



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**

**Aprovechamiento de estiércol porcino en la producción de biogás obtenido en tres
diferentes tratamientos en el Centro Poblado de Retes, 2022**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autoras

Katherin Jhojanny Huarac Cadillo

Mahely Nicoll More Peña

Asesora

Mg. Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin**

Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin**

restricciones adicionales: No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Huarac Cadillo Katherin Jhojanny	73056766	03/12/2024
More Peña Mahely Nicoll	72752706	03/12/2024
DATOS DEL ASESOR:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Mg. Huertas Pomasoncco Hellen Yahaira	46741141	0000-0002- 4204-7320
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Utia Pinedo Maria del Rosario	07922793	0000-0002-2396-3382
Mg. Castro Tena Lucero Katherine	70837735	0000-0002-6770-8615
Mg. Mendez Izquierdo Tania Ivette	46925087	0000-0002-2473-4610

2024-069958 More Peña Mahely Nicol 2024-070345 ...

Aprovechamiento del Estiércol porcino en la producción de Biogás obtenido en tres diferentes tratamientos en el Centro P...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3045470069

Fecha de entrega

17 oct 2024, 4:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

17 oct 2024, 4:11 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Borrador_MH_Subsanado_17.10.2024.pdf

Tamaño de archivo

7.0 MB

96 Páginas

16,838 Palabras

96,425 Caracteres

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

► Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

19%  Fuentes de Internet

4%  Publicaciones

11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mis progenitores, Julia y Olger, por su amor y ayuda permanente que me brindaron a lo largo de mi formación académico, y hoy en día ser la profesional que desde niña anhele.

A mis hermanas, que me acompañaron en diferentes etapas del proyecto y motivaron a seguir adelante, a pesar de las circunstancias familiares complejas que atravesamos.

A mis tíos, por sus sugerencias y palabras de ánimo en cada ocasión., como su apoyo en algunas gestiones indispensables.

Por último, a mi fiel mascota Lazy por siempre permanecer a mi lado.

Katherin Jhojanny Huarac Cadillo

A Dios, fuente infinita de sabiduría y guía, agradezco infinitamente por iluminar mi camino en momentos de oscuridad y darme la determinación necesaria para lograr este objetivo.

A mi padre y madre, quienes, con su amor inquebrantable, son mi pilar fundamental.

A los padres y hermanas de mi amiga y compañera de tesis, por su apoyo absoluto e incondicional en cada etapa del desarrollo del proyecto.

A todos quienes, de alguna forma, me hicieron daño durante este proceso. Aunque en su momento fue difícil de aceptar, hoy reconozco que esas experiencias adversas fueron el impulso necesario para fortalecer mi determinación y culminar este proyecto de tesis.

Cada obstáculo que encontré en el camino me brindo la oportunidad de crecer, aprender y sobre todo superarme. A través de estas adversidades, descubrí mi propia resiliencia y capacidad para enfrentar los desafíos. Es por ello, les dedico este logro, ya que, sin su presencia en mi vida, posiblemente no lo habría alcanzado. Que estas experiencias nos sirvan a todos como lecciones de crecimiento y transformación.

Esta tesis está dedicada a ustedes, por ser fuentes potenciales de inspiración en cada paso de este camino académico. Su amor, su ejemplo y enseñanza han sido la luz que ha guiado mis pasos hacia la transformación y el éxito. ¡Gracias por todo!

Mahely Nicoll More Peña

AGRADECIMIENTO

Primero, expresamos nuestro agradecimiento a la divinidad por guiar nuestro camino y acompañarnos en este sendero de la vida. También a todos nuestros profesores, por ayudarnos a convertirnos en los profesionales que somos hoy. A nuestros progenitores por brindarnos su respaldo constante en todo momento. Asimismo, agradecemos a nuestra asesora, la Mg. Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco, por su aceptación y orientación en nuestra tesis.

Katherin y Mahely

ÍNDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 Descripción de la realidad problemática	17
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 Objetivos de la investigación	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Justificación de la investigación.....	19
1.5 Delimitaciones del estudio	20
1.5.1 Delimitación Espacial.....	20
1.5.2 Delimitación Temporal.....	20
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.1.1 Internacionales.....	21
2.1.2 Nacionales	23
2.2 Bases teóricas	26
2.2.1 Biodigestores	26
2.2.2 Tipos de Biodigestores	26

2.2.3 Materia orgánica	28
2.2.4 Digestión anaeróbica	28
2.2.5 Etapas del proceso de digestión anaerobia	28
2.2.6 Factores fisicoquímicos que condicionan la producción de biogás.....	30
2.2.7 Productos de la Digestión Anaeróbica.....	33
2.2.8 Composición de biogás.....	33
2.2.9 Aplicaciones del Biogás	33
2.3 Definición de términos básicos	34
2.4 Hipótesis de investigación.....	36
2.4.1 Hipótesis general	36
2.4.2 Hipótesis específicas.....	36
2.5 Operacionalización de variables.....	37
CAPITULO III. METODOLOGIA	38
3.1 Gestión del experimento.....	38
3.1.1 Ubicación.....	38
3.1.2 Características del área experimental	39
3.1.3 Tratamientos	41
3.1.4 Diseño experimental.....	43
3.1.5 Variables a evaluar	43
3.1.6 Condición del experimento.....	44
3.1.6.1 Etapas de la investigación.....	45
3.2 Técnicas para el procesamiento de la información	56
CAPITULO IV. RESULTADOS.....	57
4.1 Diseño e Implementación de los biodigestores	57
4.2 Análisis de la materia orgánica sólida.....	57

4.3 Análisis de los parámetros fisicoquímicos	58
4.3.1 Monitoreo de pH.....	58
4.3.2 Monitoreo de la temperatura (°C).....	60
4.3.3 Monitoreo de la presión (PSI)	61
4.3.4 Monitoreo de la temperatura y humedad del ambiente	62
4.4 Análisis de la producción de biogás (L).....	62
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....	65
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
6.1 Conclusiones	66
6.2 Recomendaciones.....	66
CAPITULO VII. REFERENCIAS	68
ANEXOS	71

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de temperatura óptima	31
Tabla 2 Relación de C/N de los principales sustratos más utilizados.....	32
Tabla 3 Matriz de operacionalización de las variables	37
Tabla 4 Condiciones meteorológicas del área experimental.....	39
Tabla 5 Tratamientos del experimento	42
Tabla 6 Descripción de los tratamientos del experimento	42
Tabla 7 Variables a evaluar del proyecto de investigación.....	43
Tabla 8 Datos de la crianza del porcino.....	46
Tabla 9 Datos de la crianza del cuy	47
Tabla 10 Listado de materiales utilizados en la construcción de los biodigestores.....	51
Tabla 11 Análisis de la composición química de la materia orgánica sólida	58
Tabla 12 Resultados del monitoreo de pH.....	59
Tabla 13 Resultados del monitoreo de temperatura (°C).....	60
Tabla 14 Resultados del monitoreo de la presión (PSI).....	61
Tabla 15 Resultados de la temperatura y humedad del ambiente.....	62
Tabla 16 Resultados de la producción de biogás (L).....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas del proceso de digestión anaeróbico.	30
<i>Figura 2.</i> Imagen satelital de la ubicación del Centro Poblado de Retes.	38
<i>Figura 3.</i> Área de Uso del proyecto de tesis en el Centro Poblado de Retes.	39
<i>Figura 4.</i> Esquema de diseño del área del proyecto experimental.	40
<i>Figura 5.</i> Diseño de biodigestor.	41
<i>Figura 6.</i> Diagrama de la conducción del experimento.	44
<i>Figura 7.</i> Limpieza y acondicionamiento del área de interés.	45
<i>Figura 8.</i> Recolección de estiércol porcino.	47
<i>Figura 9.</i> Recolección del estiércol de cuy.	48
<i>Figura 10.</i> Picado de los residuos orgánicos.	48
<i>Figura 11.</i> Selección de la muestra de estiércol porcino.	49
<i>Figura 12.</i> Selección de la muestra del estiércol de cuy.	50
<i>Figura 13.</i> Corte de la parte central de la etapa del bidón.	52
<i>Figura 14.</i> Conexión de la llave de paso y maguera de gas.	52
<i>Figura 15.</i> Instalación del manómetro.	53
<i>Figura 16.</i> Pesado de cada materia prima por tratamiento.	54
<i>Figura 17.</i> Monitoreo IN SITU.	55
<i>Figura 18.</i> Sistema de biodigestores.	57
<i>Figura 19.</i> Variación de pH en el T1, T2 y T3.	59
<i>Figura 20.</i> Variación de temperatura (°C) en el T1, T2 y T3.	60
<i>Figura 21.</i> Variación de presión (PSI) en el T1, T2 y T3.	61
<i>Figura 22.</i> Producción de biogás (L) en el T1, T2 y T3.	63
<i>Figura 23.</i> Producción total de biogás (%).	64
<i>Figura 24.</i> Recolección de información de la crianza de cuyes y toma de muestra.	73
<i>Figura 25.</i> Recolección de información de la crianza de porcinos y toma de muestra.	73
<i>Figura 26.</i> Residuos orgánicos.	73
<i>Figura 27.</i> Estiércol de cuy molido.	74
<i>Figura 28.</i> Estiércol de porcino.	74
<i>Figura 29.</i> Canal de regadío.	74
<i>Figura 30.</i> Red de alcantarillado.	74

<i>Figura 31.</i> Medición de pH y temperatura.	74
<i>Figura 32.</i> Calibración de tester de pH y temperatura.....	74
<i>Figura 33.</i> Registro de la temperatura y humedad del ambiente.....	75
<i>Figura 34.</i> Registro de presión (PSI).....	75
<i>Figura 35.</i> Monitoreo IN SITU de los tratamientos.	75
<i>Figura 36.</i> Producción de biogás por tratamiento.	75
<i>Figura 37.</i> Balde plástico transparente graduado de 12 litros.	76
<i>Figura 38.</i> Desplazamiento de volumen.	76
<i>Figura 39.</i> Cuantificación de biogás (L/m ³).....	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	72
Anexo 2. Evidencia fotográfica del desarrollo del experimento.....	73
Anexo 3. Fichas de registro de información	77
Anexo 4. Cadena de custodia para el análisis de laboratorio de las muestras de estiércol.....	79
Anexo 5. Informe de Ensayo (IEFO3509) – Estiércol de porcino.....	80
Anexo 6. Informe de Ensayo (IEFO3508) – Estiércol de cuy.	81
Anexo 7. Fichas de recolección de datos	82
Anexo 8. Certificado de calibración del Termohigrómetro	88
Anexo 9. Certificado de calibración del Termohigrómetro – INACAL.....	90
Anexo 10. Certificado de calibración del Manómetro.....	94
Anexo 11. Certificado de calibración del Manómetro – INACAL.....	96

RESUMEN

Objetivo: Determinar la producción más eficiente de biogás en tres diferentes tratamientos de aprovechamiento del estiércol porcino obtenido en el Centro Poblado de Retes.

Metodología: La instalación del sistema de biodigestores fue en una azotea de una vivienda. Para la recolección de estiércol, se recopiló información de interés en el lugar de crianza de los animales y se procedió a estimar la producción diaria de la materia prima, paralelamente, se tomaron muestras representativas para su posterior análisis en laboratorio. Los residuos orgánicos fueron recolectados durante 3 días y picados en trozos pequeños. El tiempo de retención hidráulico fue de 42 días (6 semanas), en donde se realizó de manera diaria o cada 7 días el monitoreo IN SITU y el registro de datos. Las variables evaluadas fueron la temperatura y humedad del ambiente, presión, pH, temperatura y biogás. Los tratamientos fueron T1: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy, T2: Estiércol porcino mezclado con residuos orgánicos y, por último, T3: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy y residuos orgánicos; además se añadió correspondientemente agua no clorada por cada biodigestor. Asimismo, se utilizó una proporción uno a dos, es decir, dos litros de agua por cada un kilogramo de estiércol o residuo orgánico, destinando el 80 % de la capacidad total del biodigestor para la fase líquida y el 20 % para la gaseosa. En cuanto a los resultados, el tratamiento 1 (T1) produjo un 33 % (44.9 L), el tratamiento 2 (T2) un 29 % (37.7 L), y el tratamiento 3 (T3) un 38 % (49.6 L). Por último, el tratamiento más eficiente en términos de rendimiento y producción de biogás fue el tratamiento 3 (T3), con un valor de 38 % (49.6 L).

Palabras claves: Biogás, biodigestor, tratamiento, estiércol, residuos orgánicos.

ABSTRACT

Objective: Determine the most efficient production of biogas in three different treatments for the use of pig manure obtained in the Retes settlement.

Methodology: The installation of the biodigester system was on the roof of a house. For the collection of manure, information of interest was collected at the place where the animals were raised and the daily production of the raw material was estimated; at the same time, representative samples were taken for later analysis in the laboratory. The organic residues were collected during 3 days and chopped into small pieces. The hydraulic retention time was 42 days (6 weeks), with daily or every 7 days IN SITU monitoring and data recording. The variables evaluated were ambient temperature and humidity, pressure, pH, temperature and biogas. The treatments were T1: Swine manure mixed with guinea pig manure, T2: Swine manure mixed with organic waste and, finally, T3: Swine manure mixed with guinea pig manure and organic waste; in addition, non-chlorinated water was added correspondingly for each biodigester. Likewise, a one to two ratio was used, that is, two liters of water for each kilogram of manure or organic waste, allocating 80 % of the total capacity of the biodigester for the liquid phase and 20 % for the gaseous phase. As for the results, treatment 1 (T1) produced 33 % (44.9 L), treatment 2 (T2) 29 % (37.7 L), and treatment 3 (T3) 38 % (49.6 L). Finally, the most efficient treatment in terms of yield and biogas production was treatment 3 (T3), with a value of 38 % (49.6 L).

Keywords: Biogas, biodigester, treatment, manure, organic waste.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha crecido el apetito desmedido por los productos cárnicos en la población, y ello exige de manera directa a las empresas porcinas a generar mayor explotación del ganado, el cual trae como consecuencia una mayor acumulación de estiércol (heces y orina). La inadecuada disposición por parte de los propietarios, que se especializan en la crianza de estos animales ha contribuido en gran medida a la alteración de los recursos hídricos, aumento de los gases que alteran el equilibrio climático y degradación en relación con suelos productivos.

El aprovechamiento del estiércol porcino en la producción de biogás resulta una alternativa ecológica y económicamente beneficiosa para aquellos que obtén en su implementación, dado que se emplea esta materia prima que no tiene costo alguno en el mercado y puede ser aprovechado como recursos energéticos, para cubrir las necesidades fundamentales de un hogar convencional.

El biogás es una combinación de gases formada principalmente por metano y dióxido de carbono, aunque también incluye varias impurezas. Su composición varía según el tipo de material que se haya digerido y el funcionamiento del proceso de digestión (Varnero, 2011, p.15).

El estiércol porcino se trata de una combinación de excrementos, orina, agua utilizada para limpiar los corrales, así como los alimentos y agua que se desperdician. Esta combinación posee un valor agronómico, ya que puede utilizarse como fertilizante orgánico, promoviendo la producción de cultivos sin generar impactos ambientales relevantes. Asimismo, para procesos de digestión anaerobia en la producción de biogás (Moreno y Cadillo 2018, p.2).

Esta investigación se realizó para determinar la producción más eficiente de biogás en tres diferentes tratamientos T1: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy, T2: Estiércol porcino mezclado con residuos orgánicos y, por último, T3: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy y residuos orgánicos; dentro del Centro Poblado de Retes en donde los pobladores desarrollan la crianza de traspatio de porcinos y cuyes, identificando como principal problema la acumulación de estiércol que producen estos animales como parte de su proceso biológico natural. Los parámetros que definieron la producción de biogás fueron la temperatura y humedad del ambiente, presión, pH y temperatura; cuyos resultados fueron comparados entre sí.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las compañías enfocadas en criar cerdos juegan un rol activo de vital importancia en materia de contaminación ambiental a nivel global, pues tienen un impacto significativo en generar expulsiones de gases y/o compuestos que producen el efecto invernadero. Cada año, las personas presentan un apetito desmedido por los productos cárnicos, ello exige de manera directa a las empresas porcinas a generar mayor explotación de ganados, el cual trae como consecuencia una mayor acumulación de estiércol (heces y orina), este último sería el principal problema medioambiental, dado que el estiércol tiene una composición química perjudicial de (GEI) de manera que el estiércol al pasar por un proceso de degradación microbiana genera (NH_3), sulfuros de hidrógeno y gases de efecto invernadero, tales como (CO_2), (CH_4) y (N_2O) además de producir, contaminación en el recurso aire, suelo y agua, también genera la aceleración del cambio climático, problemas de salud en las personas y problemas en el ganado porcino (GREENPEACE, 2020, p.4).

La industria de la carne porcina en Perú ha crecido en los últimos años, en el año 2015, la producción alcanzó los 4.6 kilos por habitante, mientras que en 2016 subió a 5.5 kilos. Este incremento corresponde a una contribución estimada en cincuenta millones de dólares., dado que, por cada 1,000 hembras reproductoras, que suman 10,000 animales, se destina alrededor de cuatro millones de dólares. Cabe señalar que en nuestro país hay dos ciudades con mayor producción porcina; una de ellas es la ciudad de Lima es la región que produce cerca de 600,000 cerdos, lo que equivale al 42% de la producción total del país. Por su parte, la ciudad de Arequipa se posiciona como el segundo mayor productor nacional, con aproximadamente 150,000 cerdos (Vidal, 2016, p.1).

Dentro del Centro Poblado de Retes, los pobladores desarrollan la crianza de traspatio de porcinos y cuyes, identificando como principal problema la acumulación de estiércol que producen estos animales como parte de su proceso biológico natural. Asimismo, es importante evidenciar que los porcicultores a pequeña escala no tienen el conocimiento elemental a nivel técnico respecto a la gestión y aprovechamiento que requiere esta materia prima, de modo tal, que afecta negativamente la calidad de los elementos ambientales (agua, suelo y aire) asimismo, genera la proliferación de

insectos, moscas, y entre otros vectores. En este contexto la presente investigación busca la valorización de los desechos de cerdo en la producción de biogás en la localidad de Retes.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿En qué medida el aprovechamiento del estiércol porcino en tres diferentes tratamientos influye en la eficiente producción de biogás obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué características se debe tener en cuenta al diseñar e implementar biodigestores, para los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes?
- ¿Qué efecto tiene los tres diferentes tratamientos en los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes?
- ¿Cuál es el porcentaje de la producción total de biogás en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Determinar la producción más eficiente de biogás en tres diferentes tratamientos de aprovechamiento del estiércol porcino obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar e implementar biodigestores, que permita comparar los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás obtenido en los tres diferentes tratamientos en el Centro Poblado de Retes.
- Calcular el porcentaje de la producción total de biogás obtenido en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes.

1.4 Justificación de la investigación

- **Técnica**

Durante la producción de biogás, el uso de estiércol porcino en la digestión anaeróbica resulta fundamental; toda vez, que es una alternativa ecológica y económicamente beneficiosa para aquellos que obtén en su implementación, dado que se emplea esta materia prima que no tiene costo alguno en el mercado y puede ser aprovechado como recursos energéticos, para cubrir las necesidades fundamentales de un hogar convencional. En la mayoría de las ocasiones, el estiércol producido por los animales suele disponerse en el campo abierto, desagüe o canales de regadío, siendo prácticas negativas para el medio ambiente y poniendo en riesgo su conservación.

- **Científica**

Debido a que no se cuenta con la investigación adecuada en el ámbito del país en relación al aprovechamiento del estiércol porcino mediante diferentes tratamientos para la producción de biogás, se pretende con el experimento afianzar este tema con ideas innovadoras y conocimientos ventajosos para su respectiva aplicación. Asimismo, permite fomentar un mayor número de investigadores interesados en esta área, y se regulen criterios adecuados en la legislación nacional sobre las buenas prácticas en el manejo y utilización de estiércol.

El aporte académico del trabajo de investigación proporcionará información provechosa a toda la comunidad que se enfoca en la crianza doméstica de estos animales, universitarios y profesionales interesados en brindar una solución a este problema existente en el país.

- **Ambiental**

La inadecuada disposición del estiércol porcino por parte de los propietarios, que se especializan en la cría de estos animales ha contribuido en gran medida a la alteración de los recursos hídricos, aumento de los gases que alteran el equilibrio climático y degradación en relación a suelos productivos. Cuando este recurso de origen animal entra en contacto directo con el medio natural, sin recibir un previo tratamiento, se convierte en un problema ambiental porque entre sus principales características es poseer una elevada concentración

de nutrientes. Por tal motivo, generar biogás es una práctica sostenible y beneficiosa para todos que desconocen el valor de su aprovechamiento.

