

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Producción de biogás mediante combinación de
estiércol vacuno y de cuy en la región Moquegua**

Yabran Deering Valdez Flores
Denilson Max Lozano Colquehuanca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Moquegua, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : FELIPE GUTARRA MEZA
Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : José Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de tesis
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis
FECHA : 16 de octubre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE COMBINACIÓN DE ESTIÉRCOL VACUNO Y DE CUY EN LA REGIÓN MOQUEGUA", perteneciente a los estudiantes YABRAN DEERING VALDEZ FLORES; DENILSON MAX LOZANO COLQUEHUANCA, de la E.A.P. de INGENIERIA AMBIENTAL; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI N
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI N
(Nº de palabras excluidas: 0)
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI N

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



José Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Yabran Deering Valdez Flores, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73004301, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PRODUCCION DE BIOGÁS MEDIANTE COMBINACIÓN DE ESTIERCÓL VACUNO Y DE CUY EN LA REGIÓN MOQUEGUA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

16 de Octubre de 2023.



Yabran Deering Valdez Flores

DNI. No. 73004301

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Denilson Max Lozano Colquehuanca, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 75950712, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "PRODUCCION DE BIOGÁS MEDIANTE COMBINACIÓN DE ESTIERCÓL VACUNO Y DE CUY EN LA REGIÓN MOQUEGUA", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

16 de Octubre de 2023.



Denilson Max Lozano Colquehuanca

DNI. No. 75950712

PRODUCCIÓN DE BIOGÁS MEDIANTE COMBINACIÓN DE ESTIÉRCOL VACUNO Y DE CUY EN LA REGIÓN MOQUEGUA

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	1%
6	repository.upb.edu.co Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	

<1 %

10 www.researchgate.net
Fuente de Internet

<1 %

11 www.scielo.org.pe
Fuente de Internet

<1 %

12 alicia.concytec.gob.pe
Fuente de Internet

<1 %

13 docplayer.es
Fuente de Internet

<1 %

14 www.unas.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

15 www.analiseconomico.azc.uam.mx
Fuente de Internet

<1 %

16 tesis.usat.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

17 Submitted to Universidad Peruana Union
Trabajo del estudiante

<1 %

18 tesis.ucsm.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

19 repositorio.upn.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

20 vsip.info
Fuente de Internet

<1 %

21	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	revistas.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
26	www.lareferencia.info Fuente de Internet	<1 %
27	ECO PLANET E.I.R.L.. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Instalación de Defensa Ribereña y Encauzamiento del Río Virú Sector La Alameda, Distrito de Virú, Provincia de Virú - la Libertad-IGA0015052", R.D.G. N° 223-14-MINAGRI-DGAAA, 2021 Publicación	<1 %
28	doczz.com.br Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru	<1 %

31 repositorio.uap.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

32 www.grafiati.com <1 %
Fuente de Internet

33 ciencia.lasalle.edu.co <1 %
Fuente de Internet

34 www.coursehero.com <1 %
Fuente de Internet

35 www.revistas.unitru.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

36 repositoriosiidca.csuca.org <1 %
Fuente de Internet

37 tesis.pucp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

38 bibliotecadigital.fia.cl <1 %
Fuente de Internet

39 repository.ucc.edu.co <1 %
Fuente de Internet

40 scielo.sld.cu <1 %
Fuente de Internet

41 www.revistaingenieria.unam.mx <1 %
Fuente de Internet

42 doaj.org

Fuente de Internet

<1 %

43

repositorio.uts.edu.co:8080

Fuente de Internet

<1 %

44

www.mdpi.com

Fuente de Internet

<1 %

45

www.mef.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

46

www.semanticscholar.org

Fuente de Internet

<1 %

47

eprints.soton.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

48

www.citrevistas.cl

Fuente de Internet

<1 %

49

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

50

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

51

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

www.sma.df.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

53

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

54	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	www.agenda21malaga.org Fuente de Internet	<1 %
56	bioreactorcrc.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
57	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
58	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
60	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
61	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
62	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

66	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
67	Cuong H. Pham, Jin M. Triolo, Sven G. Sommer. "Predicting methane production in simple and unheated biogas digesters at low temperatures", Applied Energy, 2014 Publicación	<1 %
68	Garcia, R.. "Characterization of Spanish biomass wastes for energy use", Bioresource Technology, 201201 Publicación	<1 %
69	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
70	ilo.ch Fuente de Internet	<1 %
71	news.un.org Fuente de Internet	<1 %
72	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
73	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
74	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
75	repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

76

tel.archives-ouvertes.fr

Fuente de Internet

<1 %

77

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la Universidad Continental por habernos aceptado para seguir formándonos profesionalmente con el proceso de titulación en su casa de estudios.

Al Dr. Jose Vladimir Cornejo Tueros, por asesorarnos y que con su conocimiento nos guió y ayudó en culminar satisfactoriamente la tesis y por el compromiso asumido de acompañarnos y asesorarnos en este proceso de titulación.

Finalmente agradecer a todos los profesionales que ayudaron a que la tesis se hiciera realidad.

DEDICATORIA

A mis padres y familiares, quienes me apoyaron incondicionalmente para lograr esta meta ansiada, por los valores que me inculcaron en esta etapa y, además, por la motivación para seguir creciendo profesionalmente.

Yabran Deering Valdez Flores

Para mi madre, hermano y familia que son la causa de haber llegado hasta aquí, porque cada día me apoyan para lograr mis metas. Para mis docentes, que, con sus enseñanzas, me encaminaron a cumplir con mi formación profesional.

Denilson Max Lozano Colquehuanca

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	ii
Dedicatoria.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
Introducción.....	xi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.1.1 Problema general.....	14
1.1.2 Problemas específicos	14
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo general.....	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificación e importancia.....	14
1.3.1 Justificación social	15
1.3.2 Justificación ambiental.....	15
1.3.3 Justificación económica	16
1.3.4 Justificación teórica.....	16
1.4 Delimitación del proyecto	16
1.5 Hipótesis y variables	17
1.5.1 Hipótesis general.....	17
1.5.2 Hipótesis específicas	17
1.5.3 Variables	17
1.5.3.1. Variable independiente.....	17
1.5.3.2. Variable dependiente.....	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema.....	18
2.1.1 Antecedente internacional.....	18
2.1.2 Antecedentes nacionales	20
2.2 Bases teóricas.....	23
2.2.1 Biogás	23
2.2.1.1 Composición del biogás.	23
2.2.1.2 Ventajas del biogás.	24
2.2.2 Producción de biogás	24
2.2.2.1 Digestión anaeróbica.....	24

2.2.3	Estiércol vacuno.....	27
2.2.4	Estiércol de cuy.....	27
2.2.5	Temperatura.....	27
2.2.6	Rangos de pH.....	29
2.2.7	Biodigestor.....	29
2.2.7.1	Tipos de biodigestor.....	30
2.3	Definición de términos básicos.....	33
2.3.1	Biogás.....	33
2.3.2	Biodigestor.....	33
2.3.3	Digestión anaerobia.....	33
2.3.4	Biomasa.....	33
2.3.5	Relación C/N.....	33
2.3.6	Materia orgánica.....	33

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	Métodos, tipo o alcance de la investigación.....	34
3.1.1	Método de la investigación.....	34
3.1.2	Alcances de la investigación.....	34
3.1.2.1	Tipo de investigación.....	34
3.1.2.2	Nivel de investigación.....	34
3.2	Materiales y métodos.....	34
3.2.1	Biodigestores de bidón de 80 L.....	34
3.2.1.1	Materiales.....	35
3.2.1.2	Construcción.....	35
3.2.1.3	Implementación.....	35
3.2.2	Medición de propiedades físico-químicas.....	36
3.2.3	Cantidad de biogás.....	36
3.2.4	Población y muestra.....	36
3.2.4.1	Población.....	36
3.2.4.2	Muestra.....	37
3.2.5	Diseño de la investigación.....	38
3.2.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.2.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	39
3.2.6.2	Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.2.7	Procesamiento y análisis de información.....	39

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación de resultados.....	40
4.1.1	Construcción del biodigestor.....	40
4.1.2	Medición de pH y temperatura.....	40
4.1.2.1	Medición de pH por biodigestor.....	40

4.1.2.2	Análisis de pH en los tres biodigestores.....	42
4.1.2.3	Medición de temperatura.....	42
4.1.2.4	Análisis de la temperatura en los tres biodigestores.....	44
4.1.3	Producción de biogás	45
4.1.3.1	Comienzo de la producción de biogás.....	45
4.1.3.2	Producción total del biogás	45
4.1.3.3	Producción de biogás por biodigestor	46
4.1.3.4	Producción de biogás de los tres biodigestores	47
4.2	Discusión de resultados.....	48

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	49
5.1	Recomendaciones	49

Referencias bibliográficas	50
Anexos	54
Anexo 01: Fichas de evaluación de los tres biodigestores	54
Anexo 02: Certificado de calibración de equipo - PHmetro.....	59
Anexo 03: Certificado de calibración de equipo - Termómetro	63
Anexo 04: Matriz de consistencia	67
Anexo 05: Presupuesto del proyecto de investigación	68
Anexo 06: Panel fotográfico.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa comparativas de crecimiento de microorganismos psicrófilos, termófilos y mesófilos.....	28
Figura 2. Biodigestor continuo	30
Figura 3. Biodigestor de domo flotante	30
Figura 4. Biodigestor de domo flotante	31
Figura 5. Biodigestor de estructura flexible.....	31
Figura 6. Biodigestor discontinuo.....	32
Figura 7. Biodigestor tipo Batch.....	32
Figura 8. Método de medición de biogás (referencial).....	36
Figura 9. Área de la Granja “El Lavadero”.....	37
Figura 10. Mapa de ubicación de la granja “El Lavadero”.....	37
Figura 11. Diseño de la investigación.....	38
Figura 12. Ubicación de los biodigestores.....	39
Figura 13. Construcción de tres biodigestores.....	40
Figura 14. Medición de pH en el biodigestor 1	40
Figura 15. Medición de pH en el biodigestor 2	41
Figura 16. Medición de pH en el biodigestor 3	41
Figura 17. Gráfico de pH de los tres biodigestores.....	42
Figura 18. Medición de temperatura en el biodigestor 1	43
Figura 19. Medición de temperatura en el biodigestor 2	43
Figura 20. Medición de temperatura en el biodigestor 3	44
Figura 21. Gráfico de temperatura de los tres biodigestores.....	44
Figura 22. Producción de biogás en el biodigestor 1	46
Figura 23. Producción de biogás en el biodigestor 2	46
Figura 24. Producción de biogás en el biodigestor 3	47
Figura 25. Gráfica de producción de biogás de los tres biodigestores.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	17
Tabla 2	Características generales del biogás.....	23
Tabla 3	Composición química del estiércol vacuno	27
Tabla 4	Composición química del estiércol de cuy	27
Tabla 5	Período de fermentación anaeróbica y rango de temperatura.	28
Tabla 6	Capacidad del biodigestor.....	35
Tabla 7	Tiempo de comienzo en la producción de biogás	45
Tabla 8	Producción total de biogás	45

RESUMEN

En el trabajo de investigación presente se produjo biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy. En el Centro Poblado de San Francisco, distrito de Moquegua se realizó la investigación, se sustentó el aprovechamiento del estiércol vacuno y cuy como fuente de energía renovable. Se realizó un diseño experimental de un tratamiento con tres repeticiones construyéndose tres biodigestores de 80 L de capacidad poniendo en funcionamiento con la mezcla de 72 L de agua con 2.0 Kg estiércol de cuy y 2.5 Kg estiércol de vaca. Durante los 60 días de producción de biogás, se evaluó la temperatura y el pH, y se obtuvo resultados promedio de 26.91°C de temperatura y pH de 7.60. El tiempo de mayor producción de biogás se obtuvo a partir de los 35 días hasta los 50 días de iniciado el experimento. Producir biogás mediante la combinación de estiércol vacuno y cuy si es posible poniendo en funcionamiento biodigestores, que el pH se debe mantener por encima de 7 para obtener mayores cantidades de biogás y la temperatura debe estar en un rango de 26° C.

Palabras clave: *biodigestor, biogás, temperatura*

ABSTRACT

In the present research work, biogas was produced by combining bovine and guinea pig manure. In the Populated Center of San Francisco, Moquegua district, the investigation was carried out, supporting the use of bovine and guinea pig manure as a source of renewable energy. An experimental design of a treatment with three repetitions was carried out, building three biodigesters of 80 L capacity, putting into operation with the mixture of 72 L of water with 2.0 Kg of guinea pig manure and 2.5 Kg of cow manure. During the 60 days of biogas production, the temperature and pH were evaluated, obtaining average results of a temperature of 26.91°C and a pH of 7.60. The time of greatest biogas production was obtained from 35 days to 50 days after the start of the experiment. Produce biogas by combining bovine manure and guinea pig manure, if possible, putting biodigesters into operation, the pH must be maintained above 7 to obtain larger amounts of biogas and the temperature must be in a range of 26°C.

Keywords: biodigester, biogas, temperature

INTRODUCCIÓN

El procedimiento para la digestión anaeróbica es uno de los mejores para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que durante muchos años han sido un problema tanto para el medio ambiente como para la sociedad. Por ello, el manejo responsable de los desechos orgánicos genera ventajas como la producción de energía renovable, la mineralización y una disminución significativa de los malos olores. Los biodigestores se pensaron principalmente como una forma de convertir los desechos orgánicos en gas combustible. Sin embargo, cuando se incluyen en un sistema de agricultura orgánica, los biodigestores pueden ofrecer ventajas adicionales, desde la preparación de alimentos con biogás y la operación de maquinarias hasta la adquisición de fertilizantes de alta calidad (1).

Una buena fuente de energía renovable y nutrientes es el estiércol animal, sin embargo, la mayor parte del estiércol se deja descomponer al aire libre, lo que representa un grave riesgo ambiental. Partículas, metano, sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos volátiles son solo algunos de los contaminantes del aire que el estiércol puede liberar a la atmósfera. Estos contaminantes simbolizan un riesgo significativo para la salud humana y el ambiente. El desarrollo de sistemas de digestión anaerobia que produzcan energía y estabilicen el ambiente a partir de estiércol de ganado ha aumentado considerablemente. Hay miles de digestores en uso en instalaciones ganaderas industriales en Europa, América, Asia y otros lugares que están produciendo energía limpia y combustible. El pH y la temperatura son las dos variables principales que afectan el volumen de biogás que se puede generar con el estiércol de ganado (2).

Moquegua tiene esta realidad cada día; por ello, el objetivo de este trabajo es obtener biogás mediante la combinación de estiércol vacuno y de cuy, poner en funcionamiento biodigestores, medir las variables de pH y temperatura y determinar el tiempo de obtención máxima de biogás. La primera parte del estudio de investigación consistirá en apostar a diseñar, construir y poner en funcionamiento un biodigestor. La segunda parte consistirá en determinar la influencia que tiene la temperatura y pH en la producción de biogás donde finalmente se podrá determinar el tiempo de producción máxima de biogás. La investigación tuvo lugar en el Centro Poblado de San Francisco, distrito Moquegua procesando el estiércol de la Granja “El Lavadero” del distrito de Torata.

El contenido de la investigación consta de 5 capítulos. En el Capítulo I se analiza el planteamiento de la producción de biogás, teniendo en cuenta el problema general y el problema específico, objetivos generales y específicos, justificación e importancia, hipótesis y variables. El Capítulo II describe en detalle los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y las

definiciones de términos. El Capítulo III describe la metodología y alcance de la investigación, la literatura utilizada, los métodos y herramientas para la recolección de datos, así como el procesamiento y análisis de la información. El Capítulo IV describe los resultados y los discute en detalle. El Capítulo V contiene las conclusiones y recomendaciones. Y finalmente la bibliografía de referencias y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

En nuestro medio es muy común observar grandes cantidades de residuos en diversos lugares, lo que indica que las personas tiran a la basura grandes cantidades de materiales que pueden ser reutilizados en otros procesos. Muchos de estos materiales son orgánicos y muchas veces se reutilizan como fertilizantes, y no se buscan materiales alternativos como los propuestos en el proyecto para fuentes de energía a partir de residuos orgánicos (estiércol).

Los GEI se producen a partir de la descomposición de los residuos orgánicos. El metano se produce principalmente por fermentación en los intestinos de los rumiantes. La principal fuente de energía actualmente son los combustibles fósiles, sin embargo, esto genera que nos enfrentemos a las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero que están provocando el cambio climático (3), dado que se espera que aumente la emisión de CO₂ a 43 000 000 toneladas para 2040, la energía renovable está fácilmente disponible y asequible (4) convirtiéndose en una alternativa.

