

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



Una Institución Adventista

Implementación de un sistema de producción de biogás
Para uso doméstico, como propuesta al manejo
Adecuado del estiércol de ganado vacuno de la
Población ganadera del caserío Carrerapampa; San
Pablo, Cajamarca – 2019

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Anny Alesandria Alva Aguilar
Diana Abigail Leiva Sobrino

Asesor:

M.Ing. Dayani Shirley Romero Vela

Tarapoto, diciembre del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

M.Ing. Dayani Shirley Romero Vela, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA USO DOMÉSTICO, COMO PROPUESTA AL MANEJO ADECUADO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO DE LA POBLACIÓN GANADERA DEL CASERÍO CARRERAPAMPA; SAN PABLO, CAJAMARCA – 2019 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN”** constituye la memoria que presenta el (la) / los Bachiller(es) Anny Alesandria Alva Aguilar y Diana Abigail Leiva Sobrino para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Morales, a los 24 días del mes de diciembre del año 2020



M.Ing. Dayani Shirley Romero Vela

Nombres y apellidos del asesor

000102

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Campus Universitario Milton Afonso, Distrito de Morales, Tarapoto, San Martín a 23 días del mes de diciembre, del año 2020, siendo las 09:30h, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, bajo la dirección del Señor Mr. Andres Erich Gonzalez Lopez Presidente del Jurado:

siguientes: Mtra. Betsabeth Teresa Pachilla Macedo y los demás miembros Ing. Juan Elizabeth Vargas Vargas Secretario,

vocales; y Mtra. Danyani Shirley Romero Vela asesor;

con el propósito de llevar a cabo el acto público de la sustentación de tesis titulada: Implementación de un Sistema de Producción de biogas para uso doméstico, como propuesta al Manejo adecuado del material de Ganado vacuno de la población ganadera del caserío Carrerampa, San Pablo, Cajamarca - 2019.

Presentada por el/los Bachiller/es:

Anny Alexandria Alva Aguilar
Diana Abigail Leiva Sobrino

conducente a la obtención del Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental
El señor Presidente inició el acto académico, invitando al/los candidato/s hacer uso del tiempo requerido para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente del Jurado invitó a los miembros del mismo a realizar las preguntas y cuestionamientos correspondientes, los cuales fueron absueltos por el (los) candidato (s). En seguida, el Jurado procedió a las deliberaciones respectivas, luego se registró en el acta el dictamen siguiente:

Bachiller: Anny Alexandria Alva Aguilar
aprobada por unanimidad
con el mérito académico adicional de Excelencia (19) y

Bachiller: Diana Abigail Leiva Sobrino
aprobada por unanimidad
con el mérito académico adicional de Excelencia (19)

El Presidente del Jurado solicitó al/los candidato/s ponerse de pie. Luego el Secretario realizó la lectura del acta con el resultado final del acto académico, procediéndose inmediatamente a registrar las firmas respectivas.

.....
Presidente

B. P.
.....
Secretario

.....
Asesor

.....
Vocal

.....
Vocal

.....
Vocal

.....
Candidato

.....
Candidato

Esta sustentación fue realizada de manera virtual y online
Sicrónicas, conforme al Reglamento General de Grados y
Títulos.

DEDICATORIA

A nuestro Dios por su cuidado y bendición, a mi familia por su apoyo incondicional, a mis padres por la formación académica, a nuestra asesora por su dedicación, a mi compañera, a nuestros amigos de Carrerapampa por su colaboración.

Anny Alesandria Alva Aguilar

A mis padres, porque gracias a ellos he logrado ser una persona de bien, con principios y valores. Muchos de mis logros se los debo a ellos incluyendo este y a cada persona que me motiva a seguir avanzando.

Diana Abigail Leiva Sobrino

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por permitirme lograr una de mis metas con las grandes bendiciones en el proceso de desarrollo en esta investigación, por la vida y la salud, en segundo lugar agradecer de manera especial a mi esposo el Ingeniero Juan David Chávez Cueva quien me brindó apoyo incondicional, su valioso tiempo, dedicación y asesoría para la ejecución y redacción del proyecto de investigación, en tercer lugar a mis hijos Giosué Emanuel y José Andrés por ser pacientes, darme su apoyo y cariño, por ultimo agradezco esta investigación a mis padres Teresita Aguilar y Cristian Alva porque gracias a su educación eh logrado ser una persona de principios y valores, por su amor y apoyo incondicional.

Anny Alesandria Alva Aguilar

En primer lugar a Dios por la vida, cuidado y protección en todo momento, a mis padres por su apoyo y amor, a mi prometido Alderson Luna, por su paciencia y apoyo, a mis hermanas por su fortaleza y ánimos para poder avanzar, a mi hermana de corazón Anny Alva, por su dedicación y apoyo, nuestra Asesora Dayani Shirley Romero Vela por su compromiso y a cada persona y compañero de trabajo que siempre estuvieron pendiente de mis avances, motivándome a crecer personal y profesionalmente.

Diana Abigail Leiva Sobrino

Índice

1.1.	Identificación del problema.	xiv
1.1.1.	Problema General.	xv
1.1.2.	Problemas Específicos	xv
1.2.	Justificación de la investigación	xvi
1.3.	Presuposición Filosófica	xviii
1.4.	Objetivos	xx
1.4.1.	Objetivo General	xx
1.4.2.	Objetivos Específicos.	xx
2.1.	Antecedentes	xxi
2.1.1.	Antecedentes Internacionales	xxi
2.1.2.	Antecedentes Nacionales	xxii
2.1.3.	Antecedentes Regionales o Locales	xxiv
2.2.	Marco Legal	xxv
2.2.1.	Constitución Política del Perú – 1993	xxv
2.2.2.	Ley 28611 – Ley General del Ambiente.	xxvi
2.2.3.	Ley 26842 - Ley General de Salud.	xxvi
2.2.4.	Ley 29338 - Ley de Recursos Hídricos.	xxvi
2.2.5.	Ley 27314 - Ley General de Residuos Sólidos.	xxvi
2.2.6.	Ley 30355 - Ley de Promoción y desarrollo de la agricultura familiar.	xxvi
2.2.7.	Ley 30754 - Ley marco sobre Cambio Climático.	xxvi
2.2.8.	DS 011-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.	xxvii
2.3.	Marco Conceptual	xxvii
2.3.1.	Energías Renovables	xxvii
2.3.2.	Sólidos Totales	xxviii
2.3.3.	Sólidos Volátiles	xxviii
2.3.4.	Biofertilizante Líquido	xxviii
2.3.5.	Biofertilizante Sólido	xxviii
2.3.6.	Digestión Anaerobia	xxviii
2.3.7.	Biomasa.	xxviii
2.3.8.	Almacenamiento – Bolsa de almacenamiento	xxix
2.3.9.	Temperatura Psicrófila	xxix
2.3.10.	Temperatura Mesófila	xxix
2.3.11.	Temperatura Termófila	xxix
2.3.12.	Ácido Sulfhídrico	xxix

