	58
4.4.1. Proceder de la temperatura en relación con la producción de biogás en la estación de verano.	58
4.4.2. Proceder de la temperatura en relación con la producción de biogás en la estación de otoño.	61
CAPÍTULO V	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. Conclusión	64
5.2. Recomendaciones	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de biogás	28
Tabla 2. Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica	29
Tabla 3. Tiempo de retención de la Biomasa	30
Tabla 4. Ubicación geográfica del área de investigación	36
Tabla 5. Materiales de construcción	40
Tabla 6. Materiales de preparación y monitoreo	41
Tabla 7. Métodos de análisis de parámetros monitoreados	41
Tabla 8. Resultados del monitoreo en la estación de verano.....	54
Tabla 9. Resultados del monitoreo en la estación de otoño.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio ArcGis (2021)	37
Figura 2. Mapa de ubicación Geográfica de la zona de estudio ArcGis (2019)....	38
Figura 3. Diagrama de flujo de Producción de Biogás en un reactor discontinuo.	45
Figura 4. Diseño de biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar.....	50
Figura 5. Diseño de Invernadero	52
Figura 6. Producción de biogás acumulada con tiempo de retención de 30 días, estación de verano y otoño.	56
Figura 7. Relación de producción de Biogás con la Temperatura Ambiente.....	59
Figura 8. Relación de producción de Biogás con la Temperatura del Invernadero artesanal.....	60
Figura 9. Relación de producción de Biogás con la Temperatura de la Biomasa	60
Figura 10. Relación de producción de Biogás con la Temperatura Ambiental	61
Figura 11. Relación de producción de Biogás con la Temperatura del Invernadero Artesanal	62
Figura 12. Relación de producción de Biogás con la Temperatura de la Biomasa	63

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Recubrimiento de Estructura de invernadero con Plástico Grueso.....	72
Anexo B. Orificio de Salida de Biogás y salida de excedente	72
Anexo C. Orificio de Limpieza y Salida del Biól.....	73
Anexo D. Válvula Reguladora de Presión	73
Anexo E. Termómetro digital.....	74
Anexo F. Medidor de biogás marca GoldCard G 1.6.....	74
Anexo G. Cámara de almacenamiento del biogás	75
Anexo H. Termómetro Bimetálico.....	75
Anexo I. Construcción del biodigestor de flujo discontinuo	76
Anexo J. Preparación y dilución de la Biomasa.....	76
Anexo K. Biodigestor de flujo discontinuo terminado y en funcionamiento	77
Anexo L. Prueba de combustión de gas obtenido.....	77
Anexo M. Colocación de Plástico para la segunda prueba.	78
Anexo N. Preparación y dilución de la Biomasa (Segunda prueba)	78
Anexo O. Conexión de líneas de conducción de gas	79
Anexo P. Colocación de cubierta para sobrecarga de temperatura	79
Anexo Q. Prueba de combustión de gas obtenido (Segunda prueba)	80
Anexo R. Medidas de capacidades del biodigestor de flujo discontinuo	81
Anexo S. Medidas y capacidades del invernadero.....	82
Anexo T. Materiales de construcción del biodigestor de flujo discontinuo.....	83
Anexo U. Cadena de custodia –Producción de biogás en la estación de verano del mes de Diciembre del 2020.....	84
Anexo V. Cadena de custodia –Producción de biogás en la estación de Otoño del mes de Abril del 2021.....	86
Anexo W. Partes principales del biodigestor de flujo discontinuo.....	88
Anexo X. Partes principales del invernadero.....	89
Anexo Y. FICHA TECNICA -Terma solar	90
Anexo Z. FICHA TECNICA -Medidor de gas.....	91

NOMENLATURA Y SIMBOLOS UTILIZADOS

m ³	: Metros cúbicos
m	: Metros
Km	: Kilómetros
L	: Litros
C°	: Grados Centígrados
%	: Porcentaje
“	: Pulgadas
m s. n. m	: Metros sobre el nivel del Mar
PVC	: Policloruro de vinilo
GLP	: Gas licuado de petróleo
GWh	: Gigavatios
EM	: Microorganismos Eficientes
DQO	: Demanda Química de Oxígeno
pH	: Potencial de Hidrógeno
AR	: Aguas Residuales
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
OMS	: Organización Mundial de la Salud
CH ₄	: Metano
WGS	: World Geodetic System
UTM	: Universal Transverse Mercator

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar un biodigestor de flujo discontinuo para la producción de biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas alto andinas con la finalidad de brindar un aporte en el tratamiento y aprovechamiento de las excretas de ganado vacuno en zonas frías.

Metodología: Se aplicó la método de diseño y construcción de un biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar, así mismo la construcción de un invernadero artesanal para garantizar un ambiente homogéneo de temperatura que oscile de 25°C – 35°C.

Resultados: La producción de biogás fue considerable considerando los factores climáticos y prácticos, el cual se obtuvo 53.2 L de biogás en la estación de otoño y 56.6L en la estación de verano durante un tiempo de retención de 30 días y una temperatura de biomasa que oscilo entre 19.5 - 29 °C y 21°C – 35°C durante todo el proceso, gracias a esto podemos afirmar que un biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar e invernadero es una excelente alternativa para el tratamiento de excretas de origen bovino en zonas alto andinas.

Palabras clave: Biodigestor, Excretas de ganado vacuno, Digestión anaerobia, Producción de biogás.

Abstract

The present study aimed to evaluate a discontinuous flow biodigester for the production of biogas from cattle excreta in high Andean areas in order to provide a contribution in the treatment and use of cattle excreta in cold areas.

Methodology: The design and construction method of a discontinuous flow biodigester with solar heating was applied, as well as the construction of an artisan greenhouse to guarantee a homogeneous temperature environment ranging from 25 ° C - 35 ° C.

Results: The biogas production was considerable considering the climatic and practical factors, which obtained 53.2 L of biogas in the autumn season and 56.6L in the summer season during a retention time of 30 days and a biomass temperature that it ranges between 19.5 - 29 ° C and 21 ° C - 35 ° C throughout the process, thanks to this we can affirm that a discontinuous flow biodigester with solar and greenhouse heating is an excellent alternative for the treatment of bovine excreta in areas Andean highlands.

Keywords: Biodigester, Cattle excreta, anaerobic digestion, Biogas production.

CAPÍTULO I

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial la población suma más de 7 000 millones y se estima que en el año 2030 habrá más de 8 000 millones de personas, existe una demanda de energía mundial, en los últimos años los comúnmente más usados para la generación de energía son el gas natural, carbón, petróleo, energía nuclear, y fuentes renovables, sin embargo, una preocupación mundial es como generaremos energía en el futuro, se sabe que las energías renovables transforman y aprovechan energía útil que no se agotan en una escala humana de tiempo (Estrada, 2013)

A si mismo (Environmental Defense Fund, 2021) menciona que la mala disposición de excretas y emisión de gas metano contribuyen a la contaminación del aire, este gas de efecto invernadero, este cuenta con un poder calorífico 80 veces mayor que el dióxido de carbono.

En el mundo existe una cantidad de investigaciones sobre las energías renovables, la biomasa es una de las más usadas para su producción, algunos cálculos mencionan que la tierra aprovecha el 1% del total de la radiación solar; cerca de 220.000 Mega toneladas de biomasa son producida, es decir diez veces más de la energía global usada en un año. (Rodríguez & García, 2017).

Diversos países no toman conciencia en considerar el estiércol y convertirlo en abono para plantas u otros usos los cuales desconocen, asimismo se estima que en el Perú la producción anual entre estiércol y purines es de 130 millones de toneladas por año, de las cuales el 50% son generados por el ganado vacuno y porcino, el uso que se le da a estas es fertilizante sin tratamiento y compostaje (Chávez, 2016).

En el Perú un 90% de la población que vive en zonas rurales o semiurbanas recurre a la biomasa como combustible, es usada en fogones tradicionales dándole un mal uso y poniendo en riesgo su salud exponiéndose a enfermedades respiratorias, pulmonares y oculares (Poggio, Ferrer, Batet& Velo, 2009).

El Diario Los Andes, nos menciona que en la ciudad de Juliaca no hay un cuidado y control respecto a las excretas de ganado vacuno, ovino, porcino, etc. Las cuales son desechadas por los ganaderos afectando de esta forma a las personas que viven alrededor de la plaza de ganado la cual por motivos de contaminación fue trasladada y dividida en dos. Asimismo mencionan que los pobladores deberíamos de usar esos desechos como abono o darle algún uso, sin embargo hasta el momento no existe la iniciativa de ningún poblador ni profesional (Ramos, 2019).

Por otro lado (Cotacallapa, 2021), menciona que en la ciudad de Juliaca la contaminación por CH₄ genera nieblas a causa de la descomposición de residuos sólidos, orgánicos y plásticos especialmente en los mercados por la presencia de vertederos clandestinos.

1.1.1. Pregunta general

- ¿Se puede evaluar un biodigestor de flujo discontinuo para generar Biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas alto andinas, Juliaca, 2020?

1.1.2. Preguntas específicas

- ¿Se podrá Implementar un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas con calentamiento solar?
- ¿Se puede determinar la producción de Biogás de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas con calentamiento solar e invernadero en dos estaciones del año?
- ¿Se podrá determinar el comportamiento de la temperatura durante el proceso de digestión?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar un biodigestor de flujo discontinuo para generar biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas alto andinas, Juliaca –2020.

1.2.2. Objetivos específicos

- Implementar un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas con calentamiento solar e invernadero.
- Determinar la producción de biogás de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas en dos estaciones del año.
- Determinar el comportamiento de la temperatura durante el proceso de digestión.

1.3. Justificación de la investigación

La investigación a desarrollar es de suma importancia ya que se brindará nuevos aportes a la comunidad científica, asimismo se dará a conocer cuál es la importancia de las excretas de ganado vacuno y el uso que podríamos darle a estos.

Un encuentro de especialistas del medio ambiente se llevó a cabo en Costa Rica donde expusieron los puntos importantes del aprovechamiento del estiércol y otros residuos agrícolas, donde se dio a conocer que un beneficio de estos es la producción de Biogás, nuestra nueva fuente de energía y de esta forma reduciríamos emisiones de gases de efecto invernadero (IICA, 2017).

Las familias usan con mayor énfasis las cocinas y así poder preparar sus alimentos, y el uso del Biogás es un método de ahorro ya que dejaran de comprar leña o algún otro tipo de combustible que ayude con la cocción de sus alimentos (Taramona, 2014)

A nivel de Latinoamérica el incremento de las excretas de ganado vacuno, ovino, etc. Nos da como opción de solución el aprovechamiento de las excretas de ganado vacuno, para un bien común (Cervi, Esperancini& Bueno, 2011).

El Altiplano Andino utiliza con gran frecuencia las cocinas tradicionales las cuales generan humo, causando daños a su salud y al medio ambiente (Poggio et al., 2009). Asimismo la OMS menciona que la contaminación del aire es un riesgo medioambiental para la salud, si esta descendiera, la tasa de mortalidad tendría un gran cambio, ya que podríamos evitar enfermedades, muertes a causa de accidentes cerebrovasculares, cáncer de pulmón, neuropatías crónicas o agudas, etc. (Organización Mundial de la Salud, 2018)

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1. Marco bíblico filosófico

Dios es el creador de la naturaleza y el sustentador de la vida (Isaías 45:12).

Todo lo creado es bueno, nada es despreciable (Génesis 1:31).

Los problemas ambientales son consecuencia del pecado del hombre (Génesis 3:17-18).

Dios llama a una reconciliación al hombre, y a restablecer una nueva relación con su ambiente (Segundo libro de Crónicas 7:14)

Dios creó la Tierra para que fuera el hogar perfecto de la humanidad. Su palabra asegura: “A Jehová pertenecen los cielos, pero la tierra la ha dado a los hijos de los hombres” (Salmo 115:16). Y dijo Dios: He aquí que os he dado toda planta que da semilla, que está sobre toda la tierra, y todo árbol en que hay fruto y que da semilla; os serán para comer. Y a toda bestia de la tierra, y a todas las aves de los cielos, y a todo lo que se arrastra sobre la tierra, en que hay vida, toda planta verde les será para comer. Y fue así. Y vio Dios todo lo que había hecho, y he aquí que era bueno en gran manera. Y fue la tarde y la mañana el día sexto (Génesis 1:29-30-31).

Jehová Dios hizo la Tierra para que fuera el hogar ajardinado de la humanidad. Al ver su obra, la calificó de ‘muy buena’ y le encomendó al hombre que ‘la cultivara y la cuidara’ (Génesis 1:28, 31; 2:15). ¿Qué siente Dios al contemplar su estado actual? Es obvio que está sumamente ofendido por la mala administración de los hombres, pues Revelación (Apocalipsis 11:18.).

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Internacionales

(Durazno, 2018) elaboró una investigación titulada “Valorización de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas”, el trabajo se desarrolló con el objetivo de diseñar un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral. Con el método de diseño de un biodigestor cilíndrico de producción por etapas con volumen de carga de 233 L y los resultados obtenidos a partir de un tiempo de retención de 50 días para cada tipo de estiércol determinaron una producción de biogás de 48.8 L y 65.9 L (0.0488 m³).

Martínez en el 2015 realizó una investigación titulada Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado Guanajuato, el objetivo principal fue calcular la cantidad de biogás potencialmente extraíble de las excretas de los puercos, el método utilizado fue biodigestión anaerobia, el resultado nos indica que el aprovechamiento total de la biomasa producida por las excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato, produciría un equivalente energético de más de 100 mil barriles de petróleo al año, es posible obtener casi 60 GWh por año, lo que equivale a un generador eléctrico de 6.6 MW de esta forma generará electricidad permanente y continua, con la producción de esta energía se dejaría

de producir cerca de 40 mil toneladas de CO₂ (dióxido de carbono), y al quemar metano contenido en el biogás, se dejaría sin liberar este elemento a la atmósfera, como sucedería de manera natural en el proceso de fermentación o descomposición (Martínez, 2015).

Un estudio realizado en Guayaquil – Ecuador a cargo de Arce en el 2011, titulada Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral, esta investigación tuvo como objetivo el diseñar un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral, el método utilizado fue de fermentación anaerobia, los resultados dieron una producción total de Biogás la cual fue 6m³, con una velocidad de producción de 0.194 m³ por día, asimismo se halló una concentración de metano teniendo un porcentaje de 55% dentro de la composición del biogás a partir de la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y del conejo, el tiempo de retención fue de 30 días con una temperatura de 27 °C.

Según (Chiriboga, 2010), en su tesis titulada “Desarrollo de producción de biogás y fertilizante orgánico a partir de mezclas de desechos de procesadora de fruta”, tales estudios realizados con una metodología de fermentación discontinua nos muestran que la mezcla insuperable de desecho de fruta con estiércol de vaca es de 4:1, la composición optima de mezcla es de 1:1, se determina en los reactores semi-continuos la carga orgánica optima de 5 kg DQO/m³ por día, la cual genera la máxima producción especifica de biogás por kilogramo de DQO removido con un valor de 0.19 m³ Biogás/ Kg DQO removida.

2.2.2 Nacionales

(Arrieta, 2016), desarrollo su investigación “Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado” dicho trabajo tuvo como objetivo lograr el diseño de una instalación de biogás en escala doméstica que permita aprovechar excretas de ganado vacuno y porcino para generar energía, y así lograr iluminación y el hervor diario de alimentos que lo requieran para una familia de unos cinco o seis miembros, el mencionado trabajo requiere el diseño, incluye el dimensionamiento del biodigestor, donde se produce la fermentación o degradación de dichas excretas a través de la digestión anaeróbica, en conclusión la producción de biogás es de vital importancia en las familias que viven en zonas alejadas, asimismo les da el beneficio de aprovechamiento de excretas de ganado para su uso doméstico el cual es eficaz, para estas familias es mucho más rentable un biodigestor de plástico siempre y cuando también saquen provecho del biogás y biol, el segundo como para fertilizante orgánico

(Vega, 2015) realizó una investigación “Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación - de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la institución educativa privada cristiana bereshi, Chimbote – Perú” dicho trabajo se desarrolló con el objetivo de obtener biogás a partir de la digestión anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo en un biodigestor semicontinuo, el método utilizado fue de fermentación anaerobia, con un tiempo de retención de 39 días a una temperatura de 34 °C, en los resultados se obtuvo biogás con una producción total de 6m³ a una velocidad de producción de 0.194 m³/día, pH de 7 y una concentración de metano del 55%

dentro de la composición del biogás. a partir de la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo.