En la actividad agropecuaria, la característica innata de los desechos orgánicos de vacuno, cuy y otros animales, es el de producir metano en distintas concentraciones, este gas energético con efecto invernadero es aprovechado como combustible, pero es más claro que el gas no es producido en estado puro, sino que viene asociado en mayor proporción al dióxido de carbono; y en mínimas concentraciones el nitrógeno (N), hidrógeno (H), vapor de agua, ácido sulfhídrico (H₂S) (5) pudiendo; este último, minimizar el desempeño de un sistemas de producción de energía.

La ganadería y la agricultura son dos actividades relacionadas al desarrollo del departamento de Moquegua, estas generan residuos orgánicos y estiércol de ganado a los cuales no se les da aprovechamiento, generando polución, debido a que en Moquegua las granjas presentan deficiencias en su acondicionamiento y su habitabilidad.

El estiércol contiene grandes cantidades de sales generando contaminación del suelo y al agua subterránea. Además, proliferan microorganismos patógenos por los olores desagradables que emite a la atmósfera, exigiendo así un manejo especial (6). Como solución a este problema, la digestión anaerobia de residuos orgánicos produce biogás, una fuente de energía limpia y eficaz

(7) por lo cual eventualmente, se puede aprovechar el estiércol de vaca y cuy de las granjas de Moquegua para producir biogás.

El control de las variables (temperatura y pH), sustratos orgánicos, entre otras cosas, permitirá el despliegue eficiente de un biodigestor experimental para la producción de biogás, que será útil para poblaciones con deficiencias energéticas.

La implementación de procesos a pequeña escala, además de gestionar los sistemas de producción, demuestra el comportamiento, diseño y operación de biodigestores fabricados en bidones utilizando como materia prima el estiércol.

1.1.1 Problema general

¿Se podrá producir biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Se podrá construir un biodigestor para obtener biogás?
- ¿Cuál será la influencia de las propiedades físico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy, en la producción del biogás?
- ¿Se podrá determinar en cuánto tiempo se obtendrá la máxima producción de biogás?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Producir biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy.

1.2.2 Objetivos específicos

- Construir un biodigestor para obtener biogás
- Determinar la influencia de las propiedades físico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy en la producción del biogás
- Determinar en cuánto tiempo se obtendrá la máxima producción de biogás

1.3 Justificación e importancia

El objeto de la presente investigación se enfocará en la utilización de estiércol de vaca y cuy para la generación de biogás resolviendo el problema de los desechos orgánicos, mediante una degradación anaeróbica, destacar el hecho de que el biogás es una temática

muy mencionada actualmente, que ofrece el inicio de un nuevo campo de estudio que nos permitirá avanzar como país tanto intelectualmente como académicamente.

Con esta investigación se busca la producción de biogás, utilizando éste como energía renovable, a partir de residuos orgánicos agrícolas considerando el interés por el medio ambiente y la sociedad en general ya que el país necesita tecnologías ecológicas requiriendo maximizar el uso de sus recursos, así mismo el uso del biodigestor conlleva una gran rentabilidad económica, porque es fácil realizarlo y de muy bajo costo.

1.3.1 Justificación social

El biogás aparece como una alternativa de mejora en el manejo de los desechos orgánicos de granjas, como estiércol de vaca y de cuy, que hoy en día tienen un tratamiento inadecuado.

El proceso de generación de biogás en biodigestores se viene realizando en varios países del mundo donde se logra implementar con éxito donde se ve un ahorro en combustibles, en familias con escasos recursos. Por ello en este proyecto se busca producir biogás mediante una combinación específica de estiércol de vaca y cuy, lo cual se ha identificado como mayor residuo presente en las granjas de nuestra región Moquegua.

1.3.2 Justificación ambiental

Además de contribuir directamente en la preservación del ambiente ya que el reaprovechamiento del metano generado por los residuos orgánicos, puede ayudar a bajar las concentraciones de gases de efecto invernadero que los estiércoles pueden liberar a la atmósfera.

En un esfuerzo por minimizar la emisión de los gases de efecto invernadero y aplicar la tecnología de biodigestor hará obtener biogás de lo que comúnmente son desechos orgánicos, se propone la implementación de dicha tecnología para producir biogás como una tecnología limpia y ecológica, al mismo tiempo proporcionando fertilizantes orgánicos esenciales para las plantas y ayudaríamos a prevenir la degradación ambiental.

1.3.3 Justificación económica

La inversión para generar biogás y su operación se pueden considerar factibles ya que en comparación con otros prototipos para la obtención de gas no se necesitan de una gran capacidad económica. Se obtendrá biogás de forma continua a escala de laboratorio y estimar cómo sería su producción en lotes, cómo se realiza actualmente.

Este proyecto se ejecutará con un modelo a tamaño escala, y se realizará en el distrito Moquegua. Este proyecto será base para futuras investigaciones y crear una empresa generadora de biogás para el desarrollo de la región, satisfaciendo la demanda energética de la región, y la generación de empleos.

1.3.4 Justificación teórica

La tecnología del biodigestor utiliza principalmente el estiércol reduciendo en un 99 % su carga microbiana y es desarrollado por microorganismos anaeróbicos que transforman esta materia en biogás (6)

Por lo cual este podría ser una buena alternativa como combustible para ser utilizado en vez gas natural, GLP o GNV. Y a su vez resolvería el problema del inadecuado manejo de estos desechos producidos por parte de las granjas de la ciudad.

1.4 Delimitación del proyecto

El proyecto se concentrará en utilizar el estiércol de vaca y cuy producido en las granjas de Moquegua para producir biogás mediante la construcción de un biodigestor anaeróbico, teniendo en cuenta las actividades agrícolas que se realizan en esta localidad, principalmente la agricultura. así como animales. En consecuencia, se considera el desarrollo de un sistema de biodigestión anaeróbica como fuente potencial de energía, que permita el adecuado manejo de los desechos ganaderos a fin de generar biogás, de manera que satisfaga la demanda de energía del lugar y su entorno. La aplicación de técnicas sostenibles que hagan uso de tecnologías limpias y tengan efectos mínimos sobre el medio ambiente las hace viables en otros contextos nacionales (por ejemplo, el suministro de energía al sector rural dadas las limitaciones energéticas en algunas regiones del país). Para completar este proyecto, es crucial tener en cuenta las limitantes del proyecto:

- El tamaño del biodigestor, dado que en algunas granjas un biodigestor grande es una alternativa inaceptable por los altos costos y la limitada utilidad o aplicabilidad que tendría.

- Un análisis futuro de la rentabilidad del procedimiento requerirá un flujo constante de estiércol para satisfacer la demanda de materia prima para los biodigestores.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

A través de la combinación de estiércol vacuno y cuy si se logra la producción de biogás

1.5.2 Hipótesis específicas

- Es viable construir un biodigestor para obtener biogás.
- Las propiedades fisico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy influyen en la producción del biogás.
- La máxima producción de biogás se obtiene a mayor tiempo transcurrido.

1.5.3 Variables

1.5.3.1. Variable independiente

Las variables independientes son el estiércol, propiedades fisicoquímicas y el tiempo, ya que nada influenciará en su aplicación y el biogás dependerá de éstos para su producción.

1.5.3.2. Variable dependiente

La variable dependiente es el biogás, ya que su producción dependerá de la cantidad de estiércol vacuno y cuy, de las propiedades fisicoquímicas de temperatura y pH y el tiempo que se pondrá en funcionamiento el biodigestor

Tabla 1

Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de Medición	Método
Variable independiente	Estiércol	Vacuno	Kg	Balanza	Pesaje con balanza digital
		Cuy	Kg	Balanza	Pesaje con balanza digital
	Propiedades fisicoquímicas	Temperatura	°C	Termómetro	Digital
		pH	Unidad de pH	PHímetro	Digital
	Tiempo	Tiempo	L/día	Calendario	Fermentación anaerobia
Variable dependiente	Biogás	Volumen	Litro	-	Principio de Arquímedes

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedente internacional

En el artículo “Producción de biogás mediante codigestión de residuos de cosecha de tomate y estiércol bovino” se realizó con el objetivo de evaluar la digestión de estiércol de vaca con desechos de cultivos de tomate. Utilizaron un diseño aleatorizado con un arreglo factorial de 2 x 2, en diferentes niveles de 20% y 50% y niveles iniciales de pH en 6,8 y 7,5. Encontrando el ajuste inicial del pH a 7,5 utilizando 50% y 20% de estiércol, la generación del metano y biogás se multiplicó por dos en comparación por lo obtenido en biorreactores a partir de un pH de 6.8. En un biorreactor que usa 50% residuos de cultivo de tomate y 50 % estiércol, el contenido de metano alcanza el 45%; usando 80% de residuos de cultivos de tomate y 20% de fertilizante produce de 35% a 37% de metano. Una relación 50:50 con un ajuste de pH inicial de 7,5 es un sistema óptimo para la generación del biogás. Llegaron a la conclusión de que era posible la digestión anaeróbica usando residuos de cultivo de tomate y estiércol bovino, mostrando una digestión donde el estiércol bovino constituye el 50% de la mezcla y los residuos de tomate el 50% con un pH inicial de 7,5. Añadir mayor de restos de tomate contribuye a la relación C/N y al proceso de digestión anaeróbica (8).

En el artículo realizado en Jalisco, México los autores mencionan que los residuos sólidos urbanos podrían utilizarse para producir biogás, se producen en grandes cantidades en México. Como resultado, el trabajo analiza la fracción metano del biogás, con fines de valorización energética y económica. En el estudio se toma tres tipos diferentes de estiércol (aviar, porcino y bovino), así como de la RSU generados, como fuente de energía primaria para generar energía eléctrica. Se tomaron en cuenta los costos de implementación de biodigestores, relleno sanitario y motogeneradores (MCI), así como los costos de mantenimiento y operación de los mismos durante 21 años. En las regiones del área de influencia, el valor presente neto acumulado y se estimó el período de reintegro de la inversión tanto sin, como con bonos de carbono. Se descubrió que los biodigestores generan más energía eléctrica (16.977 GWh) que los rellenos sanitarios (4.373 GWh), y además generan mayores ganancias económicas (\$35.031 x 10⁶ MN vs \$5.404 x 10⁶ MN), finalizada su vida útil. (9).

La Revista Científica De FAREM-Estelí publicó un artículo por la conveniencia de abordar una revisión de bibliografía y determinar si existen teorías que sean aplicables sobre biogás producido por diversos sustratos orgánicos que tengan mucha evidencia que las sustente. Se realizó una búsqueda para encontrar documentos bibliográficos, los cuales fueron localizados utilizando varias fuentes documentales. Los documentos seleccionados incluyeron artículos científicos, tesis doctorales y ejemplos de metodologías de varios autores que discutieron el contenido del tema. A la hora de elegir la bibliografía se tuvo en cuenta la metodología y el cumplimiento de los estándares científicos. Se desarrolló una estructura lógica que introduce la información de forma lógica y secuencial para mejorar la redacción del artículo y hacerlo más sencillo de leer y comprender. Como resultado, se puede afirmar la existencia de una variedad de literatura, respecto al tema de estudio. También se puede aseverar que existe información de todo tipo y con diferentes niveles científicos, por lo que se considera que no existen dificultades para el planteamiento de una tesis doctoral (10).

En el departamento de Cundinamarca se realizó la investigación: “Potencial de biogás de los residuos agroindustriales”, al considerar opciones de reaprovechamiento, teniendo gran porcentaje de las fincas, con alta generación de residuos agroindustriales. En este artículo, se evaluó la capacidad de digestión anaerobia de dichos residuos. El potencial se determinó utilizando tres enfoques metodológicos, que incluyeron evaluar la generación de residuos en cada municipio, calcular el potencial en función del tipo de biomasa residual e identificar las tres áreas con mayor potencial para producir biogás. La información de los sectores y actividades, así como las áreas de cultivo y sus residuos generados, fue recopilada, estandarizada y procesada para apoyar el cálculo del potencial. Al convertir residuos agroindustriales a través de un proceso anaeróbico, Cundinamarca tiene un potencial anual estimado de biogás de 1.117.567 TJ. Las actividades asociadas a la producción de café, caña de azúcar morena, arveja y papa, así como las excretas de la ganadería y la avicultura, son las responsables de los residuos que más contribuyen al potencial. Se encontró que las áreas alrededor de los municipios de Fómeque, Guachetá y Anapoima que podrían albergar sistemas centralizados tienen el mayor potencial. Para las regiones 1, 2 y 3, el potencial estimado fue de 89.651, 127.513 y 58.541 TJ/año, que es comparable a otras plantas de biogás en diferentes partes del mundo (11).

En la ciudad de México se estudió los efectos negativos del metano, producto de la ganadería. Se realizó un estudio a nivel económico y productivo. Se identificó, potencial de producción de biogás, reducción del equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq) y energía eléctrica, se identificó en 39 granjas técnicas distribuidas en 14 municipios del estado utilizando las metodologías Chen, USEPA y UNFCCC. En el análisis financiero del sistema biodigestor-motor generador, se utilizó la metodología Baca sobre proyectos para los tamaños de 500 y 1000 cerdos. Los indicadores financieros como Valor Presente Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Costo-Beneficio (B/C) para los dos tamaños evaluados resultaron económicamente ventajosos (12).

En una tesis de maestría para demostrar como fuente de energía al Biogás en la ciudad de Quito, se examinó seis países representativos que utilizan biogás para generar energía eléctrica: Bolivia, Colombia, México, Bolivia, Alemania y Estados Unidos con el fin de evaluar la viabilidad del uso de este recurso en Quito. La evaluación de cada caso permitió identificar el beneficio y desventajas en uso del biogás como fuente de energía. Se analizan los casos investigados y la realidad urbana y se cuantifica la fuente principal, el biogás del relleno sanitario El Inga. El río Inga seguirá produciendo grandes cantidades de biogás durante 120 años tras su cierre, según los cálculos realizados con el modelo LandGEM, pero la ciudad aún no está preparada para utilizar este recurso como energía. En Quito, los proyectos de biogás sugieren que la tecnología no está disponible o no ha sido probada. Además, se carece de infraestructura necesaria, para realizar la fermentación anaerobia o un marco legal que la sustente. Se recomienda que, si la ciudad decide usar biogás como energía en el futuro, se fortalezca asociaciones para la inversión privada e integre la producción de biogás en la gestión integral a largo plazo (13).

2.1.2 Antecedentes nacionales

En el Centro Poblado Chen Chen – Moquegua se produjo y se utilizó biogás como energía renovable alternativa mediante una investigación. El proyecto se dividió en dos partes, en la primera parte se determinó las características fisicoquímicas del biogás, siendo estas temperatura y pH en el biodigestor. En la segunda parte se construyeron biodigestores de 300 L (150 L de purín y 150 L de agua a cada biodigestor) realizando tres tratamientos: T1: contiene 100% de purín de cerdo, T2: contiene 80% de purín de cerdo más 20% de purín de cuy y T3: contiene 90% de purín de cerdo más 10% de estiércol de gallina; teniendo como resultados T1: 22,99

L, T2: 25,89 L y T3: 24,66 L. Se tiene como conclusión que la temperatura utilizada tiene un impacto en la producción del biogás (14).

En un artículo de investigación denominado realizado en Moquegua por Bedoya y Chaparro plantearon analizar la generación del biogás en condiciones ambientales utilizando estiércol del chivo y de cordero. Para ello utilizaron un diseño experimental con un tratamiento y cinco repeticiones ayudándose del software estadístico SigmaPlot a un 95 % de nivel de confianza. Dando como resultados, que las mayores producciones de biogás se obtuvieron a los 35 días, a los 63 días su producción fue de 455 L con un rango de temperatura de 28° a 58°. El proyecto concluye que se pueden utilizar combinaciones de estiércol de chivo y cordero para producir biogás en condiciones ambientales (15).

En la tesis realizada por Loaiza, Mirella y Alarcón en Tacna construyeron 27 biodigestores de 20 L en diferentes proporciones de estiércoles y silo de maíz. Comprobaron que con silo de maíz se podía producir biogás utilizando estiércol de oveja, caballo y vaca. Concluyendo que, para maximizar la producción, la mezcla ideal de estiércol de caballo debe ser del 6,5%, el estiércol de oveja debe ser del 39,7% y el estiércol de ganado vacuno debe ser del 53,8%. A fin de mejorar la calidad del biogás como sea posible, lo ideal debe ser 42% de estiércol de oveja, 51,5% de estiércol bovino y 6,5% de estiércol de caballo (16).

Zambrano realizó un estudio para determinar rendimiento de generación de biogás de diferentes mezclas de suero de queso y estiércol de vaca utilizando un digestor anaeróbico bajo carga constante a temperatura de 26°C (+-1) y a pH controlado por hidróxido de calcio. Las mezclas se evaluaron en proporciones de 1:3, 1:5, 1:7, siendo la relación 1:7 la que mejores resultados obtuvo y comparada con la mezcla inicial correspondiente a la primera semana de biodegradación, produce 8 veces más biogás, con 27,67% de contenido de metano. Después de 60 días dejó de recibir biogás. Se realizaron pruebas de digestión química, microbianas y de toxicidad a los 10 y 60 días de la digestión para confirmar la estabilidad de la mezcla de estiércol y suero. También pudo confirmar, en el transcurso de ocho semanas, cómo el pH y el crecimiento de microorganismos se vieron afectados por la concentración de amonio. En este sentido, después de 15 días, la producción de biogás fue inhibida en consecuencia de la elevada concentración de nitrógeno amoniacal (485 mg/L) y la mezcla de estiércol/suero 1:7 (569 mg/L) (17).