2.4.	Marco Teórico.....	xxix
2.4.1.	Estiércol	xxix
2.4.2.	Biogás	xxxii
2.4.3.	Biodigestores.....	xxxv
2.4.4.	Biodigestión	xli
2.4.5.	Parámetros Operacionales.....	xlii
3.1.	Lugar de Ejecución	45
3.2.	Población y Muestra	46
3.2.1.	Población.....	46
3.2.2.	Muestra	46
3.3.	Materiales y Equipos.....	47
3.4.	Método de Investigación.....	49
3.4.1.	Diseño de la Investigación	49
3.4.2.	Tipo de la Investigación	49
3.5.	Formulación de Hipótesis	50
3.5.1.	Hipótesis General.....	50
3.6.	Identificación de Variables Variable.....	50
-	Variable Independiente	50
-	Variable Dependiente.....	50
3.7.	Análisis Estadístico	53
3.8.1.	Cálculos del biodigestor piloto - Relación1:3.....	53
3.8.2.	Cálculos del biodigestor piloto - Relación 1:4.....	54
3.8.3.	Resumen de los Tratamientos	55
3.9.	Procedimiento	55
4.1.	Resultados	56
4.1.1.	Resultados – Primer Objetivo	56
-	Oxígeno Disuelto.	61
4.1.2.	Resultados – Segundo Objetivo	62
-	Cantidad de Estiércol para producir biogás.	64
4.1.3.	Resultados – Tercer Objetivo.....	62
	Imagen 21. Potencial de Hidrógeno - Biodigestor Tubular	62
4.1.4.	Resultados – Cuarto Objetivo	68
4.2.	Discusión.....	71
4.2.1.	Discusión – Relación eficiente.....	71
4.2.2.	Discusión – Dimensionamiento del Biodigestor.....	71
4.2.3.	Discusión – Comportamiento de parámetros fisicoquímicos.....	73

4.2.4. Discusión – Generación de biogás	73
CAPÍTULO V	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	82

Índice de Imágenes

Imagen 1. Aplicaciones del biogás	xxxv
Imagen 2. Funcionamiento de un biodigestor	xxxvi
Imagen 3. Biodigestor tipo Chino	xxxvii
Imagen 4. Biodigestor tipo Indiano.....	xxxviii
Imagen 5. Biodigestor Horizontal	xxxix
Imagen 6. Biodigestor Batch o discontinuo	xl
Imagen 7. Proceso de Digestión Anaerobia	xli
Imagen 8. Lugar de ejecución	45
Imagen 9. pH – Relación 1:3	56
Imagen 10. Temperatura - 1:3.....	57
Imagen 11. Oxígeno Disuelto – Relación 1:3.....	57
Imagen 12. pH – Relación 1:4	58
Imagen 13. Temperatura – Relación 1:4.....	59
Imagen 14. Oxígeno Disuelto – Relación 1:4.....	59
Imagen 15. Comparación de pH	60
Imagen 16. Comparación de Temperatura	60
Imagen 17. Comparación de Temperatura	61
Imagen 18. Corte transversal de un biodigestor.....	66
Imagen 19. Corte A de la zanja para el biodigestor.....	67
Imagen 20. Corte B de la zanja para el biodigestor.....	68
Imagen 21. Potencial de Hidrógeno - Biodigestor Tubular	62
Imagen 22. Temperatura - Biodigestor Tubular.....	63
Imagen 23. Temperatura - Biodigestor Tubular.....	64
Imagen 24. Instalación biodigestor piloto - relación 1:4.....	82
Imagen 25. Instalación biodigestor piloto - relación 1:3.....	82
Imagen 26. Medición de parámetros fisicoquímicos.....	83
Imagen 27. Medición de parámetros fisicoquímicos.....	83
Imagen 28. Área donde se asentará el biodigestor tubular.....	84
Imagen 29. Zanja excavada.....	84
Imagen 30. Acondicionamiento de la zanja	85
Imagen 31. Instalación del biodigestor.....	86
Imagen 32. Nivelación del tubo de entrada.....	87
Imagen 33. Conducción del biogás	87
Imagen 34. Válvula de Seguridad	88
Imagen 35. Construcción de la Caseta	88
Imagen 36. Instalación del almacenamiento	89
Imagen 37. Instalación de la manguera a la cocina.....	90
Imagen 38. Poza de Entrada.....	90
Imagen 39. Presentación del proyecto a la población.....	91
Imagen 40. Reunión con la población.....	91
Imagen 41. Pesado del estiércol.....	92
Imagen 42. Mezcla de estiércol y agua Fuente: Elaboración.....	93
Imagen 43. Proceso de funcionamiento del Biodigestor.....	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Energías Renovables.....	xxvii
Tabla 2. Composición media de estiércol fresco de diferentes animales (% materia seca)	xxxii
Tabla 3. Características del Biogás	xxxiii
Tabla 4. Composición del Biogás	xxxiii
Tabla 5 Relación Carbono/Nitrógeno.	xlili
Tabla 6. Producción de estiércol fresco diario	46
Tabla 7. Materiales y Equipos empleados en el Proyecto.....	47
Tabla 8. Operacionalización de variables	51
Tabla 9 .Matriz de Consistencia.....	52
Tabla 10. Tiempo de retención según temperatura	53
Tabla 11. Volumen de sustrato según Relación.	55
Tabla 12 Diferencias emparejadas.	62
Tabla 13. Producción de biogás	65
Tabla 14. Dimensiones del biodigestor según ancho de rollo.....	67
Tabla 15. Factores de producción de Biogás	69
Tabla 16.Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor 1:3.....	97
Tabla 17.Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor 1:4.....	98
Tabla 18.Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor Tubular Carrerapampa.....	99

LISTADO DE ACRÓNIMOS

C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

ECA: Estándares de Calidad Ambiental

EPA: Agencia de Protección del Medio

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

MINAGRI: Ministerio de Agricultura y Riego

OD: Oxígeno Disuelto

PB: Producción de biogás. **PBd:** Producción de biogás diario.