(Flores, 2013), desarrollo una investigación titulada “Producción y utilización de biogás a partir de purines, como una alternativa de energía renovable en el C. P. Chenchen – Moquegua”, el principal objetivo fue Generar biogás a través de la digestión anaeróbica de los purines de origen pecuario, como fuente de energía renovable en el sector de cerro blanco, el método utilizado fue de biodegradación anaerobia, los resultados fueron beneficiosos en cuanto a la producción de biogás, este sirvió para el consumo así mismo la satisfacción de las necesidades adicionales, fue posible utilizar los purines de origen pecuario generadas en las mismas, de esta manera se pudo sustituir el consumo de Gas Licuado de Petróleo en la granja “Jayson” la producción de Biogás fue de 3.36 M3/día, el tiempo de retención fue de 30 días a una temperatura de 17.4 °C – 24.8 °C

Una investigación realizada en Tacna – Perú en el 2012 por Salazar, Amusquivar, Llave y Rivasplata titulada “Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado (ovino): experiencias en la ciudad de Tacna – Perú” el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de diseñar, construir y evaluar un biodigestor tipo manga de polietileno llenado por excretas de ganado ovino para la producción y promoción del biogás y biol, el método usado fue biodegradación anaerobia, los resultados mencionan que se instaló y evaluó un biodigestor familiar de 2,24m³ en la ciudad de Tacna, dando provecho a las buenas condiciones climáticas que presenta esta ciudad en el verano con una temperatura de 38 – 40 °C y una retención de 30 días, en los resultados se cuantificó la producción de biogás de forma diaria del biodigestor en los meses de marzo y abril del 2011, a través de un

método indirecto como el gasómetro de campana flotante, con un valor de producción media de 437 litros de biogás el pH fue de 7 al día.

(Poggio et al, 2012) realizó una investigación titulada “Biodigestores de bajo coste para climas andinos, Cusco – Perú” el trabajo se desarrolló con el objetivo de implementar biodigestores familiares del tipo tubular de plástico en la región del Cusco en Perú, el método usado fue biodegradación anaerobia, respecto a la producción de biogás, se obtuvieron valores experimentales de 0,18 m³/m³ por día, debido a las temperaturas de la zona se probaron soluciones de diseño solar pasivo que permitieron mejorar el funcionamiento de la tecnología, por tal razón se contó con una temperatura de 19.8 °C y el tiempo de retención fue de 104 días. Asimismo, se probaron nuevos materiales y tecnologías de fabricación que permitieron aumentar la vida útil de los digestores.

Un estudio realizado por (Pautrat, 2010) en Huancayo – Perú, titulada “Diseño de biodigestor y producción de biogás con excremento vacuno en la granja agropecuaria de yauris” dicho trabajo se elaboró con el objetivo de construir e instalar un diseño de biodigestor tubular de plástico polietileno tipo invernadero, de forma triangular rectangular con estructura de madera en el cual se empleó excremento de ganado vacuno con el método de fermentación anaerobia, la retención fue de 27 días con una temperatura de 23, 7 °C, los resultados de estiércol vacuno en promedio por día usado en la investigación fueron una humedad promedio de 84,31 % así mismo 0,559 L de biogás con 3 m³ de lodo en el biodigestor

La investigación de (Hurtado, 2019) titulada, Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por la biomasa de residuos orgánicos agropecuarios Chulucanas –Piura el cual tuvo como objetivo evaluar la generación

de biogás a partir de estiércol de vaca, cerdo y residuos celulósicos en Chulucanas, Piura, de los cuales se obtuvieron resultados de 63.7 L de biogás al día 30 con una temperatura de 25°C – 32°C.

Según (Retamoso, Morales de la Cruz, 2019) se obtuvo una gran diferencia en el tiempo de inicio y volumen de producción de biogás el cual fue de 6.8 L de biogás durante el periodo de 30 días, , mientras que el volumen de producción de biogás con acondicionamiento de cobertura fue de 15.8 L durante el periodo de 45 días, El tiempo de inicio y el volumen de producción de biogás indicados se debe a que el rango de la temperatura ambiental del biodigestor fue de 11.2 °C a 20.9 °C siendo esta menor a la temperatura con acondicionamiento de cobertura del biodigestor que fue de 30 °C a 46 °C

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Marco legal

A cargo del parlamento de fuerza popular, en el año 2018 se propone la ley N^a 3198 “Ley que declara de necesidad pública y de preferente interés nacional, la promoción y desarrollo de plantas de tratamiento de bioenergéticas en los gobiernos locales, para diversificar el portafolio de opciones productivas”, donde se especifica la construcción e implementación de plantas de tratamiento para la producción de energía a base de estiércol de animales, residuos orgánicos, etc.

A través del decreto N^a 1002, Ley N^o 29157 Promover la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables, Art. 1: el objetivo de dicha ley es la promoción y el aprovechamiento de recursos renovables para así poder mejorar la calidad de vida y proteger el medio ambiente. Asimismo, el Artículo 12 promueve

la investigación y el desarrollo de proyectos de generación eléctrica con recursos energéticos renovables.

Ley N^a 28611 “Ley general del medio ambiente – Política Nacional del medio ambiente y gestión ambiental” Art. 11: Es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el buen desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y proteger el medio ambiente, sus componentes, todo esto con el objetivo de mejorar la calidad de vida de nuestra población y así lograr el desarrollo sostenible del país

2.3.2. Biogás

El Biogás está compuesto 50-60% de metano, un 35-45% de dióxido de carbono y trazas de hidrogeno y nitrógeno, asimismo es un producto que se obtiene de la descomposición de residuos orgánicos a través de un proceso anaeróbico que es generado por bacterias, dos puntos importantes para la generación de biogás son el tiempo y la temperatura, el tiempo es el que depende de la temperatura ya que si esta se encuentra entre 30 y 40° se acelera el proceso (Yepes, Montoya & Orozco, 2008)

2.3.2.1 Ventajas de la utilización del biogás

Los principales beneficios del Biogás no son únicamente para el medioambiente sino para la sociedad (Arce, 2011) a continuación se mencionan:

- Generación de luz, electricidad, calor.
- Convierte desechos orgánicos como las excretasen compost y fertilizante de alta calidad.

- Incrementa las condiciones higiénicas ya que reduce patógenos, parásitos, etc.
- Reduce la tala de árboles y el trabajo que da recolectarlas, obteniendo menor deforestación.
- Incremento de producción agrícola, brindando beneficios micro – económicos para la ganadería.
- Reducción de costos de protección ambiental, a nivel macro – económico.

2.3.2.2. Historia del biogás

En el año 1600 es cuando se oye por primera vez sobre el Biogás producido por la descomposición de materia orgánica, siendo los precursores chinos e hindúes, los digestores a los cuales hoy conocemos como biodigestores o reactores. Después de la segunda guerra mundial es cuando inicia la difusión de las denominadas “Fabricas productoras de biogás” (Barberà, 2011).

2.3.2.3. Componentes del biogás

Los componentes de mayor importancia son el metano (CH₄), y monóxido de carbono (CO₂), sin embargo, varia depende a la biomasa utilizada.

Tabla 1

Composición de biogás

Composición del Biogás		
Componentes	Formula química	Porcentaje
Metano	CH ₄	40 – 70
Gas carbónico	CO ₂	30 – 60
Hidrogeno	H ₂	0.1
Nitrógeno	N ₂	0.5
Monóxido de carbono	CO	0.1
Oxigeno	O ₂	0.1
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0.1

Fuente: Producción de biogás y bioabono a partir de efluentes de biodigestores (Cepero,L., Savran, V.,Blanco, D., Diaz, M., Suarez, J.,Palacios, A., 2012).

2.3.3. Biomasa

La biomasa es la cantidad de materia orgánica biodegradable originario de plantas, animales y microorganismos, generada en un área específica o superficie terrestre (Villalobos, Arce &WingCing., 2013). Está compuesta por metano (55-65%) y CO (35-45%) y en menor cantidad el nitrógeno (0-3%), hidrogeno (0-1%), oxigeno (0-1%) y sulfuro de hidrogeno. (Fernández, 2003).

2.3.3.1. Tipos de biomasa

(Ruiz, 2013), menciona que existen 2 tipos de Biomasa

a) Biomasa natural:

Producida sin la intervención del hombre, y así potenciarla o modificarla, podemos considerar las siguientes: leñas, ramas, coníferas, frondosas, restos de plantaciones.

b) Biomasa residual:

Es aquella que tiene la intervención del hombre, la eliminación de esta es complicada, sin embargo, estas tienen ventajas en su uso como la reducción de contaminación, bajos costos de producción, evitar emisiones de CO₂, contribuye al desarrollo rural

2.3.3.2. Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica

Tabla 2

Rangos de Temperatura y Tiempo de fermentación Anaeróbica

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

Fuente: Manual de biogás FAO (Ministerio de Energía de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Global Environment Facility, 2011)

2.3.3.3. Tiempo de retención de la biomasa

La materia orgánica requiere un tiempo determinado para poderse generar la fermentación o descomposición, es de suma importancia la temperatura ya que esta definirá el tiempo de retención. (Ruiz, 2013).

Tabla 3

Tiempo de retención de la Biomasa

Región característica	Temperatura (°C)	Tiempo de retención
Trópico	30	20
Valle	20	30
Altiplano	10	60

Fuente: Ruiz, S. Energía del Biogás: una opción sustentable para el medio rural y semiurbano. Xalapa, 2013.

2.3.4. Biodigestor

Un biodigestor es un contenedor cerrado, impermeable y hermético, en el cual se dispone el material orgánico (excretas de animales, de humanos, y desechos vegetales), listo para la descomposición, a esto se le agrega agua para iniciar el proceso de fermentación y así conseguir el gas metano y fertilizantes orgánicos, asimismo, habrá una reducción en cuanto a la contaminación de excretas (Padilla & Rivero, 2016).

2.3.4.1. Ventajas de un biodigestor

- Reducir la contaminación, evitando contaminar con las excretas y darles un uso de mayor beneficio para la población.

- Proporcionar energía natural para satisfacer las necesidades principales en zonas rurales.
- A través de las bacterias anaeróbicas podremos eliminar todas las bacterias de las excretas y así convertirlas en fertilizante libre de gérmenes.
- Producir compost con un contenido de nutrientes similar al de las excretas frescas, asimismo, es de beneficio para los suelos y los cultivos.
- A través del proceso generado por el biodigestor es posible destruir hasta el 95% de parásitos y casi todas las bacterias (Botero & Preston, 1987).

2.3.4.2. Clasificación de biodigestores

La clasificación de biodigestores de acuerdo a su tecnología se divide en tres: primera, segunda y tercera generación. En la primera el proceso de digestión se encuentran en suspensión, en la segunda las generaciones de microorganismos son retenidos en el reactor en el reactor, asimismo la tercera generación es donde los microorganismos se encuentran en forma de biopelícula (Chungandro y Manitio, 2010).

2.3.5. Biodigestión

Es uno de los procesos usados más antiguos que trata de la fermentación el cual es realizado por diversas bacterias anaeróbicas sobre la materia orgánica e inorgánica utilizada. Compuesta por un 80% de excretas en ausencia del oxígeno, la descomposición de las excretas se convierte en metano y dióxido de carbono (Barrientos, 2008).

2.3.5.1. Biodigestión anaeróbica

Es un proceso complejo en el cual la materia orgánica es convertida en biogás, dióxido de carbono y metano y otros elementos menores, en la digestión de tipo

anaerobia más del 90% de los residuos utilizados se convierten en metano y el 10% en crecimiento bacteriano (Vamero, 2011).

2.3.6. Tipos de biodigestores

Estos se clasifican en biodigestores continuos, semi-continuos y discontinuos. Los biodigestores continuos cuentan con un tanque en el cual se depositan los lodos residuales puesto que cuando se adiciona carga orgánica saldrá de la misma cantidad de lodo, por lo que el nivel en el biodigestor se mantiene constante; el biodigestor discontinuo es en el que se carga estiércol y con sustratos, se sella y comienza el proceso de digestión, asimismo la producción en este biodigestor se va incrementando hasta llegar al punto máximo donde se tiene que vaciar y volver a ingresar contenido orgánico. Por último tenemos el proceso semi-continuo donde el estiércol es digerido y es almacenado en el biodigestor, la desventaja de esta es que tener todo el contenido digerido no permite la producción que se quiere, teniendo un bajo rendimiento de producción de biogás (Durazno, 2018).

Por otro lado (Bolaños y Rodríguez 2017) nos menciona que los biodigestores están divididos en dos (biodigestor de flujo continuo y biodigestor de flujo discontinuo).

2.3.6.1. Biodigestor de flujo continuo

En este tipo de biodigestores nuestro actor principal son los animales ya que gracias a las excretas que estos producen podemos insertar estas en el biodigestor de flujo continuo el cual está elaborado con tres orificios, una que permite la alimentación continua, la otra para analizar la salida parcial del biol usado para fertilizante y la tercera que permite la salida de biol pesado.

2.3.6.2. Biodigestor de flujo discontinuo

A diferencia del biodigestor de tipo continuo, en esta se inserta la carga del residuo a fermentar en su totalidad al principio del proceso y el retiro del efluente se hace al finalizar este proceso, se requiere de un espacio para almacenar la materia prima y otra para el depósito del gas que generará. (Padilla, 2016)

2.3.7. Definición de términos

a) Biogás

Es una mezcla gaseosa formada por metano y dióxido de carbono, la composición depende del material digerido y del funcionamiento del proceso, un porcentaje de metano 45% a mas indica que este es inflamable (Vamero, 2011).

b) Biodigestor

Un biodigestor es una cámara hermética capaz de producir sub productos, este recipiente hermético puede ser elaborado de diversos materiales, este sistema genera un ambiente adecuado y cálido para que la materia orgánica se descomponga o fermente en ausencia de oxígeno (digestión anaerobia), la fermentación se da gracias a las bacterias que habitan dentro y proceden principalmente del estiércol fresco. (Chungandro, 2010)

c) Digestión anaeróbica

También es denominada biometanización o producción de biogás, en esta digestión no existe la presencia de oxígeno, este es un proceso complejo en el cual diferentes microorganismos se encuentran presentes. A través de esta se logra la

oxidación de materia orgánica, se transforma en gas y lodo, durante este proceso el 30 a 60 % es convertido en biogás. (Bolaños, 2017)

d) Biomasa

La biomasa es un conjunto de materia orgánica a partir de esta podemos generar beneficios como la energía (Garcia, 2013).

e) Residuos Orgánicos

Los residuos orgánicos son restos de comida, restos jardín, excretas de animales; todo aquello que se degrada o descompone gracias a la función que cumplen los desintegradores (Calderon y Piratova, 2017).

f) Materia orgánica:

Se les denomina así a los residuos tales como estiércol producto de la variedad de animales de granja (Calderon y Piratova, 2017).

g) Temperatura:

La temperatura habitual para la digestión anaerobia es superior a los 10°C e inferior a 65°C. Mantener la temperatura constante en el biodigestor es de suma importancia para que se de una fermentación exitosa (Capcha, 2014).

2.3.8. Terma solar

Una terma solar térmico es un equipo que brinda calor a los fluidos.

El calor obtenido se usa para calentar agua, así mismo para proporcionar calefacción o para complementar otro sistema de calefacción. (Vaillant, 2021)

2.3.9. Tubos de vacío – borocilicato

Los tubos de vacío forman parte de los captadores en el equipo. Ellos absorben la energía solar transformandola en calor y utilizando este potencial en el calentamiento de agua, consta de dos tubos en líneas paralelas, Cada uno tiene un tubo exterior y uno interior; este está cubierto por una capa especial que atrae la energía solar y neutraliza la perdida de calor. Asi mismo este alcanza temperaturas maximas que oscilan los 200°C. (SOLSTAC, 2018)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- Se logró evaluar un biodigestor de flujo discontinuo para generar de Biogás a partir de excretas de ganado vacuno en zonas alto andinas, Juliaca, 2020.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Se Implementó de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas con calentamiento solar e invernadero.
- Se determinación la producción de biogás de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas en dos estaciones del año.
- Se determinó el comportamiento de la temperatura durante el proceso de digestión.

CAPITULO III

Materiales y métodos

3.1. Lugar de ubicación

El desarrollo de esta investigación se realizó en la Salida Huancané – Caccachi, Urbanización Independencia I, a la altura del puente independencia, aproximadamente a 1.32 km, en el distrito de San Miguel, provincia de San Román departamento de Puno a 3825 m s. n. m, el cual corresponde a una zona con clima cálido y templado.