- **Social**

En las últimas décadas en el país, la compra de un balón de gas se ha convertido en una necesidad y en una preocupación alarmante, por su elevado costo y corta duración. Por ello, muchas familias del campo al no contar con los medios económicos suficientes se ven en la necesidad de cocinar sus alimentos con leña. Ante esta situación, el aprovechamiento de estiércol porcino brinda una alternativa de solución económica y responsable, optimizando las condiciones de vida.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación Espacial

Fue llevado a cabo en la provincia y distrito de Huaral, en el Centro Poblado Retes, ubicado en las siguientes coordenadas: Este 257157.00 Norte 8730822.00 expresados en WGS 84 UTM Zona 18L.

1.5.2 Delimitación Temporal

Se extendió por un año, desde enero de 2023 hasta enero de 2024. En este tiempo, se hizo una exploración de los textos relevantes, la recopilación y revisión de información, además de la redacción y presentación de los hallazgos.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Internacionales

Valdés (2022) “*Estudio de la producción de biogás a escala de laboratorio a partir de estiércol de cerdo y residuos de cosecha de yuca como estrategia de gestión de residuos sólidos orgánicos*”, el objetivo fue analizar la capacidad de producción de biogás utilizando estiércol de cerdo y afrecho de yuca, además de promover la valorización de desechos orgánicos y la producción de nueva energía a través de la conversión de la biomasa sobrante. La metodología se llevó a cabo en 2 etapas experimentales a nivel de laboratorio, utilizando digestores a partir de 2 litros durante un periodo de 30 días. La primera fase fue diseñada para identificar la mezcla más efectiva para la producción de biogás, donde cada digestor contenía diferentes tipos y cantidades de sólidos, evaluando además el impacto de un pretratamiento térmico en cada tipo de biomasa. En la segunda fase, se implementaron tres digestores que incorporan un veinte por ciento de inóculo reciclado, obtenido biogás en primera etapa. Se recurrió a la misma cantidad de estiércol de porcino, variando la cantidad de afrecho de yuca, con la intención de definir la relación de carbono/nitrógeno(C/N) y analizar cómo estas influyen en el equilibrio de nutrientes, asegurando así condiciones operativas más favorables y optimizando la producción de biogás a través de la co-digestión. Los resultados de la segunda fase fueron más favorables en comparación con los de la primera, ya que no se consideró adecuadamente el aporte nutricional de carbono y nitrógeno, lo que prolonga la producción de biogás. Se determina que las condiciones operativas utilizadas pueden ser modificadas para aumentar aún más la producción de biogás de la biomasa estudiada.

Apolo (2019) “*Diseño y emplazamiento de un biodigestor para el aprovechamiento de biogás en la granja de explotación porcina "Mis Tres Marías" Arenillas-El Oro Ecuador*”, el objetivo fue instalar un biodigestor tubular para la producción de biogás, utilizando un volumen de carga del biodigestor de 28.8 m³, donde se consideró un 75% en fase líquida y un 25% en fase gaseosa. La combinación constaba de 1.44 m³ de estiércol y agua, en una proporción de 1:4. Durante la digestión del estiércol, se tuvieron en cuenta diferentes variables, tales como la temperatura ambiental, el pH, el periodo de retención, la capacidad de carga y la cantidad de biogás generado. La cantidad generada después de la 1ra carga fue de 7.72 m³, con un lapso de retención de quince días, una temperatura media de veintinueve grados y un pH de 7.5. El biogás producido se utilizó

como combustible para abastecer los quemadores de un sistema de calefacción destinado a lechones. Se determinó que el sistema de calefacción utiliza 2.06 m³ de biogás por día, logrando mantener una temperatura de hasta 37.2 °C en los cubículos para lechones, que cubren un área de 4.5 m². Esto resultó en un ahorro de \$33.50 quincenal para el productor de cerdos.

Chisag (2019) "*Diseño y construcción de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado porcino*", el objetivo fue implementar un biodigestor con las siguientes dimensiones: 1 m de base, 1.5 m de altura y 12 m de longitud. Se utilizaron dos mangas de polietileno para facilitar la entrada del estiércol. Además, se excavó el terreno y se construyeron paredes laterales de hormigón. Los tanques de captación, así como las salidas de material y los ductos para la recolección del estiércol y la propagación del gas, se fabrican con tubos de PVC. El revestimiento del biodigestor está elaborado con láminas de zinc y sostenida por una estructura de madera. La generación diaria de estiércol por el período de 80 días, utilizando métodos de estadística descriptiva. El potencial y el tiempo de carga se calcularon de acuerdo con la cantidad de excretas y su volumen, mientras que los parámetros fisicoquímicos del estiércol se evaluaron en un laboratorio. Se obtuvo una producción promedio de estiércol de ciento cincuenta y dos kilogramos por día, acumulando un total de 6,088.22 kg en ochenta días. Los análisis microbiológicos revelaron que los coliformes fecales y totales superaron 1,000,000 Unidades Formadoras de Colonias. En cuanto a los nutrientes, se encontró un 1.05% de nitrógeno total, 0.88% de fósforo, 5,684.4 mg/kg de potasio, 36.98 mg/kg de manganeso, 789.97 mg/kg de hierro y una humedad del 21.04%. El total del biodigestor resultó en la cantidad de 10,800 (l), y demoró 21 días alcanzar su capacidad, con un costo total de 875.40 dólares. Finalmente, el biodigestor representa una alternativa viable para satisfacer la demanda energética.

Durazno (2018) "*Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas*", el propósito del estudio consistió en analizar la generación de biogás a partir de estiércol de bovino y porcino en un biodigestor de producción por etapas, situado en el campus "Yumagcay". Y consistió en el diseño de un biodigestor cilíndrico con una capacidad de carga de doscientos treinta y tres litros. El potencial operativo del biodigestor se estableció en un 65%, utilizando una mezcla de 151.42 litros de estiércol y agua en una proporción de 1:1. Se evaluaron varias variables, que afectan el proceso de digestión anaerobia del estiércol, incluyendo la temperatura ambiente, el tiempo de retención, el pH, la presión y la cantidad de

biogás generado. Tras 50 días de operación para cada tipo de estiércol mostraron una producción de biogás de 48.8 litros para el estiércol bovino y 65.9 litros para el porcino, con temperaturas promedio de 14.27 °C y 14.53 °C, respectivamente, y presiones de 12 psi y 15.2 psi en cada etapa. Se concluyó que se observan diferencias significativas en términos estadísticos entorno a la temperatura, la presión y la generación de biogás.

Rochina (2018) "*Diseño de un biodigestor para la generación de biogás y biol en la comunidad de Illagua del cantón Guaranda*", el propósito fue elaborar un biodigestor para la producción de biogás y biol, utilizando un enfoque que incluyó la medición del estiércol de cerdo durante quince días, así como el análisis fisicoquímico previo y posterior a la degradación, y la elección del biodigestor más idóneo para el proyecto. En base a la matriz de decisión, se pudo obtener el modelo tubular más idóneo. A su vez, se desarrolló un modelo, en el que se monitoreaban tanto la temperatura como el pH. Además, se llevaron a cabo los cálculos y el diseño del biodigestor, así como un análisis de costo y beneficio para evaluar la sostenibilidad. Los hallazgos revelaron que la cantidad de coliformes totales en el estiércol disminuyó de $1.10E+07$ al inicio del proceso a un valor inferior a 1 al finalizar la biodigestión, logrando así una remoción del 99.99%. En cuanto al fósforo, se observó una reducción del 96.94%, atribuible a la integración por parte de los organismos bacterianos en su funcionamiento metabólico durante el proceso. A partir de los datos iniciales, como la cantidad de estiércol disponible (18 kg), la demanda de generación de gas (equivalente a 1 tanque), el requerimiento de área (1.756 m^2), así como los gastos en personal, operación y mantenimiento, se optó por crear un biodigestor tubular con estructura adaptable, con una longitud de 3.42 m, un volumen total de 4.41 m^3 y un diámetro de 1.28 m.

2.1.2 Nacionales

Jiménez & García (2020) "*Eficacia del empleo de estiércol de ganado porcino y cáscara de café, en la producción de Biogás y Digestatos líquidos, Jaén, Cajamarca*" el estudio tuvo como finalidad analizar el nivel de efectividad del estiércol de cerdo y la cáscara de café en la producción de biogás y digestatos líquidos en diferentes proporciones. Para ello, se construyeron biodigestores de PVC con una altura de 1.20 m y un diámetro de 1 m, y se aplicó una metodología basada en tratamientos completamente aleatorizados con repeticiones. La efectividad de los tratamientos se analizó estadísticamente utilizando el software Minitab 8, comparando tres tratamientos distintos. Los resultados indicaron que la combinación más eficiente fue la que contenía un 60% de estiércol

de cerdo y un 40% por ciento de cáscara de café, logrando una producción de 0.142336 m³ de biogás. El segundo tratamiento, que consistía en un setenta por ciento de estiércol de cerdo y un treinta por ciento de cáscara, generó 0.136347 m³ de biogás, mientras el primer tratamiento produjo 0.06169 m³. En conclusión, la proporción más efectiva para la producción de biogás fue la mezcla de 60% de estiércol de cerdo con 40% de cáscara de café.

Sánchez (2020) "*Sostenibilidad del sistema de tratamiento de estiércol para producir biogás y bioabonos en shumaya, distrito de Huarango, San Ignacio, Cajamarca, 2019*", se enfocó en analizar la viabilidad de un esquema de procesamiento de estiércol para la producción de biogás y bioabonos. Se empleó un biodigestor que procesaba una mezcla de estiércol de ganado bovino y agua en una proporción de uno a cuatro, con un tiempo de retención hidráulica de veinte días y una temperatura promedio de veinticuatro grados. El biogás producido se utilizó como fuente de energía en la cocina para preparar alimentos familiares. El (biol y biosol) se aplicaron en siembras de alfalfa en áreas experimentales de ocho metros, con diferentes dosis aplicadas dos veces por semana durante seis semanas. Se registró un incremento notable en el crecimiento de los tallos de alfalfa, superando ampliamente al grupo de control. La aplicación de biosol favoreció un aumento en el peso fresco y seco de la alfalfa, con la finalidad de optimizar la producción y la calidad del suelo. Esto también contribuyó a limitar la necesidad de insumos externos y a atenuar el impacto ecológico de la ganadería al capturar el gas metano para su conversión en combustible en vez de liberarlo en la atmósfera.

Cóndor (2019) "*Producción de biogás y biol en biodigestores batch a partir de residuos agropecuarios pre-tratados con la técnica de bokashi*", el propósito de este análisis fue optimizar la calidad del biogás y del biol elaborado en un biodigestor de tipo batch mediante un pretratamiento del sustrato utilizando la técnica bokashi. El procedimiento se ejecutó en tres momentos: en el primero se cultivan microorganismos beneficiosos (MB) y se pre trataron los sustratos que se ingresarán al biodigestor. Se evaluó el pH de los MB, que registró un valor de 3.6. Posteriormente, se realizaron dos tipos de pretratamiento: el primero consistía en una combinación de estiércol y MB, y el segundo en una mezcla de estiércol y cartucho con MB. La elección del abono fermentado más adecuado se basó en la acidez proveniente del ácido láctico, determinando que la dosis óptima de MB fue del 20% en ambos tratamientos.

En la segunda etapa, se cargaron los biodigestores batch y se midió la producción de biogás y metano. El tratamiento 2, que incluía estiércol bokashi con un 20% de MB y agua, produjo la mayor cantidad de biogás (9.2 L) y metano (5.8 L), superando a los tratamientos 1 (4.4 L de biogás y 2.55 L de metano), 3 (5.3 L de biogás y 3.25 L de metano) y 4 (6.6 L de biogás y 3.93 L de metano). Además, el tratamiento 2 mostró una mayor concentración de macronutrientes en el biol, indicando una calidad superior en comparación con los demás.

En la tercera etapa, se amplió el tratamiento 2 en un biodigestor tubular de 10 m³, monitoreando la producción de biogás en dos fases. Al finalizar, se alcanzó una media de 64.2% de CH₄, 30.1% de CO₂ y 25.8 ppm de H₂S. El biol resultante mostró una reducción del 99% en coliformes fecales y totales, además de un incremento en nutrientes como nitrógeno y fósforo. En conclusión, el tratamiento 2 fue el más eficiente, logrando la mayor producción de metano y biogás, con valores de 0.132 m³/KgST y 0.210 m³/KgST, respectivamente, y alcanzando una máxima concentración de metano de 68.3% en la segunda semana.

Vargas & Villavicencio (2019) "*Eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019*" el propósito del estudio fue analizar la efectividad del biogás generado a partir de estiércol de ganado bovino y porcino en el camal municipal de Moyobamba. Por ende, se instalaron 3 biodigestores de diferentes capacidades, utilizando diversas combinaciones de estiércol, con el objetivo de producir biogás y gestionar adecuadamente los residuos. Los biodigestores tubulares fueron cargados de la siguiente manera: el 1ro con estiércol de cerdo, el 2do con estiércol bovino y el 3ro con una mezcla en proporción del 50% de ambos tipos. Los resultados indicaron que el biodigestor que utiliza estiércol porcino resultó el más eficaz en la producción de biogás, seguido por el que contenía la combinación de abono porcino y bovino. En contraste, el biodigestor con estiércol de ganado bovino resultó ser el menos eficiente. Esto sugiere que la combinación de ambos estiércoles favorece un mejor equilibrio en el ciclo de digestión anaeróbica, optimizando la producción del biogás en comparación con los otros tratamientos.

Luna (2018) "*Potencial energético del biogás producido en biodigestores tipo batch para excretas provenientes de ganado vacuno, camélido y equino de la Universidad Científica del Sur*" el propósito del estudio fue examinar la eficacia energética del biogás producido a partir de desechos de ganado bovino, camélidos y caballos. Utilizando el proceso de digestión (batch). Se analizaron

los impactos de la temperatura, dentro de los biodigestores, así como el pH y el tipo de estiércol, en relación con el tiempo de captura y la densidad de metano. Se comprobó que al operar al aire libre con temperaturas que oscilan entre 20 y 30°C, los biodigestores se mantuvieron en un rango mesófilo, lo que proporcionó consistencia al procedimiento durante cincuenta días.

Respecto al pH, las cifras se mantuvieron dentro de los rangos sugeridos en la literatura: entre 5.2 y 6.3 durante las fases iniciales (hidrólisis y acidogénesis) y entre 6.5 y 7.6 en las etapas finales (acetogénesis y metanogénesis), lo que garantiza un funcionamiento óptimo. La mayor concentración de metano se registró durante el manejo de excremento de ganado vacuno (T1), alcanzando un promedio del 46.67%, posterior al manejo con estiércol equino (T3) con 44.54%, y finalmente el tratamiento con estiércol camélido (T2) con 41.33%.

Estos hallazgos sugieren que el biogás producido a partir de estiércol bovino tiene un mayor potencial energético, aunque todos los tipos de excretas analizadas pueden generar energía. En consecuencia, la digestión anaerobia se presenta como una alternativa sostenible para la producción de energía ecológica, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono en las actividades agropecuarias.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Biodigestores

"Un biodigestor es un dispositivo ecológico que aplica la fermentación anaeróbica (sin oxígeno) realizada por bacterias en el abono, con el fin de convertirlo en gas metano y fertilizantes." (Martí, 2008, p.17).

2.2.2 Tipos de Biodigestores

a) Biodigestores de flujo pistón

Se utiliza para sustratos de contenido sólido medio a medio / alto, como estiércol de cerdo y estiércol de vaca, desechos industriales agrícolas con alto contenido de fibra y la parte orgánica de los desechos sólidos domésticos. Suelen ser estanques horizontales de hormigón con recubrimiento de geomembrana de doble o simple capa destinada a la recolección de biogás. Se denomina flujo de pistón porque el material que ingresa actúa como un pistón o tapón, desplazando el sustrato previamente introducido a medida que se añaden nuevos materiales. (Ministerio de Energía, 2012, p.1)

Se clasifican en:

- **Modelo Horizontal:** En sus extremos se hallan espacios de carga y descarga. Su estructura está diseñada para impedir que la carga inicial se combine con el efluente, lo que la hace especialmente adecuada para residuos que necesitan un tratamiento prolongado, como los desechos de mataderos.

Modelo Horizontal de bajo costo: Con amplias bolsas de polietileno en forma tubular, las cuales tienen una duración aproximada de cinco años.

b) Biodigestores de mezcla completa

Estos son los desechos orgánicos más comunes en la agroindustria. Generalmente, se presentan en tanques circulares herméticamente sellados, contruidos de acero o concreto reforzado, donde los sustratos se combinan de manera uniforme y suave mediante un sistema de mezcla. Son ideales para sustratos que pueden ser bombeados y que contienen una cantidad media o baja de sólidos, tales como sedimentos y aguas contaminadas ricas en materia biológica (Ministerio de Energía, 2012, p.1)

Se clasifican en 2 tipos:

- **El modelo chino:** Este sistema cuenta con una construcción sellada hecha de cemento reforzado o ladrillos, con una duración funcional aproximada de 15 años. Cuenta con compartimentos para la entrada y salida de materiales. Asimismo, necesita un medidor de gas para monitorear la cantidad de biogás generado.
- **El modelo indio:** Este sistema cuenta con una campana que se eleva y desciende en función del volumen de gas producido. Su ventaja principal es que no necesita un medidor de gas, ya que la presión en su interior se mantiene relativamente constante.

c) Biodigestores de laguna cubierta

El biodigestor es el más sencillo y se suele utilizar para el barro en la industria ganadera. Son algunos impermeables o piscina profundas, y están selladas y cubiertas con geo membranas de diferentes plásticos, y no utilizan calentamiento ni agitación. (Ministerio de Energía, 2012, p.1)

d) Biodigestor Batch

También denominados biodigestores de flujo continuo, de régimen constante o de carga por lotes, se caracterizan por recibir una única carga durante todo el proceso, descargando completamente al finalizar este para reiniciar el ciclo. Este tipo de biodigestor puede aportar de diversas maneras en entornos rurales. Esencialmente, está compuesto por un reactor principal en el que se efectúa el procedimiento de digestión y un gasómetro, que suele ser aéreo, destinado a recolectar el biogás generado. (Luna, 2018, p.69)

2.2.3 Materia orgánica

Según Vila (2017) "todas las materias orgánicas, ya sean vivas o descompuestas, que se encuentran en el suelo. Esto incluye raíces de plantas, residuos de vegetales y animales en diferentes fases de descomposición, materia orgánica y organismos microscópicos." (p.19).