Cabrera realizó una tesis, donde el objetivo general fue estudiar viabilidad de producir biogás con residuos provenientes del camal de Tuman. Para ello, primero se identificó la condición actual del matadero. Luego se calculó la cantidad de residuos orgánicos producidos por el matadero a fin de producir biogás para el mismo matadero. Los desechos orgánicos eran principalmente excrementos de animales sacrificados allí, incluidos bovinos, porcinos, ovinos y caprinos, que arrojaban 10.158 kg de estiércol por mes. Se usó una geomembrana para un volumen de 150 m³ de capacidad, se obtuvo como resultado de un estudio de varios tipos de biodigestores realizados para este fin, tomando en cuenta la generación de residuos y determinando la producción de biogás. Lo obtenido será crucial para reducir la contaminación y reaprovechar los residuos. El siguiente proyecto tendrá un costo total de s/ 12,549.00, que serán sufragados por la misma ciudad (18).

En la ciudad de Tacna en el 2011, se publicó un artículo científico que tenía como objetivo producir biogás con estiércol de cuy por fermentación masiva en condiciones normales. Se utilizaron dos mezclas de sustrato, una compuesta por estiércol de cuy, base de alimento para cuy y agua, y la otra compuesta por estiércol de cuy, base de alimento para cuy, pasto cortado y agua. Estos sustratos se fermentan preferentemente por separado en condiciones aeróbicas en un fermentador cilíndrico y luego se fermentan anaeróbicamente por lotes sin agitación en biorreactores simples y cilíndricos cónicos, dos con una capacidad de 227 litros cada uno, donde los sustratos preferidos representan aproximadamente dos tercios de el volumen total del biorreactor. El volumen total generado en el primer reactor es de 104 litros con un tiempo de fermentación de 7 meses y 6 días y en el segundo reactor de biogás es de 452 litros con un tiempo de fermentación de 7 meses y 19 días (19).

Se realizó un estudio en Yanahuara para evaluar el rendimiento volumétrico y la composición del biogás de doce mezclas de estiércol de cuy, cerdo y vaca. Los sustratos se caracterizaron conociendo el porcentaje de humedad, materia orgánica, cenizas, relación C/N, contenido total de metales y nitrógeno Kjeldahl. A continuación, se estimó la producción volumétrica de biogás en cada instalación tres veces durante 23 días, que culminó con el análisis de la composición del biogás. La materia orgánica, el contenido de nitrógeno y la relación C/N están muy cerca de los resultados de muchos autores; Se observaron el níquel y cobre en los tres sustratos. El plomo solo se encuentra en el estiércol de vaca. Por otro lado, se han encontrado micronutrientes benéficos para la digestión anaeróbica, como el selenio, en las heces de cobayos. La mayor cantidad de biogás se generó durante la

instalación de S3, que consta de 25 % de estiércol de cerdo, 25 % de estiércol de vaca, y 50 % de estiércol de cuy. Rendimiento $33,6 \pm 0,42\%$ de metano. Se comprobó que el volumen de producción y el porcentaje de metano en el biogás se ven directamente afectados por la presencia de metales (20).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Biogás

Compuesto generalmente de dióxido de carbono y metano, el biogás también contiene una serie de impurezas. El material que ha sido digerido y cómo se efectúa el proceso tienen un impacto en la composición del biogás. El biogás se vuelve inflamable cuando el contenido de metano supera el 45%. La tabla 2 muestra las características del biogás (21).

El biogás es uno de los productos finales de un proceso metabólico de descomposición de tejidos orgánicos en ambientes húmedos y anaerobios. Esta mezcla de gases se forma esencialmente a partir de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). Su composición varía conforme a la materia prima usada y del funcionamiento del proceso. (21)

2.2.1.1 Composición del biogás

El biogás es producido por el proceso metabólico anaeróbico de bacterias y contiene:

Tabla 2

Características generales del biogás

Compuestos	Fórmula química	Concentración
Agua	H_2O	Saturado
Hidrógeno	H_2	0 – 2 %
Dióxido de carbono	CO_2	20 – 50 %
Metano	CH_4	50 – 80 %
Oxígeno	O_2	0 – 1 %
Nitrógeno	N_2	0 – 1 %
Monóxido de carbono	CO	0 – 1 %
Ácido sulfhídrico	H_2S	100 - 700 ppm

Amoniaco	NH ₃	Trazas
Compuestos orgánicos	-	Trazas

Fuente: Tomado de Varnero (21)

Por su porcentaje de metano (CH₄), llega a tener un alto poder calorífico que es equivalente a la concentración de CH₄ en el gas natural. Un ejemplo dado por Avalos fue si en un biogás que contiene 60 % de metano tiene una capacidad de 23 014,75 KJ/Nm³ (22).

2.2.1.2 Ventajas del biogás

- Su materia prima es existente en cualquier lugar.
- Es una fuente de energía considerada inagotable y limpia.
- En el proceso de desarrollo del biogás también se produce fertilizante de gran calidad para el suelo derivada de la fermentación anaeróbica de la materia prima. Es decir, mejora las cualidades físicas, la capacidad de intercambio catiónico, aumenta la retención de humedad y aumenta la transpirabilidad y la permeabilidad al agua.
- Ecológica y depuración ambiental (calentamiento global, contaminación).

2.2.2 Producción de biogás

Es un proceso biológico que, sin oxígeno presente o condiciones anaeróbicas, involucra diferentes grupos de microorganismos que interactúan para descomponer materiales biodegradables, principalmente metano y otras sustancias inorgánicas como agua y dióxido carbono tal como se muestra en la ecuación (23)



El biogás se produce mediante un proceso conocido como digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) de la materia orgánica. Este proceso por lo general se lleva a cabo en un biodigestor, que no es otra cosa que un contenedor cerrado, en el cual se deposita la materia orgánica y esta se mezcla con agua y forma una suspensión (24)

2.2.2.1 Digestión anaeróbica

La digestión biológica es el proceso donde se realiza la fermentación anaeróbica de sustancias orgánicas en un biorreactor, su descomposición sin oxígeno en agua, dióxido de carbono y metano. La digestión anaeróbica es un método popular para la producción de biogás. Éste es producido por bacterias anaeróbicas, las cuales son

muy sensibles a perturbaciones ambientales, en tal sentido es necesario mantener un nivel de temperatura constante. El crecimiento microbiano ocurre debido a el contenido de nutrientes en el medio, proporcionados por el sustrato, teniendo en cuenta principalmente la relación de carbono a nitrógeno; así como otros nutrientes como el fósforo y el azufre deben estar en la proporción óptima (25).

Existen 4 etapas por las que pasa un proceso anaeróbico: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (26)

a. Hidrólisis

Es el proceso en el que se aporta materia orgánica para la digestión anaeróbica, la cual se logra mediante la acción de enzimas extracelulares producidas por microorganismos hidrolíticos. Durante esta fase, las bacterias anaerobias se descomponen y convierten las cadenas largas de la estructura del carbono orgánico en cadenas rectas cortas (ácidos orgánicos) y liberan hidrógeno y dióxido de carbono (27)

La hidrólisis puede ser muy lenta debido a diversos factores como el sustrato químico, la temperatura, el pH, contenido de sólidos, peso de partículas, concentración de NH_4 y del producto de hidrólisis. Algunos microorganismos involucrados en la hidrólisis son: *Bifidobacteriu*, *Lactobacillus*, *Sphingomonas*, *Megasphaera*, *Bacteroides*, *Sporobacterium*, *Propionibacterium*, (21).

Luego de la hidrólisis, las moléculas disminuyen su tamaño y se transforman en moléculas complejas solubles e insolubles que no son metabolizadas por los propios microorganismos. Los polímeros orgánicos se hidrolizan mediante enzimas extracelulares generadas por bacterias de fermentación primaria, que facilitan el transporte transmembrana para el metabolismo de los monómeros (28).

b. Acidogénesis

Los monómeros, previamente liberados, se descomponen en reacciones enzimáticas y las sustancias orgánicas actúan como aceptores y donantes de electrones. En esta etapa, los ácidos grasos volátiles (AGV) son los productos más importantes. Teniendo como subproductos: ácido propiónico, alcoholes, n-valerico, caprionico y láctico, n-butirico. Las bacterias acéticas descomponen a los ácidos orgánicos, y los convierten en el grupo de ácido acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ y liberan dióxido de carbono e hidrógeno como productos (28). Los monómeros se degradan por *Streptococcus*,

Pseudomonas, Escherichia, Lactobacillus, Micrococcus, Bacillus, Staphylococcus (29).

c. Acetogénesis

En esta etapa, los productos que no se descomponen por el metabolismo de manera directa por los metanógenos como los ácidos grasos volátiles, etanol y los compuestos aromáticos, son convertidos por las bacterias acéticas en productos menos complejos, más complejos a acetato (CH_3COO^-) e hidrógeno (H_2). Principalmente los microorganismos implicados son *Syntrophobacter wolini* y *Syntrophomonas wolfei* (21).

d. Metanogénesis

Durante esta etapa, intervienen las bacterias anaeróbicas estrictas, muy sensitivas a las fluctuaciones de ácido y cambios de temperatura. Estas bacterias se encargan de producir dióxido de carbono y metano.

Los principales microorganismos, que se encargan de producir metano son las arqueas metanogénicas, de ellas se tienen, *Methanospirillum hungatii*, *Methanobacterium* y *Methanosarcina* (21).

Se hallan varios factores que facilitan la fermentación del metano, entre los cuales están (21; 25):

- Material de carga para la fermentación, el cual puede ser residuos orgánicos, excretas, estiércol de origen animal entre otros. Se debe contar con la cantidad necesaria para que el nitrógeno y el carbono sea abundante durante la fermentación continua.
- La relación de C:N es muy importante para la fermentación, la relación C:N ideal es 20-30:1. El estiércol animal contiene más nitrógeno con una relación C:N inferior a 25:1, lo que permite la producción de biogás en menos tiempo; Los residuos agrícolas, por otro lado, tienen un contenido de carbono 30:1 más alto, en este caso con una producción de gas más lenta. Se recomienda procesar medios a granel y determinar parámetros como: volumen, densidad, masa.
- La cantidad de sólidos en la mezcla en general que alimenta al biorreactor, es importante para la biodegradación, al verse las bacterias limitadas en movilidad por un mayor aumento de sólidos totales.
- La temperatura durante la fermentación afecta directamente la digestión y la fermentación. El hecho es que, a temperaturas más altas, se produce una degradación más fuerte, produciendo más biogás en menos tiempo.

- El valor de pH adecuado para la fermentación del metano está entre 6,5 y 7,5. Reducir o aumentar este nivel afecta la fermentación.

2.2.3 Estiércol vacuno

El estiércol de vaca se caracteriza porque la mezcla de sus excrementos sufre una fermentación en el corral como en una infraestructura especial. Investigaciones plantean que su aplicación como fertilizante puede alterar las características físicas del suelo y aumentar su conductividad eléctrica, a su vez el estiércol vacuno podría mejorar las propiedades físicas de los suelos. Se ha estudiado también su potencial para producir biogás (30)

Tabla 3

Composición química del estiércol vacuno

Especie animal	Materia seca	N %	CaO %	MgO %	SO₄ %
Vacuno (f)	6 %	0,29	0,35	0,13	0,04
Vacuno (s)	16 %	0,58	0,01	0,04	0,13

Fuente: Tomado de Cordero (30)

2.2.4 Estiércol de cuy

Es usado como abono por los agricultores y considerado uno de los mejores estiércoles en cuestión de su calidad por sus propiedades físicas y químicas. Uno de los factores a tener en cuenta es la alimentación del cuy ya que determinan su composición del estiércol (30)

Tabla 4

Composición química del estiércol de cuy

Especie animal	Materia seca	N %	CaO %	MgO %	SO₄ %
Cuy	14 %	0,6	0,55	0,18	0,1

Fuente: Tomado de Cordero (30)

2.2.5 Temperatura

Un factor que influye significativamente para la digestión anaeróbica, el desarrollo de los organismos involucrados y la respuesta de los procesos biológicos es la temperatura. El aumento de la misma acelera el crecimiento microbiano, lo que a su vez acelera la descomposición de materiales biodegradables y aumenta la

producción de biogás. Por lo tanto, la temperatura se considera un parámetro importante en el desarrollo del sistema. (21).

El Manual de biogás (21) indica que los cambios repentinos de temperatura pueden generar una desestabilidad del proceso. Es por ello, indispensable un sistema que controle la temperatura junto con su adecuada agitación. Los microorganismos anaeróbicos pueden crecer en tres rangos de temperatura: termófilos (45 a 65°C), mesófilos (25 a 45°C) y psicrófilos (a menos de 25°C), la digestión anaeróbica ocurre a temperaturas de 3 a 70°C. Siendo que diferentes bacterias participan en la biodigestión anaerobia, requerirán un rango de temperatura distinto, así las bacterias psicoactivas trabajan a temperaturas por debajo de los 20°C, las bacterias termófilas a temperaturas entre 20°C y 40°C y las bacterias termófilas por encima de los 40°C.

Tabla 5

Período de fermentación anaeróbica y rango de temperatura.

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

Fuente: Tomado de Lagrange (31)

Existe un rango de temperatura en la cual se hace máximo, estableciendo así el trabajo óptimo de temperatura en cada rango de operación.

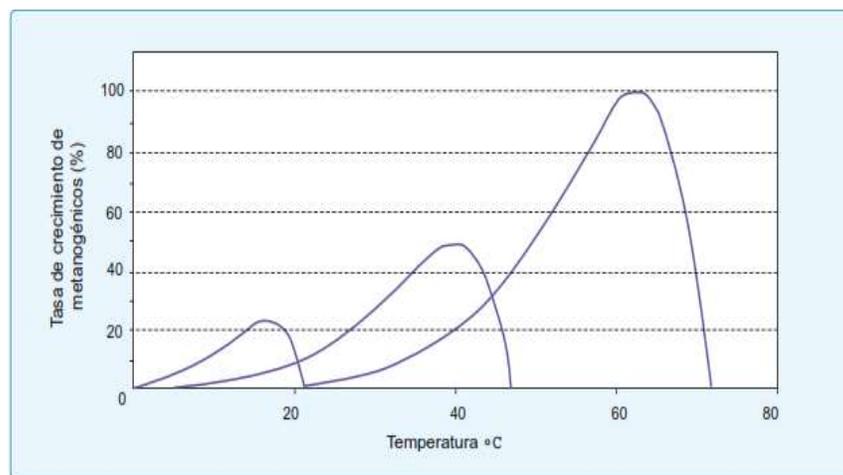


Figura 1. Tasa comparativas de crecimiento de microorganismos psicrófilos, termófilos y mesófilos por Speece (32)

Por el momento, es poco viable el rango psicrófilico por el inmenso tamaño del reactor, pero a diferencia de otros rangos de temperatura ésta no presenta muchos problemas de estabilidad. El rango mesófilico es la más utilizada en la producción de biogás, aunque la región termófila se ha utilizado para generar tasas más altas y eliminar organismos patógenos en su producción, este rango generalmente es menos estable en todas las condiciones, también presenta problemas de inhibición debido a la alta toxicidad, a altas temperaturas, como nitrógeno amoniacal o ácidos grasos de cadena larga. En el rango de temperatura óptimo, la producción biológica se duplica cada 10°C. Para que funcione el tratamiento anaeróbico, la variación de temperatura recomendada no es superior a 0,6-1,2 °C/día. (21).

2.2.6 Rangos de pH

Pequeños cambios en el pH pueden afectar negativamente los procesos anaeróbicos. Los metanógenos son más sensibles a las fluctuaciones del pH que otros microorganismos anaeróbicos. Los diferentes grupos de bacterias presentes durante la digestión anaerobia mostraron niveles óptimos de actividad cercanos a la neutralidad. El rango óptimo es de 5,5 a 6,5 para generación de ácido y de 7,8 a 8,2 para generación de metano. El pH óptimo para cultivos mixtos está entre 6,8 y 7,4, siendo ideal un pH neutro (33).

Para una producción satisfactoria de biogás, el pH no debe ser inferior a 6,0 ni superior a 8,0. El valor de pH en el digestor determina no solo el proceso de producción, sino también su composición. Uno de los efectos de bajar el pH por debajo de 6 es que el biogás producido es muy pobre en metano, y por tanto tiene una calidad energética inferior. Dado que el proceso de metanógeno se considera el paso limitante del proceso, es necesario mantener el pH del sistema cerca de la neutralidad. Los acidógenos son menos sensibles a valores de pH más extremos (33).