Tabla 4

Ubicación geográfica del área de investigación

Lugar	Coordenadas Geográficas UTM		
	Este	Norte	Altitud
Punto de ejecución	382534	8290539	3825

Sistema geodésico mundial WGS84, zona 19 S

Fuente: Elaboración propia (2018)



Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio ArcGis (2021)
 Fuente: Elaboración propia

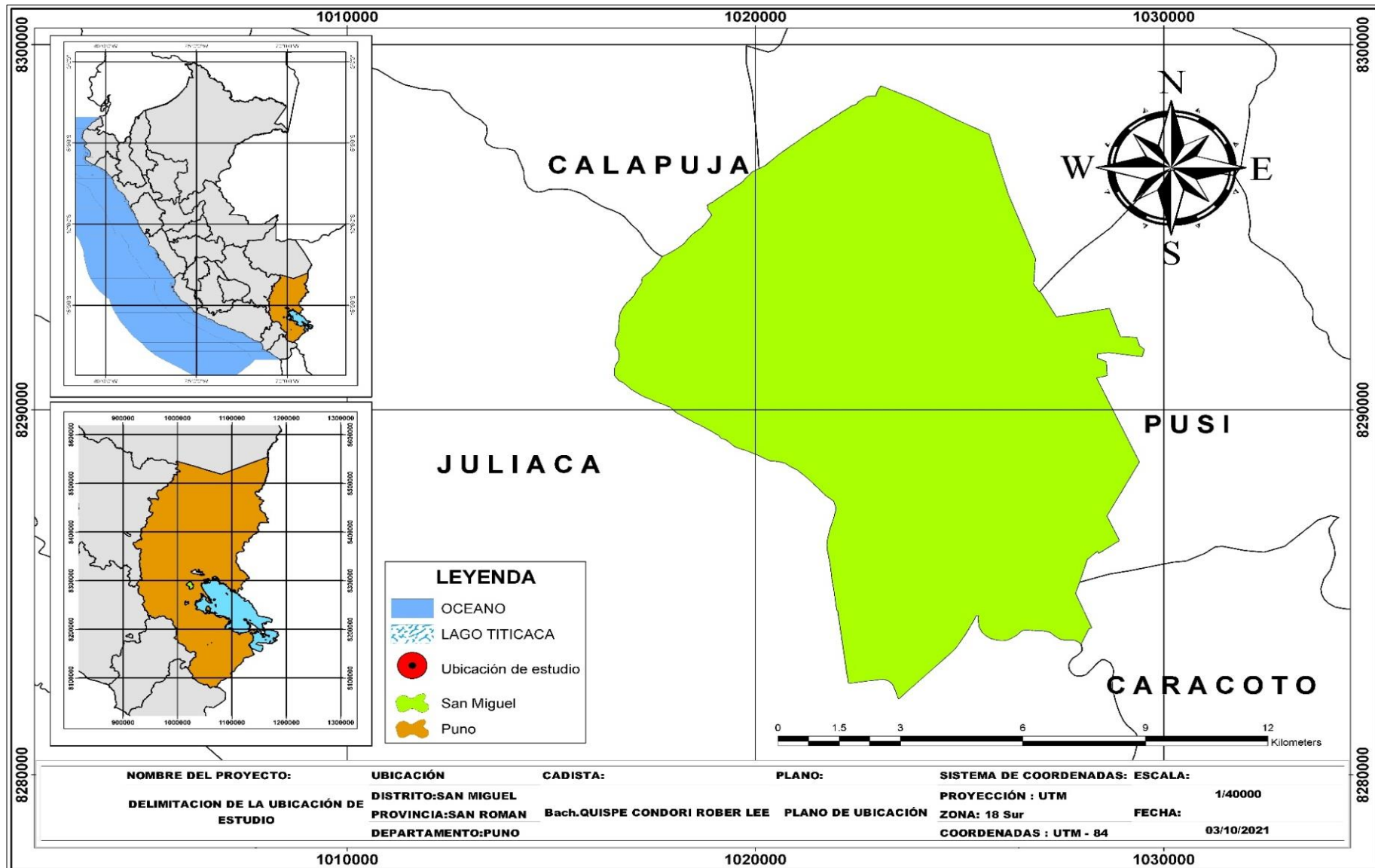


Figura 2. Mapa de ubicación Geográfica de la zona de estudio ArcGis (2019).

Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca como experimental por que se relaciona la evaluación de la variable independiente (biodigestor de flujo discontinuo) en zonas alto andinas, sobre la variable dependiente (Producción de Biogás).

3.3. Variables del estudio

- Variable independiente: biodigestor de flujo discontinuo.
- Variable dependiente: Producción de Biogás

3.4. Desarrollo del proyecto de investigación

3.4.1. Materiales

En la Tabla 5 se mencionan los materiales que se utilizaron para la construcción del biodigestor y el invernadero artesanal .Asimismo, en la tabla 6 se nombra los materiales de preparación y monitoreo.

Tabla 5

Materiales de construcción

Biodigestor de flujo Discontinuo y líneas de conducción de Gas	Invernadero Artesanal
<ul style="list-style-type: none"> • Tanque de acero inoxidable de 80 L • Cámara de Neumático • Estructura metálica • Llave de pico Loro • Desarmador de punta plana y estrella • 3 Válvulas de paso de gas • Unión T” • Termómetro bimetalico • Plancha de triplay 1x2 • Tarraja de ¾ “ y de ½ “ • Tubo de aluminio de ½ “ • 16 Gomas de Polímeros • Pegamento para PVC • Medidor de Gas (GoldCar G1.6) • 2 Codos de Acero de ¼ “ • 2 Niples de acero Roscados • 6 Niple terminal/Espiga • 3 Uniones • 2 Reductores • Teflón • Manguera de Gas 3 m. • 10 Abrazaderas • Botella descartable de 2.25 L • 2 Tubos de PVC de ¾ “ y ½ “ • 3 Tapones Hembra • 8 Tubos de vacío (Boro silicato) • Cubierta de algodón de 4x3m • Esponja 	<ul style="list-style-type: none"> • Plástico Transparente 6x5 m • Clavos de calamina 2” • Restos de Cartón • Pilote de madera • Cinta Satén de doble contacto • Soga de 10 m • 4 Estacas de metal • Tijeras • Pala • Pico • Cúter

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 6

Materiales de preparación y monitoreo

Preparación de la Biomasa y adición al biodigestor	Insumos	Accesorios	Formatos
2 Tinajas	Agua Subterránea 48 L	2 Planchas de Calamina	Cadena de Custodia para monitoreo de GAS
2 Cubetas	Estiércol de Ganado Vacuno 12 L	Pizarra	Formato de Monitoreo de Temperaturas
Tubo de 1.5 m Embudo	Detergente Poliuretano	2 Plumones	

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.4.2. Medición de parámetros

Tabla 7

Métodos de análisis de parámetros monitoreados

Parámetro	Método de Análisis	Instrumentos de medición
Temperatura Ambiental	Método Calorímetro	Termómetro Digital con sonda de aguja y cubierta protectora wt-1.
Temperatura Ambiental dentro del Invernadero	Método Calorímetro	Termómetro Digital con sonda de aguja y cubierta protectora wt-1.
Temperatura de la Biomasa	Método Calorímetro	Termómetro Bimetálico/ punta de aluminio
Producción de Biogás	Método Volumétrico	Contador de Gas (GoldCard G1.6)

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.4.3. Proceso de construcción del invernadero

La construcción de dicho invernadero se llevó a cabo con el objetivo de mantener la temperatura requerida de la biomasa la cual oscila por los (25-30C°)

para la obtención de resultados favorables. Para la construcción del invernadero se utilizó adobe, fango de tierra o lodo en un área de 20 m², se levantó una altura de 2 m, así mismo se escavo un hoyo en la parte central del área para colocar un tronco de madera de 2.30 m con esto se creó una pendiente y se evitó la aglomeración de aguas en días de lluvia, la estructura fue cubierta con plástico transparente y se aseguró a las paredes de adobe con clavos y cartón, seguidamente se utilizó cinta de doble contacto para asegurar el plástico transparente y parchar zonas dañadas de la cubierta de plástico

3.4.4. Proceso de construcción del biodigestor

El biodigestor de flujo discontinuo comprendió dos zonas, una zona anaerobia la cual funcionó como el área donde se da el proceso de fermentación y gasificación de la materia orgánica en gas y una zona de almacenamiento donde se llevó a cabo la recolección del gas generado. La zona de fermentación tuvo una capacidad de 80 L, en el cual se dio el proceso de dilución del excremento con el agua, a su vez constó de una cámara de almacenamiento el cual tuvo la capacidad de acumular 100 L de gas. El tanque anaerobio contó con un termómetro para monitorear la temperatura de la biomasa. El tanque anaerobio contó con una conexión para salida alterna de acuerdo a la disposición y necesidades que se presenten al usar el biogás. Así mismo dispuso de un medidor para monitorear la cantidad de gas producido por día. Además tuvo también una válvula de sobrepresión que estuvo conformada por una botella en cuya interior se colocó una manguera que se extrae de la línea de conducción de gas, el cual permitió controlar la presión en la línea y protegió el biodigestor tanto como el medidor de gas de sobrepresiones. Luego se conformó la zona de almacenamiento la cual constó de la cámara de un neumático

donde se recolectó el biogás, también conto con una conexión para la adaptación de una manguera de tanque GLP para conectar cualquier tipo de estufa. Las conexiones se realizaron mediante accesorios PE/AL/PE, ACERO y PVC Para este caso se recurrió a válvulas para el ingreso de la biomasa y evacuación del gas en cada uno de los tanques anaerobios, la estructura del tanque anaerobio consto de una capa de acero inoxidable con una capacidad de 80 L, este estuvo recubierto por poliuretano que funcionó como aislante térmico, así mismo una recubierta exterior de acero inoxidable.

Se consideraron 8 tubos de vacío de Borosilicato conectados simultáneamente al tanque de fermentación unidos con sellos de polímero. Para la línea de conducción de gas se utilizó manguera de gas GLP, así mismo se colocó válvulas de paso en puntos de salida de gas. El equipo contó con una estructura de Soporte de Acero al Carbano con pintura Electrostática, el cual proporcionó una mejor estabilidad y una fácil movilidad del equipo.

El proceso de adquisición de los componentes y el armado del equipo duraron 2 meses debido a pruebas y posibles cambios de diseño. Para las uniones se utilizó teflón para gas de alta calidad en cinta para evitar futuras fugas, a cada tanque anaerobio, así mismo las líneas de conducción y uniones fueron sometidas a pruebas de hermeticidad, el cual consto de la mezcla de agua y detergente. Asimismo se dispuso de tres salidas y una entrada, para limpieza cada vez que se termine el volumen de gas generado, para alimentación del biodigestor, para la salida del exceso y para la salida de gas

3.4.4.1. Componentes del biodigestor

El diseño constó de accesorio de PVC, ACERO y PE/AL/PE, estos redujeron los costos y garantizaron la durabilidad del equipo, adicionalmente tuvo tres salidas y una entrada, para la salida del gas generado de $\frac{3}{4}$ ", salida del exceso de $\frac{1}{2}$ ", la limpieza del biodigestor o salida del biol de $\frac{1}{2}$ "y para la alimentación de $\frac{3}{4}$ También fue conformado por un Termómetro bimetálico, se le añadió un tubo PVC de $\frac{3}{4}$ "para la alimentación y un tapón hembra para evitar derrames, así mismo se colocó un tubo de $\frac{1}{2}$ "para los excesos con su determinado tapón de igual manera otro tapón hembra en el área de limpieza.

3.4.5. Adición de cubierta a los tubos de vacío

Los tubos de vacío del reactor contaron con una cubierta gruesa de 2.5 m x 1m el cual cumplió el objetivo de evitar las sobrecargas de calor hacia la biomasa, garantizando de esta forma una temperatura optima homogénea, esta fue colocada en las horas pico, cuando la biomasa llegaba a su punto óptimo de temperatura, y se le retiraba una vez que la luz del sol menguara, esto sirvió para que a la mañana siguiente apenas se manifestaban los rayos del sol, los tubos descubiertos atraigan nuevamente el calor al biodigestor y este a la biomasa.

3.5. Metodología para la generación de biogás

3.5.1. Diagrama general del proceso

En la figura 3 se muestra el desarrollo experimental del proyecto

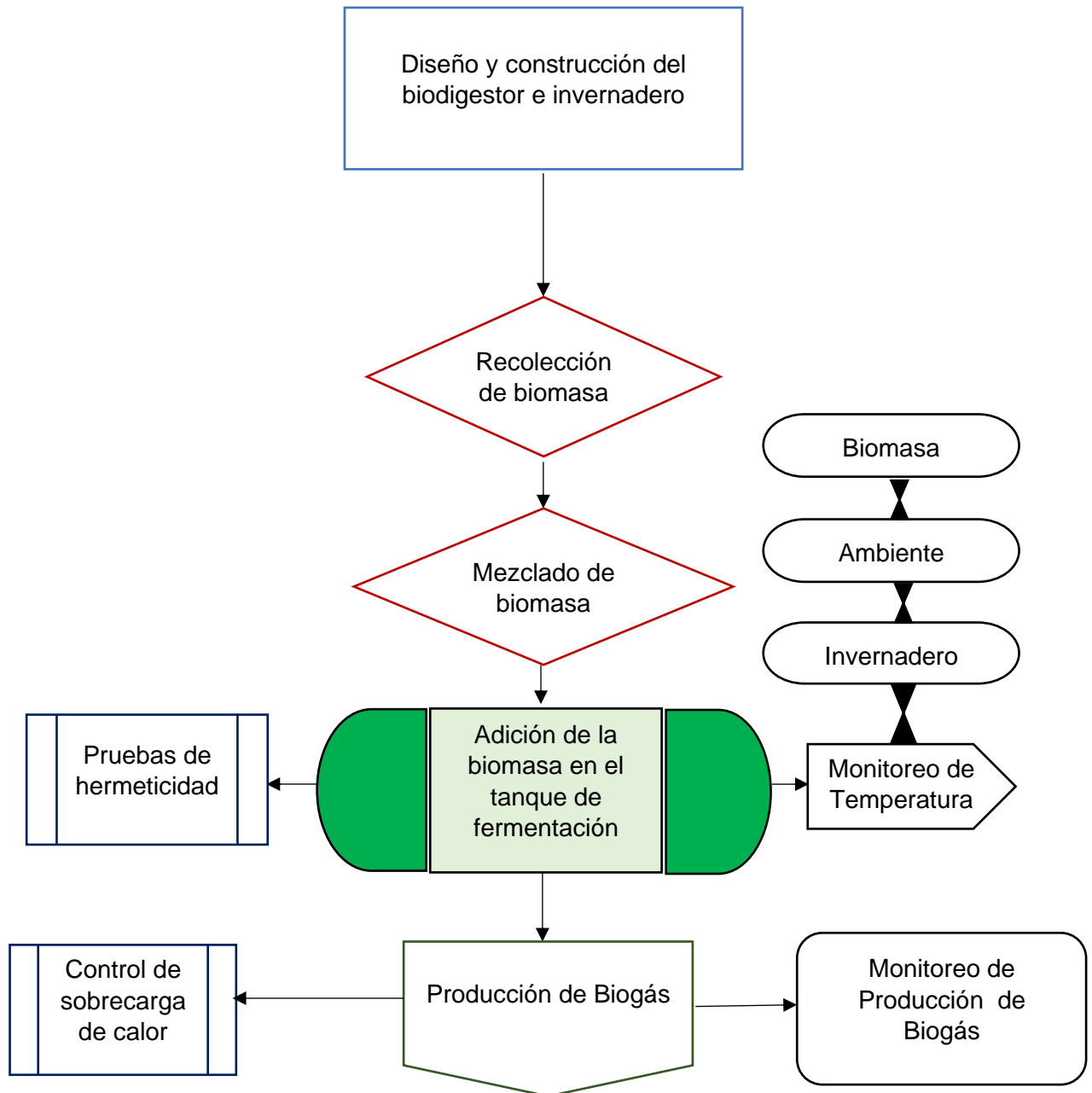


Figura 3. Diagrama de flujo de Producción de Biogás en un reactor discontinuo.

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Recolección de la Biomasa

La recolección de la biomasa se llevó a cabo en baldes de 20 L, este fue recogido de corrales y zonas de pastoreo el mismo día de la adición de la biomasa al biodigestor, exactamente media hora antes, así mismo se acopiaron las excretas más frescas y libres de tierra o alguna maleza con el fin de obtener una biomasa limpia y homogénea.

3.5.3. Mezclado de la biomasa

La mezcla se realizó con estiércol vacuno y agua subterránea, para ello se calculó el 60% de 80L el cual corresponde a 48L de biomasa (12 L de Biomasa /36L de agua).

Se relacionó el agua con el estiércol vacuno debidamente, asimismo se depositó la biomasa en una tina, se procedió a mezclar y se agitó durante aproximadamente 15 minutos, para alcanzar así la homogeneidad requerida, asimismo se procedió a verter la biomasa por el tubo de alimentación con un embudo hasta llegar a su tope. Para terminar se sellaron todos los puntos de salida y entrada y se aseguraron las uniones y líneas de conducción de gas.