2.2.4 Digestión anaeróbica

Proceso en el que la materia orgánica se descompone sin oxígeno. Durante este proceso, microorganismos, como bacterias y arqueas, descomponen los compuestos orgánicos para convertirlos en biogás (principalmente metano y dióxido de carbono) y en un residuo sólido llamado digestato. Es un método muy eficiente para transformar desechos orgánicos en recursos útiles, como el biogás. Este método permite convertir grandes cantidades de residuos, como estiércol y restos de la industria alimentaria, en productos valiosos. Una de las ventajas destacadas es que más del 90% de la energía liberada se convierte en metano, lo que lo hace muy efectivo en comparación con los sistemas aeróbicos, donde solo un porcentaje menor de energía se emplea. Además, durante este acontecimiento, son los microorganismos los que juegan un papel crucial al actuar como enzimas que facilitan la descomposición de los materiales. Esto no solo genera biogás, sino que también ayuda a cerrar el ciclo de los residuos orgánicos, convirtiéndolos en una fuente de energía renovable. En definitiva, la digestión anaeróbica no solo ayuda a gestionar desechos de manera efectiva, sino que también contribuye a la sostenibilidad energética. (Varnero, 2011, p.13)

2.2.5 Etapas del proceso de digestión anaerobia

"Es el resultado de la actividad de diversas bacterias que colaboran de forma sinérgica, aunque operan a diferentes velocidades. Este proceso implica varias transformaciones, entre las cuales se destacan principalmente cuatro etapas " (Cóndor, 2019, p.25).

a) Etapa de hidrólisis

Salamanca (2009) inicialmente toda materia orgánica deberá de sufrir un hidrolisis generado por la adición de moléculas de agua, las cuales las convertirán en compuestos orgánicos de menor complejidad. Estos sustratos que han sido hidrolizados se someten a un proceso de fermentación que genera ácidos orgánicos, siendo los principales el ácido acético, propiónico, butírico y láctico. Además, la producción es menor en relación a los compuestos neutros como metanol, etanol, amoníaco (NH₃), hidrógeno (H₂) y dióxido de carbono (CO₂).

b) Etapa acidogénesis

Varnero (2011) es fundamental en el proceso de digestión anaeróbica, donde ocurre la fermentación de moléculas orgánicas solubles en compuestos que pueden ser utilizados por las bacterias metanogénicas. Su importancia de las bacterias acidogénicas radica no solo en que producen el sustrato necesario para las etapas posteriores, sino también en su capacidad para eliminar cualquier rastro de oxígeno disuelto en el sistema, lo que favorece el ambiente anaeróbico necesario para el proceso global. (p.20)

c) Etapa acetogénesis

Toala (2013) afirma que: “durante esta fase, las bacterias acetogénicas trabajan en conjunto con las arqueas metanogénicas, colaborando para convertir los ácidos grasos generados en los sustratos necesarios para el proceso de metanogénesis” (p.37).

d) Etapa Metanogénesis

La fase final de la digestión anaeróbica, donde las bacterias metanogénicas convierten el hidrógeno y parte de los acetatos en metano (CH₄) y dióxido de carbono. Durante este proceso, el amoníaco se estabiliza como sales de amonio, lo que permite que el nitrógeno presente en la materia orgánica se mantenga a lo largo de la biodegradación anaeróbica. Estas bacterias, aunque son esenciales para la producción de biogás, tienen un metabolismo más lento y son más susceptibles a variaciones en el medio ambiente. Así, la metanogénesis no solo produce biogás, sino que también contribuye a la estabilidad del nitrógeno en el sistema. (Toala, 2013, p.37)

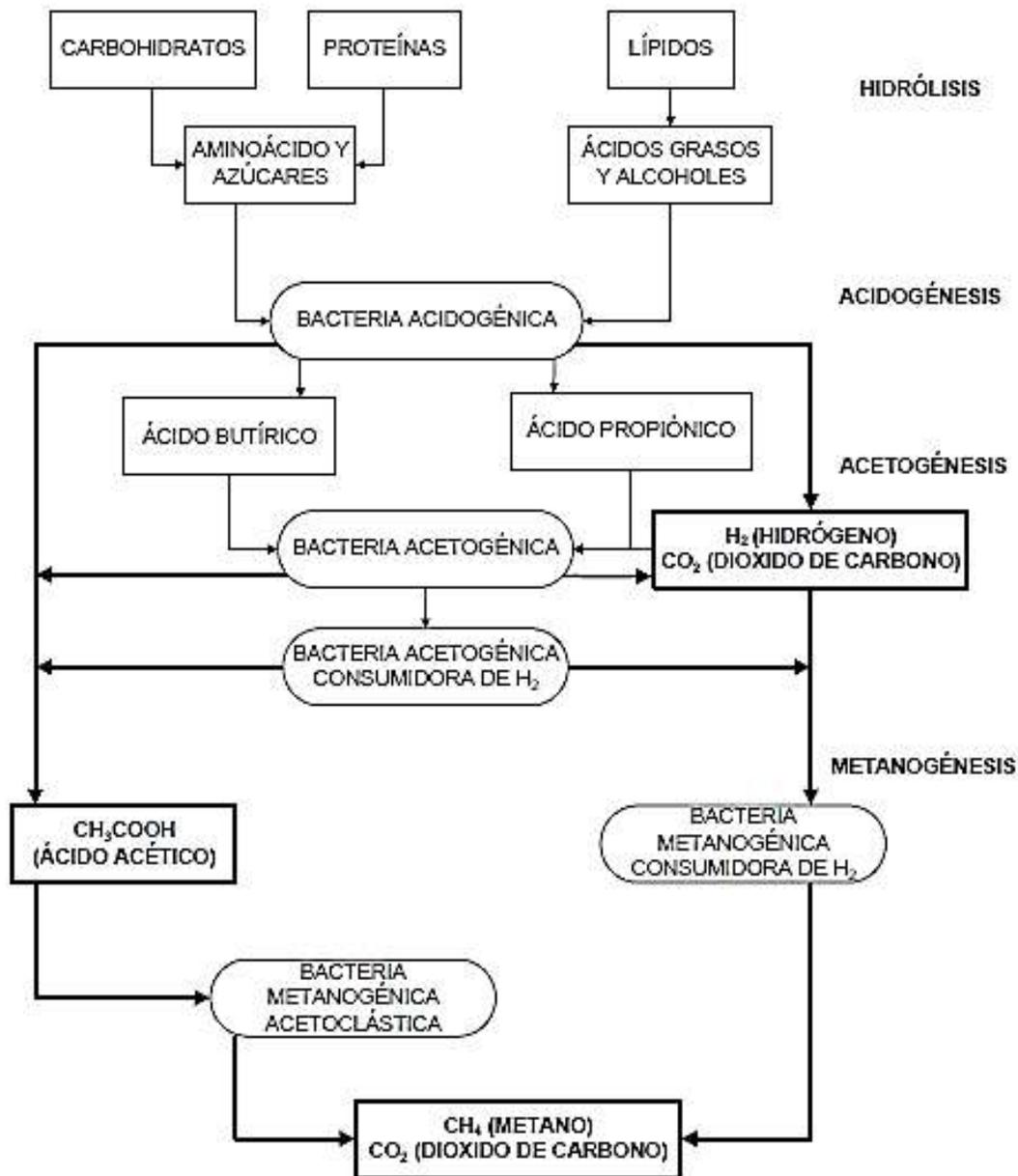


Figura 1. Etapas del proceso de digestión anaeróbica.

Nota. Tomado de Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico (2009).

2.2.6 Factores fisicoquímicos que condicionan la producción de biogás

Durante un proceso anaeróbico, hay varios elementos que impactan en el éxito o el fracaso de la generación de biogás. Detallaremos los más relevantes:

a) Temperatura

Numerosos sistemas biológicos, incluido el proceso de digestión anaeróbica, están influenciados por la temperatura, ya que la velocidad de crecimiento de los microorganismos implicados depende de ella y está directamente relacionada con este factor. Un aumento en la temperatura provoca un crecimiento más rápido, lo que acelera el proceso de digestión anaerobia y, a su vez, incrementa la producción de metano (Varnero, 2011).

Por esta razón, la temperatura se considera uno de los factores esenciales en el diseño de un biodigestor, dada a su significativa influencia en la velocidad de la digestión anaerobia.

A continuación, se muestra una tabla que muestra los diferentes tipos de temperatura a los que puede estar expuesto un biodigestor.

Tabla 1

Rangos de temperatura óptima

Fermentación	Temperatura óptima	Días de fermentación
Psicrofílica	15 - 18°C	Sobre 100 días
Mesofílica	25 - 35°C	30 – 60 días
Termofílica	50 - 60°C	10 – 15 días

Fuente: Varnero (2011).

Varnero (2011), menciona que el régimen mesofílico es el más utilizado actualmente, y que la temperatura óptima de este régimen se encuentra en el rango desde 25 a 35°C.

b) Potencial de hidrogeno(pH)

Shirakawa (2016) afirma: El pH es aquel que ayuda a identificar el nivel de acidez en el biodigestor, siendo el rango óptimo para su funcionamiento adecuado de 6.6 a 7.6. Valores de pH inferiores a cinco o superiores a ocho pueden afectar el proceso de fermentación e incluso llegar a interrumpirlo. (p.18)

c) Relación-Carbono/Nitrógeno

Es crucial entender la relación entre carbono y nitrógeno de los diferentes sustratos de interés. Es esencial que los niveles de nutrientes se mantengan por encima de las

concentraciones óptimas para las metanobacterias, ya que una deficiencia de estos nutrientes puede inhibir gravemente el proceso. Tanto el nitrógeno como el carbono son fundamentales para la nutrición de las bacterias metanogénicas; el carbono funciona como fuente de energía, mientras que el nitrógeno se emplea en la formación de nuevas células. Según Varnero (2011), estas bacterias requieren un suministro de carbono que es treinta veces mayor que el de nitrógeno, por lo que la proporción óptima entre estos elementos en la materia prima debe estar entre treinta a uno y veinte a uno.

Precisamos, la tabla dos, que ilustra la relación de C/N de los principales sustratos utilizados en el proceso de digestión anaerobia.

Tabla 2

Relación de C/N de los principales sustratos más utilizados

Sustratos	Contenido de carbono en los sustratos en peso (%)	Contenido de nitrógeno de los sustratos en peso (%)	Relación (C:N)
Estiércol de aves	41	1.30	32:1
Estiércol fresco de cerdo	7.8	0.60	13:1
Estiércol fresco de vaca	7.3	0.29	25:1
Estiércol fresco de oveja	16	0.55	29:1
Tallo de maíz	40	0.75	53:1
Hojas frescas	41	1.00	41
Pasto	14	0.54	27:1
Paja seca de arroz	42	0.64	67:1

Fuente: CEPIS (1996).

d) Tiempo de Retención Hidráulica

Periodo en que el sustrato permanece en el biodigestor, y su duración está influenciada por la temperatura a la que opera dicho sistema. Según Varnero (2011), si la temperatura se sitúa entre veinte y treinta grados, el tiempo de retención sería de treinta días. Además, el tiempo de retención es inversamente relacionado con el volumen de carga, introducido en el biodigestor, es decir, a medida que se incrementa el volumen de carga, el tiempo que el sustrato permanece en el biodigestor se reduce.

e) Agitación

(Varnero, 2011) la mezcla promueve la generación de biogás y disminuye el tiempo de retención hidráulica por 4 razones:

- Homogeneidad de la temperatura en el reactor.
- Homogeneidad de los productos tanto intermedios como finales del reactor.
- Mayor degradación de los sustratos del biodigestor por las bacterias.
- Se impide la formación de lodos o nada en la parte superior del reactor, generando una salida correcta del biogás.

2.2.7 Productos de la Digestión Anaeróbica

(Varnero, 2011) indica que: "los productos esenciales del proceso de digestión anaeróbica, particularmente en sistemas con alta carga orgánica y mezcla completa, son el biogás y un fertilizante orgánico, que se manifiesta como un efluente estabilizado" (p.15).

2.2.8 Composición de biogás

Según Varnero (2011), es una combinación de gases de metano y dióxido de carbono. La composición del biogás cambia en función del material que se haya digerido y las condiciones del proceso. Se considera inflamable cuando la concentración de metano exceda el cuarenta y cinco por ciento. (p. 15).

2.2.9 Aplicaciones del Biogás

Varnero (2011) señala que hay varias maneras de aprovechar el biogás. Entre estas opciones se incluyen la generación de calor o vapor, la producción de electricidad y su utilización como combustible para automóviles.

- a) Producción de calor o vapor: Es esencial en la generación de energía térmica, que es la forma más básica de utilizar biogás. En regiones donde los combustibles son limitados, los pequeños sistemas de biogás pueden ofrecer la energía necesaria para tareas esenciales, como cocinar y calentar agua. Además, pueden utilizarse para el alumbrado, aprovechando la energía térmica generada. Así, la producción de calor y vapor a partir del biogás se convierte en una solución eficiente y sostenible para satisfacer necesidades energéticas esenciales en diversas regiones.

- b) Generación de electricidad: El biogás es a través de la producción de electricidad. Para que esto sea posible, el biogás debe cumplir con ciertos estándares, lo que implica que la concentración de impurezas en el gas debe reducirse significativamente, ya que de lo contrario podría causar fallas.
- c) Combustible para vehículos: También puede utilizarse como combustible para vehículos, aunque debe satisfacer normas de calidad para evitar daños al sistema del vehículo. Entre las características que deben mejorarse se encuentran la reducción de la cantidad de sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua.

2.3 Definición de términos básicos

- **Biogás**

Varnero (2011) Combinación de gases formada principalmente por metano y dióxido de carbono, aunque también incluye varias impurezas. Su composición varía según el tipo de material que se haya digerido y el funcionamiento del proceso de digestión. Se considera inflamable cuando el contenido de metano supera el 45%. (p.15)

- **Biodigestor**

Según ECOTEC (2013) afirma lo siguiente: "Es un contenedor sellado de manera hermética. en el que se introducen estiércol, residuos alimentarios, restos de cultivos y materia orgánica en general. En su interior, se lleva a cabo un proceso de digestión anaerobia. (p.1).

- **Biodigestor batch**

Según Garzón (2011), "se cargan completamente en una sola vez y se descargan una vez que han dejado de generar biogás o cuando la biomasa ha sido suficientemente degradada. Estos sistemas se componen de tanques sellados que tienen una salida de gas unida a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás" (p.28).

- **Digestión anaerobia**

Lorenzo y Obaya (2005) sostienen que "es un proceso de fermentación microbiana que se lleva a cabo sin oxígeno, resultando en una mezcla gaseosa, conocida como 'biogás', así como en una suspensión acuosa o 'lodo' que alberga los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica" (p.3).

- **Estiércol**

Según Toala (2013) señala que "se trata de una combinación de excrementos y restos de alimentos no consumidos. Esta combinación abarca residuos no descompuestos, así como sustancias digestivas como enzimas, jugos gástricos y pancreáticos, células muertas de la mucosa intestinal, bacterias vivas y muertas del colon, además de productos de desecho del metabolismo" (p.28).

- **De porcino**

Moreno y Cadillo (2018) sostienen que "se trata de una combinación de excrementos, orina, agua utilizada para limpiar los corrales, así como los alimentos y agua que se desperdician. Esta combinación posee un valor agronómico, ya que puede utilizarse como fertilizante orgánico, promoviendo la producción de cultivos sin generar impactos ambientales relevantes" (p.2).

- **De cuy**

Según FONCODES (2014), se describe como "fertilizante orgánico que puede utilizarse para generar compost, humus de lombriz o biol. La utilización de estos fertilizantes en la tierra, eleva su contenido orgánico, enriquece la cantidad de micronutrientes, mejora la retención de agua y optimiza la producción agrícola" (p.8).

- **Residuos orgánicos**

Según CCA (2017), se indica que "cualquier material originado de especies vegetales o animales que puede ser descompuesto por microorganismos, así como los residuos, restos o residuos generados por cualquier organismo." (p.4).

- **Tiempo de retención hidráulico**

Bonifaz y Morales (2012) indican que "el tiempo de retención se refiere al lapso en que la mezcla de agua y residuos orgánicos permanece bajo la acción de los microorganismos en el digester." (p.22).

- **Contaminación ambiental**

De acuerdo con el D.S. N° 019-97-ITINCI (1997), se define como "la acción que implica la incorporación ya sea de manera directa o indirecta, de contaminantes al entorno por parte del ser humano. Esto ocurre cuando la concentración de dichos contaminantes excede los

estándares ambientales establecidos o cuando su permanencia en el medio ambiente provoca que este adquiera características distintas a las originales, lo que resulta perjudicial para la naturaleza o la salud" (p.4).

2.4 Hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

Los tres diferentes tratamientos en el aprovechamiento de estiércol porcino influyen en la eficiente producción de biogás obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022.

2.4.2 Hipótesis específicas

- Es posible diseñar e implementar biodigestores, para comparar los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.
- Los tres diferentes tratamientos influyen directamente en los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.
- Se determinará que el porcentaje de la producción total de biogás cambia en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes.

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 3

Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	TÉCNICAS O INSTRUMENTOS	TIPO DE VARIABLE/ ESCALA
Estiércol porcino Variable Independiente (X)	Tratamiento con estiércol de cuy (X1)	Capacidad de carga	Peso por tratamiento en biodigestor (30)	Kilogramos	Técnica: Monitoreo Instrumentos: Cadena de custodia Análisis de muestras en laboratorio	Cuantitativa discreta
	Tratamiento con residuos orgánicos (X2)		Volumen de agua no clorada por tratamiento en biodigestor (60)	Litros		
	Tratamiento con estiércol de cuy y residuos orgánicos (X3)	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH)	TRH ₁ = 7 TRH ₂ = 7 TRH ₃ = 7 TRH ₄ = 7 TRH ₅ = 7 TRH ₆ = 7	Días/Semanas		
Producción de biogás Variable Dependiente (Y)	Características fisicoquímicas (Y1)	Parámetros fisicoquímicos	Temperatura del ambiente	Grados Celsius (°C)	Técnica: Monitoreo Instrumentos: Ficha de recolección de datos	Cuantitativa continua
			Humedad	%		
			Presión	PSI		
			Potencial de hidrogeno	pH		
			Temperatura	Grados Celsius (°C)		
Biogás	L/m ³					

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1 Gestión del experimento

3.1.1 Ubicación

Orientado a identificar la forma más efectiva de generar biogás a partir de tres tratamientos diferentes de estiércol porcino, se realizó en el centro poblado Retes, en el distrito de Huaral y como región Lima.

- **Altitud:** 188 m.s.n.m.
- **Coordenadas en UTM 18 L:**
E 257157.00
N 8730822.00



Figura 2. Imagen satelital de la ubicación del Centro Poblado de Retes.

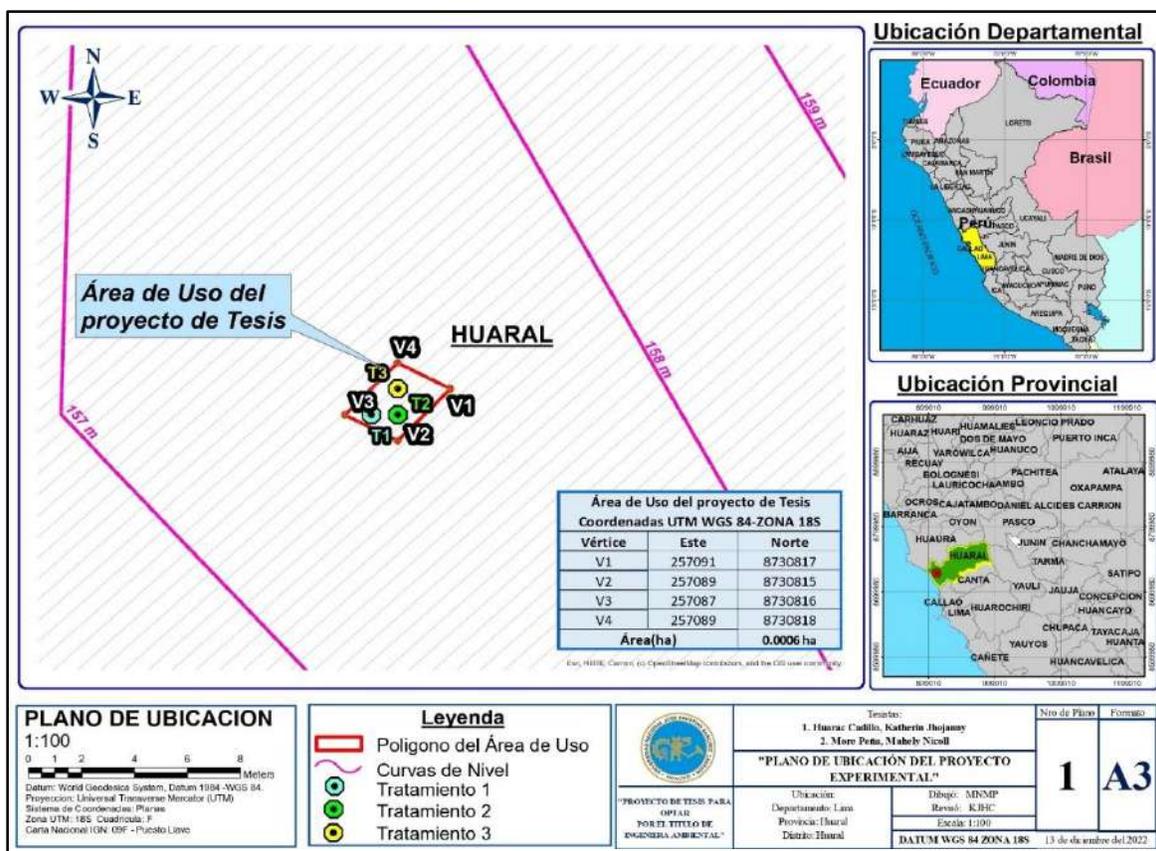


Figura 3. Área de Uso del proyecto de tesis en el Centro Poblado de Retes.

Las condiciones climáticas de la zona experimental cambian según las estaciones, con temperaturas que fluctúan entre 15 y 24 °C, precipitaciones de 1 mm al mes y una humedad relativa del 94%. Esto la convierte en un lugar con un clima favorable durante todo el año.

Tabla 4

Condiciones meteorológicas del área experimental

Parámetros	Valores promedios
Temperatura (°C)	Max: 24
Humedad relativa (%)	Min: 15
Precipitación mm/mes	94
	1

Fuente: SENAMHI (2022).