pH: Potencial de hidrógeno

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad Agraria

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

T: Temperatura

TRH: Tiempo de Retención Hidráulico

VG: Volumen de gas

VL: Volumen del Líquido

VT: Volumen Total

RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado en el caserío de Carrerapampa, provincia de San Pablo - Cajamarca, teniendo como objetivo evaluar si la propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás para uso doméstico contribuye al manejo adecuado del estiércol de ganado, para ello se realizaron pruebas a dos mezclas con relaciones de 1:3 y 1:4 para determinar cuál es la más eficiente la cual fue aplicada en el biodigestor tubular de polietileno, además se desarrollaron los cálculos necesarios para que el biodigestor tubular sea dimensionado en respuesta a la demanda de biogás, éste tuvo una longitud de 6.7 metros con un ancho de rollo 1.5 metros, el volumen del líquido fue 3600 litros de sustrato y 1200 litros de biogás de esta manera se evaluó el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del sustrato por 45 días para poder obtener el biogás calculado, la investigación tuvo un diseño experimental con un enfoque mixto, los resultados mostraron que la mezcla con relación 1:3 fue más eficiente, por otro lado los aspectos técnicos en la construcción del biodigestor compensaron la demanda de combustible, los parámetros – temperatura, pH y OD - mostraron estabilidad e inclinación al desarrollo favorable de la actividad metanogénica produciendo el volumen esperado, concluyendo que el sistema favorece al manejo del estiércol del ganado vacuno ofreciendo beneficios potenciales como el aprovechamiento biogás.

Palabras clave: Biodigestor tubular, biodigestor piloto, biogás, sustrato.

ABSTRACT

The research work was carried out in the village of Carrerapampa, province of San Pablo - Cajamarca, with the objective of evaluating whether the implementation of a biogas production system for domestic use contributes to the proper management of cattle manure, tests were carried out on two mixtures with ratios of 1: 3 and 1: 4 to see the most efficient one used in the geomembrana tubular biodigester, in addition the calculations were made so that the tubular biodigester is dimensioned in response to the biogas demand, it had a length of 6.7 meters with a roll width of 1.5 meters, the volume of the liquid was 3600 liters of substrate and 1200 liters of biogas in this way the behavior of the physicochemical parameters of the substrate was evaluated for 45 days to obtain the calculated biogas, the research had an experimental design with a mixed approach, the results showed that the mixture with a 1: 3 ratio was more efficient, on the other hand the technical aspects in the construction of the biodigester compensated the fuel demand, the parameters - temperature, pH and DO - showed stability and inclination to the favorable development of methanogenic activity producing the expected volume, concluding that the system favors the management of cattle manure offering potential benefits such as the use of biogas.

Keywords: Tubular biodigester, pilot biodigester, biogas, substrate.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema.

La FAO estima que el ganado es responsable del 18% de las emisiones de gases que producen el efecto invernadero, un porcentaje mayor que el del transporte. El sector pecuario produce el 9% de las emisiones antropogénicas de CO₂, gran parte a causa de la ampliación de los pastizales y de las tierras agrícolas destinadas a la producción de forrajes, y genera un volumen todavía mayor de emisiones de otros gases que tienen más potencial de calentar la atmósfera: hasta un 37% del metano antropogénico, casi todo procedente de la fermentación entérica de los rumiantes, y el 65% del óxido nitroso antropogénico, la mayor parte procedente del estiércol (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2006)

La investigación “Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América”, cita a la Agencia de Protección del Medio (EPA) he indica que : El estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no hay un control en el almacenamiento, el transporte o la aplicación, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales (Pinos et al., 2012).

La expansión de la agricultura y ganadería intensiva se han establecido mayoritariamente en áreas con escasas de agua. El agua es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y de cultivo (Aliaga, 2017).

En el Perú, la población de ganado vacuno es de 5.2 millones de cabezas, con un incremento de 14.7% y 35.3% en comparación a los años 1994 y 1972. El 63.9% son criollos,

siendo las razas predominantes Brown Swiss (17.6%), Holstein (10.3%) y Cebú (3.4%). El 73% está en la sierra, 12% en la costa y 15% en la selva (SINEACE, 2015).

Las cuencas lecheras más productoras son Cajamarca con el 18.2%, Arequipa con el 17.9% y Lima con un 17.8%; sin embargo, las regiones con las mayores tasas anuales en los últimos 10 años en crecimiento, son Ica con el 11.65%, Cusco con el 10.54% y Junín con un 10.46% (MINAGRI, 2017).

Considerando que la ganadería en el Perú, es una actividad de suma importancia y desarrollada en casi todo el país, aprovechando no solo la carne de los ganados tanto vacuno; porcino o bovino, sino también la leche y sus derivados de algunos de ellos. Y teniendo en cuenta que el Ministerio de Agricultura –MINAGRI- indica que el departamento de Cajamarca es una de las cuencas y zonas lecheras más importantes y productoras en el país, por lo tanto, uno de los departamentos donde existe mayor presencia de crianza de ganado y variedad de razas, razón principal para buscar alternativas de aprovechamiento o manejo del sistema ganadero.

El caserío de Carrerapampa, se encuentra ubicado en el distrito de San Pablo, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca, tiene como parte de sus actividades económicas la crianza de ganado vacuno, con una cantidad aproximada de 55 cabezas de ganado entre 10 familias. Teniendo conocimiento del impacto negativo que produce el inadecuado manejo de las excretas del ganado vacuno y la calidad de vida de la población, se considera el planteamiento de los siguientes problemas.

1.1.1. Problema General

¿Cómo la propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás para uso doméstico en la población ganadera del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Se podrá determinar la mezcla eficiente entre agua – estiércol a través de biodigestores piloto en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?
- ¿Se evaluará los parámetros fisicoquímicos (T°, pH y OD) del biodigestor tubular desarrollado en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?
- ¿Se dimensionará el biodigestor tubular a partir de la necesidad energética en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?
- ¿Se podrá generar biogás a partir del estiércol de ganado, producido en el proceso de tratamiento en el caserío de Carrerapampa, San Pablo?

1.2. Justificación de la investigación

El sector pecuario es uno de los principales causantes de impactos negativos sobre el medio ambiente, generando contaminación al agua, suelo y aire, esto provocado por el uso inadecuado y sobre explotación de los recursos:

- Agua: Contaminación por excretas, las cuales pueden llegar al agua por rutas puntuales o difusas.
- Suelo: Erosión y degradación del suelo por pastizales.
- Aire: Emisión de gases de efecto invernadero

El inadecuado manejo del estiércol del ganado, hace que este sea uno de los principales contaminantes de esta actividad, al ser vertidos directamente a los desagües o fuentes pequeñas de agua provocando que estos tengan como destino final los ríos, además de emanar gases de efecto invernadero a la atmósfera; por ende, es determinante gestionar el manejo adecuado del estiércol cuando se refiere a contaminación ambiental.

La Guía de Buenas Prácticas, menciona en el apartado de Manejo Ambiental: Las excretas deberán manejarse de acuerdo a las normas establecidas por las autoridades nacionales

competentes, a fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua y la proliferación de plagas, insectos, roedores y fauna nociva al igual que la emisión de olores molestos (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, 2011).