3.5.4. Proceso de Fermentación

La biomasa se depositó dentro del contenedor durante 30 días, tiempo suficiente para que se genere el biogás.

Cada semana se pudo constatar la no existencia de fugas en el equipo para el cual se utilizó una solución jabonosa diluida en agua la cual fue esparcida por todo el equipo para verificar si se generaban burbujas, las cuales podrían indicar posibles escapes de gas, esto podría causar la pérdida de eficiencia del equipo y crear una situación insegura para la salud.

Después de la Fermentación total de la biomasa se procedió a consumir el gas generado directamente de la cámara de almacenamiento, así mismo se pudo constatar la eficiencia del equipo obteniendo una llama constante.

3.5.5. Monitoreo

3.5.5.1. Monitoreo de temperatura

Se realizaron monitoreos diarios durante los 30 días de tiempo de retención a la temperatura ambiente, temperatura ambiente del invernadero y temperatura de la biomasa, los cuales se llevaron a cabo a las 4pm cada día.

Para la obtención de la temperatura ambiente y temperatura del invernadero se utilizó un termómetro digital, en cambio para la temperatura de la biomasa se dispuso de un termómetro bimetálico adherido al tanque de fermentación anaerobia.

3.5.5.2. Monitoreo de producción de biogás

Los monitoreos se realizaron mediante un Medidor de gas natural marca (GoldCard G 1.6) con el cual se pudo obtener la cantidad de gas producido diariamente en m³.

Este fue colocado en una base plana, también fue instalado en la salida del gas del tanque de fermentación, así se pudo obtener datos exactos. El equipo contó con una entrada y salida del gas, así mismo con un contador de generación diaria.

La producción de biogás se constató diariamente a las 4 pm registrando la cantidad producida.

3.5.6. Pruebas de hermeticidad

Las pruebas de hermeticidad se llevaron a cabo durante cada fin de semana, se utilizó detergente y agua para obtener una mezcla jabonosa, así mismo la mezcla

fue diluida por todo el equipo para constatar la inexistencia de fugas mediante la aparición de burbujas en los puntos de conexión y líneas de conducción de gas.

3.5.7. Control de sobrecarga de calor de biomasa

Para el control de calor del biodigestor, se optó por colocar una cubierta en los tubos de borosilicato los cuales proporcionaron atracción de luz solar directa así mismo la transferencia al tanque de fermentación, esto se llevó a cabo aproximadamente entre las 12:00pm a 1:00pm cuando el calor alcanzaba su pico más alto, y la temperatura de la biomasa oscile entre 30 – 35°C, así mismo se descubría a las 5 :00 am aproximadamente apenas se visualizaban los primeros rayos del sol , con el fin de reactivar el equipo, esto se desarrolló durante todo el proceso de producción de biogás

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo en zonas alto andinas

El reactor discontinuo se evaluó en base al volumen diario, producto total de producción de biogás y funcionamiento del equipo, se registró diariamente la lectura del medidor de biogás marca GoldCard G1.6 como se aprecia en el anexo U. Así mismo se realizaron las conversiones para expresar la producción diaria de m³ a litros /día.

Se lograron producciones máximas de 56.6 y 53.2 litros de biogás en las estaciones monitoreadas, cuyos resultados son un indicativo del buen funcionamiento del biodigestor tanto en producción de biogás y preservación de la temperatura.

4.2. Implementación de un biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar e invernadero

4.2.1 Biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar

BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO CON CALENTAMIENTO SOLAR

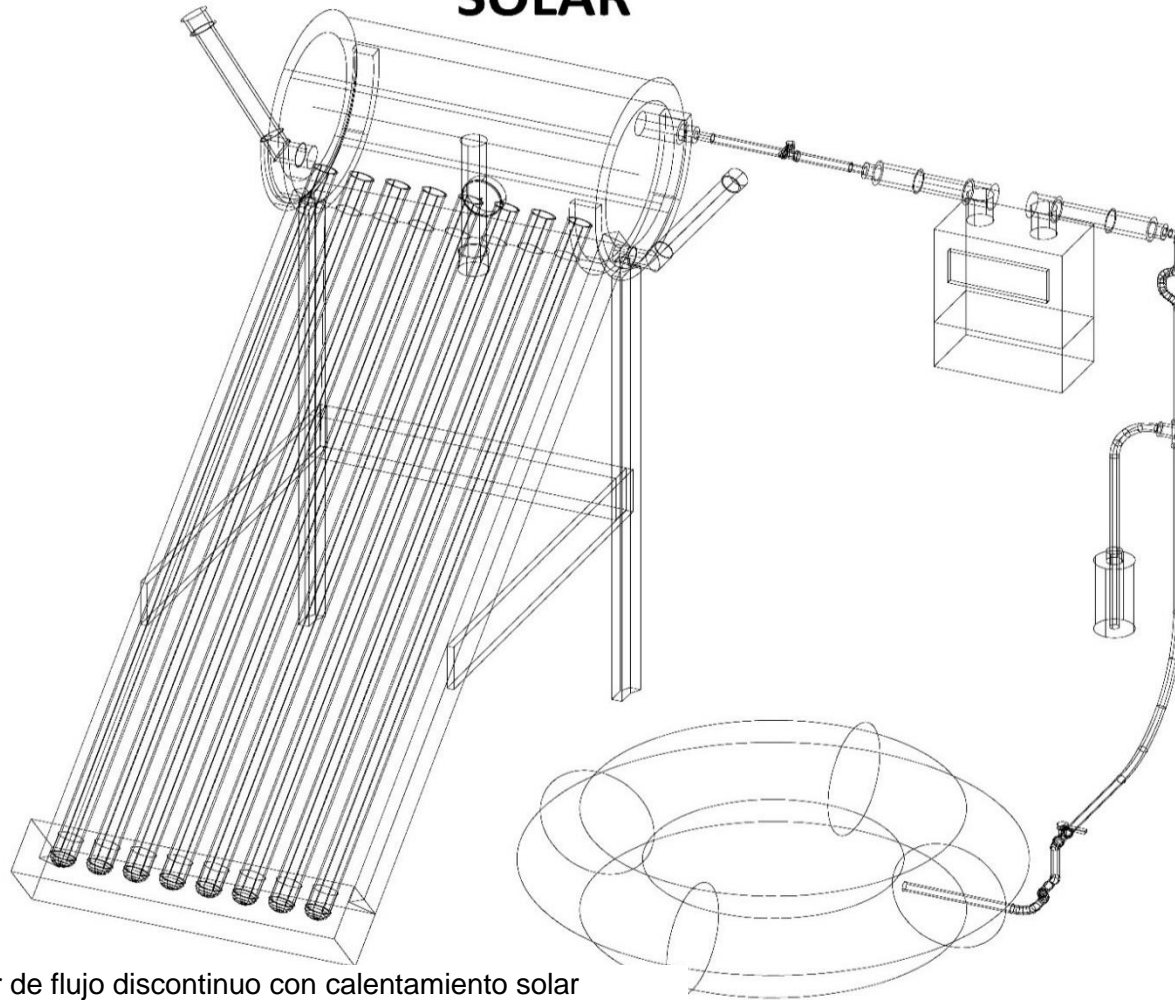


Figura 4. Diseño de biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar
Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un prototipo de biodigestor con calentamiento solar el cual logró producir biogás en zonas alto andinas, este fue adaptado a una terma solar y proporcionó la constante atracción de energía solar a base de tubos de vacío de boro-silicato incluso en días nublados así mismo el mantenimiento de la temperatura gracias a la cubierta de poliuretano adherido al tanque de fermentación anaerobia.

Los tubos fueron tapados con una cubierta en cuanto se presentaba una atmosfera con un calor excesivo, con esto se evitó sobrecargas de calor en la biomasa así mismo alteraciones en la misma. Véase el Anexo P.

El diseño conservó una facilidad de transporte, manejo y limpieza, el cual proporcionó un efectivo funcionamiento.

4.2.2. Invernadero artesanal

INVERNADERO

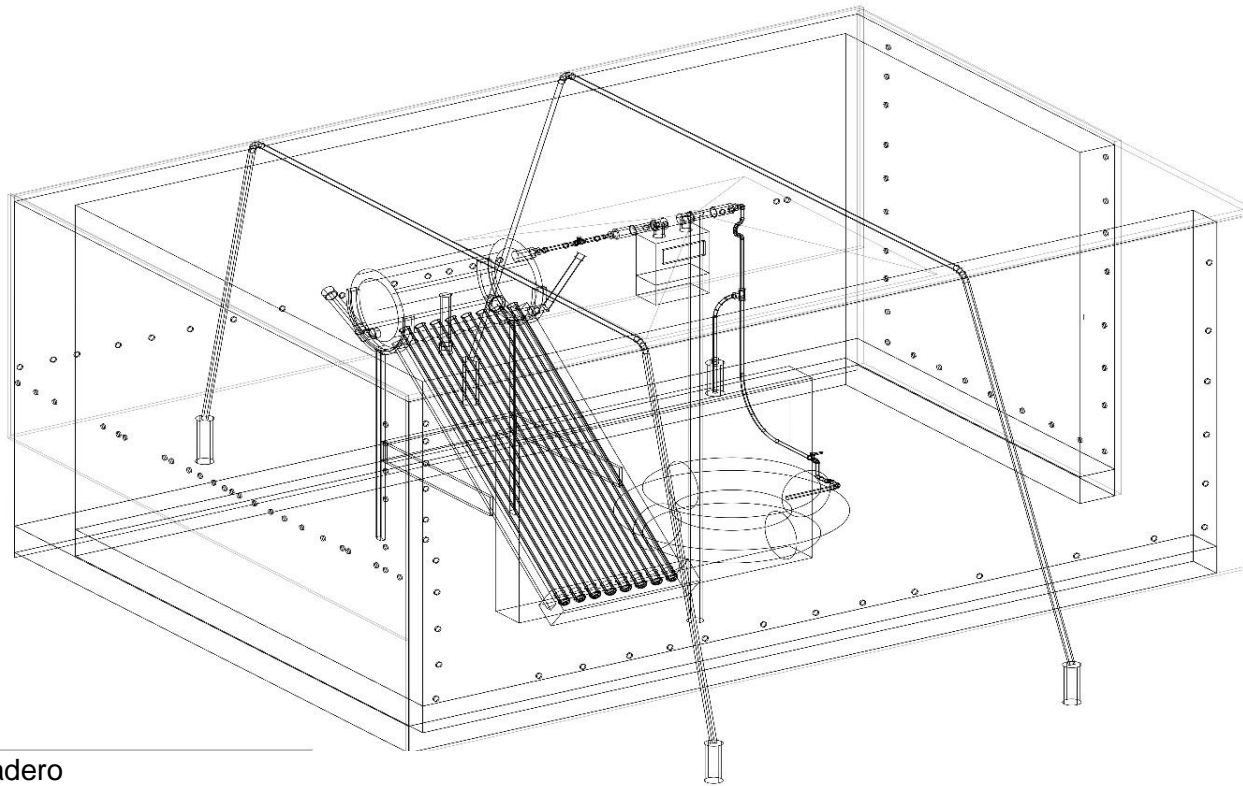


Figura 5. Diseño de Invernadero
Fuente: Elaboración propia

Se diseñó y construyó un Invernadero artesanal con el fin de optimizar una temperatura adecuada para la producción de biogás.

El invernadero proporcionó un ambiente adecuado para el funcionamiento del biodigestor, este logró un aumento de la temperatura ambiente dentro del invernadero, esto se detalla en la Tabla 6 y 7. Así mismo brindó protección de lluvias y vientos fuertes al biodigestor de flujo discontinuo.

(Mullo, Sánchez, Salazar, Chacha & Flores) en el 2018 construyeron un invernadero para mantener la temperatura elevada, obteniendo un promedio de Temperatura de 28.48 ° C durante en 30 días.

4.3. Determinación de la producción de biogás

4.3.1. Resultados de parámetros monitoreados

Tabla 8

Resultados del monitoreo en la estación de verano.

Monitoreo de producción de biogás (Verano) Diciembre 2020							
Día	Hora	Temperaturas °C			Biogás		
		T° Ambiente	T° Invernadero	T° Biomasa	m ³	L	Acumulado(L)
1	04:00 p.m.	16.7	21.2	24.0	00000.000	0	0
2	04:00 p.m.	18.3	24.5	30.0	00000.001	1	1
3	04:00 p.m.	18.0	25.0	35.0	00000.006	6	5
4	04:00 p.m.	16.0	21.5	31.0	00000.008	8	2
5	04:00 p.m.	16.1	20.6	30.0	00000.010	10	2
6	04:00 p.m.	20.0	24.0	30.0	00000.011	11	1
7	04:00 p.m.	17.9	26.1	30.0	00000.013	13	2
8	04:00 p.m.	16.6	22.0	29.0	00000.016	16	3
9	04:00 p.m.	19.5	25.3	30.0	00000.020	20	4
10	04:00 p.m.	18.0	23.0	31.0	00000.022,5	22.5	2.5
11	04:00 p.m.	17.3	21.1	30.5	00000.025,5	25.5	3
12	04:00 p.m.	17.7	23.0	31.0	00000.029	29	3.5
13	04:00 p.m.	20.5	30.5	34.0	00000.032	32	3
14	04:00 p.m.	16.0	22.0	30.0	00000.035	35	3
15	04:00 p.m.	13.3	18.0	22.0	00000.035,5	35.5	0.5
16	04:00 p.m.	16.1	23.3	29.0	00000.036,9	36.9	1.4
17	04:00 p.m.	15.2	24.0	31.0	00000.039	39	2.1
18	04:00 p.m.	13.1	23.8	30.0	00000.041,5	41.5	2.5
19	04:00 p.m.	15.1	23.5	30.0	00000.044,5	44.5	3
20	04:00 p.m.	18.2	25.7	30.0	00000.046,4	46.4	1.9
21	04:00 p.m.	18.5	28.1	31.0	00000.049,9	49.9	3.5
22	04:00 p.m.	18.5	25.0	32.0	00000.050,8	50.8	0.9
23	04:00 p.m.	18.1	27.2	29.5	00000.051,5	51.5	0.7
24	04:00 p.m.	19.5	25.6	28.0	00000.053,1	53.1	1.6
25	04:00 p.m.	17.8	22.7	25.0	00000.054,5	54.5	1.4
26	04:00 p.m.	17.0	22.0	25.0	00000.055,5	55.5	1
27	04:00 p.m.	19.1	26.6	26.0	00000.056,2	56.2	0.7
28	04:00 p.m.	13.0	19.2	24.0	00000.056,3	56.3	0.1
29	04:00 p.m.	11.9	18.9	22.0	00000.056,5	56.5	0.2
30	04:00 p.m.	12.2	17.1	21.0	00000.056,6	56.6	0.1
							56.6

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla 9

Resultados del monitoreo en la estación de otoño.

Monitoreo de producción de biogás (Otoño) Abril 2021							
Día	Hora	Temperaturas °C			Biogás		
		T° Ambiente	T° Invernadero	T° Biomasa	m ³	L	Acumulado(L)
1	04:00 p.m.	14.2	16.3	19.5	00000.000	0	0
2	04:00 p.m.	14.6	17.0	22.0	00000.000	0	0
3	04:00 p.m.	12.9	18.9	24.5	00000.003	3	3
4	04:00 p.m.	16.0	24.0	27.0	00000.006,5	6.5	3.5
5	04:00 p.m.	15.0	24.3	29.0	00000.008,2	8.2	1.7
6	04:00 p.m.	12.5	18.0	28.0	00000.009	9	0.8
7	04:00 p.m.	12.0	20.0	24.0	00000.010	10	1
8	04:00 p.m.	13.4	20.0	24.5	00000.011,2	11.2	1.2
9	04:00 p.m.	12.5	20.1	26.0	00000.012,5	12.5	1.3
10	04:00 p.m.	12	17.4	22.2	00000.013,4	13.4	0.9
11	04:00 p.m.	12.5	19.5	24.0	00000.014,4	14.4	1
12	04:00 p.m.	13.2	19.8	25.0	00000.017,4	17.4	3
13	04:00 p.m.	12.0	19.0	24.2	00000.020,2	20.2	2.8
14	04:00 p.m.	16.7	22.0	24.5	00000.022,5	22.5	2.3
15	04:00 p.m.	12.6	18.6	24.0	00000.024	24	1.5
16	04:00 p.m.	13.4	19.3	24.5	00000.026,1	26.1	2.1
17	04:00 p.m.	12.5	18.0	23.2	00000.027,2	27.2	1.1
18	04:00 p.m.	12.0	17.6	22.5	00000.029,3	29.3	2.1
19	04:00 p.m.	12.8	18.3	22.2	00000.030,5	30.5	1.2
20	04:00 p.m.	14.0	20.0	25.0	00000.034	34	3.5
21	04:00 p.m.	12.9	19.0	24.2	00000.036,5	36.5	2.5
22	04:00 p.m.	16.2	22.0	26.0	00000.039,2	39.2	2.7
23	04:00 p.m.	16.5	21.0	26.5	00000.042	42	2.8
24	04:00 p.m.	14.0	20.0	25.0	00000.044	44	2
25	04:00 p.m.	14.5	20.0	25.2	00000.047	47	3
26	04:00 p.m.	16.0	21.0	25.0	00000.050,1	50.1	3.1
27	04:00 p.m.	13.5	19.1	24.0	00000.051,2	51.2	1.1
28	04:00 p.m.	13.0	18.0	23.5	00000.052,8	52.8	1.6
29	04:00 p.m.	14.0	19.3	22.0	00000.053	53	0.2
30	04:00 p.m.	13.0	19.2	22.1	00000.053,2	53.2	0.2
							53.2

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 8 y 9 podemos apreciar el resultado de los monitoreos realizados en nuestro estudio, se determinó la producción de biogás con 56,6 L en la estación de verano y 53,2 L en la estación de otoño este resultado se asemeja al de Durazno (2018) en el cual determinó una producción de biogás de 48.8 L con un tiempo de retención de 50 días, respecto a este visualizamos una eficiencia considerable del biodigestor de flujo discontinuo diseñado el cual lo supera ligeramente en cuanto a cantidad y tiempo.