3.1.2 Características del área experimental

El espacio destinado para el proyecto experimental, fue instalado a 5 metros del lugar en donde se desarrolla la crianza de traspatio de los animales que producen el estiércol, materia prima que fue

empleada en los tratamientos. El área fue delimitada respectivamente con cercos de malla plástica y cada extremo conto con un soporte de madera; las dimensiones tuvieron una medida de 6 m de largo por 6 m de ancho.

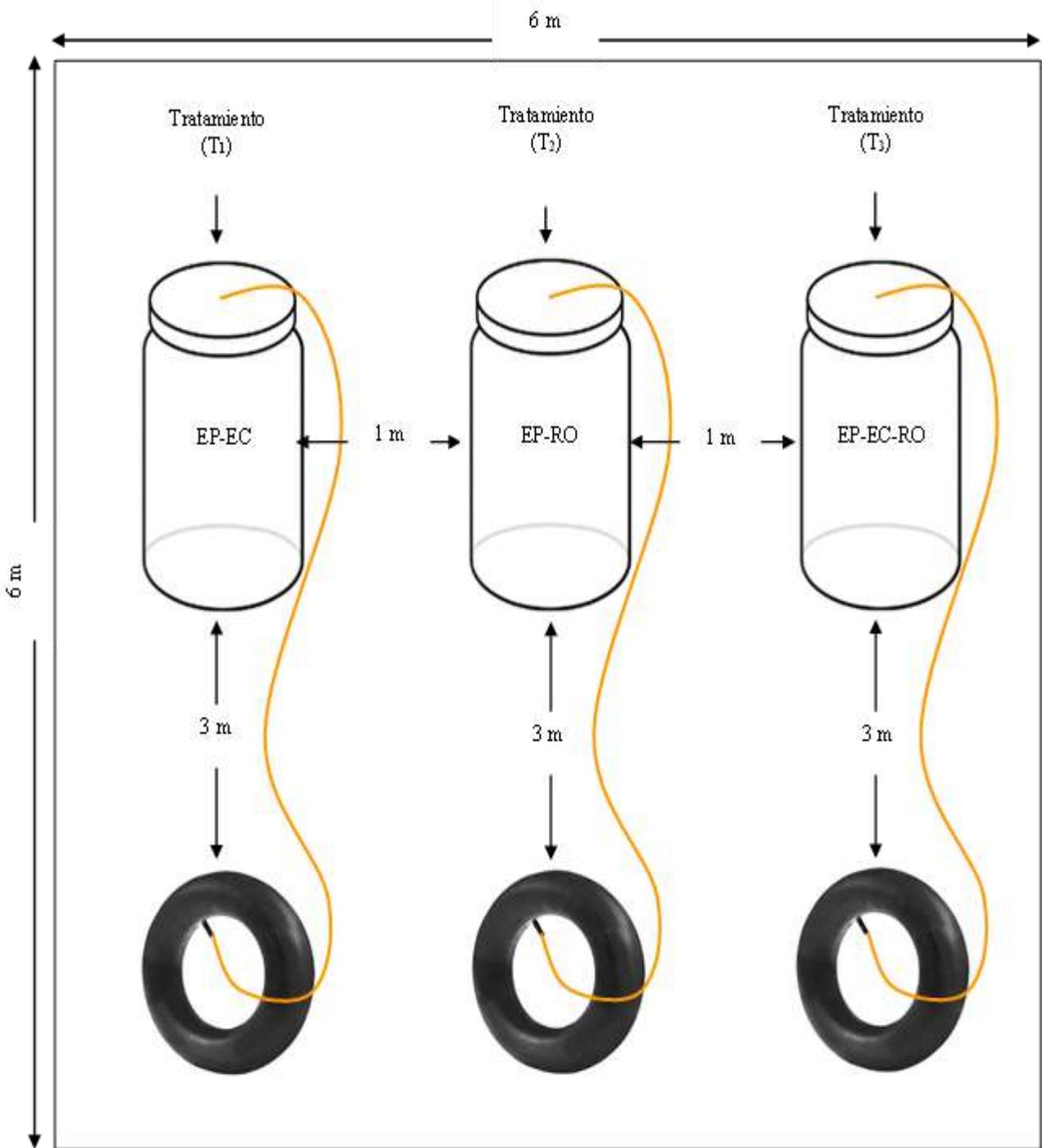


Figura 4. Esquema de diseño del área del proyecto experimental.

3.1.3 Tratamientos

Se puso en funcionamiento 3 tratamientos de aprovechamiento del estiércol porcino por digestión, donde cada bidón plástico simuló la función de biodigestión con capacidad de 120 litros. Los tratamientos fueron definidos de acuerdo a la procedencia y acceso directo que se tiene; siendo T1: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy, T2: Estiércol porcino mezclado con residuos orgánicos y, por último, T3: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy con residuos orgánicos; además se añadió correspondientemente agua no clorada por cada biodigestor.

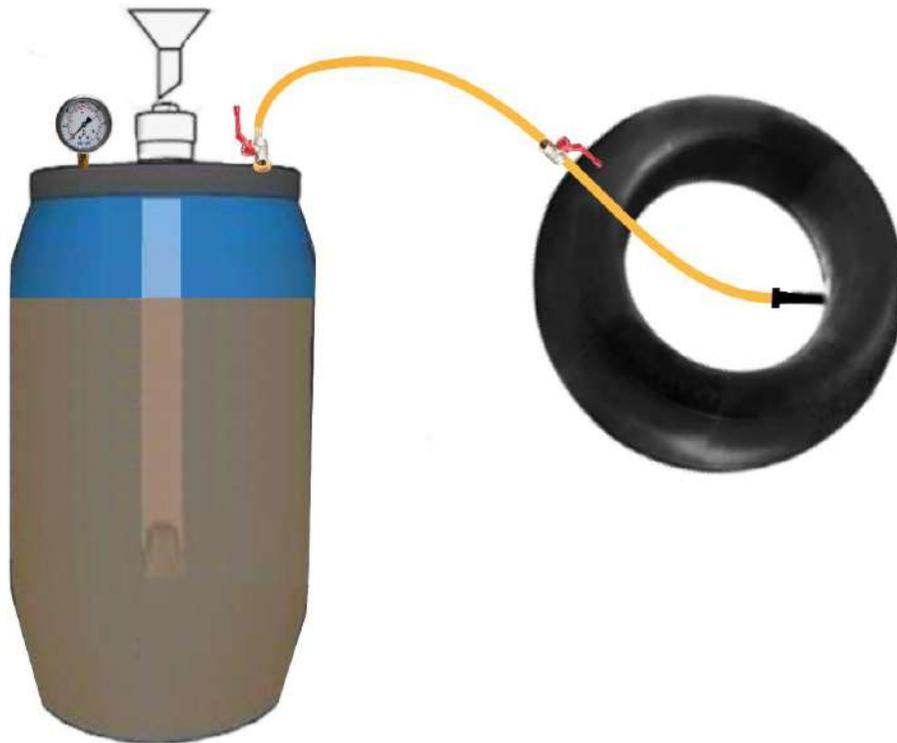


Figura 5. Diseño de biodigestor.

Después de la implementación de los biodigestores, los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás serán evaluados mediante monitoreo IN SITU en un tiempo de retención hidráulica de 2 días (6 semanas), ya sea de manera diaria o cada día, siendo de enfoque principal el registro de los niveles de temperatura y humedad del ambiente, presión, pH, temperatura y biogás generado; para luego llevar a cabo comparaciones entre el tratamiento 1 (T1), el tratamiento 2 (T2) y el tratamiento 3 (T3).

Tabla 5

Tratamientos del experimento

Tratamiento	Descripción	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH)
T1	Estiércol de cuy	TRH1 = 7
T2	Residuo orgánico	TRH2 = 7
		TRH3 = 7
		TRH4 = 7
T3	Estiércol de cuy y residuos orgánicos	TRH5 = 7
		TRH6 = 7
		Total = 42 días / 6 semanas

Nota. Elaboración propia.

Cada biodigestor en el experimento fue identificado con un código basado en el origen de la materia prima, lo que facilitó su diferenciación.

Además, se establece una relación de (1:2) en los tratamientos, lo que implica utilizar 2 litros de agua por cada 1 kilogramo de estiércol o material orgánico.

Finalmente, se decidió que el 80% de la capacidad total del biodigestor se destinaría a la fase líquida, mientras que el 20% se reservaría para la fase gaseosa.

Tabla 6

Descripción de los tratamientos del experimento

Nº	Código	Tratamiento
1	EP – EC	EP (6.65 kg) + EC (24.50 kg) + 70 L H2O
2	EP – RO	EP (28.00 kg) + RO (7.00 kg) + 70 L H2O
3	EP – EC -RO	EP (7.00 KG) + EC (24.50 kg) + RO (1.75 kg) + 70 L H2O

Nota. Elaboración propia.

3.1.4 Diseño experimental

- **Tipo de investigación**

Es aplicada, porque busca determinar el porcentaje de biogás producido en un tiempo específico de retención hidráulica, utilizando tres tratamientos distintos para el aprovechamiento del estiércol porcino.

- **Diseño de investigación**

De naturaleza experimental, puesto que se alteran variables para comprobar las hipótesis planteadas

- **Enfoque de investigación**

Cuantitativo, pues se analiza la capacidad de carga, tiempo de retención hidráulico y parámetros fisicoquímicos.

- **Nivel de investigación**

Es explicativo, pues se responderá en qué condiciones se da la producción de biogás

3.1.5 Variables a evaluar

Tabla 7

Variables a evaluar del proyecto de investigación

Variable Independiente (V.I)	Variable Dependiente (V.D)
X = Estiércol porcino	Y = Producción de biogás
- X1 = Tratamiento con estiércol de cuy	Y1 = Características fisicoquímicas
- X2 = Tratamiento con residuos orgánicos	✓ Temperatura del ambiente en Grados Celsius (°C)
- X3 = Tratamiento con estiércol de cuy y residuos orgánicos.	✓ Humedad %
	✓ Presión en PSI
	✓ Potencial de hidrogeno (pH)
	✓ Temperatura en Grados Celsius (°C)
	✓ Biogás L/m ³

Nota. Elaboración propia.

3.1.6 Condición del experimento

El proyecto de investigación experimental se llevó a cabo a través de diversas etapas, como se resume en la figura 6, realizándose de manera estructurada y alineada con los objetivos establecidos desde el principio.

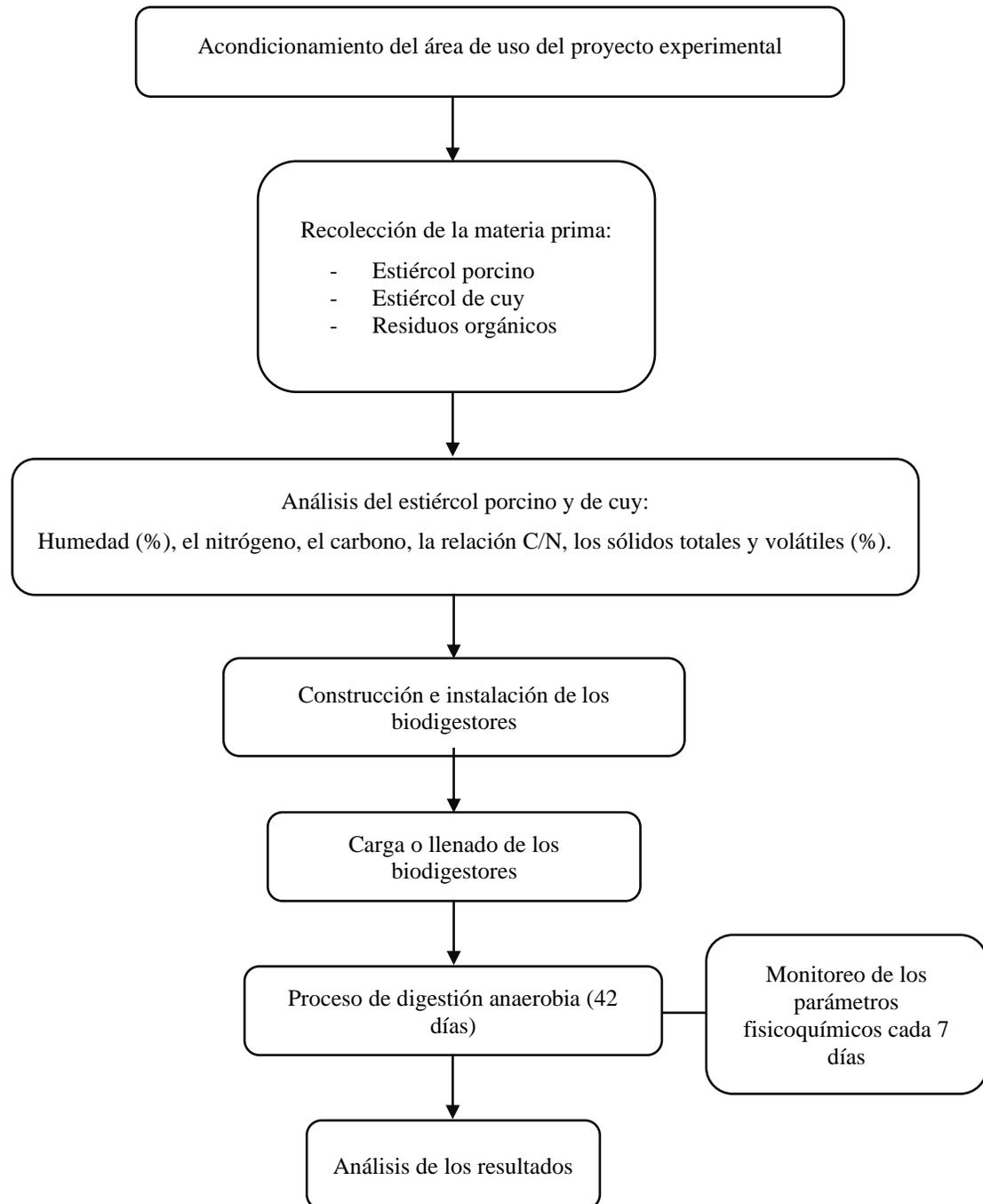


Figura 6. Diagrama de la conducción del experimento.

3.1.6.1 Etapas de la investigación

- **Etapa I: Acondicionamiento del área de uso del proyecto experimental**

El espacio destinado para el proyecto experimental fue preparado adecuadamente, en un terreno libre, cerca al lugar en donde se desarrolla la crianza de traspatio de los animales de producen estiércol que se empleara en los tratamientos. Además, se realizó una limpieza general en el interior, para eliminar todo agente externo (clavos, alambres, pedazos de madera, piedras puntiagudas y entre otros) que perjudiquen el desarrollo de la investigación.



Figura 7. Limpieza y acondicionamiento del área de interés.

- **Etapa II: Recolección de la materia prima**

La generación de estiércol es una variable influenciada por factores como la raza, la edad y el estado fisiológico del animal. Este parámetro está relacionado con el tamaño de la población, la cantidad de residuos generados y el tiempo, expresándose en litros por animal por día (l/animal/día). Se puede realizar una estimación teórica de la producción de estiércol basada en estadísticas de recolección. (Chisag, 2019).

$$PE = PTE * P$$

Donde:

$$PE = \text{Producción de estiércol} \left(\frac{l}{\text{día}} \right)$$

$$PTE = \text{Producción de estiércol en el día} \left(\frac{l}{\text{día}} \right)$$

$$P = \text{Población (número de animales existentes)}$$

a. *Recolección de estiércol porcino*

Para poder registrar los datos correspondientes del animal, se realizó primero una visita en el lugar de crianza. En la tabla 8 se detalla lo recopilado en campo.

Tabla 8

Datos de la crianza del porcino

Especie: Porcino	Raza: Large White	Veces de alimentación durante el día: 1
Total:	Machos: 5	Edad: 3 meses
9	Hembras: 4	Edad: 1 (3 meses) y 3 (1 año)
		Peso promedio: 10 kg
		Peso promedio: 1(10kg) y 3(200kg)

Tipo de alimentación: Desperdicios de comida preparada, camote sancochado y afrecho de trigo seco.

Manejo actual de su estiércol: Destinado al desagüe de la población o canal de regadío aledaño.

Producción diaria de estiércol por animal: 955 gr aproximadamente.

Nota. Elaboración propia.

$$PE = 955 \text{ gr} * 9$$

$$PE = 8.595 \frac{l}{\text{día}}$$

Después de realizar la estimación en la producción de estiércol porcino, se procedió a su recolección en un periodo no mayor a 5 días de su generación en baldes de 20 litros, donde se cubrió con una tapa plástica una vez llenado, para evitar su exposición al ambiente e impedir la proliferación de larvas de moscas en si interior. Empleándose un recogedor de metal y botas de jebe, el cual se desarrolló de forma adecuada y sin un inconveniente en el transcurso de la jornada, dado que los animales de interés son criados en infraestructuras cerradas, significando el aprovechamiento total del estiércol y el desperdicio cero de estos.



Figura 8. Recolección de estiércol porcino.

b. Recolección de estiércol de cuy

Para poder registrar los datos correspondientes del animal primero una visita en el lugar de crianza. En la tabla 9 se detalla lo recopilado en campo.

Tabla 9

Datos de la crianza del cuy

Especie: Cuy	Raza: Andina	Veces de alimentación durante el día: 2
Total: Machos: 59	Edad: 3 meses	Peso promedio: 550 gr
78 Hembras: 17	Edad: 3 meses	Peso promedio: 550 gr

Tipo de alimentación: Pasto verde, hojas de verdura, restos de fruta, chala de maíz o afrecho de trigo seco.

Manejo actual de su estiércol: Destinado a lugares de cultivo o en el camión recolector de basura.

Producción diaria de estiércol por animal: 45 gr aproximadamente.

Nota. Elaboración propia.

$$PE = 45 \text{ gr} * 78$$

$$PE = 3.040 \frac{l}{\text{día}}$$

Asimismo, después de realizar la estimación en la producción de estiércol de cuy, se procedió a su recolección en un periodo de 14 días en costales de rafia. Empleándose guantes de látex y bolsas de plástico, desarrollándose de forma adecuada y sin inconvenientes en el transcurso de la jornada, dado que los animales de interés son criados en jaulas de malla metálica, significando el aprovechamiento total del estiércol y el desperdicio cero de los mismos.



Figura 9. Recolección del estiércol de cuy.

c. Recolección de residuos orgánicos

Por otra parte, se procedió a recolectar durante 3 días los residuos orgánicos (nada de origen cítrico) en una bolsa plástica gruesa, siendo finalmente picados en trozos pequeños con tijera y cuchillo, para luego ser almacenado en un balde de 20 litros.



Figura 10. Picado de los residuos orgánicos.

- **Etapa III: Análisis del estiércol porcino y de cuy**

La toma de muestra representativa se obtuvo mediante el método de cuarteo en ambos casos, utilizando una balanza digital, guantes de látex, lentes de seguridad y guardapolvo, lo cual se realizó en el lugar de estancia de los animales por encontrarse ahí las deposiciones, donde se tuvo en cuenta la cantidad de estiércol recién producido de 1 kilogramo por cada especie de animal (porcino y cuy), los cuales se colocaron en diferentes bolsas Ziploc previamente rotulados para luego ser introducidos en una caja térmica, conteniendo en su interior las muestras a analizar y botellas plásticas con agua congelada (refrigerantes), para conservar su estado, cumpliendo de esta manera con los protocolos requeridos para ser enviados y transportados.



Figura 11. Selección de la muestra de estiércol porcino.

En la figura 11 se muestra a) Selección del estiércol porcino; b) Homogenización del estiércol porcino; c) Método de cuarteo para sacar la muestra representativa; y d) Embolsado y pesado de la muestra.



Figura 12. Selección de la muestra del estiércol de cuy.

En la figura 12 se ilustra lo siguiente: a) Selección del estiércol de cuy; b) Homogenización del estiércol de cuy; c) Método de cuarteo para obtener una muestra representativa; y d) Embolsado y pesaje de la muestra.

Las muestras recolectadas se enviaron al laboratorio de ANOBA LAB SAC (Soluciones Analíticas y Consultoría) para analizar varios parámetros: humedad, contenido total de carbono y nitrógeno, la relación C/N, así como los sólidos totales y volátiles. Esto se llevó a cabo con el objetivo de comprender la relación inicial de estos elementos según su origen animal y determinar si las proporciones establecidas en el experimento son adecuadas para el proceso de digestión anaerobia y, en consecuencia, para la producción de biogás a partir de la degradación de la materia orgánica.