El estiércol del ganado vacuno, bajo un adecuado manejo puede ser un insumo fundamental en la producción de biogás, la misma que se convierte en una fuente alternativa de energía renovable. De esta manera, se obtienen beneficios funcionales por la reducción de los gases causantes del efecto invernadero (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, 2011).

En la publicación Biodigestores en el Perú - 2011 se indica que desde 1970, se iniciaron acciones de investigación y promoción de biodigestores en el Perú, se han desarrollado diversos emprendimientos que han permitido madurar en el aprendizaje de la utilización de éstos en diferentes aspectos: tecnológicos, económicos, sociales, logísticas (MINAGRI, 2011).

A continuación, se muestra experiencias en Perú, muestran que el uso del biodigestor es una alternativa eficiente y eco amigable para mejorar la calidad de vida de las poblaciones.

- Fundo América: Fundo privado ubicado en el distrito de Santa Rita de Siguan en la provincia de Arequipa. El fundo está dedicado a la producción de leche y cultivo de hortalizas, contando con 700 cabezas de ganado. Desarrollaron dos proyectos financiados por INNOVATE PERÚ relacionados a la generación de energía eléctrica a partir de biogás (MINAGRI, 2011).
- Fundo las Tayas: Cuenta con 70 ganados vacunos, 80 hectáreas de Taya y 10 hectáreas de alfalfa que son abonadas con biol producto de los biodigestores desde el 2005. Está ubicado en el distrito Pueblo Nuevo, provincia de Chepén en la Libertad (MINAGRI, 2011).
- Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM) San Martín: El PEAM a través de su Dirección de Desarrollo Agropecuario ejecutó el “Proyecto Ganadero Regional” asesorando en la

instalación y funcionamiento de biodigestores, desde el inicio del proyecto se instaló 12 biodigestores de varias escalas según el ganado y producción esperada (MINAGRI, 2011).

- Soluciones Prácticas: Soluciones Prácticas, ha investigado y adaptado la tecnología de Biodigestores Tubulares Unifamiliares desde el año 2007, en asociación con Ingeniería sin Fronteras (ISF), Green Empowerment, y la Universidad Politécnica de Catalunya; con el fin de facilitar el acceso a una energía limpia para cocción de alimentos en familias rurales, que disminuya el consumo de leña y sus efectos en la salud de las mujeres y niños especialmente; así como el aprovechamiento del biol en la actividad agrícola. Al final se tuvo 24 biodigestores en localidades rurales de la región Cajamarca (MINAGRI, 2011).

Conociendo estas experiencias en nuestro país y en la región Cajamarca, se propone el sistema de producción de biogás como manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno de la población ganadera del caserío Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca.

En octubre del 2019, se realizó una charla informativa y de consulta con la mayoría de los pobladores del caserío Carrerapampa, en la cual identificamos el desconocimiento de la población respecto a alternativas de manejo de excretas de ganado vacuno y como estas contribuyen al cuidado del medio ambiente; así mismo hicieron de nuestro conocimiento la necesidad de mejorar sus estufas, necesidad que estaría siendo suplida con la generación del biogás gracias al manejo adecuado del estiércol de ganado de vacuno. De esta manera se mejora la calidad del medioambiente por ser una alternativa eco amigable y la calidad de vida de la población.

1.3. Presuposición Filosófica

La tierra es hogar de más de 7 mil 400 millones de seres humanos, además de diversas especies de flora, fauna y otros elementos que conforman el medioambiente; por ello es de suma importancia su cuidado y preservación para poder desarrollarnos de manera armoniosa.

Por este motivo Reina & de Valera, (2009) en su revisión de la Santa Biblia encuentran un sin número de detalles, pero como inspiración Divina, Jesucristo desde la creación del mundo, indicaba la responsabilidad del ser humano para con su creación.

- Génesis 1:31 describe así: “Y vio Dios todo lo que había hecho, y he aquí que era bueno en gran manera. Y fue la tarde y la mañana el día sexto”. Dios en su amor y sabiduría, creó un mundo perfecto para el hombre; a pesar del ingreso del pecado, esta tierra sigue siendo buena en gran manera, siendo el hombre el que más se beneficia con todas sus bondades y recursos.
- Génesis 2:15 describe así: “Tomó, pues, Jehová Dios al hombre, y lo puso en el huerto de Edén, para que lo labrara y lo guardase”. La tierra y todo lo que en ella habita, fue dado al hombre para que lo administre, hacer uso equilibrado de los recursos que la naturaleza ofrece. Debemos comprender que en nuestro vivir, deben existir acciones eco amigables con el medioambiente (de Reina & de Valera, 2009).
- Salmos 24:1-2: El salmista David menciona lo siguiente “De Jehová es la tierra y su plenitud; El mundo, y los que en él habitan. Porque él la fundó sobre los mares, Y la afirmó sobre los ríos se detalla de la siguiente manera. Todo cuanto existe sobre la faz de la tierra le pertenece a Dios, él es creador, dueño y señor. Si nosotros, somos cuidadosos con las cosas que nos pertenecen, de tal manera que no podamos fallar a otras personas. Cuanto aún más debemos ser cuidadosos y protectores de la creación de Dios, considerando que el más beneficiado es el hombre al convivir en un ambiente saludable y armonioso para que pueda desarrollarse de manera armoniosa (de Reina & de Valera, 2009).

Elena de White, en su libro Mensaje para los jóvenes menciona que Dios nos ha rodeado del hermoso escenario de la naturaleza para atraer e interesar la mente. Su propósito es que asociemos la naturaleza con su carácter divino. Si estudiamos fielmente el libro de la

naturaleza, hallaremos que es una fuente fructífera para contemplar el amor infinito y el poder de Dios, además de su inmensidad en cada detalle.

Por lo tanto, el sustento para realizar la investigación tiene como antecedente principal a la Santa Biblia, apoyada en los escritos de la hermana Elena G. de White, los cuales nos dan a conocer mensajes acerca de la conservación y protección de los recursos naturales, optando por convivir siempre de manera armoniosa con la creación de Dios.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar si la propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás para uso doméstico de la población ganadera del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la mezcla eficiente entre agua – estiércol a través de biodigestores piloto en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (T°, pH y OD) del biodigestor tubular desarrollado en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.
- Dimensionar el biodigestor tubular a partir de la necesidad energética del hogar en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.
- Generar biogás a partir del estiércol de ganado, producido en el proceso de tratamiento en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.

CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En la publicación “Biogas Potential Of Organic Waste In Nigeria” se menciona los beneficios de la producción de biogás en Nigeria a partir de excrementos de animales, como de cabra, oveja, cerdo, aves de corral y desechos de mataderos, los residuos generados en Nigeria son aproximadamente 542.5 millones de toneladas lo cual permite producir alrededor de 25.53 billones de m^3 de biogás, permitiendo desplazar el uso de combustibles fósiles y a la vez disminuir considerablemente los problemas ambientales (Nguma, Ogbulie, & Amadi, 2013).