De la misma manera se encontró una semejanza en cuanto a producción de biogás con la investigación de Hurtado (2019) el cual obtiene 63.7 L de biogás al día 30 del proceso, el cual es ligeramente mayor al producto obtenido en la presente investigación, esto se debió a que el autor realizo mezclas de diferentes sustratos entre ellos las excretas de cerdo y residuos celulósicos.

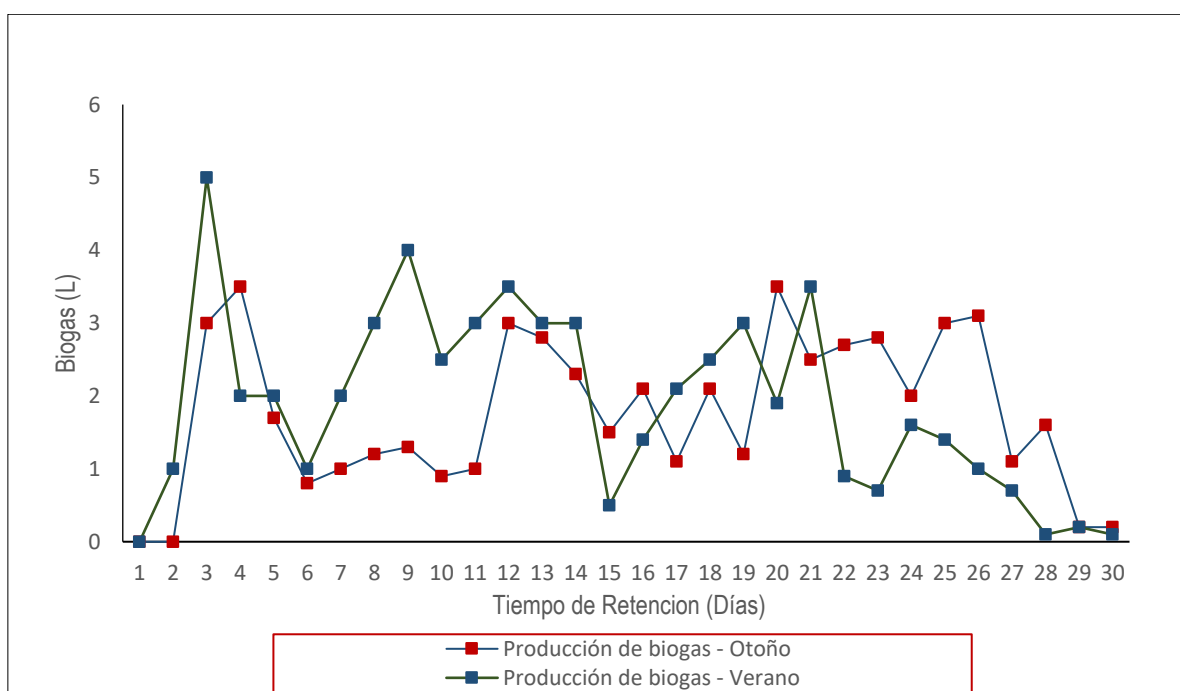


Figura 6. Producción de biogás acumulada con tiempo de retención de 30 días, estación de verano y otoño.

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura 6 .Podemos apreciar la producción de biogás en la estación de verano y otoño, en este se aprecian valores acumulativos diarios durante un tiempo de retención de 30 días, así mismo podemos observar el inicio de producción el cual casi coinciden iniciando a producir biogás el segundo y tercer día, los valores máximos de biogás se dieron en el día 3 con una producción de 5L en la estación de verano, así mismo el día 4 y 21 con 3.5 L en la estación de otoño, del mismo modo una disminución drástica los días 15 hasta los 0.5 L y 28 hasta los 0.1 L en la estación de verano, así mismo con 0.9 L el día 9 y 0.2 L los dos últimos días del proceso en la estación de otoño. Cabe recalcar que la disminución de producción se da a la mitad del proceso de digestión y en los últimos días, esto se debe a la falta de alimentación del biodigestor y decadencia de los microorganismos.

(Ferrer, Uggetti, Poggio y Velo) en el 2008, desarrollaron un diseño de biodigestor mejorado de PVC concretando una producción de biogás diaria de 0.2 m³ para un biodigestor con una capacidad de 5 m³ y , esto nos da a conocer que el biodigestor de flujo discontinuo acoplado con un invernadero es eficiente, considerando la producción diaria y adaptándolo al biodigestor diseñado con una capacidad de 80 L la producción diaria estimada fue 3.2 L/día, el cual es ligeramente inferior a las cantidades de biogás obtenidas, esto se debió a que trabajó con una temperatura promedio de a una temperatura promedio de 10- 23°C.

Por otro lado observamos una similitud con la investigación de Poggio et al. (2013), respecto a la producción de biogás en esta se obtuvieron valores experimentales de 0,18 m³/día en biodigestores con una capacidad de 6 m³, reemplazando este resultado para un biodigestor de 80L se oscilan valores de

2.4L/día aproximadamente, esto nos permite afirmar la eficacia considerable del biodigestor diseñado. Así mismo (Campero, 2013) monitoreo y evaluó una tecnología de biodigestión anaerobia como fuente de energía renovable para familias e industrias en la ciudad de Bolivia en la cual obtuvo una producción diaria de 0.83 m³ /día para un digestor de 10m³ de capacidad, esta investigación es semejante a la nuestra considerando la capacidad del digestor en este caso para uno de 80 L la producción obtenida es de 6.7 L /día el cual es ligeramente superior a lo que se obtuvo con nuestro proyecto con un máximo de 5 L /día.

En cambio (Mullo, Sánchez , Salazar, Chacha & Flores) en el 2018, implementó un biodigestor con estiércol bovino para uso unifamiliar, la producción de biogás fue de 1.1 m³/día de gas para un digestor de 4200 L, asimilándola a un digestor de 80 L como fue en el caso de la investigación obtuvieron 20.95 L de biogás aproximadamente el cual es superior considerablemente al resultado obtenido con el biodigestor de flujo discontinuo, esto se debe a la cantidad de alimentación diaria que se le proporciona al biodigestor, en este caso fue de 20 L de biomasa diarios.

4.4. Determinación del comportamiento de la temperatura durante el proceso.

4.4.1. Proceder de la temperatura en relación con la producción de biogás en la estación de verano.

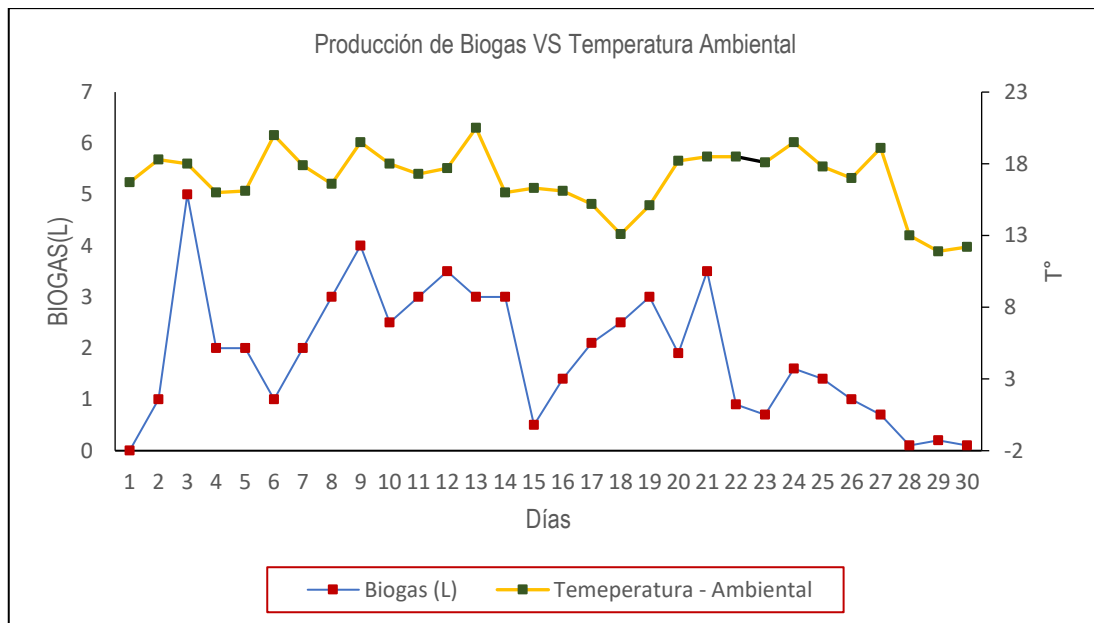


Figura 7. Relación de producción de Biogás con la Temperatura Ambiente.
Fuente: Elaboración propia (2020)

En la figura 7. Podemos apreciar las alzas y bajas de temperatura durante 30 días de tiempo de retención. Asimismo podemos apreciar valores máximos en los días 6 con 20°C, 13 con 20.5°C y 27 con 19.5°C, en estos días podemos decir que son beneficiosos para la producción de biogás. Posteriormente también una disminución de temperatura los días 18 con 13.1°C, 28 con 13°C, 29 con 11.9°C y 30 con 12.2°C lo cual da conocer que los últimos días la temperatura disminuyó drásticamente, esto nos da a conocer que la temperatura ambiente influye en el proceso asimismo el clima con vientos y lluvias fuertes.

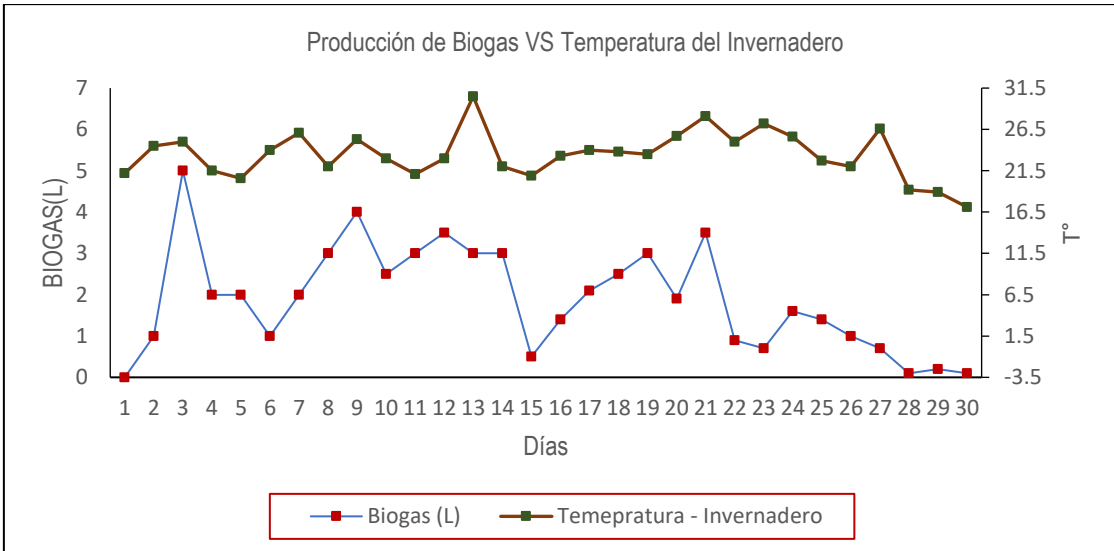


Figura 8. Relación de producción de Biogás con la Temperatura del Invernadero artesanal
Fuente: Elaboración propia (2020)

En la figura 8 podemos apreciar un aumento de temperatura ambiente gracias a la implementación de un invernadero, se optimizó la temperatura en días críticos como el día 17 con 15.2°C a 23.3°C, 18 con 13°C a 24°C, 19 con 15.1°C a 23.8°C, 28 con 13°C A 19.2°C, 29 con 11.9°C a 18.9°C Y 30 con 12.2°C a 17.1°C este aumento fue vital para obtener una eficiente producción de biogás.

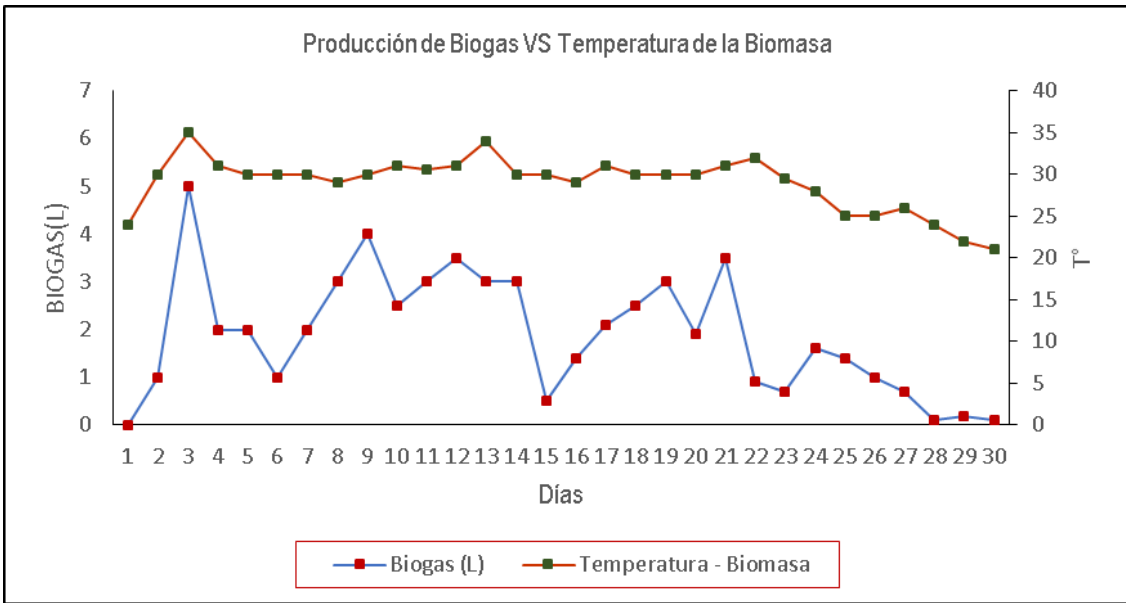


Figura 9. Relación de producción de Biogás con la Temperatura de la Biomasa
Fuente: Elaboración propia (2020)

En la figura 9. Podemos apreciar la influencia de la temperatura de la biomasa obteniendo una temperatura homogénea, así mismo con un alza los días 3 con 35°C, 13 con 34°C y 22 con 31°C lo cual son óptimas para la producción de biogás. Así mismo días donde la temperatura disminuyó, los cuales son los días 28 con 24°C, 29 con 22°C y 30 con 21°C a causa de la falta de alimentación de biomasa y factores climáticos.