- **Etapas IV: Construcción e instalación de los biodigestores**

La fase de edificación de los biodigestores, tardó alrededor de 2 días, siguiendo el modelo de tipo Bach para su armado, en el que se empleó bidones de plástico con capacidad de 120 litros (dimensiones 49 x 38.2 x 85) con tapa tipo ballesta (cierre hermético), en donde se llevó a cabo el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento (T3).

De igual manera, en la tabla 10 se enumeran los materiales empleados en la construcción de los biodigestores.

Tabla 10

Listado de materiales utilizados en la construcción de los biodigestores

Materiales	Características	Cantidad
Bidón plástico azul	120 litros	3
Tuerca bronce bloqueo	¼"	3
Frasco de plástico con tapa rosca	4"	3
Manguera de gas	¼" x 3 m	3
Llave de paso rosca macho	¼"	6
Abrazadera de aluminio	¼"	12
Manómetro	20 bar (300 PSI) – 2"	3
Camara de neumático	KR15 TR13	3
Sika Flex	Negro 300 ml	1
Aplicador de Sika Flex	-	1
Adaptador de llave de paso rosca hembra	¼"	6
Cúter de cuchilla heavy dnty	SI-1 Olfa	1
Alicate universal	-	1
Desarmador plano	¼"	1
Lentes de seguridad	-	2
Cinta de teflón	1"x10	2

Nota. Elaboración propia.

a. Montaje del frasco de plástico con tapa rosca (toma de muestra y agitación del biodigestor)

En el primer orificio hecho en la tapa del bidón de plástico se ubicó el frasco de plástico con tapa rosca de 4", el cual fue cortado en la parte inferior para la entrada y salida del sistema. De igual modo, se procedió a pintar de color negro en la parte externa del frasco y cubrirlo con cinta de teflón para posicionarlo en el centro, una vez listo se aplicó Sika Flex en todo el borde para sellarlo y esperándose 12 horas el cual es el tiempo que demora para el secado



Figura 13. Corte de la parte central de la etapa del bidón y aplicación del Sikaflex.

b. Montaje de la llave de paso y manguera de gas (salida del biogás)

En el segundo orificio hecho en la tapa del bidón de plástico se colocó la llave de paso rosca macho de 1/4" y se ajustó con un adaptador del mismo tamaño en la parte interna de la tapa, para fijarlo aún más se aplicó Sika Flex en el contorno.



Figura 14. Conexión de la llave de paso y manguera de gas.

Asimismo, se conectó en la boquilla de la llave de paso rosca macho de ¼” la manguera de gas de ¼” (80 cm), después de eso se colocó nuevamente otra llave de paso rosca macho de ¼” con la manguera de gas de ¼” (220cm), los cuales fueron reforzados con cinta de teflón en la rosca externa de cada una de las piezas. En toda esta parte de la instalación se aseguró la conexión empleando abrazaderos de aluminio ¼” tanto inicial como final, para evitar fugas y pérdida de biogás.

Por último, se conectó la cámara de neumático (sin válvula) que cumple la función de gasómetro para el almacenamiento del biogás.

c. Montaje del manómetro (monitoreo de presión)

En el tercer orificio hecho en la tapa del bidón de plástico se situó el manómetro de 20 bar (300 PSI) y se ajustó con una tuerca de bloqueo hexagonal de bronce de ¼” en la parte interna de la tapa, para fijarlo aún más se aplicó sica Flex en el contorno.



Figura 15. Instalación del manómetro.

- **Etapa V: Carga o llenado de los biodigestores**

Para determinar la capacidad de carga o llenado de los biodigestores, aplicaremos el siguiente calculo:

$$V_{cil} = \pi * r^2 * h$$

Donde:

$$V_{cil} = \text{Volumen del cilindro}$$

$r^2 = \text{Radio del cilindro}$

$h = \text{Altura del cilindro}$

(Durazno, 2018)

Por lo tanto, se obtuvo: $V_{cil} = \pi * (0.218 \text{ m})^2 * (0.805 \text{ m})$

$$V_{cil} = 0.120 \text{ m}^3$$

Antes de realizar la carga o llenado, se procedió a pesar y homogenizar la mezcla para luego ser sellado herméticamente, y dar inicio al proceso de digestión anaerobia.



Figura 16. Pesado de cada materia prima por tratamiento.

En la figura 16 se muestra a) Pesado del estiércol porcino; b) Pesado del estiércol de cuy; c) Pesado de los residuos orgánicos; y d) Distribución de la materia prima.

- **Etapa VI: Proceso de digestión anaerobia**

El proceso de digestión anaerobia establecido en el experimento se desarrolló durante un período de 42 días (6 semanas). Cada siete días, se realizó un monitoreo IN SITU de los

parámetros fisicoquímicos, además de un registro diario de la temperatura y la humedad ambiental, utilizando la lectura directa de la pantalla digital del termohigrómetro.

El registro de la presión de cada biodigestor se realizó de manera diaria por medio de la lectura del manómetro de 20 bar (300 PSI) instalado en la parte superior del sistema.

Para la medición de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y pH, se extrajo muestra en fase líquida desde el interior del biodigestor, empleando un pequeño recipiente de plástico que estuvo sujeto a un palo de madera. Donde se empleó un equipo de medición de marca HANNA HI98108, el cual fue calibrado con soluciones buffer de Ph 4 y 7 previo a cada monitoreo, para la obtención de una lectura estable del parámetro a evaluar, también en este procedimiento se utilizó agua desionizada para el lavado respectivo del equipo.



Figura 17. Monitoreo IN SITU.

En la figura 17 se muestra a) Materiales de calibración del equipo de medición de pH; b) Extracción de la muestra en fase líquida; c) Medición de la temperatura y pH; d) Agitación del contenido.

Para la cuantificación del biogás (L/m³) se aplicó la técnica de desplazamiento de volumen en donde se utilizó un balde plástico transparente graduado de 12 litros. Asimismo, para evitar un proceso de sedimentación o generación de costras en el fondo del biodigestor, se procedió a mezclar o agotar después de cada monitoreo IN SITU de los tratamientos, para lo cual se empleó un palo de carrizo grueso.

- **Etapa VII: Análisis de los resultados**

Los resultados obtenidos durante el período de evaluación para cada tratamiento fueron analizados mediante métodos estadísticos, lo que permitió realizar comparaciones entre ellos y así identificar la producción más eficiente de biogás.

3.2 Técnicas para el procesamiento de la información

- ✓ Gráfico de barras, líneas y circular.
- ✓ Programa de Microsoft Excel 2019.
- ✓ Uso de figuras.
- ✓ Interpretación de datos.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Diseño e Implementación de los biodigestores

Se construyó 03 biodigestores siguiendo el modelo tipo Bach, los bidones empleados fueron de material plástico con una capacidad de 120 litros (dimensiones 49 x 38.2 x 85 cm) con tapa tipo ballesta (cierre hermético), en donde se llevó a cabo el tratamiento 1 (T1), tratamiento 2 (T2) y tratamiento 3 (T3). El cual para determinar la capacidad de carga de los biodigestores se tuvo en consideración la siguiente formula.

$$V_{cil} = \pi * r^2 * h$$

Donde:

V_{cil} = Volumen del cilindro

r^2 = Radio del cilindro

h = Altura del cilindro

(Durazno, 2018)



Figura 18. Sistema de biodigestores

4.2 Análisis de la materia orgánica sólida

Después de la recolección de las muestras de estiércol porcino y de cuy, para su respectivo análisis, se obtuvo el siguiente resultado como se detalla en la tabla 11.

Tabla 11

Análisis de la composición química de la materia orgánica sólida

Tipo de muestra	Parámetros					
	Físico – Químicos			Macronutrientes		Relación de interés
	Humedad	Sólidos Volátiles	Sólidos Totales	Carbono Total	Nitrógeno Total	Carbono/Nitrógeno
Estiércol porcino	72.24	66.91	27.96	38.81	2.27	17.21
Estiércol de cuy	51.18	88.60	48.82	51.39	1.42	36.19

Fuente: Informe de Ensayo (IEFO3509) y (IEFO3508).

Este análisis se llevó a cabo para entender la relación inicial de estos elementos con su origen animal y para determinar las proporciones adecuadas de mezcla, de modo que se logre una relación de C/N óptima (30:1), la cual garantiza la producción efectiva de biogás.

Asimismo, la relación del C/N del estiércol porcino fue de 17.21, lo cual indica que existe la necesidad de mezclar esta materia prima con una mayor cantidad de estiércol de cuy, por tener un valor elevado de relación C/N 36.19 y así equilibrar el contenido final de los biodigestores.

El contenido de sólidos totales en el estiércol de cerdo fue del 27.96 y del estiércol de cuy 48.82, que evidencia la diferencia en cuanto al volumen de agua necesaria para cada mezcla.

4.3 Análisis de los parámetros fisicoquímicos

En el anexo 7 se presenta la información recopilada, en las fichas de recolección de datos que se empleó por cada semana en el monitoreo IN SITU de los tratamientos, para su análisis posterior de los parámetros fisicoquímicos.

4.3.1 Monitoreo de pH

La variación de los valores de pH, fueron registrados cada 7 días durante el periodo total de 42 días (6 semanas) en que se desarrolló el experimento, siendo los meses de noviembre y diciembre.

En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas con el equipo de pH.

Tabla 12

Resultados del monitoreo de pH

N.º de tratamiento	Código de campo	Resultados del Monitoreo de pH					
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
01	EP-EC	6.27	6.82	6.97	6.85	7.23	6.49
02	EP-RO	6.24	6.71	6.85	6.87	6.88	6.44
03	EP-EC-RO	6.51	7.21	7.25	7.41	7.51	6.78

Nota. Elaboración propia.

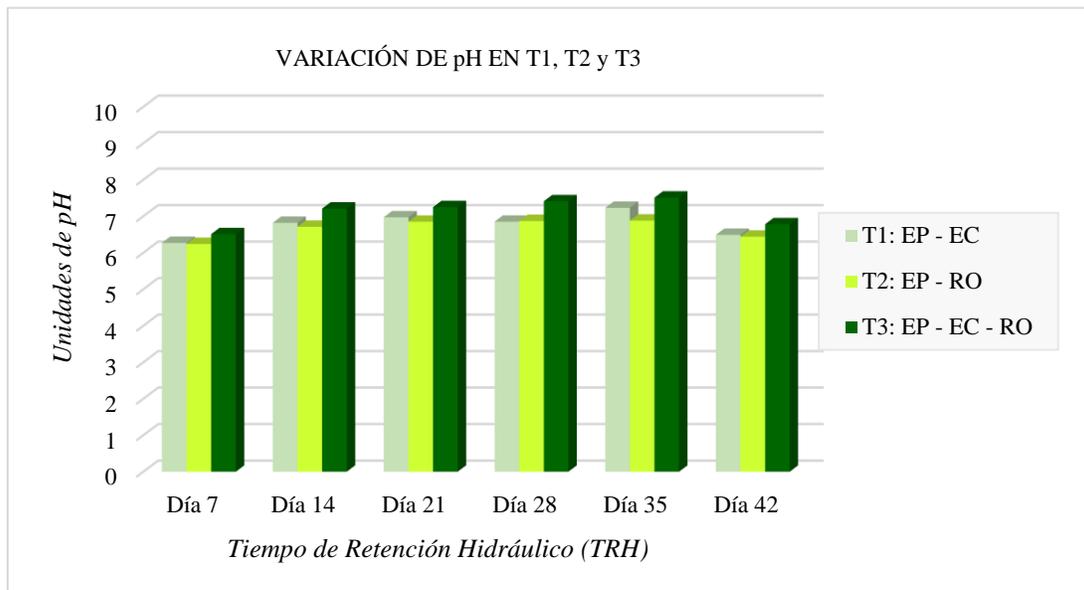


Figura 19. Variación de pH en el T1, T2 y T3.

En la figura 19 se observa que, en el séptimo día de monitoreo, los tratamientos alcanzaron un nivel de pH que oscilaba entre 6.24 y 6.51. Este resultado se debe a la formación de nuevos compuestos durante las fases de hidrólisis y acidogénesis. Posteriormente, se aprecia que los valores de pH comenzaron a estabilizarse con el paso de los días.

Por otro lado, se aprecia el tratamiento 2 (T2) registro de los valores de pH más bajos 6.24 y mientras tanto, el tratamiento 3 (T3) registro los valores de pH más altos 7.51. En cuanto al tratamiento 1 (T1) se registró valores de pH entre 6.27 y 7.23.

Asimismo, se observa un ligero descenso de pH en los tratamientos a partir de la sexta semana de haber puesto en marcha el sistema de biodigestores.

4.3.2 Monitoreo de la temperatura (°C)

El cambio en la temperatura interna de los tratamientos, fueron registrados cada 7 días durante el periodo total de 42 días (6 semanas) en que se desarrolló el experimento, siendo los meses de noviembre y diciembre. La Tabla 13 se muestra los resultados obtenidos mediante la lectura del equipo de medición de pH.

Tabla 13

Resultados del monitoreo de temperatura (°C)

N.º de tratamiento	Código de campo	Resultados del monitoreo de temperatura (°C)					
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
01	EP-EC	24.6	28.5	28.1	28.6	31.8	28.8
02	EP-RO	27.2	27.9	27.3	28.5	28.9	27.9
03	EP-EC-RO	25.7	29.7	28.1	30.2	32.3	28.1

Nota. Elaboración propia.

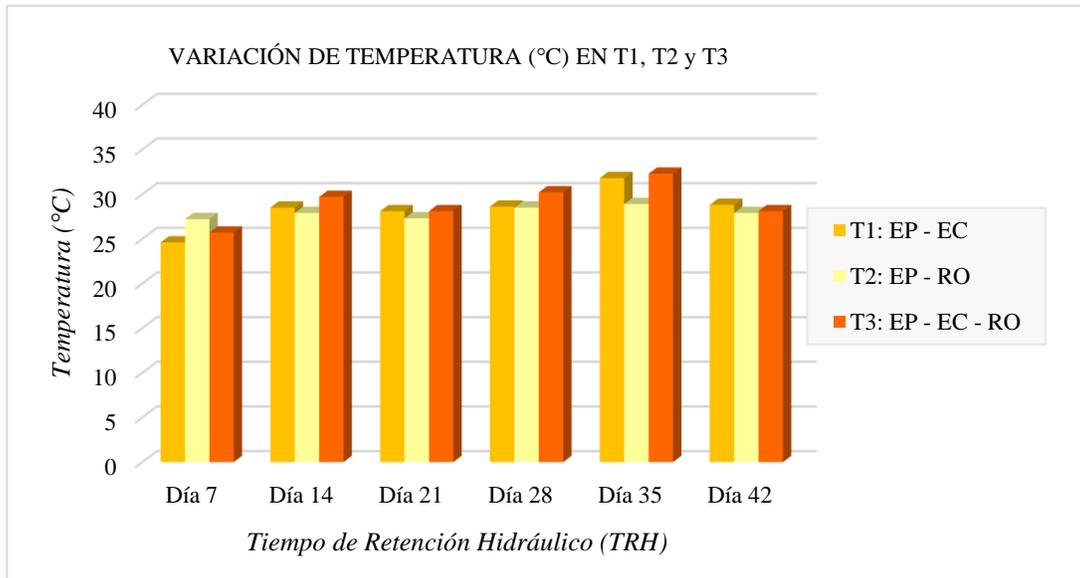


Figura 20. Variación de temperatura (°C) en el T1, T2 y T3.

La figura 20 se observa que, durante el proceso de digestión anaerobia, el tratamiento 3 (T3) alcanzó la temperatura más alta, con un valor de 32.3 °C, mientras que el tratamiento 1 (T1) registró la temperatura más baja, de 24.6 °C. Es importante destacar que las temperaturas de los tratamientos (T1, T2 y T3) se mantuvieron en un rango de 27.95 a 29.02 °C, lo que indica que operaron dentro del régimen mesófilo.

4.3.3 Monitoreo de la presión (PSI)

El cambio en la presión en el biodigestor de cada tratamiento, fueron registrados de manera diaria durante un periodo de 42 días (6 semanas), siendo los meses de noviembre y diciembre. En la tabla 14 se exhiben los resultados conseguidos a partir de las mediciones de los manómetros instalados.

Tabla 14

Resultados del monitoreo de la presión (PSI)

N.º de tratamiento	Código de campo	Resultados del monitoreo de la presión (PSI)					
		Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
01	EP-EC	0.00	9.14	10.14	10.57	10.43	7.57
02	EP-RO	0.00	7.43	8.57	8.29	8.86	6.43
03	EP-EC-RO	0.00	10.71	11.71	12.14	12.57	8.86

Nota. Elaboración propia.

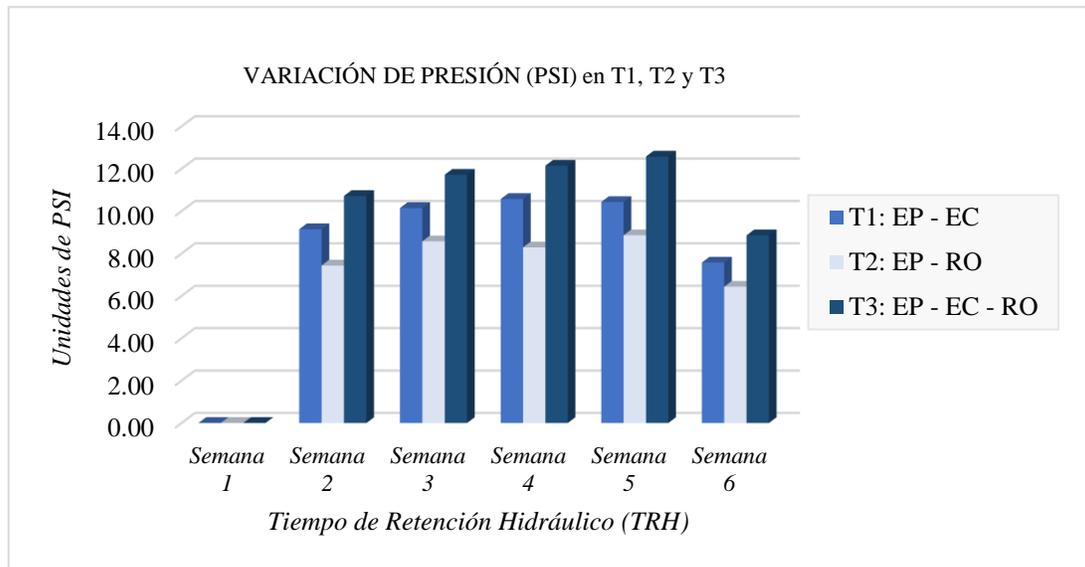


Figura 21. Variación de presión (PSI) en el T1, T2 y T3.

En la figura 21, en la primera semana de recolección de datos en cuanto a la presión marco el valor de 0 dado que en esos días la producción de biogás fue nula porque aún no se estabilizaba el proceso de digestión anaerobia.

Seguidamente, se comenzó a registrar los valores de la presión en PSI de cada manómetro instalado, siendo el tratamiento 3 (T3) que tuvo máximo promedio en la quinta semana de 12.57 PSI, coincidiendo con la elevada producción de biogás que se registró en esos días.

4.3.4 Monitoreo de la temperatura y humedad del ambiente

Las condiciones del entorno, como la temperatura y la humedad, donde se instaló el sistema de biodigestores, fueron registradas a lo largo de un periodo de 42 días (6 semanas), durante los meses de noviembre y diciembre. La Tabla 15 presenta los resultados del termohigrómetro, que, mediante su sonda o sensor externo, mide los valores mínimos y máximos.

Tabla 15

Resultados de la temperatura y humedad del ambiente.

Nº de semana	Periodo	Hora de registro	Temperatura del ambiente (°C)			Humedad del ambiente (%)		
			Min.	Máx.	Promedio	Min.	Máx.	Promedio
01	06/11/2023 – 12/11/2023	20:00 pm	17.50	28.86	23.18	30.00	99.00	64.50
02	13/11/2023 – 19/11/2023	20:00 pm	18.41	28.41	23.26	32.29	99.00	65.65
03	20/11/2023 – 26/11/2023	20:00 pm	18.19	32.99	25.59	32.00	99.00	65.50
04	27/11/2023 – 03/12/2023	20:00 pm	19.21	31.71	25.46	30.00	99.00	64.50
05	04/12/2023 – 10/12/2023	20:00 pm	21.21	32.59	26.90	35.57	93.43	64.50
06	11/12/2023 – 17/12/2023	20:00 pm	22.56	30.09	26.73	37.57	91.00	64.29

Nota. Elaboración propia

El resultado promedio de la temperatura del ambiente que se registró, estuvieron en el rango de (23.18 °C a 26.90 °C). De igual forma, se obtuvieron valores promedios de temperatura máxima de 32.99 °C y mínima de 17.50 °C.