2.2.7 Biodigestor

Un biodigestor, también conocido como biorreactor es un dispositivo utilizado para producir biogás durante el desarrollo de descomposición anaeróbica. Utilizando la materia orgánica como principal recurso, ofrece tres productos: biogás, bioalcohol y biofertilizante.

Además de lograr la producción de biogás a su vez, que otras ventajas, tales como control de patógenos y mejora de la capacidad fertilizante del estiércol y evitar malos olores

2.2.7.1 Tipos de biodigestor

a. Biodigestores continuos

Tiene tres agujeros, uno de los cuales se usa para el llenado con materias primas.

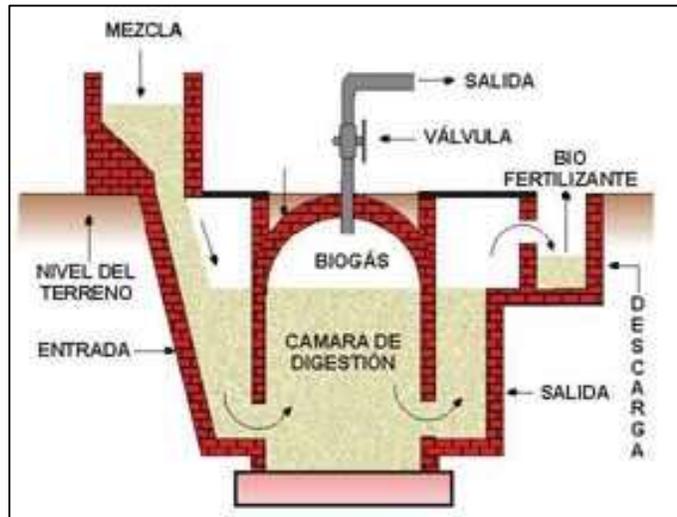


Figura 2. Biodigestor continuo, por Barrera y otros (20)

b. Biodigestor de domo flotante (indio)

Consistía en un cilindro hecho de acero, que luego se cambió a un material resistente a la corrosión, usando el plástico reforzado con vidrio como reemplazo. El rango de presión es de 4 - 8 cm de agua. Su suministro también se realiza a través de la tubería de entrada de agua (34).

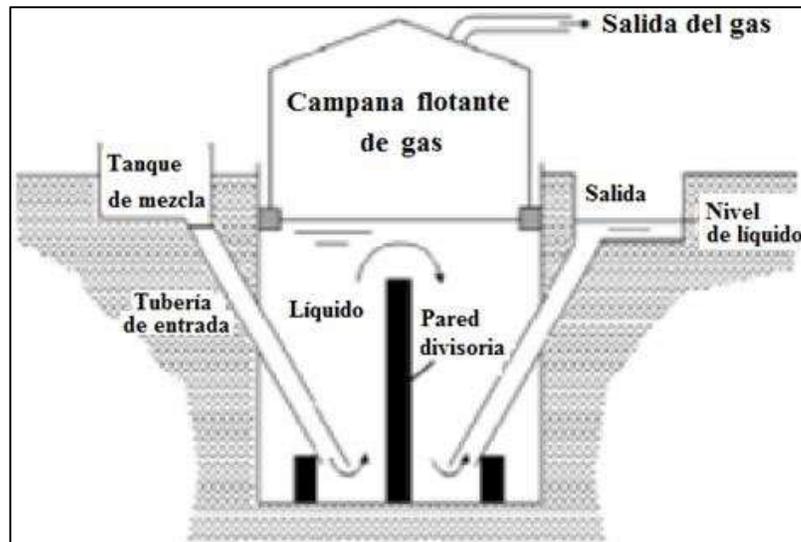


Figura 3. Biodigestor de domo flotante, por Barrera y otros (20)

c. Biodigestor de domo fijo (chino)

Tanque de biodigestión que está hecho de ladrillo, piedra u hormigón y combinado con mortero. Posee un domo para almacenar el biogás producido, la presión del

mismo domo varía de 1 a 1.5 metros de profundidad del agua. La larga vida útil de este biodigestor, que suele ser de 20 años, es una de sus principales ventajas.

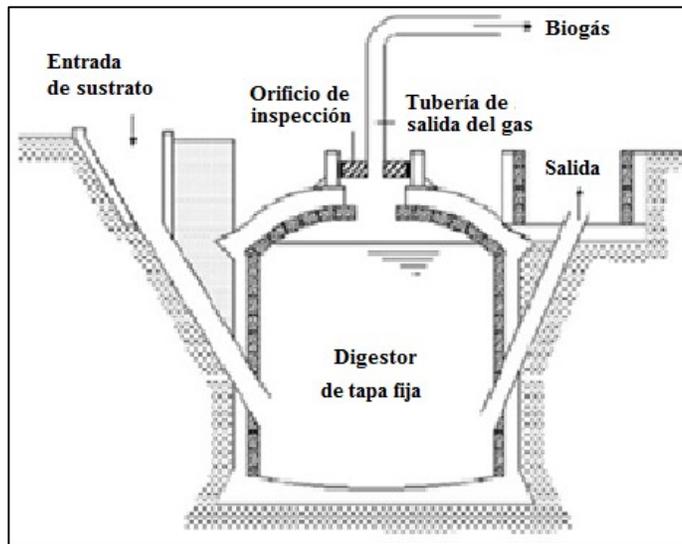


Figura 4. Biodigestor de domo flotante, por Barrera y otros (20)

d. Biodigestor de estructura flexible

Debido a que los biodigestores estructurales son muy costosos, estos biodigestores ingresaron al mercado. Al principio estaban hechos de nailon y neopreno, pero eran demasiado caros y ahora están hechos de polietileno, un material duradero y barato.

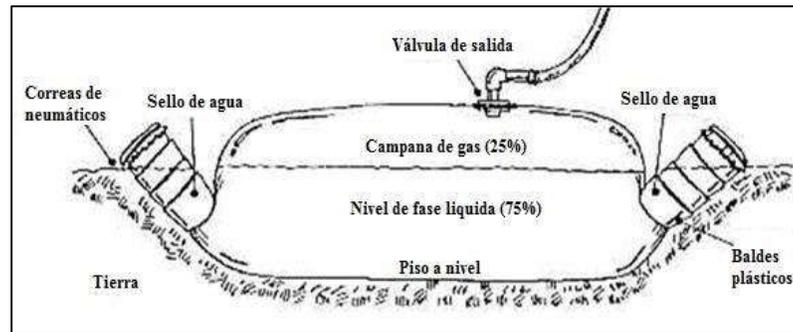


Figura 5. Biodigestor de estructura flexible, por Escobar (35)

e. Biodigestor discontinuo

Tienen acceso a cargas y descargas. Su aplicación está destinada a actividades industriales. Su particularidad, es que solo carga materia orgánica una vez, luego de generar biogás, puede generar todo el biogás para retirar la biomasa inservible y volver a cargar materia orgánica. Dado que estos sistemas de biorremediación no

tienen retroalimentación, el rendimiento es de aproximadamente 0,5 m³ por m³ de materia orgánica (14).

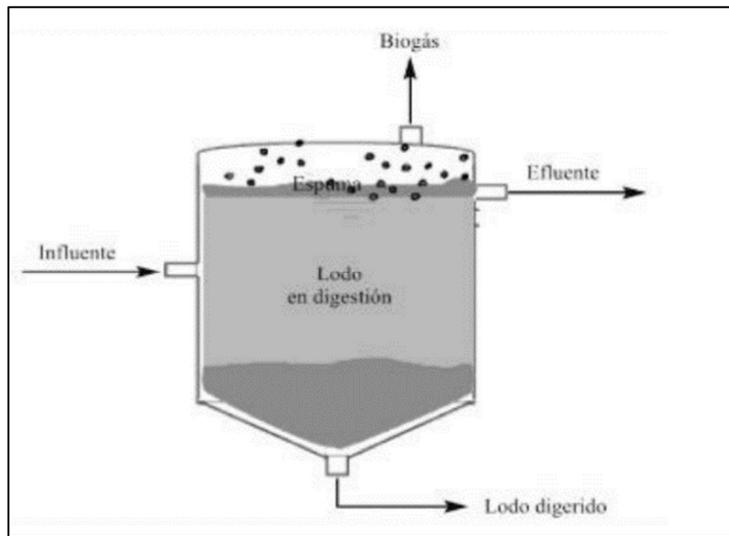


Figura 6. Biodigestor discontinuo, por Nogues y otros (36)

f. Biodigestor tipo Batch

Son aquellos que se cargan por completo de una vez y se agotan por completo después de un período de retención establecido. Debido a su largo tiempo de retención, el modelo de tipo Batch se puede utilizar para cargar todo tipo de materiales de fermentación (10).

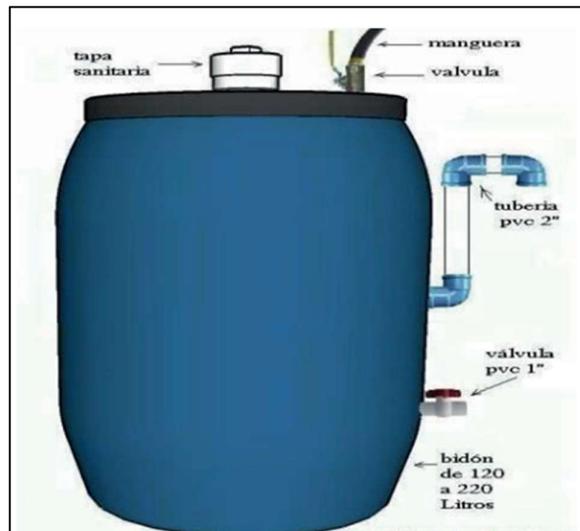


Figura 7. Biodigestor tipo Batch, por Aguilera (10)

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Biogás

Es una mezcla gaseosa producida cuando el material orgánico se descompone en ausencia de oxígeno (37)

2.3.2 Biodigestor

Tanques cerrados donde se mezclan residuos orgánicos con agua, producen biogás en ausencia de aire (37)

2.3.3 Digestión anaerobia

Bacterias que se alimentan de residuos en ausencia de aire cambiando materia orgánica en gas y en un sustrato rico en nutrientes utilizado como abono (37)

2.3.4 Biomasa

Materia orgánica renovable derivada de animales y plantas. Los vegetales realizan fotosíntesis para formar sustancias orgánicas, de esto los animales transforman esa energía. Puede ser utilizado como recurso energético (37)

2.3.5 Relación C/N

Representa la proporción de carbono y nitrógeno dado que las bacterias usan carbono (que se encuentra en forma de carbohidratos) y nitrógeno (que se encuentra en proteínas, nitratos y amoníaco) como energía, esta relación C/N es importante para la producción de biogás. etc.) para construir estructuras celulares (38)

2.3.6 Materia orgánica

Los residuos orgánicos son residuos biodegradables que se producen en los ambientes domésticos y comerciales, ya sea de origen vegetal o animal.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Métodos, tipo o alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

Es cuantitativa, se experimentó, se evaluó y se cuantificó el rendimiento del biogás mediante la combinación de estiércol vacuno y cuy, en el distrito de Moquegua, para ello se determinó los procedimientos, materiales y equipos para cumplir los objetivos y realizar la validación de hipótesis.

3.1.2 Alcances de la investigación

Se utilizaron las observaciones experimentales y directas como técnica de recolección de datos, se revisaron informaciones, se realizó un diseño experimental con tres repeticiones mediante la construcción de tres biodigestores, los resultados se analizaron estadísticamente e interpretaron en función a los objetivos e hipótesis planteados.

3.1.2.1 Tipo de investigación

Es aplicada ya que se utilizaron conocimientos, y a la vez se adquirieron nuevos conocimientos después de sistematizar e implementar la investigación, la misma que ayuda a conocer la realidad usando el conocimiento de forma rigurosa, organizada y sistemática (39)

En la investigación predominó este tipo de investigación ya que se verificó parámetros del estiércol de vaca y de cuy; se produjo biogás mediante la combinación de estiércol.

3.1.2.2 Nivel de investigación

Es explicativo dado que se buscó el porqué de las cosas estableciendo causas – efecto mediante pruebas de hipótesis. Los resultados y conclusiones obtenidos son conocimientos profundos (40).

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Biodigestores de bidón de 80 L

Se construyeron tres biodigestores de capacidad de 80 L

3.2.1.1 Materiales

- 3 bidones de 80 L
- 3 llaves de paso de ½"
- 9 llaves de paso metálica para gas de ¼"
- 3 gomas de seguridad
- 6 adaptador de tanque de ½"
- 3 tees ¼"
- 6 m de manguera para gas de ½"
- Cinta teflón ½"
- Abrazaderas
- 3 cámaras de llantas

3.2.1.2 Construcción

- Primero, con un taladro redondo, se perforó un orificio de ½" en la tapa y el fondo del tanque.
- En estos orificios se insertaron adaptadores con la goma de seguridad adecuada, los orificios inferiores se hacen para drenar el lixiviado.
- Conectamos las llaves de paso y de gas de ½", asegurándolo con abrazadera y cinta de teflón.
- Conectamos manguera de aire de ½" en una llave que se conecta a la abertura en la tapa con la cámara de llanta.

3.2.1.3 Implementación

Primero, se hicieron cálculos para determinar qué porción de la capacidad del digestor estaría compuesta por la mezcla de estiércol y agua; los digestores se llenaron al 90% para producir un ambiente anaeróbico.

Tabla 6
Capacidad del biodigestor

Materia	Proporción	Llenado de biodigestor (%)
Estiércol vacuno	2.5 Kg	22.5
Estiércol de cuy	2.0 Kg	17.5
Agua	72 L	50
Total	72 L	90

3.2.2 Medición de propiedades físico-químicas

Desde el primer día que inicia la producción se midió el pH y temperatura de cada biodigestor para conocer su influencia en la producción de biogás.

Se utilizaron equipos calibrados en laboratorios acreditados. Cada valor alcanzado se registró en la ficha de evaluación (Anexo 1)

3.2.3 Cantidad de biogás

Se empleó el principio de Arquímedes, que implica el desplazamiento del volumen de agua para calcular la cantidad de biogás (16).

Desde el primer día de producción, los tanques fueron alimentados durante diez días, a fin de conocer la producción total, obteniendo cada valor a diario en la ficha de evaluación (Anexo 1). Para esta evaluación, la botella graduada se llenó completamente con agua, se sumergió boca abajo en un balde lleno de agua, se confirmó que la botella no tiene burbujas de aire y se insertó la manguera de biodegradación a través de la boca de la botella y luego abrió. Por lo tanto, se verificó dónde cae la marca de agua, que es la cantidad de biogás.



Figura 8. Método de medición de biogás (referencial), por (41)

3.2.4 Población y muestra

3.2.4.1 Población

Constituido por las granjas de la región de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, región de Moquegua.

3.2.4.2 Muestra

En particular se ha ensayado con estiércol de vaca y cuy de la granja “El Lavadero” en un área de 6372 m² ubicada en el Centro Poblado de Yacango, distrito Torata, Provincia Mariscal Nieto, región Moquegua.