4.4.2. Proceder de la temperatura en relación con la producción de biogás en la estación de otoño.

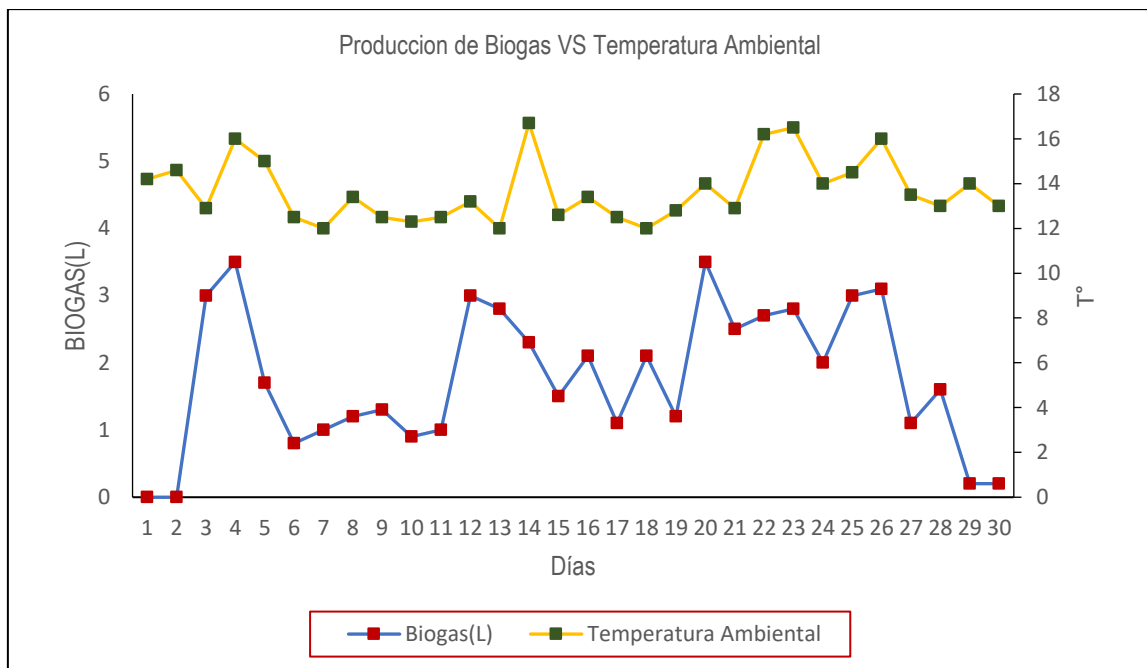


Figura 10. Relación de producción de Biogás con la Temperatura Ambiental
Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura 10. Podemos apreciar temperaturas bajas que no superan los 17°C durante el proceso, esto influye negativamente en el proceso de producción de biogás, esto se debió a la estación de otoño en la cual son tiempos fríos

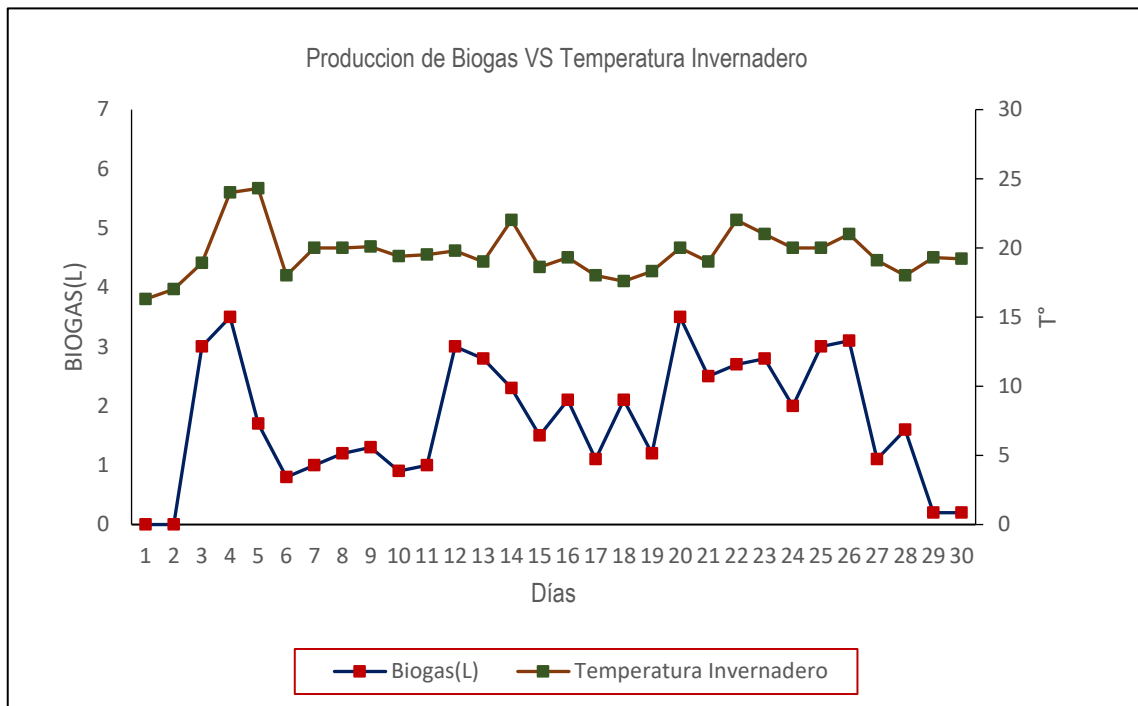


Figura 11. Relación de producción de Biogás con la Temperatura del Invernadero Artesanal
Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura 11. Considerando la temperatura ambiente el cual fue un factor negativo para el proceso, la implementación de un invernadero fue crucial, este nos permitió apreciar un aumento de la temperatura creando una capa protectora de vientos y lluvias las cuales causan pérdida de calor y atracción de luz solar, así mismo garantizó una temperatura homogénea de 20°C- 24°C dentro del invernadero durante todo el proceso el cual fue beneficioso considerablemente para el experimento.

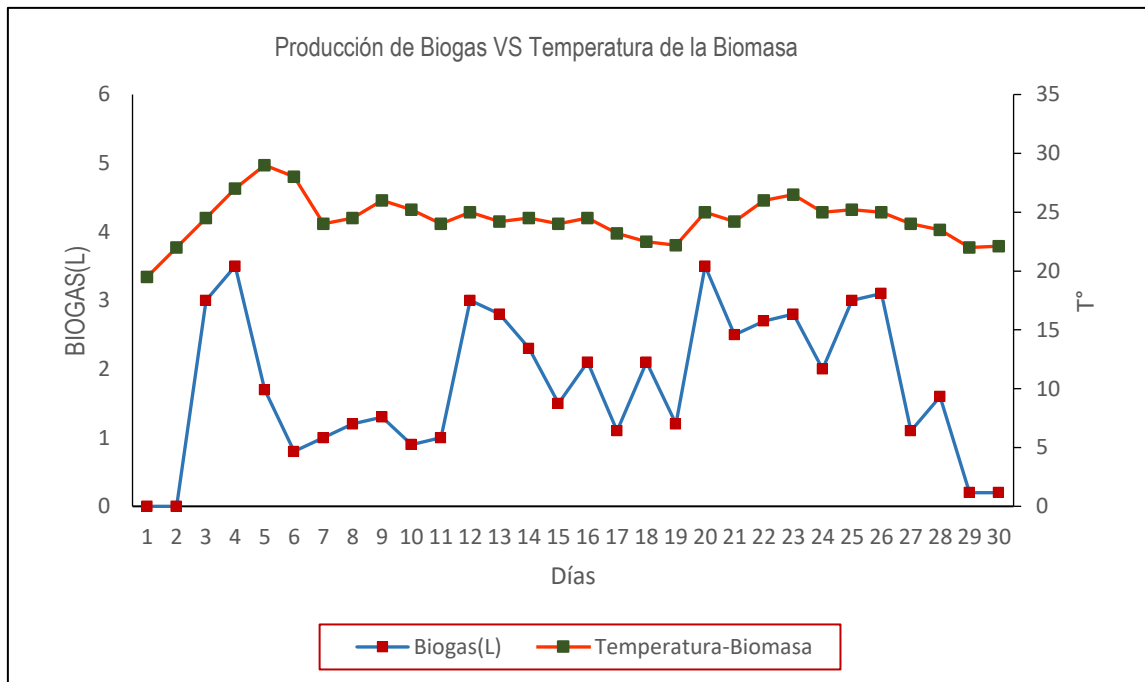


Figura 12. Relación de producción de Biogás con la Temperatura de la Biomasa
Fuente: Elaboración propia (2021)

En la figura 12. Podemos apreciar la influencia de la temperatura de la biomasa en la producción de biogás con un comportamiento homogéneo obteniendo un promedio de 24.41 °C durante los 30 días de experimentación, considerando la estación de otoño el cual se constató tiempos fríos.

Según(Auris & Morales) 2019, los cuales realizaron una investigación para evaluar la influencia de la temperatura en el proceso de digestión anaerobia, el cual realizaron una comparación de producción de biogás a la intemperie y con acondicionamiento de cobertor(invernadero), obtuvieron una producción de 6.8 L y un aumento de 15.8 L de biogás con el cobertor, trabajando con una temperatura de 11.2 °C a 20.9 °C a la intemperie y una temperatura de 30 °C a 46 °C con el cobertor, esto demuestra que el cobertor o invernadero es un factor vital si se requiere mantener y aumentar la temperatura en el proceso de digestión anaerobia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

- El biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar e invernadero fue una excelente alternativa para el tratamiento de excretas de origen bovino en zonas alto andinas, ya que fue posible producir altas cantidades de biogás.
- Fue posible la implantación de un biodigestor de flujo discontinuo con calentamiento solar a partir de una terma solar, el proceso de diseño fue acompañado con un invernadero, de esta forma se pudo brindar y mantener una temperatura óptima de la biomasa el cual osciló de (25 – 35°C) según FAO (2011) para la producción de biogás en zonas alto andinas.
- La producción de biogás obtenida con una carga de 48 L de biomasa fue de 56.6 L en la estación de verano y 53.2 L en la estación de otoño con un tiempo de retención de 30 días, fue posible generar biogás en climas alto andinos.
- Se determinó los rangos de temperaturas, estos fueron modificados favorablemente gracias a la adaptación del invernadero, las temperaturas oscilaron de 12.2°C – 20.5°C la temperatura ambiente, 17.2°C-30.5°C la

temperatura del invernadero y 21°C- 35°C la temperatura de la biomasa en la estación de verano así mismo en la estación de otoño con 12- 16.7°C la temperatura ambiental, 16.3 -24.3 °C temperatura del invernadero y 19.5 - 29 °C la temperatura de la biomasa el cual fue óptima considerablemente para una producción de biogás.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar el biodigestor a gran escala con modificaciones en la construcción y diseño, considerando el buen resultado para zonas alto andinas.
- De igual manera se deben realizar monitoreo de los parámetros como porcentaje de metano y presión con el que se trabajó para visualizar un mayor entendimiento del resultado.
- Así mismo se recomienda realizar pruebas con digestores convencionales a la intemperie para demostrar la eficiencia del biodigestor diseñado.
- Realizar más investigaciones con diferentes tipos de sustratos para determinar la eficiencia de los mismos con este diseño.
- Se recomienda la implementación de un agitador en el diseño del biodigestor para evitar la sedimentación

REFERENCIAS

- Arce, J. (2011). Diseño de un Biodigestor para generar biogás de abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral. *Repositorio: Universidad Politecnica Salesiana.*
- Arrieta, W. (2016). *Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado.* Piura - Peru: Repositorio: Universidad de Piura.
- Auris, R. M. (2019). Evaluación de la influencia de la temperatura en el tiempo de producción de biogás de excretas de bovino en el centro poblado de Callqui Grande - Huancavelica. *Repositorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.*
- Avila, M. E. (2009). *Autoconocimiento.* Barcelona: Oceano.
- Barberà, L. (2011). *Biometización en plantas industriales avanzadas.* España: Ediciones Bellisco.
- Barrientos, R. (2008). Estudio técnico financiero de una planta generadora de electricidad a partir de purines. *Repositorio - Universidad Austral de Chile.*
- Bolaños, R. R. (2017). Biogás, energía alternativa renovable para uso doméstico a partir de residuos orgánicos generados en la finca el mirador vereda san isidro, municipio de Belén de los Andaquíes departamento de Caquetá . *Repositorio: Universidad nacional abierta y a distancia.*

- Botero, R. P. (1987). *Biogestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas*. Costa Rica: Editorial: Escuela de Agricultura de la Region Tropical Humeda.
- Calderon, A. P. (2017). Propuesta para reactivar y mejorar el sistema Biogestor del parque "Mundo Aventura". *Revista: Creative Commons*.
- Campero, O. (2013). Monitorización y evaluación comparativa de la tecnología de biodigestión anaerobia como fuente de energía renovable en dos ámbitos familiar e industrial en Bolivia. *Repositorio de la Universidad Internacional Santa Lucía*.
- Capcha, L. (2014). EVALUACIÓN DE LA MACROALGA *Ulva lactuca* COMO APORTANTE DE NUTRIENTES A UN INÓCULO METANOGENICO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL COMEDOR DE LA UNALM". *Repositorio: Universidad Nacional Agraria*.
- Cepero, L. S. (2012). Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biogestores. *Scielo*.
- Cervi, R. E. (2011). Viabilidad Económica de la Utilización de Biogás para la Conversión en Energía Eléctrica. *Revista: SciELO*.
- Chávez, A. R. (2016). Aprovechamiento de residuos organicos agricolas y forestales en Iberoamerica. *Editorial: Academica y Virtualidad*.
- Chiriboga, O. (2010). *Desarrollo del Proceso de Producción de Biogás y Fertilizante Orgánico a partir de Mezclas de Desechos de Procesadoras de Frutas*. Quito: Repositorio: Universidad San Francisco de Quito.

Chungandro, K. M. (2010). *Diseño y construcción de un biodigestor para pequeñas y medianas granjas*. Quito: Editorial: Quito.

Científicos documentan emisiones de metano elevadas en los estados del Golfo de México. (2021). *ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND*.

Conquero, B. V. (20013). el cuerpo desarrolla más rápido que la ment. *La razon, Sociedad*.

Cotacallapa, G. C. (2021). Desarrollo de una red de sensores inalámbricos(RSI) para la caracterización de gases de efecto invernadero CO₂ y CH₄ en la ciudad de Juliaca. *Scielo*.

Durazno, A. (2019). Valorización de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. *Repositorio: Universidad Politécnica Salesiana*.

Estrada, C. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Redalyc*.

Fernández, J. (2003). *Energía de la Biomasa*. Editorial: MM - Energías Renovables. Obtenido de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos-biomasa.pdf>

Ferrer, I. U. (2008). Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos en biodigestores de bajo costo. *Desenvolupament Humà*.

Flores, W. (2013). *Producción y utilización de biogás a partir de purines como una alternativa de energía renovable en el C. P. Chen Chen - Moquegua*. Moquegua - Peru: Repositorio - Universidad Nacional del Altiplano.

- García, S. (2013). *CENTRALES TERMOELÉCTRICAS DE BIOMASA*. Madrid: Editorial: RENOVETEC.
- Hernández, R., & Fernández, C. &. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Editorial: Mc Graw Hill Education.
- IICA. (Noviembre de 2017). *Expertos impulsan el aprovechamiento de residuos agropecuarios para obtener energía*. Obtenido de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: [https://www.iica.int/es/prensa/noticias/expertos-impulsan-el-
aprovechamiento-de-residuos-agropecuarios-para-obtener-
energ%C3%ADa](https://www.iica.int/es/prensa/noticias/expertos-impulsan-el-aprovechamiento-de-residuos-agropecuarios-para-obtener-energ%C3%ADa)
- Magaña, R. E. (2006). Producción de Biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras. *Revista: Redalyc*.
- Martínez, L. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Revista: SciELO*.
- Ministerio de Energía de Chile, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Global Environment Facility. (2011). *Manual de biogás*. Santiago de Chile.
- Mullo, A. S. (2018). Implementation of acatle manure biodigester for the production of gas for single family us. *E3S Web of Conferences*.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de https://www.who.int/topics/air_pollution/es/

- Padilla, A. R. (2016). Produccion de Biogas y compost a partir de Residuos Organicos recolectados del Complejo Arqueologico Huaca de la Luna. *Revista: Ciencia y Tecnologia*.
- Pautrat, J. (2010). *diseño de biodigestor y producción de biogás con excremento vacuno en la granja agropecuaria de yauris Perú*. Huancayo - Perú: Repositorio: UNCP.
- Poggio, D. F. (2009). Adaptacion de biodigestores tubulares de plastico a climas frios. *Revista: Grupo de investigacion en Cooperacion y Desarrollo Humano*.
- Ramos, D. (2019). Plaza de Ganado no tiene las condiciones necesarias. *Editorial: Los Andes*, 9 - 10.
- Rodriguez, D. G. (2017). Diseño y construccion de un Biodigestor para la produccion de Biogas a partir de las heces caninas. *Repositorio: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas*.
- Ruiz, S. (2013). Energía del biogás: una opción sustentable para el medio rural y semiurbano. *Repositorio: Universidad Veracruzana*.
- Salazar, J. . (2012). producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado (ovino): experiencias en la ciudad de Tacna – Perú. *Revista: SciELO*.
- SOLSTAC. (2018). ENERGIA SOLAR La tecnología del Tubo de Vacio. *MEDIA*.
- Taramona, L. (2014). Producción de Biogás en digestor tubular para la sostenibilidad energetica y mejorar la calidad de vida en el ditrito de chilca - cañete. . *Repositorio: Universidad Le Cordon Bleu*.
- Vaillant. (2021). ¿Qué es un colector solar térmico? *Vaillant Group España*.