Por otro lado, el resultado promedio de la humedad del ambiente que se registró, estuvieron en el rango de (64.29 % a 65.65 %), también se registró una humedad mínima promedio de 30.00 % y máxima de 99.00 %.

4.4 Análisis de la producción de biogás (L)

El desempeño de los tratamientos (T1, T2 y T3) en la producción de biogás fue evaluado cada 7 días durante el periodo de 42 días (6 semanas) en que se desarrolló el experimento, siendo los meses de noviembre y diciembre. Asimismo, los valores de biogás en litros obtenidos por cada tratamiento se muestran en la tabla 16.

Tabla 16

Resultados de la producción de biogás (L)

N° de tratamiento	Código de campo	Resultados de la producción de biogás (L)						Total (L)	Total (m³)
		Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42		
01	EP - EC	0	8.5	9.3	9.8	9.6	7.7	44.9	0.045
02	EP - RO	0	7.3	7.9	7.8	8.2	6.5	37.7	0.037
03	EP - EC - RO	0	9.7	10.3	10.5	10.7	8.4	49.6	0.049

Nota. Elaboración propia

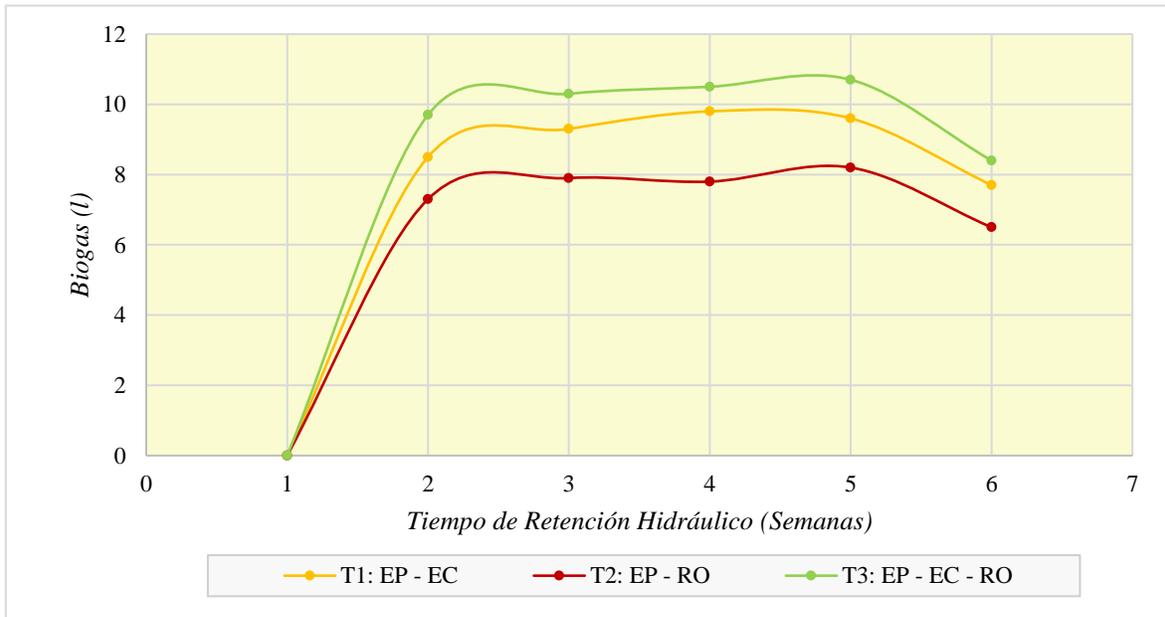


Figura 22. Producción de biogás (L) en el T1, T2 y T3.

Tal como se observa en la figura 22, en los primeros días de haber iniciado y puesto en funcionamiento el sistema de biodigestores, no hubo producción de biogás. Por otra parte, desde la segunda semana y días posteriores se muestra una tendencia ascendente en la producción de biogás, logrando mantenerse relativamente estable hasta la quinta semana.

Además, se evidencia en los resultados que la producción de biogás más alto se registró en el tratamiento 3 (T3) durante el proceso de digestión anaerobia, con un valor final de 49.6 litros. En contraste con el tratamiento 1 (T1) que obtuvo un valor final de 44.9 litros. Por lo contrario, el tratamiento 2 (T2) registró el más bajo con un valor final de 37.7 litros.

Podemos apreciar en la Figura 23 claramente la diferencia en el rendimiento y eficiencia de la producción de biogás entre los tratamientos, ocupando el primer lugar en el tratamiento 3 (T3) con un valor equivalente al 38 % (49.6 L), en el segundo lugar está el tratamiento 1 (T1) con un valor equivalente al 33% (49.9 L) y en el tercer lugar se encuentra el tratamiento 2 (T2) con un valor equivalente al 29 % (37.7 L).

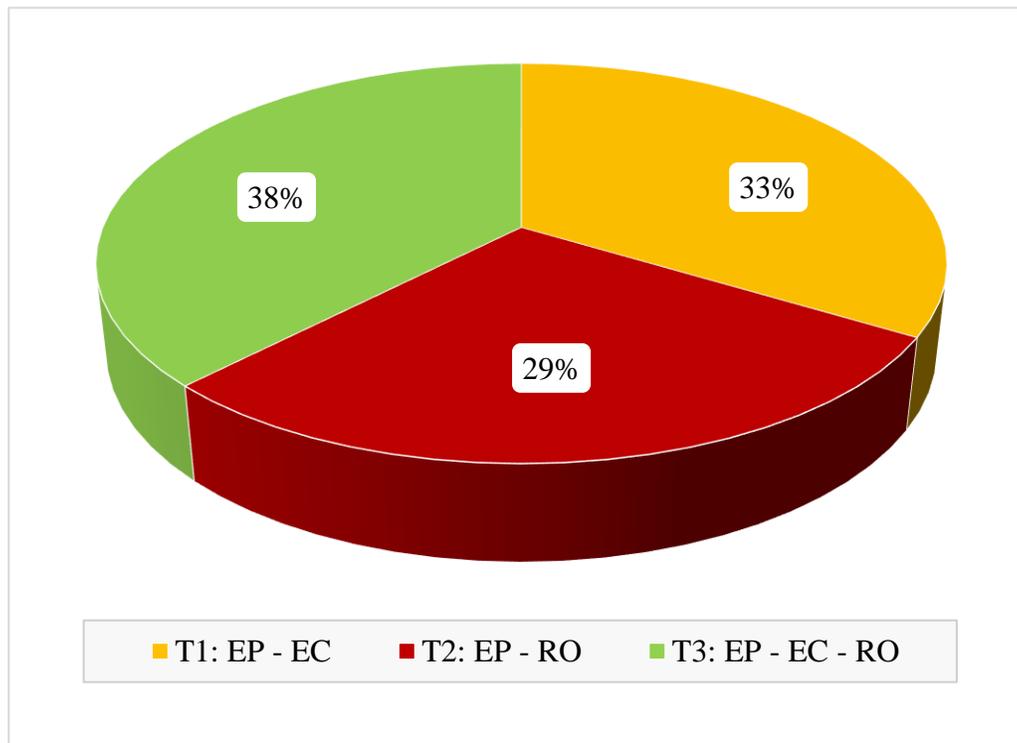


Figura 23. Producción total de biogás (%)

CAPITULO V. DISCUSIÓN

- El tratamiento biológico efectuado al estiércol del ganado porcino, para este trabajo investigativo, se realizó mediante la aplicación de uso de biodigestores, la cual consistió en tener un sistema o reactor herméticamente cerrado para que dentro del mismo se pueda desarrollar el proceso anaeróbico de las bacterias presentes, con el objetivo de generar biogás y, así, contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a reducir la contaminación de los recursos naturales. Esta investigación concuerda con el trabajo realizado por Jiménez & García (2020) el cual diseñó un sistema de tratamiento biológico con biodigestores tipo batch a escala piloto con el objetivo de generar biogás y digestatos líquidos en la ciudad de Jaén, Cajamarca, utilizando estiércol proveniente de la producción de biogás.
- Del seguimiento en el lugar de los parámetros fisicoquímicos, así como de los índices de temperatura y humedad ambiental documentados en los tres tratamientos distintos propuestos, se obtuvieron resultados que favorecieron la producción de biogás, logrando hasta una producción de 49.6 litros. Estos resultados se asemejan con el trabajo de investigación de Durazo (2018) donde la producción de biogás fue de 65.9 litros.
- El pH en el sistema de biodigestores, ubicado en el Centro Poblado de Retes, Huaral, comenzó con un valor de entre 6.24 y 6.51 durante la primera semana. Este resultado se debe a la formación de nuevos compuestos durante las fases de hidrólisis y acidogénesis, lo que facilita la generación de nuevas bacterias necesarias para llevar a cabo el proceso anaeróbico de manera efectiva. Esta observación coincide con la investigación realizada por Luna (2018), quien diseñó biodigestores tipo batch para la producción de biogás y que iniciaron con un pH relativamente neutro (entre 6.5 y 7.4), mostrando una notable disminución en los valores desde los primeros días tras la activación de los biodigestores.
- En el proceso de digestión anaerobia de los tratamientos (T1, T2 y T3), la temperatura fluctuó entre 27.95°C y 29.02°C, lo que indica la presencia de un régimen mesofílico durante el desarrollo del experimento y proporciona las condiciones óptimas necesarias para la producción de biogás en los biodigestores implementados. Asimismo, en el estudio realizado por Condor (2019), la temperatura se mantuvo constantemente en 30°C, es decir, dentro del rango mesofílico, gracias al uso de un baño maría que garantizó la estabilidad térmica durante todo el proceso de digestión anaerobia.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La instalación de biodigestores representa una opción viable y sostenible, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, para manejar de manera efectiva los desechos generados por la cría de cerdos a pequeña escala.
- Según los resultados obtenidos en relación con la producción más eficiente de biogás de los tratamientos empleados T1: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy, T2: Estiércol porcino mezclado con residuos orgánicos y, por último, T3: Estiércol porcino mezclado con estiércol de cuy y residuos orgánicos; se demostró que los tres tratamientos producen biogás, pero en diferentes cantidades y/o porcentajes en un tiempo de retención Hidráulico (TRH) de 42 días, ocupando el primer lugar el T3 con un valor equivalente al 38% (49.6 L), el segundo lugar está el T1 con un valor equivalente al 33% (44.9L) y tercer lugar se encuentra el T2 con un valor equivalente al 29% (37.7L).
- La temperatura del ambiente mínima y máxima promedio registrado en campo fue de 23.18 °C y 26.90 °C respectivamente, en el cual se determinó que, la temperatura es inversamente proporcional al tiempo de retención; es decir que, a mayor temperatura del ambiente, menor será el tiempo de retención para la obtención de biogás en los tratamientos Varnero (2011).
- El pH dentro del biodigestor de T1: (EP-EC) obtuvo un valor de 6.27, para el T2: (EP-RO), se obtuvo un valor de 6.24 y para el T3: (EP-EC-RO) se obtuvo un valor de 6.24 y para el T3: (EP-EC-RO) se obtuvo un valor de 6.51, estos valores fueron registrados en la segunda semana y en la última semana se obtuvo valores para el T1: (EP-EC) obtuvo un valor de 6.49, para el T2: (EP-RO), se obtuvo un valor de 6.44 y para el T3: (EP-EC-RO) se obtuvo un valor de 6.78, como se puede evidenciar en la fase inicial y final el pH se mantuvo oscilando en un rango de 6.24 a 6.78.

6.2 Recomendaciones

- Utilizar los desechos orgánicos producidos en las diversas actividades del hogar para la generación de biogás representa una opción sostenible y beneficiosa, ya que se les otorga un valor adicional a lo que comúnmente se considera "basura".
- Tomar en cuenta el uso adecuado de los lentes de seguridad, guardapolvo y guantes de nitrilo en el momento de realizar el monitoreo IN SITU y otras actividades similares.

- Usar equipos de monitoreo calibrados y certificados ante la autoridad correspondiente.
- Realizar pruebas de presión hidráulica y cierre hermético a cada biodigestor, para evitar el ingreso de aire y posterior fuga de biogás, de tal manera que la digestión anaeróbica no sufra interferencia en su desarrollo.
- Instalar el sistema de biodigestores en un área donde las condiciones ambientales sean óptimas en todo el periodo del experimento y así, incrementar la eficiencia del proceso.
- Disminuir la inclusión de materiales no deseados en el estiércol al mezclar previamente estos desechos en un recipiente separado antes de añadirlos al biodigestor. Además, es recomendable triturar el estiércol de cuy y picar los residuos orgánicos para optimizar el proceso de digestión anaeróbica y, en consecuencia, aumentar la producción de biogás.
- Optimizar el tiempo de mezcla o agitación en cada tratamiento es esencial para prevenir la sedimentación o la formación de costras en el fondo del biodigestor. Esta acción no solo incrementa la producción de biogás, sino que también reduce el tiempo de retención hidráulica, ya que ayuda a homogenizar la temperatura, los sustratos y los productos intermedios y finales. Además, previene la acumulación de lodo en la parte superior del biodigestor, lo cual podría obstaculizar la salida del biogás.
- Seguir explorando el uso del estiércol porcino para la generación de biogás, al mismo tiempo que se busca reducir el impacto adverso que este tipo de materia orgánica tiene en el medio ambiente.
- Impulsar la inversión tanto pública como privada en Perú para la edificación de biodigestores, que actúan como un sistema de producción de biogás y como una fuente de energía sostenible, especialmente en áreas rurales donde el acceso a gas convencional es difícil debido a su alto costo. Asimismo, se tiene el alcance directo del estiércol y residuos orgánicos imprescindibles.

CAPITULO VII. REFERENCIAS

- Alfredo, S. (2016). *Evaluación del método de ensilao de excretas de cerdos en la generación de biogás y biol mediante biodigestores*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_878a27dc2c907cbc0aad6752a96182cf.
- Apolo, G. (2019). *Diseño y emplazamiento de un biodigestor para el aprovechamiento de biogás en la granja de explotación porcina "Mis Tres Marías" Arenillas-El Oro Ecuador*. (Tesis de Pregado), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16989>.
- Bonifaz , C., & Morales, H. (2012). *Diseño de un Biodigestor tipo cúpula fija para generación de biogás a partir de desechos orgánicos*. (Tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2880/1/UPS-KT00042.pdf>.
- CCA. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*. (978-2-89700-232-9). Recuperado de <http://www.cec.org/files/documents/publications/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>.
- Chisag, R. (2019). *Diseño y construcción de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado porcino*. (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ribamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14227>.
- Cóndor, D. (2019). *Producción de Biogás y Biol en biodigestores Batch a partir de residuos agropecuarios pre - tratados con la técnica de Bokashi*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4131>.
- Vargas & Villavicencio (2019). *Eficacia del biogás elaborado con estiércol de ganado bovino y porcino del camal municipal de Moyobamba 2019*. (Tesis de Pregrado), Universidad César Vallejo, Moyobamba, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57726>.
- D.S. N° 019-97-ITINCI. (26 de setiembre de 1997). *Reglamento de Protección Ambiental para el desarrollo de actividades de la Industria Manufacturera*. Recuperado de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per198138.pdf>.
- Durazno, A. (2018). *Valorización de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas*. (Tesis de Pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15445>.

- ECOTEC. (2013). *Biodigestores*. Unidad de Ecotecnologías de la UNAM: <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/biodigestores-2#:~:text=Resumen%3A,un%20proceso%20de%20biodigesti%C3%B3n%20anaerobio.>
- FONCODES. (2014). *Manual técnico de Crianza de cuyes*. Perú. Recuperado de <https://docplayer.es/97321266-Crianza-de-cuyes-manual-tecnico-proyecto-mi-chacra-empresadora-haku-winay-peru-fondo-de-cooperacion-para-el-desarrollo-social.html>.
- Garzón, M. (2011). *Estudio de un biodigestor generador de gas metano mediante abono orgánico para prácticas de energías alternativas en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1344>.
- GREENPEACE. (2020). *¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán? La carne que está consumiendo al Planeta*. México. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/8357/que-hay-detras-de-la-industria-porcicola-en-la-peninsula-de-yucatan-la-carne-que-esta-consumiendo-al-planeta/>
- Jimenez, C., & García, E. (2020). *Eficacia del Empleo de Estiércol de Ganado Porcino y Cáscara de Café, en la Producción de Biogás y Digestatos Líquidos, Jaén, Cajamarca*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Jaén, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/171>.
- Lorenzo, Y., & Obaya, M. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XXXIX(1), 35-48. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006>.
- Luna, J. (2018). *Potencial energético del biogás producido en biodigestores tipo batch para excretas provenientes de ganado vacuno, camélido y equino de la Universidad Científica del Sur*. (Tesis de Pregrado), Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12805/701>.
- Martí, J. (2008). *Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación*. La Paz. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/282156621_Biodigestores_familiares_Guia_de_diseno_y_manual_de_instalacion_2008
- Ministerio de Energía. (2012). *Genera tu propia energía*. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile: https://autoconsumo.minenergia.cl/?page_id=524
- Moreno, L., & Cadillo, J. (2018). Uso del estiércol porcino sólido como abono orgánico en el cultivo del maíz chala. *Anales Científicos*, 79(2), 415–419. doi:<https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.914>
- Rochina, H. (2018). *Diseño de un biodigestor para la generación de biogas y biol en la comunidad de Illagua del cantón Guaranda*. (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Ribamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8936>.

Salamanca, J. (2009). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico*. (Tesis de Pregrado), Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. Recuperado de https://rraae.cedia.edu.ec/Record/USFQ_bfd9b00472a80f0d6ed5dc4e6f9916fb.

Sánchez, H. (2020). *Sostenibilidad del sistema de tratamiento de estiércol para producir biogás y bioabonos en Shumaya, distrito de Huarango, San Ignacio, Cajamarca, 2019*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2084>.

SENAMHI. (2022). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. Portal de Transparencia Estandar: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

Shirakawa, A. (2016). *Evaluación del método de ensilao de excretas de cerdos en la generación de biogás y biol mediante biodigestores*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_878a27dc2c907cbc0aad6752a96182cf.

Toala, E. (2013). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica*. (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3406>.

Valdés, V. (2022). *Estudio de la producción de biogás a escala de laboratorio a partir de estiércol de cerdo y residuos de cosecha de yuca como estrategia de gestión de residuos sólidos orgánicos*. (Tesis de Pregrado), Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10614/13789>.

Varnero, M. (2011). *Manual de Biogás*. Santiago de Chile. Recuperado de <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>.

Vidal, G. (19 de Junio de 2016). Crianza porcina aumenta en Lima. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia/42013-crianza-porcina-aumenta-en-lima>

Vila, M. (2017). *Producción de cebolla (Allium cepa L.) en tres densidades de siembra y con cuatro fuentes de materia orgánica*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú. Recuperado de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/00af1ba2-614c-4761-85ae-e6e7f8886d7e/content>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍAS
<p>General</p> <p>¿En qué medida el aprovechamiento del estiércol porcino en tres diferentes tratamientos influye en la eficiente producción de biogás obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022?</p> <p>Específicos</p> <p>1. ¿Qué características se debe tener en cuenta al diseñar e implementar biodigestores, para los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes?</p> <p>2. ¿Qué efecto tiene los tres diferentes tratamientos en los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes?</p> <p>3. ¿Cuál es el porcentaje de la producción total de biogás en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes?</p>	<p>General</p> <p>Determinar la producción más eficiente de biogás en tres diferentes tratamientos de aprovechamiento del estiércol porcino obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022.</p> <p>Específicos</p> <p>1. Diseñar e implementar biodigestores, que permita comparar los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.</p> <p>2. Evaluar los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás obtenido en los tres diferentes tratamientos en el Centro Poblado de Retes.</p> <p>3. Calcular el porcentaje de la producción total de biogás obtenido en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes.</p>	<p>General</p> <p>Los tres diferentes tratamientos en el aprovechamiento de estiércol porcino influyen en la eficiente producción de biogás obtenido en el Centro Poblado de Retes, 2022.</p> <p>Específicos</p> <p>1. Es posible diseñar e implementar biodigestores, para comparar los tres diferentes tratamientos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.</p> <p>2. Los tres diferentes tratamientos influyen directamente en los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás en el Centro Poblado de Retes.</p> <p>3. Se determinará que el porcentaje de la producción total de biogás cambia en los tres diferentes tratamientos en un tiempo de retención hidráulico de 42 días en el Centro Poblado de Retes.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Estiércol porcino (X)</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Producción de biogás (Y)</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>El tipo de investigación es aplicada, pues se determinará el porcentaje de la producción total de biogás obtenido en un determinado tiempo de retención hidráulico mediante tres diferentes tratamientos de aprovechamiento del estiércol porcino.</p> <p>Enfoque de investigación:</p> <p>El enfoque de investigación es cuantitativo, pues se analizará la capacidad de carga, tiempo de retención hidráulico y parámetros fisicoquímicos</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>El diseño de investigación es experimental, pues se manejarán variables para comprobar las hipótesis planteadas.</p> <p>Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> - 41.65 kilogramos de estiércol porcino - 49.00 kilogramos estiércol de cuy - 8.75 kilogramos residuos orgánicos - 210 litros de agua no clorada <p>Técnica a emplear</p> <p>Los parámetros fisicoquímicos en la producción de biogás serán evaluados mediante monitoreo IN SITU en un tiempo de retención hidráulica de 42 días (6 semanas), ya sea de manera diaria o cada 7 días y se registrará en una ficha de recolección de datos.</p> <p>Procesamiento y análisis estadístico de datos</p> <p>Para el procesamiento de los datos recolectados en campo, se utilizará gráficos de barras, líneas y circular, Programa Microsoft Excel 2019 y uso de figuras, para determinar la producción más eficiente de biogás.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Evidencia fotográfica del desarrollo del experimento.