En “Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral - Ecuador” se plasma el diseño de un biodigestor como propuesta al manejo de estiércol, buscando resolver la problemática ambiental que genera; espera producir gas metano y abono. El resultado fue que se puede producir gas a través de los excrementos y así reducir el impacto ambiental y también remplazar el uso de combustibles fósiles por uno amigable con el medioambiente (Arce, 2011).

Bautista (2008), en su tesis “Efectos de Agregados al Estiércol de Bovino de Desechos de manzana en la Producción de Biogás – México” realizó tres tratamientos con diferentes cantidades de restos de manzana añadidas al estiércol, buscando cuál aumentaría la cantidad de producción de biogás. El tratamiento tres afirma que la producción de biogás a partir del estiércol de bovino aumenta siete veces más al añadirle restos de manzana, teniendo un efecto positivo para el gas producido.

El estudio “Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno - Bogotá” menciona la factibilidad técnica y

económica para la implementar una planta de generación de Biogás a gran escala, se llevó a cabo con la recolección de estiércol de 1300 reses para la obtención de 500 kW de energía eléctrica a través de un motor que funciona a base de diésel y biogás, los excrementos fueron descompuestos por medio de un biodigestor. Además, realizó un estudio económico para determinar la viabilidad de su investigación (Mantilla, Carlos, & Galeano, 2007).

Ruiz, (2017) desarrolló la investigación “Aprovechamiento del estiércol bovino generado en el municipio de Cumbal- Nariño para obtener energía renovable mediante digestión anaerobia” menciona que es una alternativa prometedora el uso de biodigestores para la descomposición de los excrementos de cuy y aguas residuales lácteas, y recalca que dependerá de los usuarios el mantenimiento y control que hay que dar al sistema.

La investigación “Uso de estiércol bovino para la generación de gas metano en un biodigestor - México” fue desarrollada en el laboratorio de la UAAAN-UL con biodigestores elaborados a nivel de laboratorio, se recogió cuatro muestras de estiércol, cada una con distintas cantidades de excremento de bovino para evaluar la reacción anaerobia y a su vez la producción de biogás, a través del estudio realizado el autor puede concluir que la producción de biogás es óptima, amigable con el medioambiente y de gran utilidad para el ser humano (Ávila, 2012).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Salazar, Amusquivar, Llave, & Rivaspalata (2012), en su estudio titulado “Producción de Biogás y Biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna”, diseñaron, construyeron y evaluaron el funcionamiento de un biodigestor familiar de 2 m³ alimentado por excretas de ovino, el biodigestor fue evaluado durante dos meses para analizar la producción de biogás a generarse, además aportan que en la ciudad de Tacna era común la utilización de biodigestores familiares, pero que con el paso del tiempo la utilización de estos fue desplazada por la agricultura y la falta de personal para el mantenimiento del biodigestor.

En la investigación “Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la elaboración de biogás como propuesta al manejo adecuado de los residuos pecuarios en la Granja Ecológica Linderos, Tomayquichua, Ambo, Huánuco 2017” el autor busca determinar si su propuesta contribuye al manejo del estiércol generado en dicha Granja, diseñó un biodigestor tipo discontinuo de polietileno a escala piloto para el manejo adecuado de las excretas de ganado generados en la Granja Ecológica Linderos, a la vez utilizó el estiércol para generar biogás, después de realizar un control de temperatura y presión en el biodigestor durante 40 días pudo llegar a la conclusión que la propuesta resulta beneficiosa tanto para el manejo de las excretas como para el abastecimiento de Gas en el lugar mencionado (España, 2018).

La investigación titulada “Biodigestor para el Tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por el Ganado Vacuno del Fundo de la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015” se desarrolló con el objetivo de realizar el manejo de las excretas que se generan en el Fundo, ya que el autor pudo observar que la cantidad de estiércol generada era significativa, para lo cual propone como solución la construcción de un biodigestor anaeróbico, así mismo contribuyendo a mejorar la calidad de vida de las personas involucradas (Sánchez, 2017).

Pautrat (2010), en su investigación “Diseño de Biodigestor y producción de Biogás con excremento vacuno en la granja Agropecuaria de Yauris - Huancayo” menciona la construcción e instalación de un biodigestor tubular tipo invernadero alimentado con excremento vacuno diluido en agua, durante el proceso de descomposición se llevó un registro de la temperatura, presión y relación C/N, realizó esta propuesta ya que siendo amigable con el medioambiente permite a la vez dar un manejo adecuado para el estiércol y disminuir el impacto ambiental.

Torres & Mendoza (2015), realizó su trabajo de investigación en el camal municipal del distrito de Jazan buscando reducir el impacto ambiental que se producía, ya que estos afectaban las aguas del río Uctubamba y a la vez a los pobladores que se benefician de él. Para dicho

problema propuso el diseño de un biodigestor para descomponer el excremento generado y las aguas del lavado de los pisos, a partir de este sistema obtener biogás para posteriormente emplearlo como combustible ecológico. También se optó por emplear esta investigación como herramienta para las autoridades y contribuir con sus políticas ambientales.

Gonzales, Castillo, Correa, & Retto (2017), en su investigación “Sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos de Ganado vacuno y su aplicación en la agropecuaria campos del CHIRA E.I.R.L” tiene como fin abastecer dos cocinas industriales, una cocina doméstica y doce focos a través del aprovechamiento de las excretas, esto por medio del diseño de un biodigestor modelo tubular, buscando así obtener biogás y cubrir la demanda de energía para iluminación y cocción de los alimentos.

Tay, (2017) en su estudio de investigación “Rendimiento de biogás y biofertilizante en la digestión anaerobia de estiércol de animales y rastrojos en Lambayeque” determinó el rendimiento de biogás y biofertilizante a través de la comparación de tres muestras compuestas por excremento de cuy, vacuno, porcino y aves de corral, cada una de ellas mezclado con rastrojos de maíz, cada mezcla fue puesta en un digestor a escala de laboratorio de 3.5 litros para la pre fermentación, por un mes; posteriormente se colocaron en biorreactor para su digestión anaerobia con una capacidad de 75 litros durante 90 días. Se concluyó que la mezcla de excremento de vacuno y rastrojo de maíz produjo mayor volumen de biogás.

2.1.3. Antecedentes Regionales o Locales

En la revista Biodigestores en el Perú-2011 del MINAGRI se presenta proyectos de emprendimiento en producción de biogás, uno de ellos desarrollado por Soluciones Prácticas, quienes adaptaron la tecnología de Biodigestores Tubulares Unifamiliares, con la finalidad de facilitar el acceso a una energía limpia para cocción de alimentos en familias rurales, que permita disminuir el consumo de leña y sus efectos en la salud; así como el aprovechamiento

del biol en la actividad agrícola. Al final se pudo contar con 24 biodigestores operativos en localidades rurales de la región Cajamarca. (Martí Herrero, 2008).