Figura 9. Área de la Granja “El Lavadero”

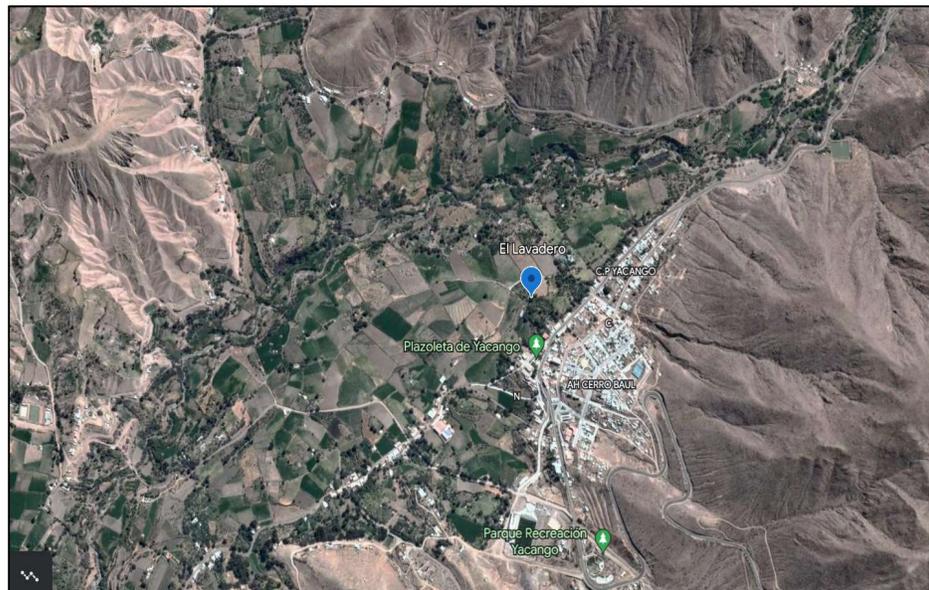


Figura 10. Mapa de ubicación de la granja “El Lavadero”

3.2.5 Diseño de la investigación

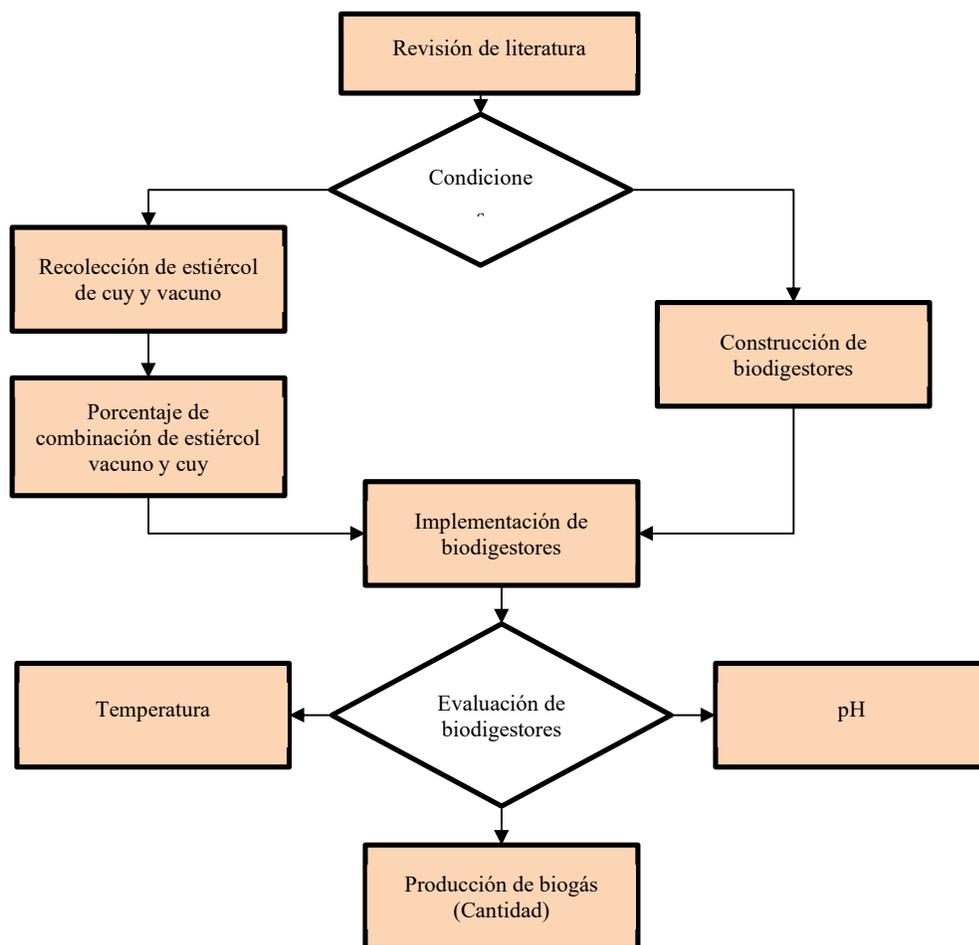


Figura 11. Diseño de la investigación

3.2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La implementación y construcción de los tres biodigestores se desarrolló en el Centro Poblado de San Francisco en del distrito de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, región Moquegua a 1438 m.s.n.m.

Coordenadas UTM 19K: Norte: 8097502, Este: 293420



Figura 12. Ubicación de los biodigestores

3.2.6.1 Técnicas de recolección de datos

Se han empleado los siguientes métodos de recopilación de datos:

Observación experimental: registros específicos

Observación directa: cuaderno de notas

3.2.6.2 Instrumentos de recolección de datos

- Cámara fotográfica
- Fichas de evaluación
- Balanza digital
- Phmetro y medidor de temperatura calibrados por un laboratorio acreditado

3.2.7 Procesamiento y análisis de información

- Resumen de la información recibida
- Realizar fichas de evaluación.
- Presentación gráfica de los resultados
- Analizar e interpretar resultados relativos a objetivos e hipótesis.

Una vez obtenidos los datos del proceso de biodigestión se calcularon en el software Infostat.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Construcción del biodigestor

Se construyó tres biodigestores de 80 L cada uno. A cada biodigestor se le añadió 72 L de agua combinando con estiércol (vaca 2.5 Kg y cuy 2.0 Kg), según indica la tabla 6.



Figura 13. Construcción de tres biodigestores

4.1.2 Medición de pH y temperatura

4.1.2.1 Medición de pH por biodigestor

La medición de pH se realizó por 60 días desde el primer día de implementación de los biodigestores entre las 13:00 horas y 20:00 horas del día.

a. Biodigestor 1

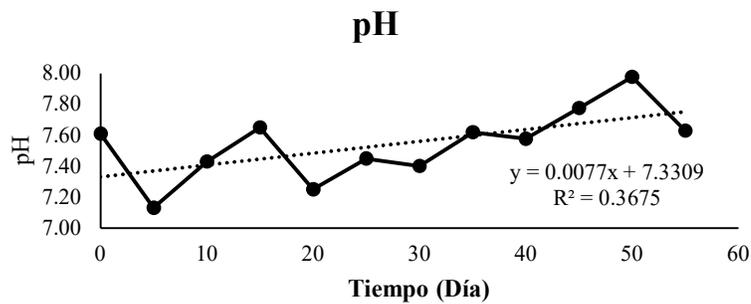


Figura 14. Medición de pH en el biodigestor 1

En la figura 5, la medición del pH en el biodigestor 1 muestra que el pH a lo largo de los 60 días varió entre 7.13 en el día 5 y 7.98 en el día 50, teniendo un promedio de 7.54, el cual está dentro de los límites para el proceso anaeróbico. Tiene una regresión lineal positiva y un R^2 de 0.3675

b. Biodigestor 2

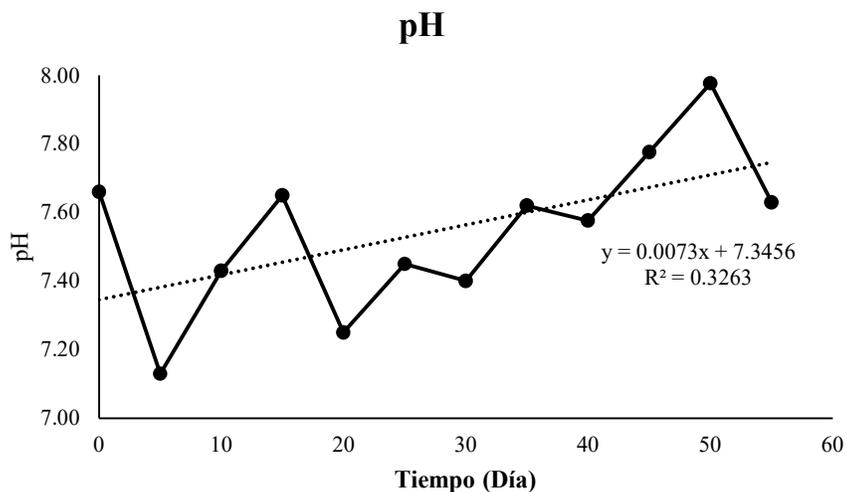


Figura 15. Medición de pH en el biodigestor 2

En la figura 6, la medición del pH en el biodigestor 2 muestra que el pH a lo largo de los 60 días varió entre 7.13 en el día 5 y 7.98 en el día 50, teniendo un promedio de 7.55, el cual está dentro de los límites para el proceso anaeróbico. Tiene una regresión lineal positiva y un R^2 de 0.3263 pudiendo observar que las mediciones son similares al biodigestor 1.

c. Biodigestor 3

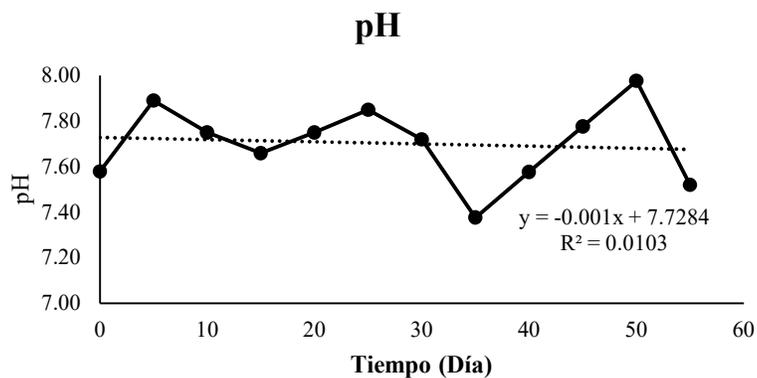


Figura 16. Medición de pH en el biodigestor 3

En la figura 7, la medición del pH en el biodigestor 3 muestra que el pH a lo largo de los 60 días varió entre 7.38 en el día 35 y 7.98 en el día 50, teniendo un promedio de 7.70, el cual está dentro de los límites para el proceso anaeróbico. Tiene una regresión lineal negativa y un R^2 de 0.0103 pudiendo observar que las mediciones son diferentes al biodigestor 1 y 2.

4.1.2.2 Análisis de pH en los tres biodigestores

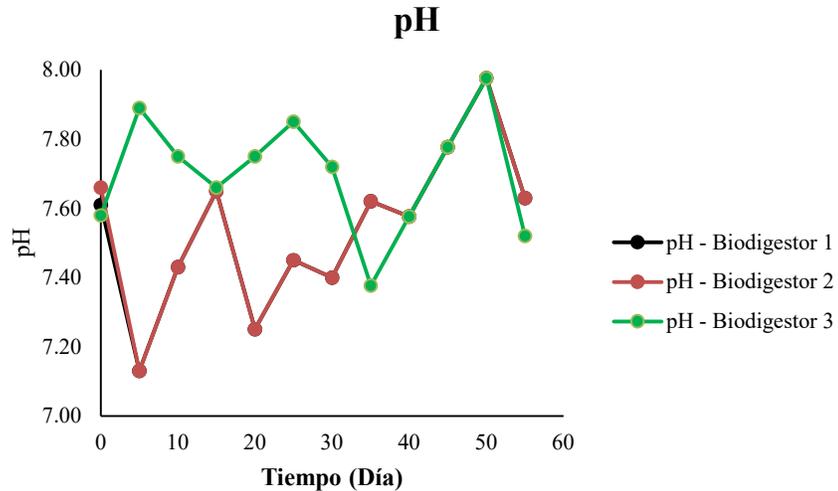


Figura 17. Gráfico de pH de los tres biodigestores

Según la figura 8, el pH de los biodigestores 1 y 2 son similares en todo el proceso de biodigestión teniendo un R^2 0.3675 y 0.3263; mientras tanto el pH del biodigestor 3 varía con los otros dos, mostrando niveles altos de pH en el proceso. El pH promedio en el proceso es de 7.60, el cual está dentro del margen para la producción de biogás

4.1.2.3 Medición de temperatura

La medida de la temperatura se realizó por 59 días desde el primer día de implementación de los biodigestores entre las 13:00 horas y 20:00 horas del día.

a. Biodigestor 1

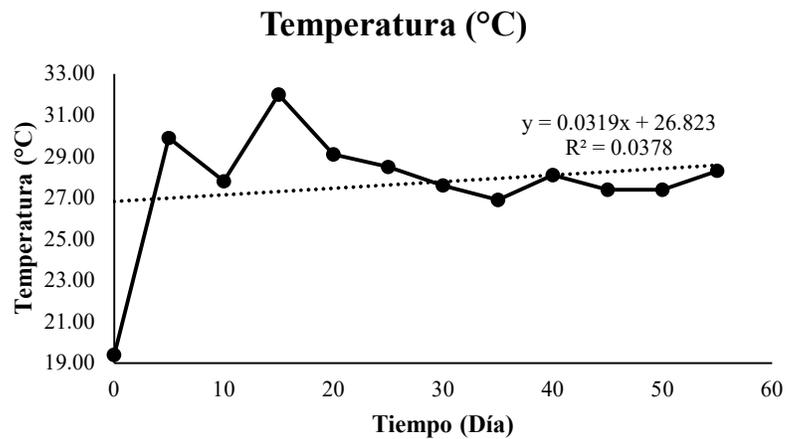


Figura 18. Medición de temperatura en el biodigestor 1

En la figura 9, la medición de la temperatura en el biodigestor 1 muestra que la temperatura máxima se registró a los 15 días con 32.00 °C y la mínima temperatura se registró en el día de la implementación con 19.40 °C, teniendo un promedio de 27.70 °C. Tiene una regresión lineal positiva y un R2 de 0.0378

b. Biodigestor 2

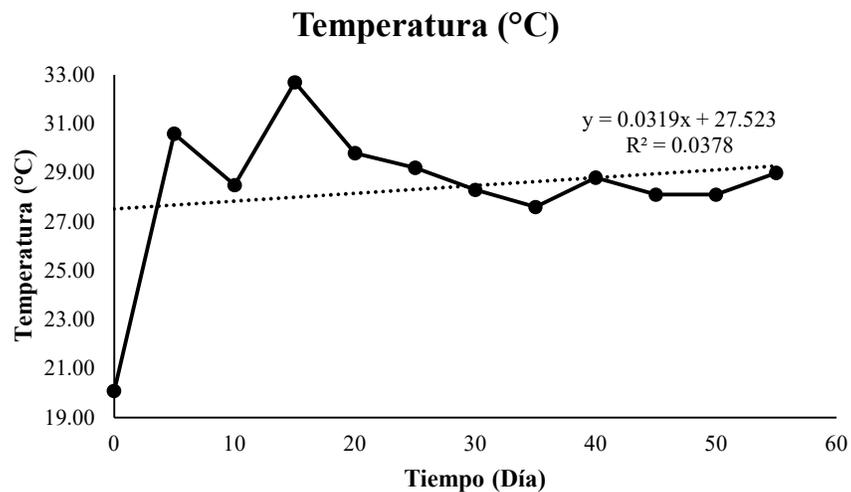


Figura 19. Medición de temperatura en el biodigestor 2

En la figura 10, la medición de la temperatura en el biodigestor 2 muestra que la temperatura máxima se registró a los 15 días con 32.70 °C y la mínima temperatura

se registró en el día de la implementación con 20.10 °C, teniendo un promedio de 28.40 °C. Tiene una regresión lineal positiva y un R^2 de 0.0378 pudiendo observar que los cálculos son similares al biodigestor 1.

c. Biodigestor 3

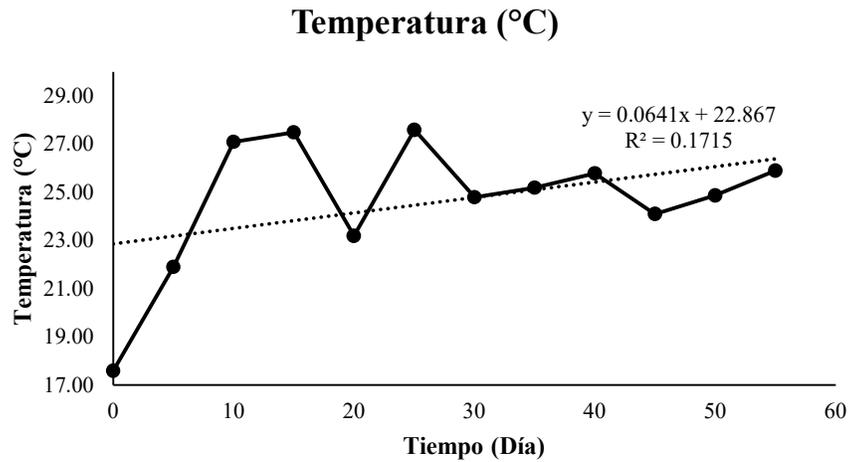


Figura 20. Medición de temperatura en el biodigestor 3

En la figura 11, la medición de la temperatura en el biodigestor 3 muestra que la temperatura máxima se registró a los 25 días con 27.60 °C y la mínima temperatura se registró en el día de la implementación con 17.60 °C, teniendo un promedio de 24.63 °C. Tiene una regresión lineal positiva y un R^2 de 0.1715 pudiendo observar que los cálculos son diferentes al biodigestor 1 y 2.