Vamero, M. (2011). *Manual de Biogás*. Chile: Editorial: Diseño y Diagramacion.

Vega, J. (2015). *Diseño, construcción y evaluación de un biodigestor semicontinuo para la generación de biogás con la fermentación anaeróbica del estiércol de cuy y de conejo para la Institución Educativa Privada Cristiana Bereshi*.
Chimbote - Perú: Repositorio - Universidad Nacional del Santa.

Villalobos, L. A. (2013). Produccion de biomasa y costos de pastos Estrella Africana en lecherias de Costa Rica. *Revista: SciELO*.

Yepes, S. M. (2008). Valorizacion de residuos agroindustriales - frutas - en Medellin y el sur del Valle de Aburrà, Colombia. *Revista: Redalyc*, 4424.

ANEXOS

Anexo A.

Recubrimiento de Estructura de invernadero con Plástico Grueso



Anexo B.

Orificio de Salida de Biogás y salida de excedente



Anexo C

Orificio de Limpieza y Salida del Biól



Anexo D

Válvula Reguladora de Presión



Anexo E
Termómetro digital



Anexo F
Medidor de biogás marca GoldCard G 1.6



Anexo G

Cámara de almacenamiento del biogás



Anexo H

Termómetro Bimetálico



Anexo I

Construcción del biodigestor de flujo discontinuo



Anexo J

Preparación y dilución de la Biomasa



Anexo K

Biodigestor de flujo discontinuo terminado y en funcionamiento



Anexo L

Prueba de combustión de gas obtenido



Anexo M

Colocación de Plástico para la segunda prueba.



Anexo N

Preparación y dilución de la Biomasa (Segunda prueba)



Anexo O

Conexión de líneas de conducción de gas



Anexo P

Colocación de cubierta para sobrecarga de temperatura



Anexo Q

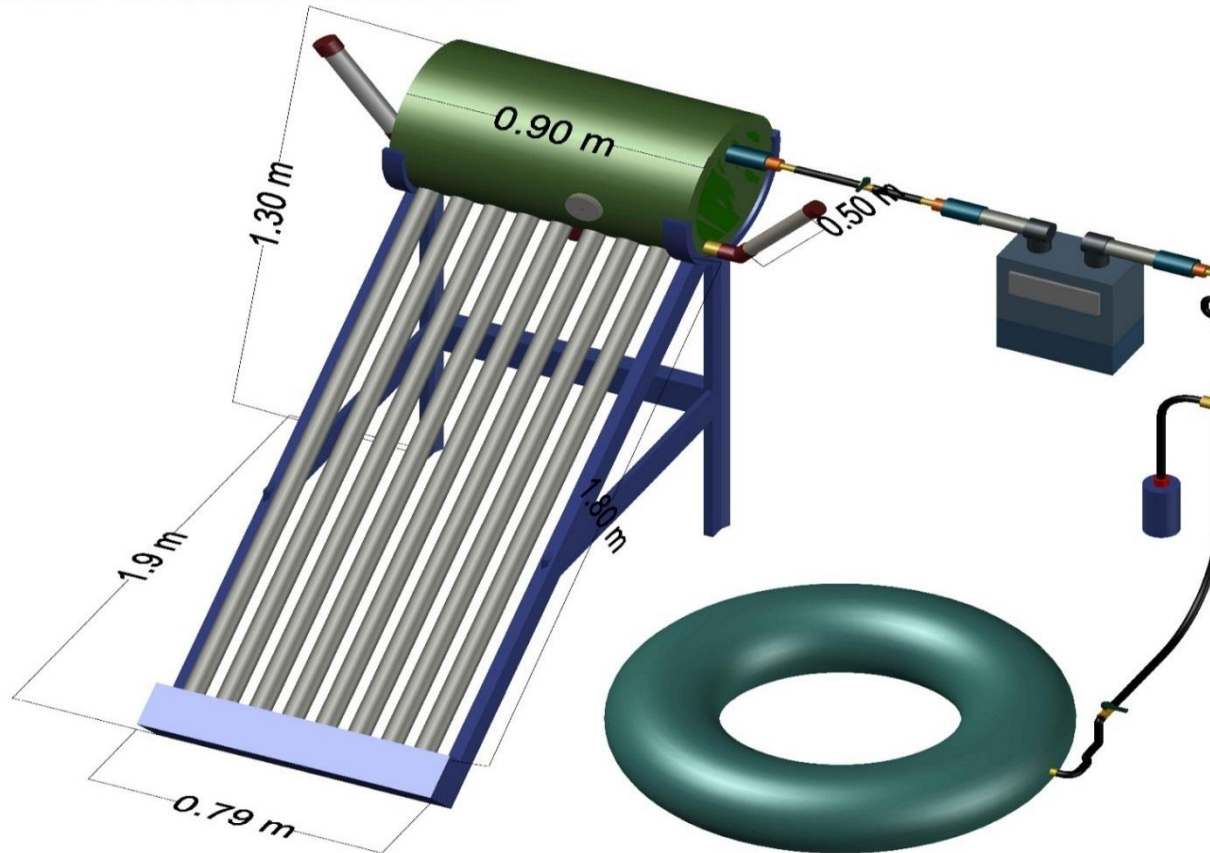
Prueba de combustión de gas obtenido (Segunda prueba)



Anexo R

Medidas de capacidades del biodigestor de flujo discontinuo

MEDIDAS Y CAPACIDADES DEL BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO



Una Institución Adventista

PROYECTO

Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo para la producción de biogas en zonas alto andinas a escala piloto - Juliaca, 2020

METODO

Sistema Anaerobio

DISEÑADO :
Bach.Ing.Ambiental - Rober Lee Quispe Condori

Fecha : 22/02/2021

PLANO 01

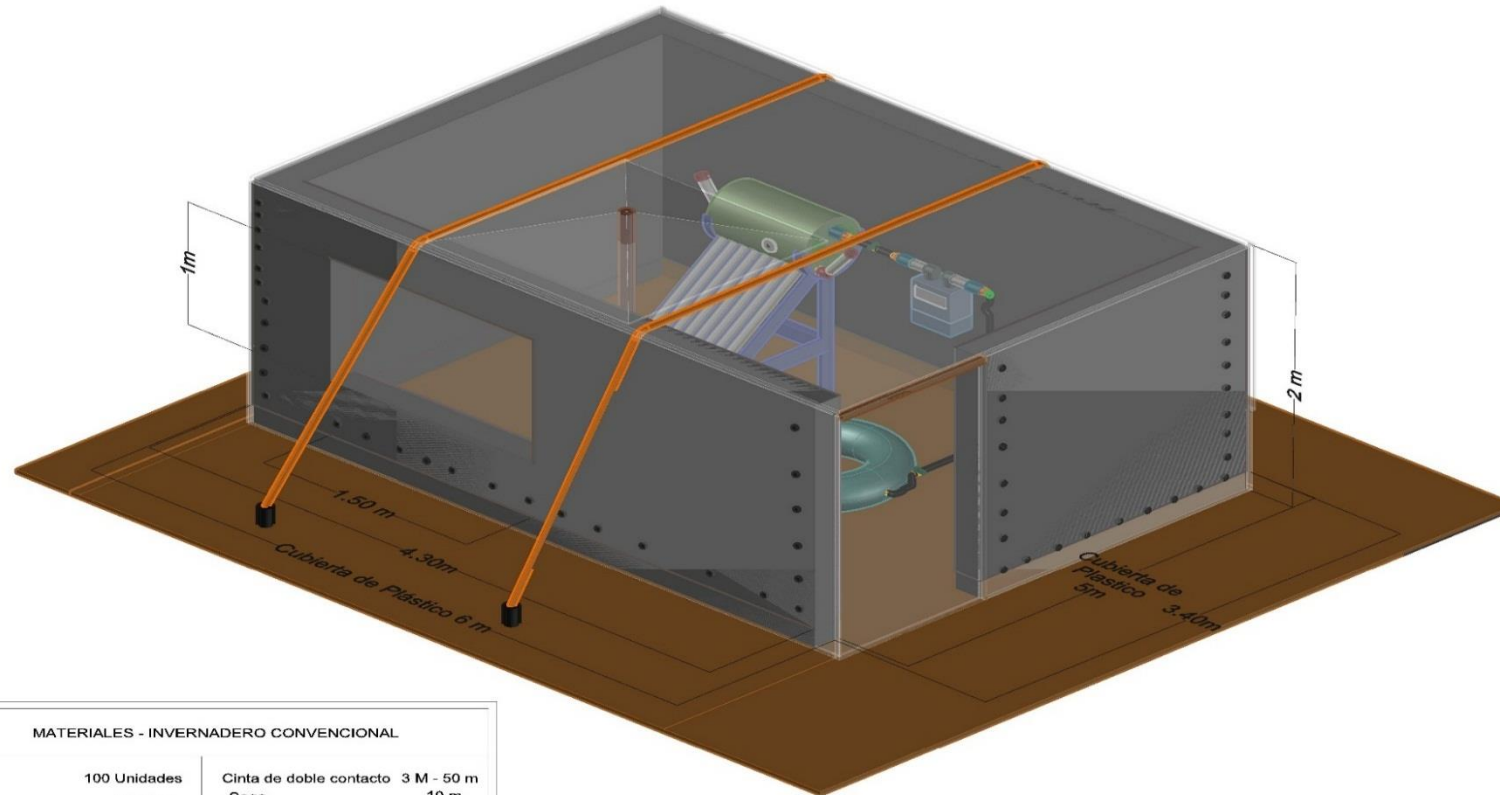
Escala: 1-1000

robertleevectorluis@gmail.com

Anexo S

Medidas y capacidades del invernadero

MEDIDAS Y CAPACIDADES DEL INVERNADERO



MATERIALES - INVERNADERO CONVENCIONAL

Adobe	100 Unidades	Cinta de doble contacto	3 M - 50 m
Plastico	6 X 5 m	Soga	10 m
Clavos de Calamina	2 "	Estacas de Metal	40 cm
Volandas Galvanizadas	2 "	Carton	2 x 1 m
Martillo	1 Unidad	Pico y Pala	1 Unidad
Pilote de Madera	2.30 m		



Una Institución Adventista

PROYECTO

Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo para la producción de biogas en zonas alto andinas a escala piloto - Juliaca, 2020

METODO

Sistema Anaerobio

DISEÑADO :
Bach. Ing. Ambiental - Rober Lee Quispe Condori

Fecha : 22/02/2021

PLANO 01

Escala: 1-1000

robertleevectorluis@gmail.com

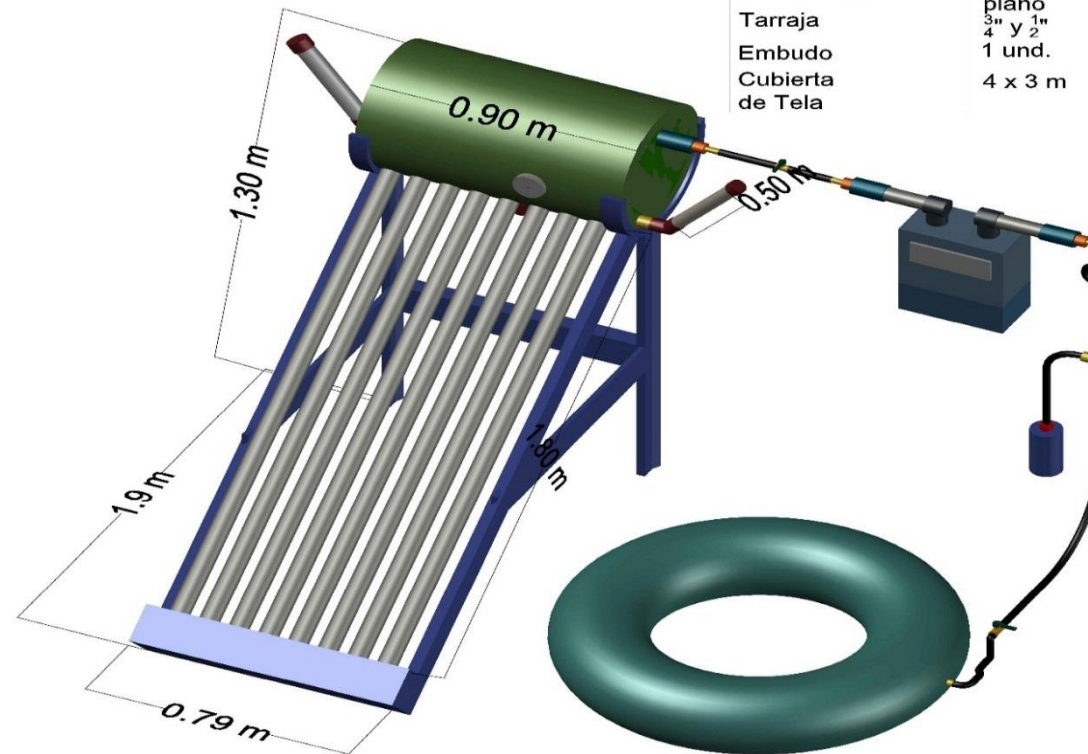
Modelado 3 D

Anexo T

Materiales de construcción del biodigestor de flujo discontinuo

MATERIALES DE CONSTRUCCION DEL BIODIGESTOR DE FLUJO DISCONTINUO

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
Tanque de Acero inoxidable	80 L
Cámara de Neumático	
Válvulas de paso	3 und.
Unión T"	1 und.
Termómetro Bimetálico	
Estructura Metalica	
Gomas de Polimeros	16 und.
Pegamento PVC	
Medidor de Gas	G 1.6
Codos de Acero	2 und. $\frac{3}{4}$ "
Niples de Acero Roscados	2 und.
Niples Terminal Espiga	6 und.
Uniones	3 und. $\frac{3}{4}$ "
Reductores	2 und.
Teflon	5 m
Manguera de gas	3 m
Abrazaderas	10 und.
Botella Descartable	2.25 L



Tubos PVC	$\frac{3}{4}$ " - $\frac{1}{2}$ "
Tapones Hembra	2 de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ "
Tubos de Vacío	8 und. Borocilicato
Tubo de Aluminio	$\frac{1}{2}$ "
Desarmador	Estrella - plano
Tarrajá	$\frac{3}{4}$ " y $\frac{1}{2}$ "
Embudo	1 und.
Cubierta de Tela	4 x 3 m



Una Institución Adventista

PROYECTO

Evaluación de un biodigestor de flujo discontinuo para la producción de biogas en zonas alto andinas a escala piloto - Juliaca, 2020

METODO

Sistema Anaerobio

DISEÑADO :

Bach.Ing.Ambiental - Rober Lee Quispe Condori

Fecha : 22/02/2021

PLANO **03**

Escala: 1-1000

robertleevectorluis@gmail.com

Anexo U



Cadena de custodia –Producción de biogás en la estación de verano del mes de Diciembre del 2020

Día	Fecha	Hora	Temperaturas °C			Biogás m ³	Clima
			T° Ambiente	T° Invernadero	T° Biomasa		
1	01/12/2020	4:00pm	16.7	21.2	24	00000.000	Soleado
2	02/12/2020	4:00 pm	18.3	24.5	30	00000.001	Soleado
3	03/12/2020	4:00pm	18	25	35	00000.006	Soleado
4	04/12/2020	4:00 pm	16	21.5	31	00000.008	Nublado
5	05/12/2020	4:00 pm	16.1	20.6	30	00000.010	Soleado
6	06/12/2020	4:00 pm	20	24	30	00000.011	Soleado
7	07/12/2020	4:00 pm	17.9	26.1	30	00000.013	Soleado
8	08/12/2020	4:00 pm	16.6	22	29	00000.016	Soleado
9	09/12/2020	4:00 pm	19.5	25.3	30	00000.020	Soleado
10	10/12/2020	4:00 pm	18	23	31	00000.022,5	Soleado
11	11/12/2020	4:00 pm	17.3	21.1	30.5	00000.025,5	Soleado
12	12/12/2020	4:00 pm	17.7	23	31	00000.028	Soleado
13	13/12/2020	4:00 pm	20.5	30.5	34	00000.032	Soleado
14	14/12/2020	4:00 pm	16	22	30	00000.035,0	Soleado