En la investigación titulada “Evaluación Técnico Económica para abastecer con biogás generado por el estiércol de ganado vacuno para cocinas de la IE San Pablo” desarrollo un prototipo de biodigestores a base de excremento de ganado criados por la institución educativa San Pablo, con la finalidad de obtener biogás y remplazar el consumo de gas licuado de petróleo, concluyendo que la propuesta era rentable y eficiente (Jaramillo, 2016).

Basauri & Terrones, (2018) en “Producción de Biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de Plan de Manejo Ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajamarca” se centró en determinar si la producción de biogás sería una alternativa efectiva para el plan de manejo ambiental de los residuos orgánicos generados en el Camal Municipal de Cajamarca, realizó su investigación en un biodigestor tubular, con el cual obtuvo resultados óptimos. Lo cual le permitió cumplir con el objetivo propuesto.

La investigación “Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío la Zanja – Cajamarca.” a raíz de una problemática con la deficiencia energética del caserío La Zanja plantearon la propuesta de construir un biodigestor, obteniendo biogás y a la vez transformándolo en energía eléctrica, tras la construcción del biodigestor sus resultados confirmaron la rentabilidad de uso del estiércol de ganado (Hernández & Zapata, 2018).

2.2. Marco Legal

2.2.1. Constitución Política del Perú – 1993

El artículo 2, inciso 22 precisa que toda persona tiene derecho a paz, gozar de tranquilidad, disfrutar de su tiempo libre y al descanso, gozar de un ambiente en equilibrio y sea adecuado para su vida. El artículo 7 señala que toda persona tiene derecho a proteger su salud, de sus familiares, comunidad y cooperar en su promoción y defensa (Congreso de la República, 1993).

2.2.2. Ley 28611 – Ley General del Ambiente.

En el artículo 1, declara el derecho necesario a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, además el deber de contribuir en la gestión, protección y conservación ambiental para tener el desarrollo sostenible (Congreso de la República, 2005).

2.2.3. Ley 26842 - Ley General de Salud.

El capítulo VIII, artículo 107, señala que el abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de las excretas, reúso de las aguas servidas y disposición de residuos sólidos estarán sujetos a lo que dicte la Autoridad de Salud Competente (Congreso de la República, 1997).

2.2.4. Ley 29338 - Ley de Recursos Hídricos.

El artículo 34, señala que el uso del agua está condicionado a su disponibilidad, por lo que el uso del agua debe ser eficiente, y promover que se mantenga o mejore las características fisicoquímicas del agua, en beneficio del ambiente y la salud (Congreso de la República, 2009).

2.2.5. Ley 27314 - Ley General de Residuos Sólidos.

El artículo 6, precisa que la gestión y manejo de residuos sólidos son regulados, fiscalizados y sancionados por organismos fiscalizadores (Congreso de la República, 2000).

2.2.6. Ley 30355 - Ley de Promoción y desarrollo de la agricultura familiar.

El artículo 2, resume el fin de la ley: mejorar la calidad de vida de familias dedicadas al agro, reducir la pobreza para encaminar al desarrollo sustentable (Congreso de la República, 2015).

2.2.7. Ley 30754 - Ley marco sobre Cambio Climático.

El inciso 2 del artículo 17 precisa la reducción de deforestación y degradación de bosques, promueve la conservación y aumento de reservas forestales de carbono, a través de proyectos de conservación y sostenibilidad de bosques de donde se rige (Congreso de la República, 2018).

2.2.8. DS 011-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

El artículo 2, señala que los ECA para Suelo tienen aplicación obligatoria para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, los instrumentos son ejecutables para parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios (Congreso de la República, 2017).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Energías Renovables

Son las que provienen de los recursos naturales por los ciclos mismos que se relaciona el, haciendo posible su disposición del recurso de manera permanente (Tamayo, 2011).

Tabla 1
Energías Renovables.

RECURSO	TECNOLOGÍA	ELEMENTOS	APLICACIÓN
SOLAR	Fotovoltaica	Celdas Solares	Electricidad
	Térmica	Colectores	Calor, electricidad
	Pasiva	Muros, ventanas, etc.	Calor, Iluminación
EOLICA	Generación eléctrica	Aerogeneradores	Electricidad
	Fuerza Motriz	Aerobombeo	Fuerza Motriz
BIOMASA	Digestión anaerobia	Biodigestión	Biogás combustible
	Gasificación	Gasificador	Gas combustible
	Pirólisis	Pirosificador	Combustible
	Fermentación	Destilería	Bioetanol
	Alcohólica		
	Esterificación	Unidad de esterificación	Biodiesel
HIDRÁULICA	Combustión	Hornos, calderas	Calor, electricidad
	Centrales	Pequeñas centrales	Electricidad
	Hidroeléctricas	Hidráulica	
OCÉANOS	Pequeño aprovechamiento	Rueda	Fuerza motriz
	Mareas	Barreras, Turbinas	Electricidad
	Olas	Flotadores, columnas, aparatos focalizadores	Electricidad
	Diferencias de temperatura	Turbinas condensadoras	Electricidad

	Corrientes marinas		Electricidad
GEOTERMIA	Generación eléctrica	Plantas de energía	Electricidad
	Usos directos	Aguas termales	Calor, recreación, salud

Fuente: Tamayo, 2011.

2.3.2. Sólidos Totales

Materia orgánica sin humedad, el peso de la materia seca que queda después del secado es equivalente al peso en seco (Reyes, 2017).

2.3.3. Sólidos Volátiles

Materia transformada por las bacterias. Es el peso de los sólidos orgánicos quemados cuando el material seco se enciende, se calienta unos 538 °C (Reyes, 2017).

2.3.4. Biofertilizante Líquido

Proviene de digestores continuos con alta tasa de carga y bajo contenido de sólidos totales, el problema es su comercialización por el estado físico del mismo (Varnero, 2011).

2.3.5. Biofertilizante Sólido

Proviene de biodigestores batch o semicontinuos con poder fertilizante, que luego de ser secado se puede comercializar sin inconvenientes (Varnero, 2011).

2.3.6. Digestión Anaerobia

El estiércol fresco tiene bacterias que siguen digiriéndolo y produciendo metano, dióxido de carbono y otros. Si está en ausencia de aire se produce biogás, (Martí Herrero, 2008).

2.3.7. Biomasa

Son el resultado de los residuos agrícolas y forestales, los residuos orgánicos pueden ser transformados a otras formas de energías además son una energía renovable (Sánchez, 2017).