4.1.2.4 Análisis de la temperatura en los tres biodigestores

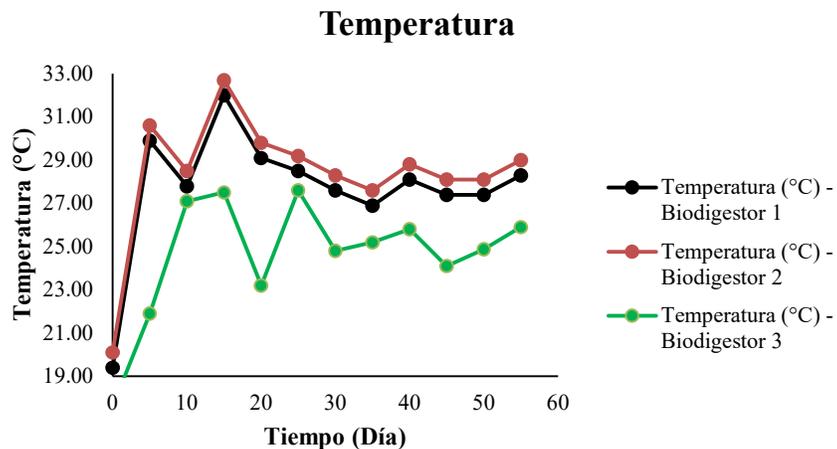


Figura 21. Gráfico de temperatura de los tres biodigestores

Al igual que el pH, según la figura 12, La temperatura de los biodigestores 1 y 2 son similares en el proceso de biodigestión teniendo un R^2 0.0378; mientras tanto la temperatura del biodigestor 3 varía con los otros dos, mostrando niveles bajos de temperatura en el proceso. La temperatura promedio en el proceso es de 26.91°C

4.1.3 Producción de biogás

4.1.3.1 Comienzo de la producción de biogás

El tiempo de comienzo de la producción de biogás se muestra en la tabla 7, con el biodigestor 1 iniciando la producción más rápido (6 días), mientras que el biodigestor 2 comenzó la producción más lentamente (11 días).

Tabla 7

Tiempo de comienzo en la producción de biogás

Biodigestor	Tiempo (días)
1	6
2	11
3	8

4.1.3.2 Producción total del biogás

La tabla 8 muestra la producción total de biogás, siendo el biodigestor 1 que produjo menos biogás (732.33 L), mientras el biodigestor 3 produjo más biogás (837.10 L)

Tabla 8

Producción total de biogás

Biodigestor	Producción total (L)
1	732.33
2	811.82
3	837.10

4.1.3.3 Producción de biogás por biodigestor

a. Biodigestor 1

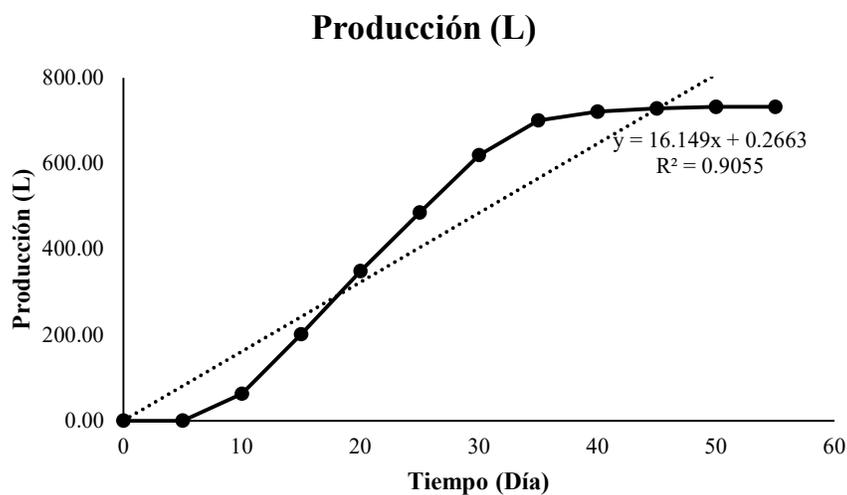


Figura 22. Producción de biogás en el biodigestor 1

En la figura 13, la producción de biogás en el biodigestor 1 muestra que la producción inició en el día 6 con 3.2 L; día 15 con 201.64 L; día 30 con 619.50 L; día 55 con 732.33 L, se observa que a partir del día 35 se empieza a estabilizar la producción de biogás. Tiene regresión lineal positiva con un R^2 de 0.9055

b. Biodigestor 2

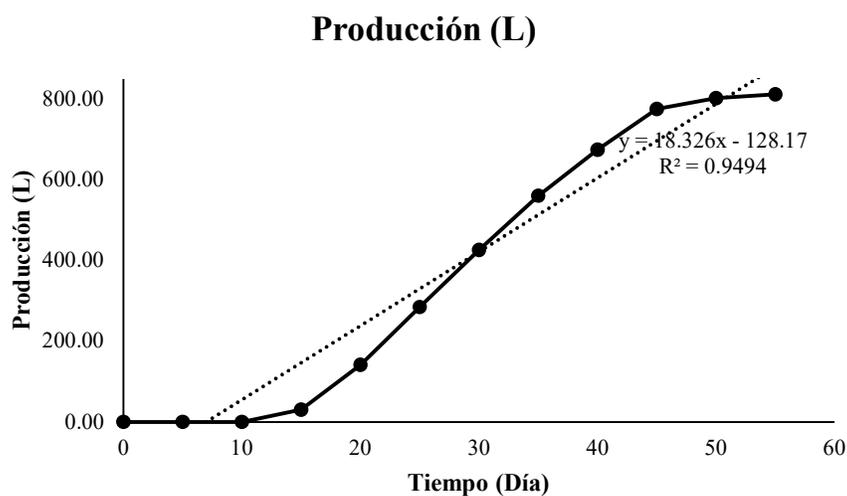


Figura 23. Producción de biogás en el biodigestor 2

En la figura 14, la producción de biogás en el biodigestor 2 muestra que la producción inició en el día 11 con 2.4 L; día 15 con 30.53 L; día 30 con 426.32 L; día 55 con 811.82 L, se observa que a partir del día 45 se empieza a estabilizar la producción de biogás. Tiene regresión lineal positiva con un R^2 de 0.9494

c. Biodigestor 3

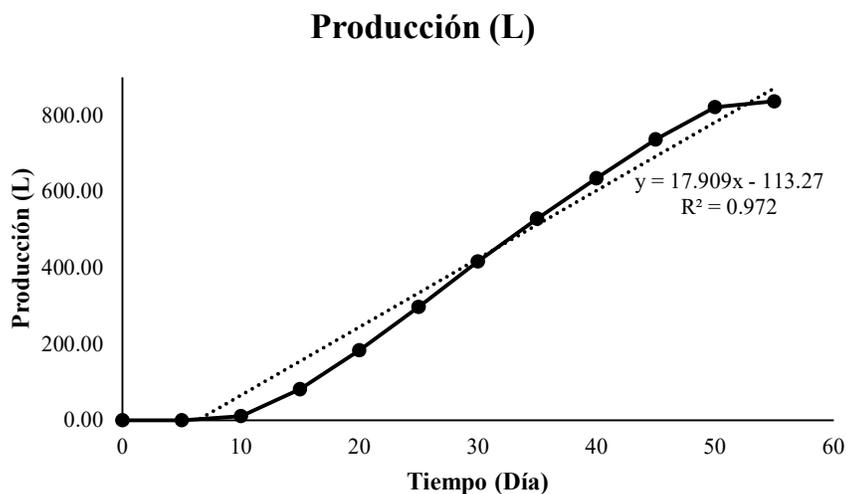


Figura 24. Producción de biogás en el biodigestor 3

En la figura 15, la producción de biogás en el biodigestor 3 muestra que la producción inició en el día 8 con 1.7 L; día 15 con 81.88 L; día 30 con 416.49 L; día 55 con 837.10 L, se observa que a partir del día 50 se empieza a estabilizar la producción de biogás. Tiene regresión lineal positiva con un R^2 de 0.9494.

4.1.3.4 Producción de biogás de los tres biodigestores

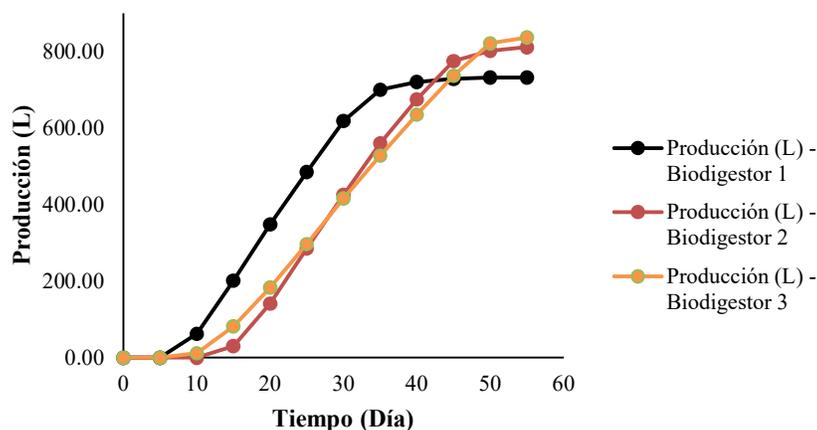


Figura 25. Gráfica de producción de biogás de los tres biodigestores

Según la figura 16, en los biodigestores 2 y 3 la obtención de biogás fue más alta con 811.82 L y 8387.10 L correspondiente; mientras tanto la producción de biogás en el biodigestor 1 fue la más baja con 732.33 L

4.2 Discusión de resultados

Se pudo obtener biogás utilizando estiércol de vaca y cuy en Moquegua, en el presente estudio se desarrolló la construcción de biodigestores, la influencia de la temperatura, pH y la cantidad de biogás producida en las tres repeticiones.

Se logró construir tres biodigestores de 80 L diferentes a lo realizado por Loaiza y Alarcón que construyeron biodigestores de 20 L y 50 L (16), pudiéndose añadir más volumen de agua y estiércol; sin embargo, la propuesta del diseño del biodigestor es similar a los autores mencionados.

El pH osciló entre 7.13 y 7.98 similar a la observación obtenida por Flores que consiguió mediciones de pH entre 6.45 a 8.00 (14); se pudo observar que el pH afecta la producción, igual como en la investigación realizada por Bedoya y Chaparro obteniéndose altas cantidades de biogás a pH mayores a 7 (15).

La temperatura promedio de los tres biodigestores es de 26.91 °C, una temperatura similar reportado por Flores y Zambrano que obtuvieron resultados entre 20 °C a 27°C (14; 17). La temperatura máxima obtenida es 32.70 °C, inferior al rango de temperatura obtenida por Bedoya y Chaparro quienes trabajaron con rangos de temperatura de 20°C a 58°C (15). La producción de biogás inició entre los 6 a 11 días, similar a lo investigado por Bedoya y Chaparro que demoró 8 días en iniciar su producción, a diferencia por lo reportado por Loaiza y Alarcón (16) que se demoraron más en iniciar la producción de biogás (21 a 31 días), se obtuvieron producciones de hasta 837.10 L de biogás en 55 días, superior volumen por lo producido por Bedoya y Chaparro (15) que en 63 días obtuvieron 445 L de biogás, en el mismo tiempo Flores (14) obtuvo mayores cantidades de biogás debido a que utilizó un biodigestor de mayor capacidad (300 L).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se logró producir biogás mediante combinación de estiércol vacuno y cuy en 40 L de agua con 32 L de estiércol utilizando la combinación de 2.5 Kg de vaca y 2.0 Kg de cuy en tres repeticiones.

Se logró construir tres biodigestores y si es factible poner en funcionamiento en la región de Moquegua por bajo costo en presupuesto, ya que se logra producir biogás en 60 días de producción

El pH y la temperatura influye en su producción, la medición de pH máximo es de 7.98. El pH promedio en el proceso es de 7.60, el cual está dentro de lo ideal para la producir biogás. Se obtiene mayores cantidades de biogás en pH mayores a 7. La máxima temperatura es de 32.70 °C, la temperatura promedio es de 26.91 °C. Una temperatura dentro del rango para su producción

Se logró determinar el tiempo de obtención máximo de producción de biogás, donde se obtuvieron grandes de cantidades de biogás a partir de los 35 a 50 días de producción, obteniéndose hasta 837.10 L de biogás hasta los 60 días estables.

5.1 Recomendaciones

Promover tecnologías de biodigestión para tratar el estiércol de vaca y cuy en comunidades y granjas, ya que los beneficios de la eliminación adecuada del estiércol son poco conocidos.

Promover la concientización pública sobre el tema para asegurar la sanidad agropecuaria y se aborden adecuadamente, demostrando que la tecnología de biodigestión es aplicable a cualquier nivel cultural y técnico; y no requiere aspectos complejos que comprometen la dependencia económica de tecnologías extranjeras.

Realizar más investigación sobre los productos del proyecto, especialmente si vamos a poder utilizar el biogás para fines distintos al consumo local al poder almacenarlo bajo presión en contenedores. Para lograr esto, se debe disminuir la corrosión y gases nocivos que en la fermentación anaeróbica de este producto se produce y se recomienda filtrarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAYONA PAEZ, CARLOS DIDIER Y CORTÉS LUENGAS, BRAYAN STEEK. *Producción de Biogás a partir de estiércol porcino a escala piloto: Caso de estudio biorreactor continuo tubular plástico (BCTP) finca Tosoly*. Bucaramanga : s.n., 2015.
2. NATURGY, FUNDACIÓN. *Gases renovables: tecnologías, usos y beneficios*. Catalunya : s.n., 2021.
3. *Introducción a la Tecnología de Membranas para la Purificación de Biogás y algunos desarrollos recientes*. CARDONA, GONZALEZ CRISTIAN, Y OTROS. 33, Colombia : s.n., 2021, Revista Politécnica, Vol. 17. 1900-2351.
4. *Biomass Energy Technological Paradigm (BETP): Trends in This Sector*. MEIHUI-LI, NA LUO Y YI-LU. 4, China : MDPI, 2017, Vol. 9.
5. CURILLA EGOAVIL, ERICKA MEDALIT Y DIEGO FLORES, MAGALY PAMELA. *Efecto del lactosuero en la producción del biogás y las características del bioabono y biol utilizando estiércol de vacuno en un biodigestor Batch en Sicaya - 2021*. Universidad Continental. Huancayo : s.n., 2022. Para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.
6. PAUCAR MALPICA , LINA. *Producción y Evaluación de la calidad del Biogás y Biol en un Biodigestor usando estiércol de codorniz de la granja V.A. VELEBIT S.A.C. ubicada en el Distrito de Lurigancho - Chosica*. Universidad Agraria La Molina. Lima : s.n., 2015. pág. 159, Tesis.
7. *A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel*. DIGAMBAR SINGH, Y OTROS. 116553, India : Fuel, 2020, Vol. 262.
8. *Producción de biogás mediante codigestión de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate (Solanum lycopersicum L.)*. CASTRO RIVERA, RIGOBERTO, Y OTROS. 03, Ciudad de México : Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 2020, Vol. 36, págs. 529-539. 04.
9. *Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado de Jalisco, Mexico*. VERA-ROMERO, IVÁN, Y OTROS. 3, Distrito Federal : Ingeniería Investigación y Tecnología, 2017, Vol. XVIII. 1405-7743.
10. *Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos*. AGUILERA, EDWIN ANTONIO REYES. 24, Managua : Revista Científica De FAREM-Estelí, 2018. 2305-5790.
11. *Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca*. OROZCO, KAREN TATIANA MONTENEGRO, Y OTROS. 2, Bogotá : Revista ION, 2016, Vol. 29. 0120-100X.

12. *Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas.* VENEGAS, JOSÉ APOLONIO VENEGAS, ARYAL, DEB RAJ Y RUÍZ, RENÉ PINTO. 85, Ciudad de México : Análisis económico, 2019, Vol. 34. 0185-3937.
13. MANTILLA, KARLA GABRIELA ESPINOSA. *Biogás de residuos orgánicos como fuente de energía renovable. Análisis del potencial de la ciudad de Quito.* Universidad Andina Simón Bolívar. Quito : s.n., 2021. Tesis de Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo.
14. FLORES HERNÁNDEZ, JAVIER WILSON. *Producción y utilización de biogás a partir de purines, como una alternativa de energía renovable en el C. P. Chen Chen – Moquegua.* Puno, Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2013. pág. 149, Tesis.
15. *Uso de estiércol de animales para la producción de Biogás en Moquegua.* BEDOYA JUSTO, EDGAR VIRGILIO Y CHAPARRO MONTOYA, EFRÉN EUGENIO. 4, Moquegua : s.n., 2016, REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA Para el Desarrollo - UJCM, Vol. 2.
16. LOAIZA CHUQUIMIA, MIRELLA ALEXANDRA Y ALARCÓN COLLAO, FERNANDO HUGO. *Producción de biogás utilizando tres tipos de estiércol (ovino, equino y vacuno) en sustrato de silo de maíz en la zona de Sama Inclán, Tacna.* Universidad Privada de Tacna. Tacna : s.n., 2020. pág. 120, Tesis.
17. ZAMBRANO DIAZ, MARISOL CARMEN. *Rendimiento de biogás a partir de mezclas de estiércol vacuno y suero de quesería mediante digestión anaeróbica.* Universidad Nacional Agraria La Molina. Huancayo : s.n., 2016.
18. CABRERA, ANA ROSA MARGOT OBLITAS. *Estudio Técnico - Económico para producir biogás a partir de los residuos generados por el camal municipal de Tumán 2017.* Universidad Señor de Sipán. Pimentel : s.n., 2017. Tesis de pregrado.
19. *Obtención de Biogás a Partir de Excremento de Cuy en Condiciones Ambientales en Tacna Perú.* CASTILLO COTRINA, D. Y TITO VARGAS, C. 13, Tacna : Ciencia & Desarrollo, 2019, Vol. 2011.
20. *Recopilación de aspectos teóricos sobre las tecnologías.* BARRERA-CARDOSO, ERNESTO L., Y OTROS. 2, Cuba : Teconología Química, 2020, Vol. 40. 2224-6185.
21. VARNERO MORENO, MARIA TERESA. *Manual de biogás.* Santiago : s.n., 2011. 978-95-306892-0.
22. LAGOS SUSAETA, FRANCISCO MANUEL. *Análisis de la factibilidad técnica y económica de la generación de biogás a partir de purines mediante biodigestores anaerobios.* Santiago : s.n., 2013. Tesis.