Figura 24. Recolección de información de la crianza de cuyes y toma de muestra.



Figura 25. Recolección de información de la crianza de porcinos y toma de muestra.



Figura 26. Residuos orgánicos.



Figura 27. Estiércol de cuy molido.



Figura 28. Estiércol de porcino.



Figura 29. Canal de regadío.



Figura 30. Red de alcantarillado.



Figura 31. Medición de pH y temperatura.



Figura 32. Calibración de tester de pH y temperatura.

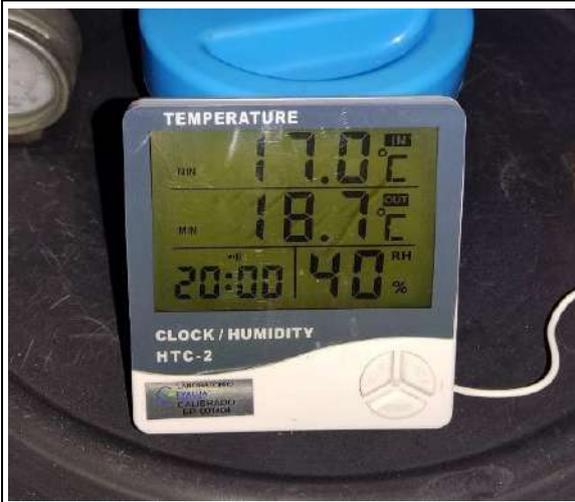


Figura 33. Registro de la temperatura y humedad del ambiente.



Figura 34. Registro de presión (PSI).

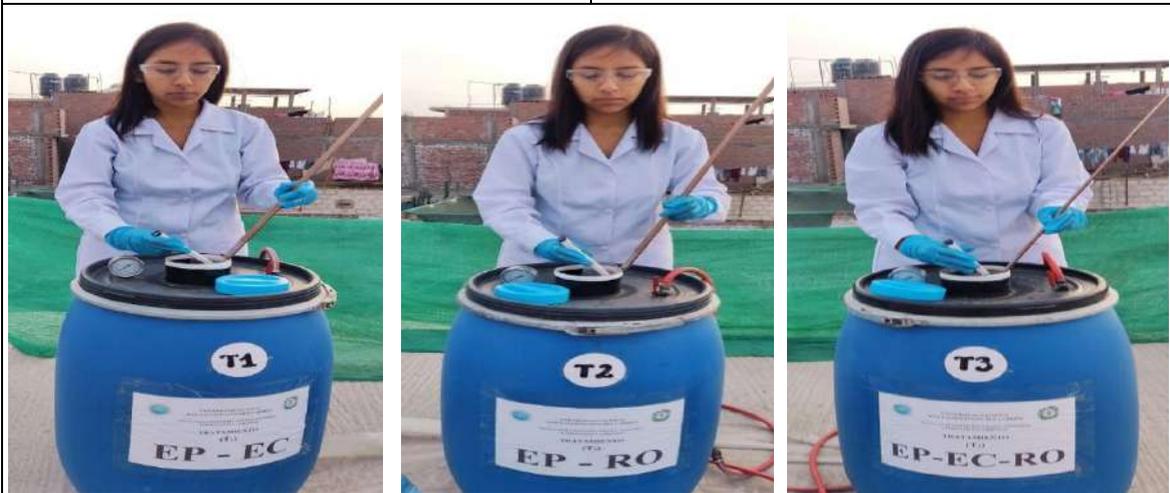


Figura 35. Monitoreo IN SITU de los tratamientos.



Figura 36. Producción de biogás por tratamiento.



Figura 37. Balde plástico transparente graduado de 12 litros.

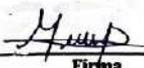


Figura 38. Desplazamiento de volumen.



Figura 39. Cuantificación de biogás (L/m³)

Anexo 3. Fichas de registro de información

FICHA DE REGISTRO DE INFORMACIÓN					
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"					
Región: LINA PROVINCIA		Provincia: HUARAL		Distrito: HUARAL	
Dirección:					
FECHA	Inicio: 15/10/2023	HORA	Inicio: 10:30 AM	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este:
	Final: 15/10/2023		Final: 12:00 PM		Norte:
Datos personales del propietario					
Nombres y apellidos: GIOVANNA MELANDEZ QUIMECHE				DNI:	
Domicilio: CALLE 3 DE OUBRE - RETES				N° de celular: 956 450 277	
Actividad económica: CRIANZA DE PORCINOS PARA VENTA Y CONSUMO.					
Datos de la crianza del animal					
Especie: PORCINO		Raza: LARGE WHITE		Veces de alimentación durante el día: 1	
Total: 9	Machos: 5	Edad: 3 MESES		Peso promedio: 10 Kg	
	Hembras: 4	Edad: 1 (3 MESES) Y 3 (1 AÑO)		Peso promedio: 1 (10 Kg) Y 3 (200 Kg)	
Tipo de alimentación: DES PORDILOS DE COMIDA PREPARADA, CANOTE SANCOCHADA Y ARECHO DE TRIGO SECO.					
Manejo actual de su estiércol: DESTINADO AL DESAGÜE DE LA POBLACIÓN O CANAL DE REGADÍO ALTERNATIVO.					
Producción diaria de estiércol por animal: 955 gr APROXIMADAMENTE.					
Observaciones:					
KATHERIN THOJANNY HUARAC CADILLO					
Responsable de monitoreo				Firma	
MAHELY NICOOL FLORE PEÑA					
Responsable de monitoreo				Firma	
					
Propietario de los animales				Firma	

FICHA DE REGISTRO DE INFORMACIÓN

Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"

Región: LINA PROVINCIA **Provincia:** HUARAL **Distrito:** HUARAL

Dirección:

FECHA	Inicio: 17/10/2023	HORA	Inicio: 15:10 PM	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este:
	Final: 17/10/2023		Final: 17:00 PM		Norte:

Datos personales del propietario

Nombres y apellidos: TEODULIA CADILLO TEVEZ	DNI: 22876671
Domicilio: LOS LAURELES S/N RETES	N° de celular: 954 301 798
Actividad económica: CRIANZA DE CUY PARA VENTA Y CONSUMO.	

Datos de la crianza del animal

Especie: Cuy	Raza: ANQUINA	Veces de alimentación durante el día: 2
Total: 78	Machos: 59	Edad: 3 MESES
	Hembras: 17	Edad: 3 MESES
Peso promedio: 550 gr		
Tipo de alimentación: PASTO VERDE, HOJAS DE VERDURA, RESTOS DE FRUTA, CHALA DE MAIZ O AFRCHO DE TRIGO SECO.		
Manejo actual de su estiércol: DESTINADO A LUGARES DE CULTIVO O EN EL CANION RECOLECTOR DE BASURA.		
Producción diaria de estiércol por animal: 45gr APROXIMADAMENTE.		

Observaciones:

KATHERIN THOJANNY HUARAC CADILLO Responsable de monitoreo	 Firma
MARIELY NICOLL MORE PEÑA Responsable de monitoreo	 Firma
TEODULIA JULIA CADILLO TEVEZ Propietario de los animales	 Firma

Anexo 4. Cadena de custodia para el análisis de laboratorio de las muestras de estiércol



CADENA DE CUSTODIA

F-PROC-13/02

DATOS GENERALES			DATOS DE ENVÍO	
Cliente:	KATHERIN J. HUARAC CADILLO	RUC/DNI: 73056766	Enviado por:	
Dirección:	HUARAL - HUARAL - LINA (C.P. RETES)		Medio de envío:	
Persona de contacto:	939 789		Aéreo ()	Fluvial ()
Telefono:			Terrestre ()	Otro (X)
Correo electrónico:	KATHERINHUARAC@gmail.com		Fecha:	10/07/2023
Cotización de Referencia:	230241		Hora:	13:15 P.M.

CÓDIGO DE LABORATORIO	ID CLIENTE	CÓDIGO DEL PUNTO DE MUESTREO O LOTE	CULTIVO	FECHA DE MUESTREO (DD-MM-AA)	HORA DE MUESTREO (24 h)	TIPO DE MUESTRA (*)	PAQUETES DE ANÁLISIS / PARAMETROS (**)	OBSERVACIONES SOBRE LA MUESTRA
	426	EP-01		09/07/23	12:00 PM	ESTIÉRCOL PORCINO	gr: HUEVEDO, % SOLIDOS TOTALES, % SOLIDOS VOLATILES, % C, % N y HUEVEDO C/N.	
	426	EC-01		09/07/23	17:00 PM	ESTIÉRCOL VACA		
OBSERVACIÓN: EN EL INFORME COLOCAR EL NOMBRE DE DOS PERSONAS.								
						* KATHERIN THOJANINY HUARAC CADILLO	DNI: 73056766	
						* NAHELY NICOL MORE PENA	DNI: 72752706	

MUESTRADOR:	FIRMA:	TIPO DE MUESTRA (*)	RECEPCIÓN DE LABORATORIO (No llenar)		
KJHC	<i>Katherin HG</i>	S: SUELO / SED. SEDIMENTO FO: FERTILIZANTE ORGÁNICO FI: FERTILIZANTE INORGÁNICO	CONFORMIDAD DE RECEPCIÓN	CONDICIONES DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
LUGAR DE MUESTREO		A: Agua Superficial (AS): R: Agua de Río L: Agua Superficial de Lago/Laguna	Fecha de recepción:	Envases adecuados y en buen estado	
Departamento:	LINA	A: Agua Subterránea (ASB): Agua de Manantial Agua Termal Agua de Pozo	10-07-2023	SI NO <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Provincia:	HUARAL		Hora de recepción:	SI NO <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Distrito:	HUARAL		13:22		
Fundo:	CENTRO POBLADO RETES		Recibido por:		
			<i>Micaela NORBUENA</i>		

ANOBA LAB S.A.C.
Soluciones Analíticas y Consultoría
RECIBIDO
FECHA 10/07/2023

[Handwritten Signature]

COMPROMETIDOS CON LA AGRICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE

Anexo 5. Informe de Ensayo (IEFO3509) – Estiércol de porcino



INFORME DE ENSAYO IEFO3509

INFORMACION GENERAL

CUENTE	KATHERIN JHOJANNY HUARAC CADILLO	TIPO DE MUESTRA	Estiércol de Porcino
DIRECCION	Huaral - Huaral - Lima	LUGAR / ZONA	C.P. Retes - Dtto. Huaral, Prov. Huaral - Lima
RUC/DNI	73056766	HORAS Y FECHA DE MUESTREO	9/07/2023 12:00 horas
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis de Materia Orgánica Sólida	FECHA DE INICIO	11/07/2023
TESISTAS	Katherin Jhojanny Huarac Cadillo / Mahely Nicoll More Peña	FIN DE ENSAYO	17/07/2023
ID ANOBA	FO233508	ID CLIENTE	426 EP - 01
PROYECTO	"APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"		

RESULTADO DE ANALISIS

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RESULTADO
FISICO-QUIMICOS			
Humedad	-	g/100g	72.24
Sólidos Volátiles	-	g/100g	66.91
Sólidos Totales	-	g/100g	27.76

MACRONUTRIENTES

Nitrógeno Total	(N)	g/100g	2.27
Carbono Total	(C)	g/100g	38.81

RELACIONES DE INTERES

Carbono/Nitrógeno	(C/N)	-	17.10
-------------------	---------	---	-------

ANEXO

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	TECNICA
Humedad	g/100g	TMECC 04.11-A Electrometric pH Determinations for Compost. 1:5 Slurry Method	Electrometría
Sólidos Volátiles	g/100g	ME-FO-21 Determinación de Sólidos Volátiles Rev. 01 2023	Gravimetría
Sólidos Totales	g/100g	TMECC 04.11-A Electrometric pH Determinations for Compost. 1:5 Slurry Method	Gravimetría
Nitrógeno Total	g/100g	TMECC 04.02 Nitrogen, Total Kjeldahl Nitrogen, Semi-Micro Kjeldahl Technique	Volumetría
Carbono Total	g/100g	TMECC 05.07 A Matter Method. Loss On Ignition Organic Matter Method	Gravimetría



Emitido: Lima, miércoles, 19 de Julio de 2023

Tel: 01 564 0554
 info@anoba.com.pe www.anoba.com.pe
 Jr. San Isidro Nro. 384 Urb. San Carlos - Lima 07

Comprometidos con la agricultura y el medio ambiente

1/1

IEFO3509

Anexo 6. Informe de Ensayo (IEFO3508) – Estiércol de cuy.



INFORME DE ENSAYO IEFO3508

INFORMACION GENERAL

CLIENTE	KATHERIN JHOJANNY HUARAC CADILLO	TIPO DE MUESTRA	Estiércol de Cuy
DIRECCION	Huaral - Huaral - Lima	LUGAR / ZONA	C.P. Retes - Dtto. Huaral, Prov. Huaral - Lima
RUC/DNI	73056766	HORA Y FECHA DE MUESTREO	09/07/2023 17:00 horas
ENSAYOS SOLICITADOS	Análisis de Materia Orgánica Sólida	FECHA DE INICIO	11/07/2023
TESISTAS	Katherin Jhojanny Huarac Cadillo / Mahely Nicolli More Peña	FIN DE ENSAYO	17/07/2023
ID ANOBA	FO233508	ID CLIENTE	426 EC - 01
PROYECTO	"APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"		

RESULTADO DE ANALISIS

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD	RESULTADO
FISICO-QUIMICOS			
Humedad	-	g/100g	51.18
Sólidos Volátiles	-	g/100g	88.60
Sólidos Totales	-	g/100g	48.82
MACRONUTRIENTES			
Nitrógeno Total	(N)	g/100g	1.42
Carbono Total	(C)	g/100g	51.39
RELACIONES DE INTERES			
Carbono / Nitrógeno	(CN)	-	36.19

ANEXO

PARAMETROS	UNIDAD	METODO	TECNICA
Humedad	g/100g	TMECC 03.09-A Total Solids and Moisture at 70±5°C	Electrometría
Sólidos Volátiles	g/100g	MF-PO-21 Determinación de Sólidos Volátiles Rev. 03 2023	Gravimetría
Sólidos Totales	g/100g	TMECC 03.09-A Total Solids and Moisture at 70±5°C	Gravimetría
Nitrógeno Total	g/100g	TMECC 04.02 Nitrogen, Total Kjeldahl Nitrogen, Semi-Micro Kjeldahl Technique	Volumetría
Carbono Total	g/100g	TMECC 05.07-A Matter Method, Loss On Ignition Organic Matter Method	Gravimetría

ANOBA LAB S.A.C.
 Dirección de Laboratorio
 Quím. Angel Rosendo Sotillo
 Soluciones Analíticas y Consultoría
 C.P. N° 737
 Emitido: Lima, miércoles, 19 de Julio de 2023

Anexo 7. Fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LIMA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección: CENTRO POBLADO DE RETES			
Semana N° (01)	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH):	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este: 257154.00
06/11/2023 - 12/11/2023	7 DIAS		Norte: 8730822.00

N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						Presión (PSI)		
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)					
			Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	T1: 0	T2: 0	T3: 0
01	06/11/2023	20:00 PM	16.3	29.0	22.65	35	99	67.0	T1: 0	T2: 0	T3: 0
02	07/11/2023	20:00 PM	19.1	28.5	23.8	30	99	64.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0
03	08/11/2023	20:00 PM	17.5	29.3	22.9	32	99	65.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0
04	09/11/2023	20:00 PM	16.7	27.4	22.05	28	99	63.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0
05	10/11/2023	20:00 PM	16.9	29.2	23.05	29	99	64.0	T1: 0	T2: 0	T3: 0
06	11/11/2023	20:00 PM	17.7	29.5	23.6	28	99	63.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0
07	12/11/2023	20:00 PM	18.3	30.1	24.2	28	99	63.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0
Promedio			17.5	28.86	23.18	30	99	64.5	T1: 0	T2: 0	T3: 0

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	12/11/2023	16:00 PM	6.27	24.6	0	0
02	EP-RO	12/11/2023	16:10 PM	6.27	27.2	0	0
03	EP-EC-RO	12/11/2023	16:20 PM	6.51	25.7	0	0

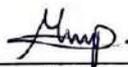
Descripción del equipo utilizado		
Ítem	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4
03	pH metro	pHep® + H198108

Observaciones:

KATHERIN THOJANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo


Firma

MAHELY NICOL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo


Firma

Pablo Javier Reyes Silva
Especialista


Firma

PAOLO JAVIER REYES SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LIMA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección: CENTRO POBLADO DE RETES			
Semana N° (02)		Tiempo de Retención Hidráulico (TRH): 7 DIAS	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S
13/11/2023 - 19/11/2023			
			Norte: 8730822.00

N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)			Presión (PSI)
			Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	
01	13/11/2023	20:00 PM	18.5	24.5	23	34	99	66.5	T1: 7 T2: 5 T3: 9
02	14/11/2023	20:00 PM	18.3	26.4	22.35	35	99	67.0	T1: 8 T2: 6 T3: 9
03	15/11/2023	20:00 PM	18.1	28.3	23.2	33	99	66.0	T1: 8 T2: 6 T3: 10
04	16/11/2023	20:00 PM	17.9	29.1	23.5	30	99	64.5	T1: 9 T2: 7 T3: 11
05	17/11/2023	20:00 PM	17.6	29.6	23.6	29	99	64.0	T1: 10 T2: 9 T3: 11
06	18/11/2023	20:00 PM	19.2	27.7	24.45	32	99	65.5	T1: 11 T2: 9 T3: 12
07	19/11/2023	20:00 PM	17.1	28.3	22.7	33	99	66.0	T1: 11 T2: 10 T3: 13
Promedio			18.1	28.41	23.26	32.29	99	65.65	T1: 9.14 T2: 7.43 T3: 10.71

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	19/11/2023	16:00 PM	6.82	28.5	8.5	0.0085
02	EP-RO	19/11/2023	16:10 PM	6.71	27.9	7.3	0.0073
03	EP-EC-RO	19/11/2023	16:20 PM	7.21	29.7	9.7	0.0097

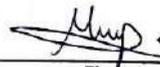
Descripción del equipo utilizado		
Ítem	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4
03	pH metro	pHep® - HI98108

Observaciones:

KATHERIN THOJANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo


Firma

MAHELY NICOL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo


Firma

Pablo Javier Rayo Silva
Especialista


Firma

PABLO JAVIER RAYO SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LINA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección: CENTRO POBLADO DE RETES			
Semana N° (03)	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH): 7 DÍAS	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este: 257154.00
20/11/2023 - 26/11/2023			Norte: 8730822.00

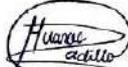
N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)			Presión (PSI)
			Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	
01	20/11/2023	20:00 PM	18.3	34.1	26.2	29	99	64.0	T1: 8 T2: 7 T3: 9
02	21/11/2023	20:00 PM	18.1	33.3	25.7	27	99	63.0	T1: 8 T2: 7 T3: 10
03	22/11/2023	20:00 PM	17.9	32.5	25.2	30	99	64.5	T1: 9 T2: 8 T3: 12
04	23/11/2023	20:00 PM	18.5	33.6	26.05	28	99	63.5	T1: 10 T2: 8 T3: 12
05	24/11/2023	20:00 PM	16.3	32.7	24.5	27	99	63.0	T1: 12 T2: 9 T3: 13
06	25/11/2023	20:00 PM	19.5	33.0	26.25	28	99	63.5	T1: 12 T2: 10 T3: 13
07	26/11/2023	20:00 PM	18.7	31.7	25.2	31	99	65.0	T1: 12 T2: 11 T3: 13
Promedio			18.19	32.99	25.59	32	99	63.5	T1: 10.14 T2: 8.57 T3: 11.71