El uso técnico de la biomasa como fuente de energía se da para producción de calor, producción de gas y como biocombustible (Tamayo, 2011).

2.3.8. Almacenamiento – Bolsa de almacenamiento

Destino del gas después de estar en el digestor, el volumen de este dependerá del consumo e intensidad, por lo que mientras más concentrado sea el consumo en un período corto de {tiempo, la necesidad de almacenar será mayor (Hilbert, s. f.).

2.3.9. Temperatura Psicrofílica

Temperatura con presencia o predominancia de bacterias Psicrofílicas que se desarrollan de manera óptima por debajo de los 20 °C (Tapia, 2016).

2.3.10. Temperatura Mesofílica

Temperatura con presencia o predominancia de bacterias Mesofílicas que se desarrollan de manera óptima entre los 20 °C y los 40 °C (Tapia, 2016).

2.3.11. Temperatura Termofílica

Temperatura con presencia o predominancia de bacterias Termofílicas que se desarrollan de manera optiman por encima de los 40 °C (Tapia, 2016).

2.3.12. Ácido Sulfhídrico

Es un gas sin color, de gusto azucarado y olor a huevo podrido. Arde y forma una mezcla explosiva cuando su concentración llega a 6% (Moncayo, 2017).

2.4. Marco Teórico

2.4.1. Estiércol

Se conoce con este nombre a los excrementos generados por los animales, además que son empleados como fertilizantes para los cultivos agrícolas; en algunos casos está constituido por

más de un desecho orgánico, así como por ejemplo los restos de las camas excremento de los animales con la paja. La mezcla fecal procede del tracto digestivo de los animales contenido por residuos no digeridos de alimentos y factores como enzimas, jugos gástricos, pancreático y células de la mucosa intestinal, bacteria vivas y muertas del colon (España, 2018).

Toala (2013), considera que es la mezcla que existe entre materia fecal y alimentos que no han sido procesados procedentes del tracto digestivo, además de factores como jugos pancreáticos, digestivos, bacterias vivas y muertas del colon, enzimas, células muertas.

2.4.1.1. Contaminación por estiércol

El estiércol es uno de los principales residuos generados en el Perú, ya que el aumento de población humana demanda mayor producción de alimentos de los cuales un 40 % es de origen animal por lo cual crianza de ganado ha ido creciendo en los últimos años, a su vez mayor generación del estiércol, estos pueden provocar impactos negativos si no existe un control, manejo y disposición adecuada de esta, debido a que generan gases contaminantes hacia la atmosfera, otro riesgo de contaminación es en algunos casos por medio de la ingesta de aguas subterráneas a través de los escurrimientos del estiércol en el suelo, pues contiene bacteria patógenas siendo la más común el escherichia coli que produce diarreas y gases abdominales; el suelo también puede ser afectado si el estiércol contiene grandes cantidades de concentración de nutrientes como el nitrógeno y fosforo (Pinos et al., 2012).

2.4.1.2. Ventajas

El estiércol como un recurso valioso que permite que el ciclo de nutrientes pueda ser completado y que mayor parte del nitrógeno sea fijado por las leguminosas y cosechado en formas de forraje y así este pueda regresar al suelo (Cairo & Álvarez, 2017).

El estiércol en estado de compostado puede producir mayor cantidad de humus, lo cual permitiría el aumento de actividad microbiana beneficiando de esa manera al aplicarla en el suelo, a diferencia del uso del estiércol fresco (España, 2018).

2.4.1.3. Desventajas

Barreros, (2017) considera un peligro utilizar el estiércol antes de su descomposición ya que contiene organismos patógenos que son dañinos para la salud humana, provocando enfermedades gastrointestinales; más aún si la aplicación es a los cultivos de alimentos que se consumen de manera directa o fresca.

También existe gran impacto ambiental negativo por la gran acumulación de estiércol en zonas ganaderas ya que no se dan un manejo, disposición final o transporte adecuado de ellas, y estas emiten gases contaminantes al medioambiente perjudicando la salud de las personas involucradas a los alrededores, en la gran mayoría de ganaderos estos no cuentan con un establo, por lo tanto, sus excretas están de manera esparcidas en el campo provocando mayor contaminación (España, 2018).

2.4.1.4. Composición

El estiércol está compuesto por excremento líquido y sólido, esto se debe a que normalmente estos mezclados con rastrojos que son utilizados como cama de los animales tales como la paja o césped; generalmente está compuesto de un 20 a 25 por ciento de materia seca, de 0.37 a 0.60 por ciento de nitrógeno. De 0.25 a 0.35 por ciento de anhídrido fosfórico y de 0.15 a 0.76 de potasio, estos dependientes de la clase o raza del animal, la edad, la dieta o alguna otra característica individual de los animales que de alguna manera pueda influir en algún parámetro (Ignacio, 2014).

El contenido de potasio que posee el estiércol es igual de asimilable que los fertilizantes químicos para las plantas, de manera que el nitrógeno presente en el estiércol se mineraliza de

manera más lenta en periodos de muchos años ya que se encuentra en estado orgánico, permitiendo esto que el efecto fertilizante pueda extenderse por un periodo mucho más largo que un fertilizante químico (Ignacio, 2014).

Tabla 2

Composición media de estiércol fresco de diferentes animales (% materia seca)

NUTRIENTES	VACUNOS	PORCINOS	CAPRINOS	CONEJOS	GALLINAS
Materia orgánica (%)	48.9	45.3	52.8	63.9	54.1
Nitrógeno Total (%)	1.27	1.36	1.55	1.94	2.38
Fosforo Asimilable (%)	0.81	1.98	2.92	1.82	3.86
Potasio (%)	0.84	0.66	0.74	0.95	1.39
Calcio (%)	2.03	2.72	3.2	2.36	3.63
Magnesio (%)	0.51	0.65	0.57	0.45	0.77

Fuente: España, 2018

2.4.1.5. Manejo del estiércol

Uno de los manejos que se da al estiércol es a través de la producción de biogás por medio de un proceso que sufren los excrementos, esto produce diferentes tipos de gases entre ellos metano, gas carbónico, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno, ácido sulfhídrico, aprovechando de manera amigable con el medioambiente en una alternativa sostenible (Morocho, 2012).

El manejo del estiércol debe ser con mucho cuidado, las instalaciones de almacén y manipulación deben ser construidas y operadas de manera que se prevea la contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales, además por el mismo hecho de generar ciertos gases hay que ver por su cuidado (Morocho, 2012).