23. DIAZ, M, ESPITIA, S Y MOLINA, F. *Digestión anaerobia” Una aproximación a la tecnología.* Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Biotecnología. Bogotá : s.n., 2002.
24. MONTALBAN ROMERO, ALEXIS JULINHO. *Obtencion de biogas por digesion anaerobia a partir de la fermentacion de tres mezclas de sustratos organicos en la comunidad de la Huaquilla.* Morropon,Peru : s.n., 2020.
25. MONTALBÁN ROMERO, ALEXIS JULINHO. *Obtención de biogás por digestión anaerobia a partir de la fermentación de tres mezclas de sustratos orgánicos en la comunidad de la Huaquilla.* Morropón : s.n., 2020. Tesis de pregrado para optar el título profesional de ingeniería ambiental.
26. *Kinetics and modeling of anaerobic digestion process.* GAVALA, HARIKLIA, ANGELIDAKI, IRINI Y BIRGITTE, AHRING. 81, Lyngby : National Library of Medicine, 2003. 12747561.
27. HILBERT, JORGE A. *Manual para la porducción de biogás.* Instituto de Ingeniería Rural. Buenos Aires : Sitio Argentino de Producción Animal, 2011.
28. WEBER, BERND, Y OTROS. *Producción de biogás en México: Estado Actual y Perspectivas.* Morelia : Red Mexicana de Bioenergía, A.C., 2012. 978-607-96084-1-5.
29. REYES AGUILERA, EDWIN ANTONIO. *Generación de biogás, mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, en la zona rural de Estelí, en el período 2016-2018.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Estelí : s.n., 2019. Tesis doctoral.
30. CORDERO BELTRÁN, IVONNE MAGDALENA. *Aplicación de Biol a partir de residuos: ganaderos de cuy y gallinaza, en cultivos de Raphanus sativus L. para determinar su incidencia en la calidad de suelo para la agricultura.* Cuenca : s.n., 2010. Tesis.
31. *Biomethana2: Principles Techniques and Utilization.* LAGRANGE, B. s.l. : EDISUD, 1979.
32. SPEECE, R. E. *Anaerobic biotechnology for industrial wastewater treatments.* Nashvillee, TN, USA. : Archae Press, 1996.
33. LOPE RUELAS, DORIS SOLEDAD. *Reducción de la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio.* Universida Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2015. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial.
34. RUIZ PINTO, BILL EDSON. *Diseño de un biodigestor para generación de energía a partir de estiércol de ganado vacuno para una vivienda rural en el CC. PP. Las Canteras del distrito de Pátapo - Chiclayo - Lambayeque.* Lambayeque, Universidad

Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo : s.n., 2020. Tesis para Optar Título de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

35. ESCOBAR MORALES, DIEGO ALFONSO. *Diseño y factibilidad de una planta de biogás en una vitivinícola*. Universidad del Bío - Bío. Concepcion : s.n., 2015. Tesis de pregrado.
36. *Energía de la Biomasa*. SEBASTIAN NOGUES, F., GARCÍA GALINDO, D. Y REZEAU, A. Zaragoza : s.n., 2010, Vol. 2.
37. CORONA ZUÑIGA, IVÁN. *Biodigestores*. Mineral de la Reforma, Hgo : s.n., 2007. Monografía.
38. *Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras*. MAGAÑA, J, Y OTROS. 2, Guanajuato : Acta Universitaria, 2006, Vol. 16. 0188-6266.
39. *La investigación aplicada: Una forma de conocer las evidencia científica*. VARGAS CORDERO, ZOILA ROSA. 1, San Pedro : Revista Educación, 2009, Vol. 33. 0379-7082.
40. G. ARIAS, FIDIAS. *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ta. Caracas : Editorial Episteme, 2012.
41. BIOGÁS, PROFE DE. *¿Cómo medir metano en el biogás, a bajo costo?* Youtube, 2018.
42. HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO , FERNÁNDEZ COLLADO, CARLOS Y BAPTISTA LUCIO, MARÍA DEL PILAR . *Metodología de la Investigación*. Sexta. México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.
43. *Co-Digestión de Tres Tipos de Estiércol (Vaca, Cuy y Cerdo) para Obtener Biogás en el Sur del Perú*. BARREDA, JAIME, Y OTROS. 3, Yanahuara, Arequipa : Rev. investig. Altoandin., 2022, Vol. 24. 2313-2957.
44. *Cinetica de la produccion de metano a partir del residuo del secado de arroz con estiércol vacuno y porcino*. LOPEZ GONZALEZ, LISBET MAILIN, Y OTROS. 1, Cuba : Centro de Azucar, 2022, Vol. 49, págs. 95-106.

ANEXOS

Anexo 01: Fichas de evaluación de los tres biodigestores

Ficha de evaluación de biodigestor 1						
Titulo	Producción de biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy en la región Moquegua					
Biodigestor	1					
Coordenadas UTM				Altitud (m.s.n.m)		
ESTE	293420	NORTE	8097502	1438		
Día	Hora	Resultados de evaluación				
		Temperatura (°C)	pH	Producción (L)	Acumulado	Tiempo de producción (días)
03/11/2022	13:00	19.40	7.6	0.0	0.0	0
04/11/2022	13:23	22.10	7.63	0.0	0.0	1
05/11/2022	13:21	21.10	7.53	0.0	0.0	2
06/11/2022	13:30	26.90	7.10	0.0	0.0	3
07/11/2022	15:32	28.90	7.12	0.0	0.0	4
08/11/2022	16:21	29.90	7.13	0.0	0.0	5
09/11/2022	19:54	30.70	6.95	3.2	3.2	6
10/11/2022	13:02	32.90	7.11	4.5	7.7	7
11/11/2022	14:54	32.10	7.21	10.3	18.0	8
12/11/2022	13:45	29.10	7.32	18.8	36.8	9
13/11/2022	13:00	27.80	7.43	25.9	62.7	10
14/11/2022	18:34	27.90	7.47	26.7	89.4	11
15/11/2022	19:22	29.40	7.42	27.2	116.5	12
16/11/2022	19:56	29.60	7.42	27.0	143.5	13
17/11/2022	19:32	30.20	7.67	28.9	172.4	14
18/11/2022	15:54	32.00	7.65	29.2	201.6	15
19/11/2022	13:02	29.80	7.46	29.8	231.4	16
20/11/2022	13:43	25.60	7.33	29.3	260.7	17
21/11/2022	14:56	27.80	7.45	29.5	290.2	18
22/11/2022	13:52	27.60	7.47	29.5	319.7	19
23/11/2022	18:52	29.10	7.25	29.0	348.7	20
24/11/2022	17:42	27.70	7.42	28.7	377.3	21
25/11/2022	13:00	28.30	7.64	28.2	405.5	22
26/11/2022	14:30	26.80	7.47	27.0	432.5	23
27/11/2022	15:21	27.40	7.33	26.5	459.1	24
28/11/2022	16:02	28.50	7.45	26.4	485.5	25
29/11/2022	16:21	28.80	7.36	27.2	512.6	26
30/11/2022	15:03	26.10	7.52	26.5	539.1	27
01/12/2022	14:58	27.40	7.54	26.4	565.6	28
02/12/2022	19:45	27.30	7.61	27.2	592.7	29
03/12/2022	20:00	27.60	7.40	26.8	619.5	30
04/12/2022	18:12	28.40	7.44	23.5	643.0	31
05/12/2022	13:23	27.70	7.62	16.9	659.8	32

06/12/2022	15:43	27.20	7.51	18.6	678.4	33
07/12/2022	16:21	28.20	7.41	10.1	688.5	34
08/12/2022	19:22	26.90	7.62	11.8	700.3	35
09/12/2022	19:38	27.80	7.42	7.3	707.6	36
10/12/2022	15:21	28.40	7.46	5.1	712.7	37
11/12/2022	16:26	27.50	7.50	3.4	716.1	38
12/12/2022	15:23	27.80	7.54	2.5	718.5	39
13/12/2022	18:48	28.10	7.58	2.2	720.7	40
14/12/2022	15:43	29.40	7.62	1.8	722.5	41
15/12/2022	16:32	27.30	7.66	1.7	724.3	42
16/12/2022	16:30	26.70	7.70	1.6	725.9	43
17/12/2022	18:50	28.80	7.74	1.7	727.5	44
18/12/2022	16:00	27.40	7.78	1.1	728.7	45
19/12/2022	17:20	28.10	7.82	1.1	729.8	46
20/12/2022	18:30	27.40	7.86	1.1	730.9	47
21/12/2022	13:22	28.50	7.90	1.4	732.3	48
22/12/2022	15:02	25.70	7.94	0.0	732.3	49
23/12/2022	17:45	27.40	7.98	0.0	732.3	50
24/12/2022	13:43	28.40	7.92	0.0	732.3	51
25/12/2022	19:02	29.20	7.80	0.0	732.3	52
26/12/2022	14:58	28.80	7.65	0.0	732.3	53
27/12/2022	14:06	27.20	7.63	0.0	732.3	54
28/12/2022	19:21	28.30	7.63	0.0	732.3	55
29/12/2022	18:32	28.60	7.64	0.0	732.3	56
30/12/2022	18:43	29.20	7.56	0.0	732.3	57
31/12/2022	13:21	28.60	7.50	0.0	732.3	58
01/01/2023	14:02	27.70	7.32	0.0	732.3	59

Ficha de evaluación de biodigestor 2						
Título	Producción de biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy en la región Moquegua					
Biodigestor	2					
Coordenadas UTM				Altitud (m.s.n.m)		
ESTE	293420	NORTE	8097502	1438		
Día	Hora	Resultados de evaluación				
		Temperatura (°C)	pH	Producción (L)	Acumulado	Tiempo de producción (días)
03/11/2022	13:00	20.10	7.7	0.0	0.0	0
04/11/2022	13:23	22.80	7.63	0.0	0.0	1
05/11/2022	13:21	21.80	7.53	0.0	0.0	2
06/11/2022	13:30	27.60	7.10	0.0	0.0	3
07/11/2022	15:32	29.60	7.12	0.0	0.0	4
08/11/2022	16:21	30.60	7.13	0.0	0.0	5
09/11/2022	19:54	31.40	6.95	0.0	0.0	6
10/11/2022	13:02	33.60	7.11	0.0	0.0	7

11/11/2022	14:54	32.80	7.21	0.0	0.0	8
12/11/2022	13:45	29.80	7.32	0.0	0.0	9
13/11/2022	13:00	28.50	7.43	0.0	0.0	10
14/11/2022	18:34	28.60	7.47	2.4	2.4	11
15/11/2022	19:22	30.10	7.42	2.6	5.0	12
16/11/2022	19:56	30.30	7.42	5.7	10.7	13
17/11/2022	19:32	30.90	7.67	8.1	18.8	14
18/11/2022	15:54	32.70	7.65	11.7	30.5	15
19/11/2022	13:02	30.50	7.46	15.2	45.7	16
20/11/2022	13:43	26.30	7.33	21.0	66.7	17
21/11/2022	14:56	28.50	7.45	15.8	82.5	18
22/11/2022	13:52	28.30	7.47	28.0	110.5	19
23/11/2022	18:52	29.80	7.25	31.0	141.5	20
24/11/2022	17:42	28.40	7.42	30.1	171.6	21
25/11/2022	13:00	29.00	7.64	27.8	199.4	22
26/11/2022	14:30	27.50	7.47	28.7	228.1	23
27/11/2022	15:21	28.10	7.33	28.5	256.6	24
28/11/2022	16:02	29.20	7.45	28.5	285.1	25
29/11/2022	16:21	29.50	7.36	28.5	313.5	26
30/11/2022	15:03	26.80	7.52	27.6	341.1	27
01/12/2022	14:58	28.10	7.54	29.4	370.5	28
02/12/2022	19:45	28.00	7.61	27.4	397.8	29
03/12/2022	20:00	28.30	7.40	28.5	426.3	30
04/12/2022	18:12	29.10	7.44	26.8	453.1	31
05/12/2022	13:23	28.40	7.62	28.1	481.2	32
06/12/2022	15:43	27.90	7.51	27.5	508.7	33
07/12/2022	16:21	28.90	7.41	26.4	535.1	34
08/12/2022	19:22	27.60	7.62	25.5	560.6	35
09/12/2022	19:38	28.50	7.42	25.1	585.7	36
10/12/2022	15:21	29.10	7.46	20.6	606.3	37
11/12/2022	16:26	28.20	7.50	21.6	627.9	38
12/12/2022	15:23	28.50	7.54	23.6	651.4	39
13/12/2022	18:48	28.80	7.58	23.8	675.2	40
14/12/2022	15:43	30.10	7.62	22.5	697.7	41
15/12/2022	16:32	28.00	7.66	25.1	722.8	42
16/12/2022	16:30	27.40	7.70	21.9	744.7	43
17/12/2022	18:50	29.50	7.74	18.1	762.9	44
18/12/2022	16:00	28.10	7.78	13.1	776.0	45
19/12/2022	17:20	28.80	7.82	8.5	784.5	46
20/12/2022	18:30	28.10	7.86	5.7	790.2	47
21/12/2022	13:22	29.20	7.90	4.9	795.1	48
22/12/2022	15:02	26.40	7.94	4.1	799.2	49
23/12/2022	17:45	28.10	7.98	3.2	802.4	50
24/12/2022	13:43	29.10	7.92	2.8	805.2	51
25/12/2022	19:02	29.90	7.80	2.1	807.4	52
26/12/2022	14:58	29.50	7.65	1.7	809.1	53

27/12/2022	14:06	27.90	7.63	1.7	810.9	54
28/12/2022	19:21	29.00	7.63	1.0	811.8	55
29/12/2022	18:32	29.30	7.64	0.0	811.8	56
30/12/2022	18:43	29.90	7.56	0.0	811.8	57
31/12/2022	13:21	29.30	7.50	0.0	811.8	58
01/01/2023	14:02	28.40	7.32	0.0	811.8	59

Ficha de evaluación de biodigestor 3						
Título	Producción de biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy en la región Moquegua					
Biodigestor	3					
Coordenadas UTM				Altitud (m.s.n.m)		
ESTE	293420	NORTE	8097502	1438		
Día	Hora	Resultados de evaluación				
		Temperatura (°C)	pH	Producción (L)	Acumulado	Tiempo de producción (días)
03/11/2022	13:00	17.60	7.6	0.0	0.0	0
04/11/2022	13:23	20.30	7.72	0.0	0.0	1
05/11/2022	13:21	19.50	7.91	0.0	0.0	2
06/11/2022	13:30	21.20	7.99	0.0	0.0	3
07/11/2022	15:32	21.20	7.95	0.0	0.0	4
08/11/2022	16:21	21.90	7.89	0.0	0.0	5
09/11/2022	19:54	23.40	7.61	0.0	0.0	6
10/11/2022	13:02	23.40	7.66	0.0	0.0	7
11/11/2022	14:54	25.90	7.65	1.7	1.7	8
12/11/2022	13:45	26.30	7.83	2.6	4.3	9
13/11/2022	13:00	27.10	7.75	6.9	11.3	10
14/11/2022	18:34	25.70	7.76	8.9	20.2	11
15/11/2022	19:22	26.10	7.88	12.0	32.2	12
16/11/2022	19:56	26.30	7.79	16.2	48.4	13
17/11/2022	19:32	26.70	7.69	18.8	67.2	14
18/11/2022	15:54	27.50	7.66	14.7	81.9	15
19/11/2022	13:02	26.50	7.85	17.5	99.4	16
20/11/2022	13:43	25.40	7.65	16.4	115.8	17
21/11/2022	14:56	24.90	7.83	21.5	137.2	18
22/11/2022	13:52	23.30	7.77	22.4	159.6	19
23/11/2022	18:52	23.20	7.75	23.7	183.4	20
24/11/2022	17:42	25.30	7.77	22.7	206.1	21
25/11/2022	13:00	26.30	7.82	22.1	228.2	22
26/11/2022	14:30	28.50	7.79	22.7	251.0	23
27/11/2022	15:21	26.70	7.65	21.9	272.9	24
28/11/2022	16:02	27.60	7.85	24.4	297.3	25
29/11/2022	16:21	25.40	6.76	25.1	322.5	26
30/11/2022	15:03	24.80	7.65	24.7	347.2	27