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	26/11/2023	16:00 PM	6.97	28.1	9.3	0.0093
02	EP-RO	26/11/2023	16:10 PM	6.85	27.3	7.9	0.0079
03	EP-EC-RO	26/11/2023	16:20 PM	7.25	28.1	10.3	0.0103

Descripción del equipo utilizado		
Ítem	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4
03	pH metro	pHep + HI98108

Observaciones:

KATHERIN JOHANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo


Firma

MAHELY NICOLL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo


Firma

Pablo Javier Reyes Silva
Especialista


PABLO JAVIER REYES SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LIMA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección: CENTRO POBLADO DE RETES			
Semana N° (04)	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH):	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este: 257157.00
27/11/2023 - 03/12/2023	7 DIAS		Norte: 8730822.00

N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)			Presión (PSI)
			Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	
01	27/11/2023	20:00 PM	20.1	33.9	27.0	36	99	67.5	T1: 9 T2: 7 T3: 10
02	28/11/2023	20:00 PM	17.8	30.8	24.3	31	99	65.0	T1: 9 T2: 7 T3: 11
03	29/11/2023	20:00 PM	19.3	32.5	25.9	35	99	67.0	T1: 9 T2: 7 T3: 12
04	30/11/2023	20:00 PM	19.7	31.5	25.6	34	99	68.0	T1: 11 T2: 9 T3: 12
05	01/12/2023	20:00 PM	20.2	33.7	26.95	37	99	68.0	T1: 12 T2: 9 T3: 13
06	02/12/2023	20:00 PM	18.9	29.5	24.2	35	99	67.0	T1: 12 T2: 9 T3: 13
07	03/12/2023	20:00 PM	18.5	30.1	24.3	34	99	66.5	T1: 12 T2: 10 T3: 14
Promedio			19.21	31.71	25.46	30	99	64.5	T1: 10.57 T2: 8.29 T3: 12.14

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	03/12/2023	16:00 PM	6.95	29.6	9.8	0.0098
02	EP-RO	03/12/2023	16:10 PM	6.87	28.5	7.8	0.0078
03	EP-EC-RO	03/12/2023	16:20 PM	7.41	30.2	10.5	0.00105

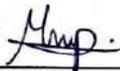
Descripción del equipo utilizado		
Item	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4"
03	pH metro	pHep + H198108

Observaciones:

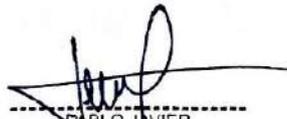
KATHERIN JHOVANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo


Firma

MANELY NICOLL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo


Firma

Pablo Javier Reyes Silva
Especialista


PABLO JAVIER REYES SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LIMA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección: CENTRO POBLADO DE RETES			
Semana N° (05)	Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este: 257157.00
04/12/2023 - 10/12/2023	7 días		Norte: 2730822.00

N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)			Presión (PSI)
			Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio	
01	04/12/2023	20:00 PM	21.5	32.1	26.8	37	93	65.0	T1: 9 T2: 7 T3: 11
02	05/12/2023	20:00 PM	22.0	32.5	27.25	36	94	65.0	T1: 9 T2: 8 T3: 11
03	06/12/2023	20:00 PM	21.7	31.8	26.75	35	94	64.5	T1: 10 T2: 8 T3: 12
04	07/12/2023	20:00 PM	20.5	33.5	27.0	34	95	64.5	T1: 11 T2: 8 T3: 13
05	08/12/2023	20:00 PM	21.8	32.3	27.05	34	92	63.0	T1: 11 T2: 10 T3: 13
06	09/12/2023	20:00 PM	20.1	35.1	27.6	37	94	65.5	T1: 11 T2: 10 T3: 14
07	10/12/2023	20:00 PM	20.9	30.8	25.85	36	92	64.0	T1: 12 T2: 11 T3: 14
Promedio			21.21	32.59	26.9	35.57	93.43	64.5	T1: 10.43 T2: 8.86 T3: 12.57

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	10/12/2023	16:00 PM	7.23	31.8	9.6	0.0096
02	EP-RO	10/12/2023	16:10 PM	6.88	28.9	8.2	0.0082
03	EP-EC-RO	10/12/2023	16:20 PM	7.51	32.3	10.7	0.0107

Descripción del equipo utilizado		
Ítem	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4
03	pH metro	pHep ⁺ + HI98108

Observaciones:

KATHERIN THOJANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo

Huarac Cadillo
Firma

MAHELY NIGULL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo

Mhp.
Firma

Pablo Javier Reyes Silva
Especialista

Pablo Javier Reyes Silva
Firma

PABLO JAVIER REYES SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Proyecto: "APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL PORCINO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS OBTENIDO EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL CENTRO POBLADO DE RETES, 2022"			
Región: LIMA PROVINCIA	Provincia: HUARAL	Distrito: HUARAL	
Dirección:			
Semana N° (06)	Tiempo de Retención Hidráulico (TRH):	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S	Este: 257157.00
11/12/2023 - 17/12/2023	7 DIAS		Norte: 8730822.00

N°	Fecha	Hora de registro	Parámetros IN SITU						
			Temperatura del ambiente (°C)			Humedad (%)			Presión (PSI)
			Min.	Máx.	Promedio	Min.	Máx.	Promedio	
01	11/12/2023	20:00 PM	22.5	32.1	27.3	37	91	64.0	T1: 5 T2: 4 T3: 7
02	12/12/2023	20:00 PM	22.3	29.4	25.85	37	90	63.5	T1: 6 T2: 4 T3: 7
03	13/12/2023	20:00 PM	22.1	30.5	26.3	37	90	64.0	T1: 6 T2: 5 T3: 7
04	14/12/2023	20:00 PM	22.4	32.1	27.25	38	91	64.5	T1: 8 T2: 6 T3: 9
05	15/12/2023	20:00 PM	22.2	29.6	25.9	37	91	64.0	T1: 9 T2: 8 T3: 10
06	16/12/2023	20:00 PM	23.1	31.1	27.1	38	92	65.0	T1: 9 T2: 8 T3: 11
07	17/12/2023	20:00 PM	23.3	31.5	27.4	38	92	65.0	T1: 10 T2: 10 T3: 11
Promedio			22.56	30.09	26.7	37.57	91.00	64.27	T1: 7.57 T2: 6.43 T3: 8.86

N°	Código de Campo	Fecha	Hora de muestreo	Parámetros IN SITU			
				pH	T (°C)	Biogás	
						Litros	m³
01	EP-EC	17/12/2023	16:00 PM	6.49	28.8	7.7	0.0077
02	EP-RO	17/12/2023	16:10 PM	6.44	27.9	6.5	0.0065
03	EP-EC-RO	17/12/2023	16:20 PM	6.78	28.1	8.4	0.0084

Descripción del equipo utilizado		
Ítem	Nombre del equipo	Característica
01	Termohigrómetro	Modelo HTC-2 (Temperatura del ambiente y Humedad)
02	Manómetro	0-300 PSI (0-20 bar), 2.5" 1/4
03	pH metro	pHep ⁺ + H198108

Observaciones:

KATHERIN JOHANNY HUARAC CADILLO
Responsable de monitoreo


Firma

MAHELY NICOLL MORE PEÑA
Responsable de monitoreo


Firma

Pablo Javier Reyes Silva
Especialista


PABLO JAVIER REYES SILVA
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP N° 171609

Anexo 8. Certificado de calibración del Termohigrómetro
Laboratorio Metroológico Evalúa Perú SAC



**LABORATORIO METROLÓGICO
EVALÚA PERÚ S.A.C.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
EP-001404**

Expediente : 0276-2023
Fecha de emisión : 13/07/2023

Página : 1 de 3

1. SOLICITANTE : MORE PERA MAHELY NICOLL

DIRECCIÓN : -

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

MARCA : NO INDICA
MODELO : HTC-2
N° DE SERIE : NO INDICA
PROCEDENCIA : NO INDICA
IDENTIFICACIÓN : EP-001404
UBICACIÓN : NO INDICA

Descripción	Humedad	Temperatura IN	Temperatura OUT
Alcance	10% H.R. a 99% H.R.	- 10 a 50°C	- 50 °C a 70 °C
Resolución	1 %H.R.	0.1°C	0.1°C

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE EVALUA PERU S.A.C.

4. FECHA DE CALIBRACIÓN : 13/07/2023

5. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	23.6	23.7
HUMEDAD RELATIVA	72%	71%

6. MÉTODO:

La calibración se realizó por comparación directa, tomando como referencia el PC-028 "Procedimiento para la calibración de higrómetros y termómetros ambientales", ed 2019 de INACAL-DM

7. PATRÓN DE MEDICIÓN.

Se utilizó patrones trazables a las unidades de temperatura y humedad del Sistema Internacional de Unidades calibrados por el Instituto Nacional de Calidad - INACAL-DM.

Instrumento patrón	Div. de escala / Resolución	Clase de exactitud	N° de Certificado y/o Informe
Termómetro Digital	0.01 °C	±0.05% rdg ± 0.1 °C	LT-155-2023 INACAL-DM
Termohigrómetro Digital	0.1 °C / 0.1 %	±2.0% / ± 0.3 °C	LH-056-2023 INACAL-DM

Este certificado refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizadas todas las mediciones y en las condiciones que se predicaron.

EL LABORATORIO METROLOGICO EVALUA PERU S.A.C. no se hace responsable de los perjuicios que puedan producirse debido al uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

EL LABORATORIO METROLOGICO EVALUA PERU S.A.C. no se responsabiliza del uso inadecuado del presente documento.



Mauricio Saldaña Acaro
Gerente Técnico

Oficina principal y laboratorio: Av. Argentina 523 CC. Acoprom Stand M-04
Teléfono y WhatsApp: (+51) 903 405 126 / (+51) 955 177 872
E-mail: informes@evaluaperu.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO EVALUA PERÚ S.A.C.

8. OBSERVACIONES

La Incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de 95 %
 Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.
 La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

9. RESULTADOS.
PARA EL TERMOMETRO INTERIOR (IN)

INDICACIÓN DEL TERMOMETRO °C	CORRECCIÓN °C	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA °C	INCERTIDUMBRE °C
21.1	-0.6	20.5	0.04
24.2	0.8	25	0.06
29.6	0.5	30.1	0.08

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del termómetro + corrección

PARA EL TERMOMETRO EXTERIOR (OUT)

INDICACIÓN DEL TERMOMETRO °C	CORRECCIÓN °C	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA °C	INCERTIDUMBRE °C
21.3	-0.9	20.4	0.07
25.4	-0.2	25.2	0.06
30.1	0.4	30.5	0.09

Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del termómetro + corrección



Anexo 9. Certificado de calibración del Termohigrómetro – INACAL



Certificado de Calibración

LH - 058 - 2023

Laboratorio de Higrometría

Página 1 de 4

<p>Expediente 1050609</p> <p>Solicitante LABORATORIO METROLOGICO EVALUA PERU S.A.C.</p> <p>Dirección EL PINAR ET. UNO CALLE 11 # 166 URB. EL PINAR COMAS LIMA</p> <p>Instrumento de Medición TERMOHIGROMETRO</p> <p>Indicación DIGITAL</p> <p>Intervalo de Indicación -20 °C a 60 °C ; 0 %hr a 100 %hr (*)</p> <p>Resolución 0,1 °C ; 0,1 %hr</p> <p>Marca CENTER</p> <p>Modelo 318</p> <p>Procedencia TAIWAN</p> <p>Número de Serie 230406244</p> <p>Fecha de Calibración 2023-06-21 al 2023-06-23</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
--	--

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	<p>Responsable del área</p>  <p style="font-size: small;">Firmado digitalmente por DR. LA CRUZ GARCIA Leonilda FAU [00000001], con fecha 2023-06-23 17:30:26</p>	<p>Responsable del laboratorio</p>  <p style="font-size: small;">Firmado digitalmente por QUSPE CUSPUMA D by Berna FAU [00000001], con fecha 2023-06-23 15:32:03</p>
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
 Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/sim/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 058 – 2023

Página 2 de 4

Método de Calibración

Calibración por comparación empleando cámaras de humedad y temperatura ambientales con condiciones controladas

Lugar de Calibración

Laboratorio de Higrometría
Calle De La Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

Temperatura	21 °C ± 2 °C
Humedad Relativa	65 %hr ± 5 %hr

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL	Termómetro Digital con incertidumbre de 0,019 °C	LT-007-2023 Enero 2023
GENAM	Higrómetro Digital con incertidumbre de 0,35 %hr a 1,09 %hr	CNM-CC-420-016/2023 Febrero 2023

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de la Dirección de Metrología - INACAL. Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).

(*) Dato tomado de las especificaciones técnicas del fabricante.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 058 – 2023

Página 3 de 4

Resultados de Medición

PARA EL TERMÓMETRO

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONV. VERDADERA (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (°C)
15,3	15,03	-0,27	0,22
25,3	25,03	-0,27	0,19
40,3	40,01	-0,29	0,21

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$$

PARA EL HIGRÓMETRO

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%hr)	HUMEDAD RELATIVA CONV. VERDADERA (%hr)	CORRECCIÓN (%hr)	INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN (%hr)
28,0	30,0	2,0	1,2
58,8	60,0	1,2	1,3
88,0	90,0	2,0	1,6

La humedad relativa convencionalmente verdadera (HCV) resulta de la relación:

$$HCV = \text{Indicación del higrómetro} + \text{corrección}$$

Nota 1.- El tiempo mínimo de estabilización fue al menos de 30 minutos.

Nota 2.- La temperatura promedio dentro de la cámara climática, durante la calibración del higrómetro, fue 22,22 °C.

Nota 3.- Los resultados mostrados se relacionan únicamente con el instrumento descrito en la página 1 del presente documento de calibración.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Higrometría

Certificado de Calibración LH – 058 – 2023

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Anexo 10. Certificado de calibración del Manómetro
Laboratorio Metrológico Evalúa Perú SAC



**LABORATORIO METROLÓGICO
EVALÚA PERÚ S.A.C.**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
EP-001407**

Expediente : 0278-2023
Fecha de emisión : 2023 - 07 - 14

Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : **MORE PEÑA MAHELY NICOLL**
- DIRECCIÓN : *
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **MANOMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA**
- MARCA : RHITHERM
 MODELO : NO INDICA
 N° DE SERIE : NO INDICA
 INTERVALO DE INDICACIÓN : 0 psi a 300 psi / 0 bar a 20 bar
 RESOLUCIÓN : 5 psi / 0.5 bar
 DIÁMETRO DE ROSCA : 1/4 NPT - TOMA INFERIOR
 DIÁMETRO DE CAJA : 63 MM
 IDENTIFICACIÓN : EP-001407
 UBICACIÓN : NO INDICA
 CLASE DE EXACTITUD : 1.60
3. LUGAR DE CALIBRACIÓN. : INSTALACIONES DE EVALÚA PERU S.A.C.
4. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2023 - 07 - 14
5. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	24.2	23.9
HUMEDAD RELATIVA	64%	65%

6. MÉTODO.
La calibración se realizó tomando como referencia el "Procedimiento PC-004: Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0.05 % F.S. ".
7. PATRÓN DE MEDICIÓN.
Se usó patrones trazables a las unidades de presión, temperatura y humedad, calibrados por el Instituto Nacional de Calidad INACAL-DM.

Instrumento patrón	Div. de escala / Resolución	Clase de exactitud	N° de Certificado y/o Informe
Manómetro de indicación Digital (50 bar)	0.005 bar	0.05 % F.S.	LFP-022-2023 INACAL-DM

Este certificado refleja los resultados obtenidos en la fecha que fueron realizados todas las mediciones y en las condiciones que se practicaron.

EL LABORATORIO METROLOGICO EVALÚA PERU S.A.C. no se hace responsable de los perjuicios que pueden producirse debido al uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

EL LABORATORIO METROLOGICO EVALÚA PERU S.A.C. no se responsabiliza del uso inadecuado del presente documento.




Mauricio Saldaña Acaro
Gerente Técnico

Oficina principal y laboratorio: Av. Argentina 523 CC. Acoprom Stand N-04
Teléfono y WhatsApp: (+51) 903 405 126 / (+51) 955 177 872
E-mail: informes@evaluaperu.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO EVALÚA PERÚ S.A.C.

8. OBSERVACIONES.

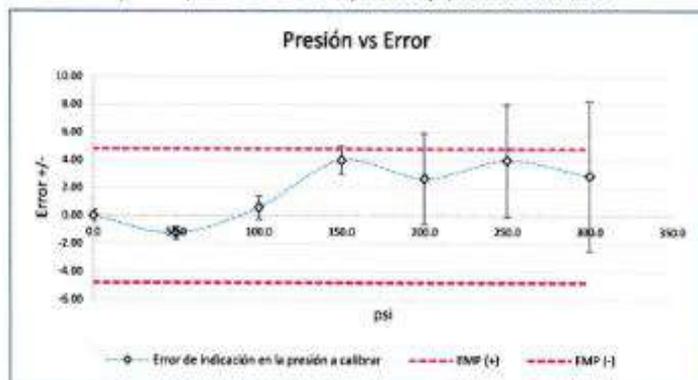
La Incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura $k=2$, para un nivel de confianza de 95 %.
Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.
La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

9. RESULTADOS.

Indicación Equipo a calibrar		Error de Indicación	Error de Histéresis	Incertidumbre
kPa	psi	psi	psi	psi
0.0	0.0	0.00	0.00	0.43
344.7	50.0	-1.25	-0.07	0.43
689.5	100.0	0.58	-0.65	0.87
1034.2	150.0	3.99	-0.80	1.01
1379.0	200.0	2.87	2.83	3.29
1723.7	250.0	3.96	3.49	4.05
2068.4	300.0	2.84	4.64	5.37

Máximo Error absoluto de Indicación	: 3.99	psi
Máximo Error absoluto de Histéresis	: 4.64	psi

El error máximo permitido para manómetros de 0 psi a 300 psi, de clase de exactitud : 1.6 es de \pm 4.80 psi



E.M.P. : Error máximo permitido



FIN DEL DOCUMENTO

Anexo 11. Certificado de calibración del Manómetro – INACAL



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 022 - 2023

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	1049393	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metroológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	LABORATORIO METROLOGICO EVALUA PERU S.A.C.	
Dirección	EL PINAR ET. UNO CALLE 11 # 166 URB. EL PINAR COMAS LIMA	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA	
Intervalo de Indicaciones	0 bar a 50 bar	
Resolución	0,005 bar	
Clase de Exactitud	0,05 % FS (*)	
Marca	AEP TRANSDUCERS	
Modelo	LAB DMM 2	
Número de Serie	936120	
Procedencia	ITALIA	
Fecha de Calibración	2023-01-26	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	Responsable del área	Responsable del laboratorio
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 517, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 540-8500 Anexo 1301
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 022 – 2023

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación de los errores de indicación e histéresis por el método de comparación directa entre los valores de indicación del instrumento bajo calibración y los valores dados por una balanza de presión patrón.

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

	INICIO	FINAL
Temperatura	20,4 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	63,8 %	64,3 %
Presión Atmosférica	990,4 mbar	990,2 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Balanza de Presión LFP 01 008 Clase de exactitud: 0,003 %	CNM-CC-720-399/2018 DE 2018-09-26

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.

(*) Información tomada de su manual.



INACAL
 Instituto Nacional
 de Calidad

Metrología
 Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 022 – 2023

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Indicación del instrumento de medición		Error de medición		Histeréisis	Incertidumbre de medición		Error máximo permitido
[Pa]	[bar]	[bar]	[bar]		[bar]	[bar]	
0	0,000	0,000	-0,001	-0,005	0,005	0,025	0,025
491 000	4,990	0,002	-0,005	-0,005	0,005	0,025	0,025
982 000	9,975	-0,002	-0,005	-0,005	0,005	0,025	0,025
1 473 000	14,960	0,000	-0,005	-0,005	0,005	0,025	0,025
1 964 000	19,940	-0,005	-0,005	0,000	0,000	0,025	0,025
2 455 000	24,920	-0,002	-0,005	0,000	0,000	0,025	0,025
2 946 000	29,905	-0,000	-0,005	0,000	0,000	0,025	0,025
3 437 000	34,890	-0,004	-0,005	0,000	0,000	0,025	0,025
3 928 000	39,875	-0,003	-0,005	-0,005	0,000	0,025	0,025
4 419 000	44,860	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025
5 000 000	50,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025

Error de desviación = Error de medición + Histeréisis





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 022 – 2023

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.