15	15/12/2020	4:00pm	16.3	20.9	30	00000.035,5	Soleado
16	16/12/2020	4:00pm	16.1	23.3	29	00000.036,9	Nublado
17	17/12/2020	4:00pm	15.2	24	31	00000.039,8	Nublado
18	18/12/2020	4:00pm	13.1	23.8	30	00000.041,5	Nublado-Hoyoso
19	19/12/2020	4:00pm	15.1	23.5	30	00000.044,5	Nublado
20	20/12/2020	4:00pm	18.2	25.7	30	00000.046,4	Soleado
21	21/12/2020	4:00pm	18.5	28.1	31	00000.048,9	Soleado
22	22/12/2020	4:00pm	18.5	25	32	00000.050,8	Soleado
23	23/12/2020	4:00pm	18.1	27.2	29.5	00000.054,5	Soleado
24	24/12/2020	4:00pm	19.5	25.6	28	00000.053,1	Soleado
25	25/12/2020	4:00pm	17.8	22.7	25	00000.054,5	Soleado
26	26/12/2020	4:00pm	17	22	25	00000.055.5	Nublado
27	27/12/2020	4:00pm	19.1	26.6	26	00000.056,2	Soleado
28	28/12/2020	4:00pm	13	19.2	24	00000.056,3	Nublado-Hoyoso
29	29/12/2020	4:00pm	11.9	18.9	22	00000.056.5	Nublado - Hoyoso
30	30/12/2020	4:00pm	12.2	17.1	21	00000.056.6	Nublado - Hoyoso
TOTAL						00000.056,6m ³	

Anexo V

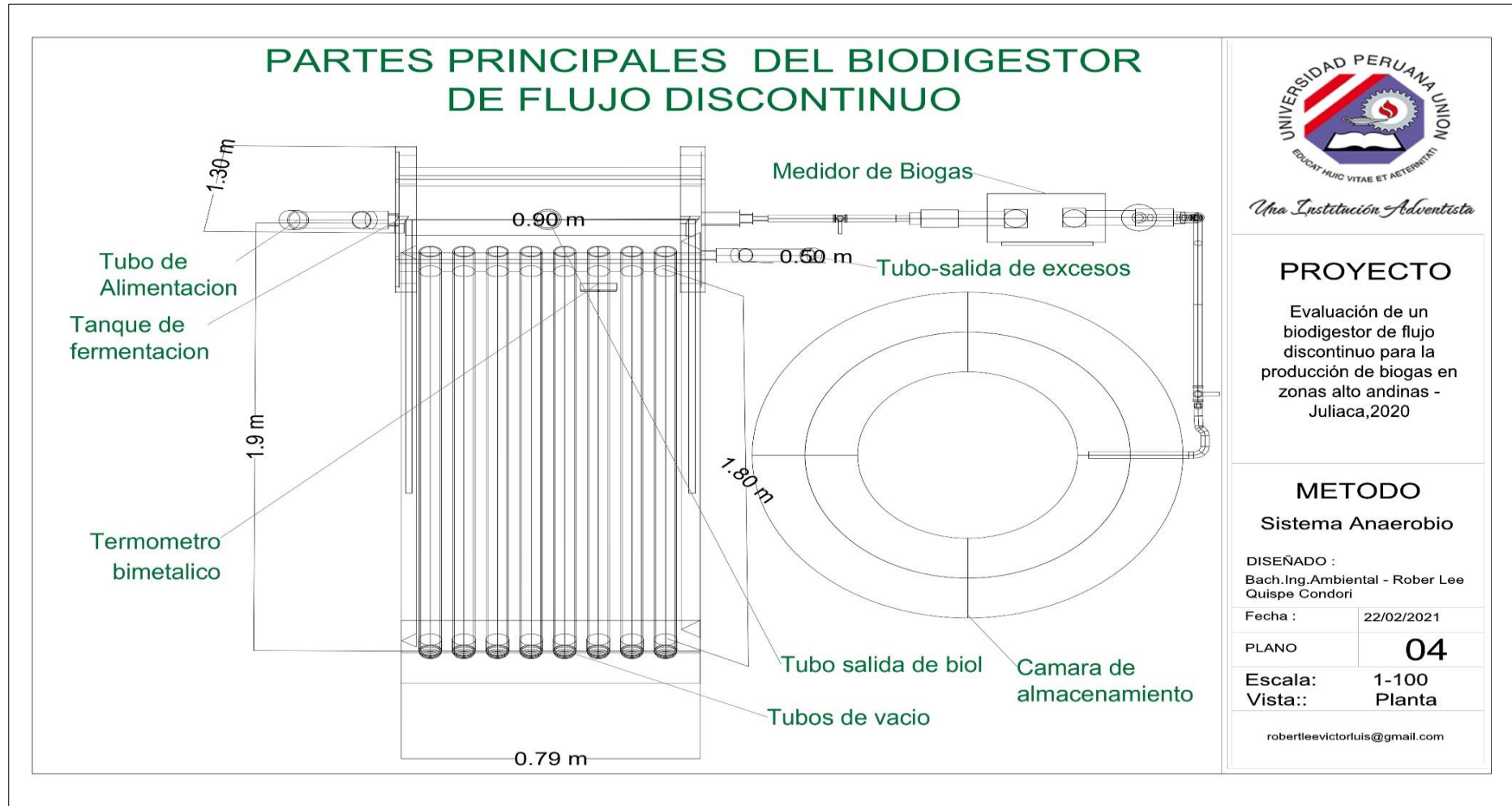
Cadena de custodia –Producción de biogás en la estación de Otoño del mes de Abril del 2021

		MONITOREO DE PRODUCCIÓN DE BIOGAS (OTOÑO) Abril 2021					
Día	Fecha	Hora	Temperaturas °C			Biogás m³	Clima
			T° Ambiente	T° Invernadero	T° Biomasa		
1	28/04/2021	4:00 pm	14.2	16.3	19.5	00000.000	Nublado
2	29/04/2021	4:00 pm	14.6	17	22	00000.000	Nublado
3	30/04/2021	4:00 pm	12.9	18.9	24.5	00000.003	Nublado - Ventoso
4	31/04/2021	4:00 pm	16	24	27	00000.006,5	Soleado
5	01/05/2021	2:59 pm	15	24.3	29	00000.008,2	Soleado
6	02/05/2021	4:00 pm	12.5	18	28	00000.009	Nublado
7	03/05/2021	4:02 pm	12	20	24	00000.010	lluvioso
8	04/05/2021	4:00 pm	13.4	20.1	24.5	00000.011,2	Nublado
9	05/05/2021	4:00 pm	12.5	20.1	26	00000.012,5	Nublado
10	06/05/2021	4:00 pm	12.3	19.4	25.2	00000.013,4	Nublado
11	07/05/2021	4:00 pm	12.5	19.5	24	00000.014,4	Nublado
12	08/05/2021	4:00 pm	13.2	19.8	25	00000.017,4	Nublado
13	09/05/2021	4:01 pm	12	19	24.2	00000.020,2	lluvioso
14	10/05/2021	4:00 pm	16.7	22	24.5	00000.022,5	Soleado
15	11/05/2021	4:00 pm	12.6	18.6	24	00000.024	Nublado
16	12/05/2021	4:00 pm	13.4	19.3	24.5	00000.026,1	Nublado
17	13/05/2021	4:00 pm	12.5	18	23.2	00000.027,2	Nublado

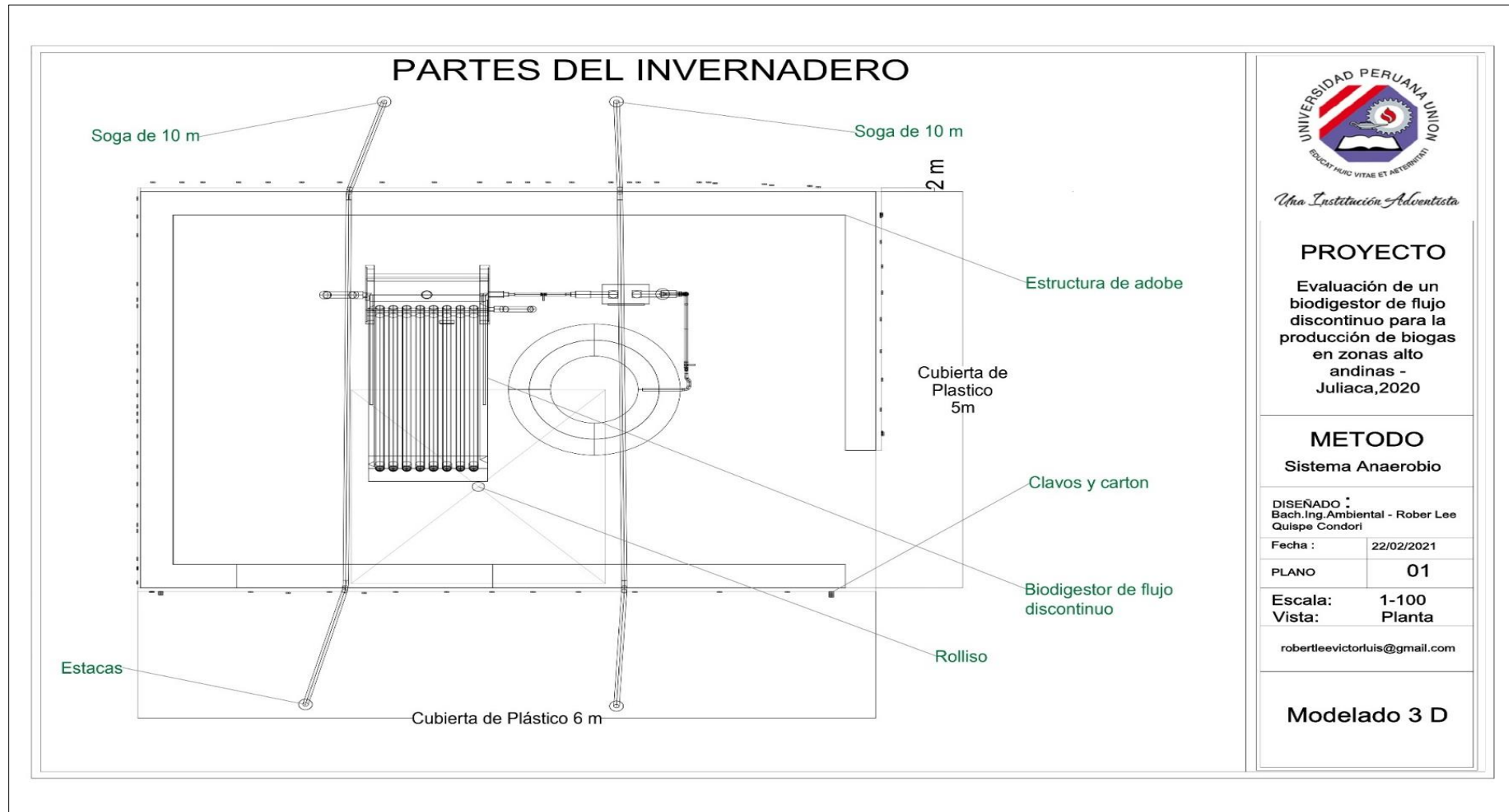
18	14/05/2021	4:00 pm	12	17.6	22.5	00000.029,3	Nublado
19	15/05/2021	4:00 pm	12.8	18.3	22.2	00000.030,5	Nublado
20	16/05/2021	4:00 pm	14.	20	25	00000.034	Nublado
21	17/05/2021	3:58 pm	12.9	19	24.2	00000.036,5	Nublado-Huivoso
22	18/05/2021	4:05 pm	16.2	22	26	00000.039,2	Soleado
23	19/05/2021	4:00 pm	16.5	21	26.5	00000.042	Soleado
24	20/05/2021	4:00 pm	14	20	25	00000.044	Soleado
25	21/05/2021	4:00 pm	14.5	20	25.2	00000.047	Nublado
26	22/05/2021	4:06 pm	16	21	25	00000.050,1	Soleado
27	23/05/2021	4:00 pm	13.5	19.1	24	00000.051,2	Nublado
28	24/05/2021	4:00 pm	13	18	23.5	00000.052,8	Nublado
29	25/05/2021	4:00 pm	14	19.3	22	00000.053	Nublado
30	26/05/2021	4:00 pm	13	19.2	22.6	00000.053,2	Nublado.
TOTAL						00000.053.2 m ³	

Anexo W

Partes principales del biodigestor de flujo discontinuo



Anexo X
Partes principales del invernadero



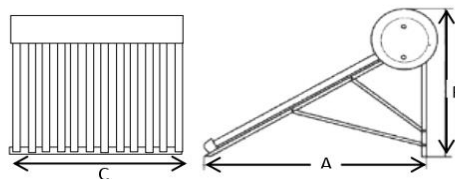
Anexo Y

FICHA TECNICA -Terma solar



Lima: Av. Los Nogales 530 -2° piso Urb. Canto Bello (01)7190522/0523
 Arequipa: Calle Paucarpata 130 Of. 113 Cercado (054)231932
 Web: <https://www.panelesolaresperu.com/>
 E-mail: cotizaciones@fotovoltaicosperu.com

SOLAR THERMAL STAINLESS STEEL - LIDERS 80 LITERS VACUUM TUBES



Physical Characteristics

Tube Diameter	58 (mm)
Tube Length	1800 (mm)
Tank Capacity	80 L
Number of tubes	8
Vacuum Tubes	Borosilicate glasses, thickness 1.6 mm
Internal Material of the tank	Stainless steel SUS304-2B thickness of 0.5 mm.
External Material of the tank	Stainless steel SUS304-BA with thickness 0.4mm
Support structure	Stainless steel SUS201, thickness of 1.5mm, Grade 30.
Hail resistance	25 mm
Reflector	Stainless steel SUS201
Maximum pressure	1 Bar (14.50 PSI)
Tank	Internal Deposit: 360 mm; Exterior Tank: 470; Polyurethane insulation: 55mm
Dimensions	A = 1,900 mm B = 1,300 mm C = 790 mm



ENELTEC
brighten your ideas

Ybeier

RUTY

victron energy

LIDERS

xindun
GREENPOWER

MORNINGSTAR

phocos

KongSolar

RITAR

CNBM LORENTZ

Kaise

SHURHO

Aeca

Anexo Z

FICHA TECNICA -Medidor de gas



Medidor para Gas

G1,6

Tipo Diafragma

Ficha Técnica

Características del producto

Producto	Medidor para gas tipo diafragma
Tipo de gas	Gas natural, GLP (propano) o gases no corrosivos
Marca	METREX®
Modelo	G1,6
Tipo de medidor	Diafragma
Mecanismo de medición	Válvula rotatoria
Denominación (OIML)	G1,6
Flujo máximo	2,5 m³/h
Flujo mínimo	0,016 m³/h
Presión máxima	50 kPa o 7,2 PSIG
Volumen cíclico	0,7 dm³/Rev
Dimensiones	204,5 mm alto 156 mm ancho 126,5 mm profundidad
Distancia entre centros de conductos roscados	130 mm o 110 mm según tipo de rosca
Tipo de rosca en conductos	M26 x 1,5 o G 3/4
Odómetro	Digital con 5 tambores enteros y 3 decimales
Tipo de lectura	En metros cúbicos (m³)

Materiales	Cuerpo: Aluminio inyectado Tapas: Acero o aluminio inyectado (según solicitud) Diafragmas: Caucho y nitrilo Válvula y asiento de válvula: Fenol
Pintura	Pintura epóxica en polvo con aplicación electrostática en color beige
Visor	Polyacetil de alta resistencia al impacto y protección UV, con marco de refuerzo en nylon negro
Características de placa	Marca del fabricante, modelo, sentido de flujo (indicación), flujo máx. (m³/h), flujo mín. (m³/h), volumen cíclico (dm³), presión máx. de operación (kPa), rango de presiones de operación (kPa), rango de temperatura de operación (°C), No. de serie, país de origen
Mecanismo de freno	Trinquete
Sentido de flujo	Izquierda a derecha o derecha a izquierda
Ubicación conductos	Parte superior (vertical)
Peso neto	1,46 kg
Dispositivos de control	Adaptable según solicitud (tornillos de ojal y sellos de seguridad)

Otras características

- ▶ Reporte de seriales y porcentajes de error en los caudales inspeccionados.
- ▶ Conducto de salida del gas en aluminio fundido, integrado a la carcasa superior.
- ▶ Diafragmas electrosoldados.
- ▶ Aleta del visor que protege el tornillo de la tapa superior.
- ▶ Etiqueta con recomendaciones de instalación en idioma español.
- ▶ Mayor presión de trabajo (50 kPa).
- ▶ Identificación con código de barras.
- ▶ Tornillería de seguridad en acero inoxidable.
- ▶ Sellos de seguridad antifraude o antidesmonte (bajo pedido).