01/12/2022	14:58	23.80	7.68	22.3	369.5	28
02/12/2022	19:45	25.30	7.71	22.3	391.8	29
03/12/2022	20:00	24.80	7.72	24.7	416.5	30
04/12/2022	18:12	25.50	7.79	23.8	440.3	31
05/12/2022	13:23	25.80	7.65	23.0	463.3	32
06/12/2022	15:43	24.20	7.90	21.9	485.2	33
07/12/2022	16:21	26.60	7.34	21.7	506.9	34
08/12/2022	19:22	25.20	7.38	21.9	528.8	35
09/12/2022	19:38	25.10	7.42	22.8	551.6	36
10/12/2022	15:21	24.60	7.46	22.0	573.6	37
11/12/2022	16:26	24.90	7.50	19.3	592.9	38
12/12/2022	15:23	25.60	7.54	22.5	615.4	39
13/12/2022	18:48	25.80	7.58	20.0	635.4	40
14/12/2022	15:43	25.90	7.62	20.0	655.5	41
15/12/2022	16:32	24.90	7.66	19.0	674.5	42
16/12/2022	16:30	24.50	7.70	21.7	696.2	43
17/12/2022	18:50	22.90	7.74	19.7	715.9	44
18/12/2022	16:00	24.10	7.78	21.5	737.4	45
19/12/2022	17:20	23.60	7.82	19.7	757.1	46
20/12/2022	18:30	25.00	7.86	21.5	778.5	47
21/12/2022	13:22	25.40	7.90	19.7	798.2	48
22/12/2022	15:02	24.50	7.94	14.6	812.8	49
23/12/2022	17:45	24.87	7.98	9.0	821.7	50
24/12/2022	13:43	24.80	7.88	5.7	827.5	51
25/12/2022	19:02	25.70	7.67	3.5	831.0	52
26/12/2022	14:58	24.30	7.78	2.4	833.3	53
27/12/2022	14:06	24.80	7.42	2.2	835.5	54
28/12/2022	19:21	25.90	7.52	1.6	837.1	55
29/12/2022	18:32	23.80	7.62	1.2	838.3	56
30/12/2022	18:43	25.10	7.59	0.0	838.3	57
31/12/2022	13:21	26.20	7.79	0.0	838.3	58
01/01/2023	14:02	26.30	7.42	0.0	838.3	59

Anexo 02: Certificado de calibración de equipo - PHmetro



Certificado de Calibración

Número

CCP-0920-002-22

Certificate of Calibration

Number

Cliente: <i>Customer</i>	ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL EIRL	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: <i>Address</i>	AV. EJERCITO MZA. Ñ LOTE. 32 (ALADO DEL HOSTAL AURORITA) MOQUEGUA - MARISCAL NIETO – MOQUEGUA	
Teléfono: <i>Phone Number</i>	953999105	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Persona de Contacto: <i>Contact Person</i>	Vladimiro Apolinar Pacci Mamani	
Objeto: <i>Item</i>	PHMETRO 	This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)
Marca: <i>Manufacturer</i>	YSI	
Modelo: <i>Model</i>	PH10A	In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.
No. de Serie: <i>Serial Number</i>	JC014733	
Identificación: <i>Identification</i>	P-LAB-03	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i>	NO ESPECIFICA	
Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i>	2022-07-26	
Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i>	2022-08-01	
Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i>	-	
Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i>	Fidel Pinaud	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-08-02
Person authorizing / Date of Issue

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022-08-02 17:37:24



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0920-002-22

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Materiales de Referencia Utilizados

Reference Materials Used

Identificación <i>ID Number</i>	Nombre <i>Name</i>	Marca <i>Manufacturer</i>	N° Catálogo <i>Catalog Number</i>	No. de Lote <i>Lot Number</i>	Vence Cal. <i>Due Date</i>	N° Certificado <i>N° Certificate</i>
EL.MRC.001	BUFFER SOLUTION pH 4.005	CONTROL COMPANY	4880	CC739341	2023-10-28	4880-12782243
EL.MRC.002	BUFFER SOLUTION pH 7.000	CONTROL COMPANY	4881	CC740615	2023-11-11	4881-12824661
EL.MRC.003	BUFFER SOLUTION pH 10.012	CONTROL COMPANY	4882	CC740887	2023-11-17	4882-12840543

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación <i>ID Number</i>	Nombre <i>Name</i>	Marca <i>Manufacturer</i>	Modelo <i>Model</i>	No. de Serie <i>Serial Number</i>	Vence Cal. <i>Due Date</i>	N° Certificado <i>N° Certificate</i>
ELP.PT.020	TERMÓMETRO DIGITAL	ELPRO	ECOLOG TN2	405280	2022-08-06	CC-3497-020-21
ELP.PT.036	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	180303334	2022-08-03	CCP-0731-003-21



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0920-002-22

Calibración

Calibration

Intervalo de Medición⁽²⁾: (0 a 14) pH

Measurement Range

División de Escala: 0,01 pH

Scale Interval

Lugar de Calibración: Laboratorio 1 - Elicrom

Calibration Site

Método de Calibración: Comparación Directa Con Materiales De Referencia Certificados

Calibration Method

Documento de Referencia: CEM QU-003:2008 (Edición Digital 1)

Reference Document

Procedimiento de Calibración: PEC.EL.11

Calibration Procedure

Condiciones Ambientales: Temperatura del Aire 21,3 °C ± 0,1 °C

Environmental Conditions

Air Temperature

Humedad Relativa del Aire 58,8 %hr ± 0,1 %hr

Air Relative Humidity

Observaciones

Observations

⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.

⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽³⁾ Temperatura Media del Material de Referencia Certificado.

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.

⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

⁽³⁾ Average Temperature of the Certified Reference Material.

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through NIST (National Institute of Standards and Technology - United States) or other National Metrology Institutes (NIMs).



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration



Número
Number

CCP-0920-002-22

Resultados de la Calibración

Calibration Results

Valor de Prueba <i>Test Value</i>	Valor MRC (x) <i>CRM Value (x)</i>	Indicación Ítem (y) <i>Item Reading (y)</i>	Error de Medición (e) <i>Measurement Error (e)</i>	Incertidumbre (U) <i>Uncertainty (U)</i>	Factor de Cobertura (k)	Temperatura (t) <i>Temperature (t)</i>
Unidades de pH	Unidades de pH	Unidades de pH	Unidades de pH	Unidades de pH	Coverage factor	°C
4,005	4,006	3,99	-0,016	0,012	2,00	25,0
7,000	6,995	7,01	0,015	0,012	2,00	25,0
10,012	10,006	10,02	0,014	0,012	2,00	25,0

Recta de Regresión: $y = 1,0050 x - 0,0306$
Regression Line

Coefficiente de Correlación: $r^2 = 1,0000$
Correlation Coefficient

Notas

Notes

- MRC: Material de Referencia Certificado.
- Se reporta el promedio de tres mediciones por cada valor de prueba.
- El valor del MRC y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- CRM: Certified Reference Material
- The average of three measurements in each test value is reported.
- CRM value and measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.11-02 Rev. 12

Anexo 03: Certificado de calibración de equipo - Termómetro



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

CCP-0920-001-22

Number

Ciente: <i>Customer</i>	ROEL CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL EIRL	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Dirección: <i>Address</i>	AV. EJERCITO MZA. N° LOTE. 32 (ALADO DEL HOSTAL AURORITA) MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA	
Teléfono: <i>Phone Number</i>	953999105	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Persona de Contacto: <i>Contact Person</i>	Vladimiro Apolinar Pacci Mamani	
Objeto: <i>Item</i>	TERMÓMETRO DIGITAL 	<i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)</i>
Marca: <i>Manufacturer</i>	EXTECH	
Modelo: <i>Model</i>	Easy View™ 10	<i>In order to ensure the quality of their measurements, the user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i>
No. de Serie: <i>Serial Number</i>	200101911	
Identificación: <i>Identification</i>	P-LAB-02	
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i>	NO ESPECIFICA	
Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i>	2022-07-26	
Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i>	2022-07-27	
Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i>	-	
Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i>	Jesús Trejo	

Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: Ing. Savino Pineda / 2022-08-03

Person authorizing / Date of Issue

Gerente General

Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ
Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=110621145301, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2022-08-03 12:04:01



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

CCP-0920-001-22

Number

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom-Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k , which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación <i>ID Number</i>	Nombre <i>Name</i>	Marca <i>Manufacturer</i>	Modelo <i>Model</i>	No. de Serie <i>Serial Number</i>	Vence Cal. <i>Due Date</i>	Nº Certificado <i>Nº Certificate</i>
ELP.PT.149.01	ESCANER DE TEMPERATURA	FLUKE	1586 A	54725040	2022-09-14	CC-4196-003-21
ELP.PT.025	BAÑO DE POZO LÍQUIDO	POLYSCIENCE	PD15RCAL-A12E	1802-03541	2022-08-26	CCP-0731-010-21
ELP.PT.026	BAÑO DE POZO LÍQUIDO	POLYSCIENCE	PP15HCAL-A12E	1805-03541	2022-08-26	CCP-0731-011-21
ELP.PT.036	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	180303334	2022-08-03	CCP-0731-003-21



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration



Número
Number

CCP-0920-001-22

Calibración

Calibration

Unidad de Medida: <i>Unit of Measurement</i>	°C
División de Escala: <i>Scale Interval</i>	0,1 °C
Intervalo de Medición ⁽²⁾ : <i>Measurement Range</i>	(-30 a 300) °C
Marca (Sensor): <i>Manufacturer (Sensor)</i>	NO ESPECIFICA
Modelo (Sensor): <i>Model (Sensor)</i>	NO ESPECIFICA
Tipo (Sensor): <i>Type (Sensor)</i>	K
No. de Serie (Sensor): <i>Serial Number (Sensor)</i>	NO ESPECIFICA
Identificación ⁽¹⁾ (Sensor): <i>Identification (Sensor)</i>	T1
División de Escala (Sensor): <i>Scale Interval (Sensor)</i>	NO APLICA
Intervalo de Medición ⁽²⁾ (Sensor): <i>Measurement Range (Sensor)</i>	(-30 a 300) °C
Lugar de Calibración: <i>Calibration Site</i>	Laboratorio 1 (Elicrom)
Método de Calibración: <i>Calibration Method</i>	Comparación Directa Con Termómetro Patrón Y Baño Controlado De Temperatura
Documento de Referencia: <i>Reference Document</i>	CEM TH-001:2019 (Edición Digital 2)
Procedimiento de Calibración: <i>Calibration Procedure</i>	PEC.EL.03
Condiciones Ambientales: <i>Environmental Conditions</i>	Temperatura del Aire 20,7 °C ± 0,2 °C <i>Air Temperature</i> Humedad Relativa del Aire 67,3 %hr ± 0,8 %hr <i>Air Relative Humidity</i>



Certificado de Calibración

Certificate of Calibration

Número

Number

CCP-0920-001-22

Observaciones

Observations

- ⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Alemania), CENAM (Centro Nacional de Metrología - México) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through the PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Germany), CENAM (Centro Nacional de Metrología - Mexico) or other National Metrology Institutes (NMIs).

Resultados de la Calibración

Calibration Results

Valor de Prueba	Indicación Ítem	Indicación Patrón	Error de Medición (e)	Incertidumbre (U)	Factor de Cobertura (k)
Test Value	Item Reading	Standard Reading	Measurement Error (e)	Uncertainty (U)	Coverage factor
°C	°C	°C	°C	°C	
0	0,9	0,01	0,89	0,11	2,00
70	69,2	70,02	-0,82	0,12	2,00
110	109,1	110,02	-0,92	0,16	2,00

Nota

Note

- La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- The standard reading and the measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.03-03 Rev. 16

Anexo 04: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<u>Problema general</u>	<u>Objetivo general</u>	<u>Hipótesis de investigación</u>	<u>Variable independiente</u>	<u>Método de investigación</u>
¿Se podrá producir biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy?	Producir biogás mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy.	Mediante combinación de estiércol vacuno y de cuy se logra la producción de biogás	- Estiércol	Experimental
			- Propiedades fisicoquímicas	<u>Tipo de investigación</u>
			- Tiempo	Aplicada
<u>Problemas específicos</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>		<u>Nivel de investigación</u>
- ¿Se podrá poner en funcionamiento un biodigestor para obtener biogás?	- Poner en funcionamiento un biodigestor para obtener biogás	- Es factible poner en funcionamiento un biodigestor para obtener biogás		Explicativo
- ¿Cuál será la influencia de las propiedades fisico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy en la producción del biogás?	- Determinar la influencia de las propiedades fisico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy en la producción del biogás.	- Las propiedades fisico-químicas (temperatura y pH) del estiércol vacuno y cuy influyen en la producción del biogás	<u>Variable dependiente</u>	<u>Diseño de investigación</u>
			Biogás	Experimental un tratamiento y tres repeticiones
- ¿Se podrá determinar en cuánto tiempo se obtendrá la máxima producción de biogás?	- Determinar en cuánto tiempo se obtendrá la máxima producción de biogás	- La máxima producción de biogás se obtiene a mayor tiempo transcurrido		<u>Población</u>
				Granjas del distrito de Moquegua
				<u>Muestra</u>
				estiércol de ganado vacuno y de cuy de la granja “El Lavadero”

Anexo 05: Presupuesto del proyecto de investigación

Materiales	Unidad	Cant.	P. unit.	Total
Materiales de protección	glb	1	65.00	65.00
Equipos electrónicos				
Medidor de pH	unid	1	130.00	130.00
Sensor de temperatura	unid	1	300.00	300.00
Materiales de construcción de biodigestor				
Bidones de apertura total (10 litros)	unid	3	50.00	150.00
Bidón de agua	unid	1	300.00	300.00
Válvula PVC 1"	unid	6	8.00	48.00
Niple	unid	3	7.00	21.00
Codos PVC 2"	unid	9	2.00	18.00
Tubo PVC 2"	unid	3	10.00	30.00
Válvula de metal de salida de gas	unid	3	30.00	90.00
Abrazadera	unid	6	2.50	15.00
Manguera de jebe	m	6	5.00	30.00
Tapas sanitarias	unid	3	30.00	90.00
Conectores para manguera	unid	3	9.00	27.00
Manómetro	unid	3	60.00	180.00
Reten	unid	3	15.00	45.00
Cámara de llanta	unid	3	100.00	300.00
Pegamento/silicona	unid	3	15.00	45.00
Pintura esmalte negra	gln	2	20.00	40.00
Materia prima				
Estiércol vacuno	Kg	35	1.00	35.00
Estiércol de cuy	Kg	35	1.00	35.00
Total				1,884.00

Anexo 06: Panel fotográfico



Figura A06.1. Material de biodigestores



Figura A06.2. Construcción de biodigestores



Figura A06.3. Etapa de construcción de biodigestores



Figura A06.4. Biodigestor construído



Figura A06.5. Estiércol de vaca



Figura A06.6. Estiércol de cuy



Figura A06.7. Implementación de biodigestores



Figura A06.8. Biodigestores en las primeras semanas de producción



Figura A06.9. Obtención de biogás



Figura A06.10. Medición de pH y temperatura

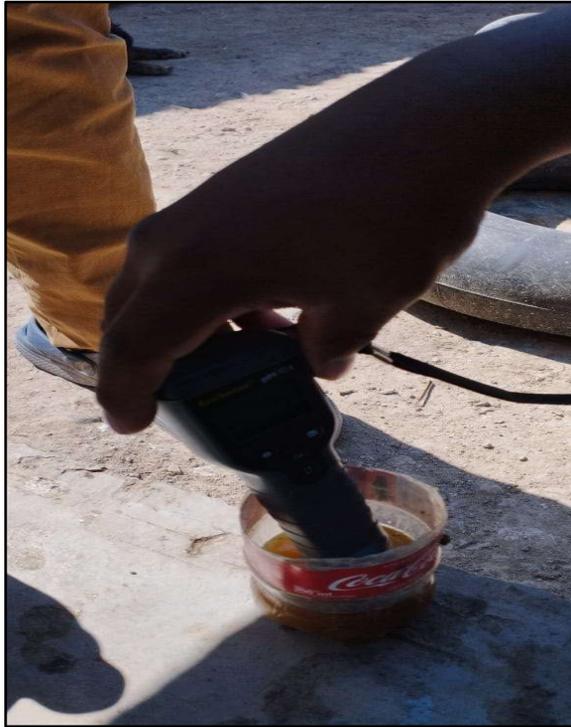


Figura A06.11. Medición de pH y temperatura



Figura A06.12. Equipos de medición



Figura A06.13. Obtención de biogás



Figura A06.14. Obtención de biogás