2.4.2. Biogás

El biogás es una mezcla gaseosa compuesta en su mayoría por metano y dióxido de carbono, considerada como un combustible natural no fósil, su contenido también incluye algunas

impurezas. Es considerado inflamable cuando el biogás posee un porcentaje mayor al 45% de metano, utilizado también como una energía amigable con el medio ambiente, sus características se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3
Características del Biogás

COMPOSICIÓN	55 – 70% METANO (CH ₄) 31 – 45% DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) TRAZAS DE OTROS GASES
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/ m ³ , biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C 1.2 kg m ⁻³
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es inoloro)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻³

Fuente: Varnero, 2011

2.4.2.1. Composición del Biogás

En la siguiente tabla podremos identificar la composición del biogás y el contenido en porcentaje de cada una de ellas.

Tabla 4
Composición del Biogás

COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS		
COMPONENTES	UNIDAD	CONTENIDO
Metano	%	50-75
Dióxido de carbono	%	30-45
Nitrógeno	%	1-2
Oxígeno	%	0.1
Sulfuro de hidrogeno	%	0.01-0.40
Saturación con vapor de agua	%	80-100

Fuente: Moncayo, 2017

2.4.2.2. Aplicación del Biogás

Se enfatiza el uso de biogás en tres principales actividades desarrolladas en cada uno, que se describen a continuación:

- a. *Producción de vapor o calor*: en esta actividad el uso de biogás está destinado a operaciones básicas como la calefacción de hogares o ambientes industriales o en la cocción de alimentos, proporcionando energía térmica para obtener energía calorífica. También es considerado su empleo en los quemadores de gas a través de las cocinas, a pesar de que su requerimiento de calidad es bajo para estos productos y se considera suficientes para alimentar estas operaciones (España, 2018).
- b. *Electricidad*: se menciona que el biogás puede ser usado como electricidad ya que la digestión anaeróbica da como resultado metano y dióxido de carbono los que al ser capturados forman energía (electricidad), siendo así una propuesta de energía renovable y sobretodo ayudara a reducir impactos ambientales negativos (Varnero, 2011). Combustible: Para ser posible el uso de biogás como combustible este debe tener características muy similares a las del gas natural, este uso se ha dado hace mucho tiempo atrás, pudiendo así considerarlo como una opción para su producción por ser una energía limpia (España, 2018).

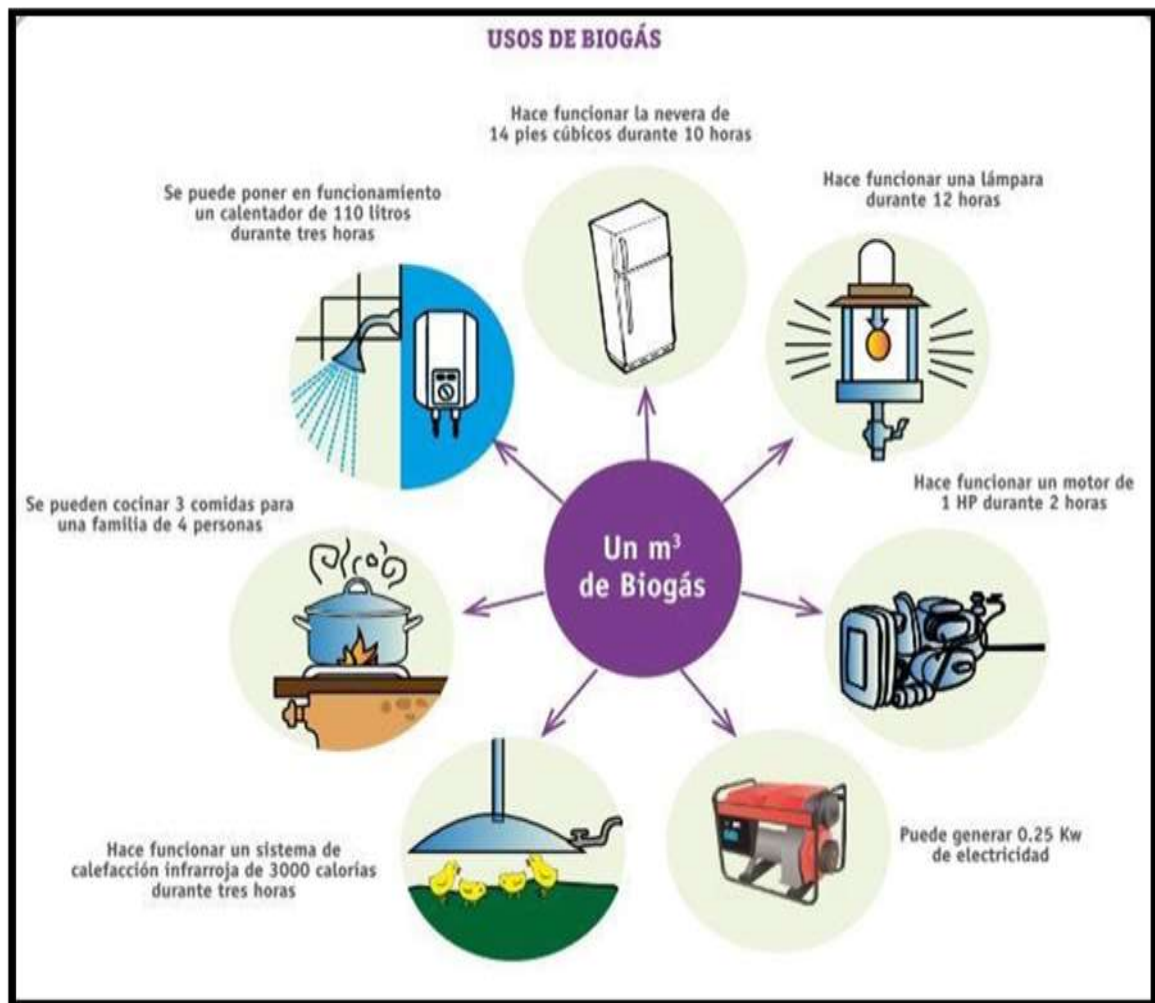


Imagen 1. Aplicaciones del biogás

Fuente: Tapia, 2016

2.4.3. Biodigestores

Es un contenedor cuya utilidad está destinada a la descomposición de material orgánico, la relación esta entre estiércol/agua durante un tiempo de retención para llevarse a cabo la degradación anaerobia, estos produciendo a su vez gas metano y fertilizantes. Para que este proceso se logre el contenedor debe ser cerrado, hermético e impermeable y puede ser construido con diferentes materiales como por ejemplo plástico, metal, ladrillo o cemento (España, 2018).

El biodigestor es un sistema que funciona de manera similar a la de un estómago, ya que genera las condiciones para que la materia orgánica pueda descomponerse y convertirse en biogás y biofertilizantes, dentro del biodigestor se puede notar la ausencia de oxígeno y la presencia de bacteria que aportan al proceso de descomposición (Cotrina & Villanueva, 2013).

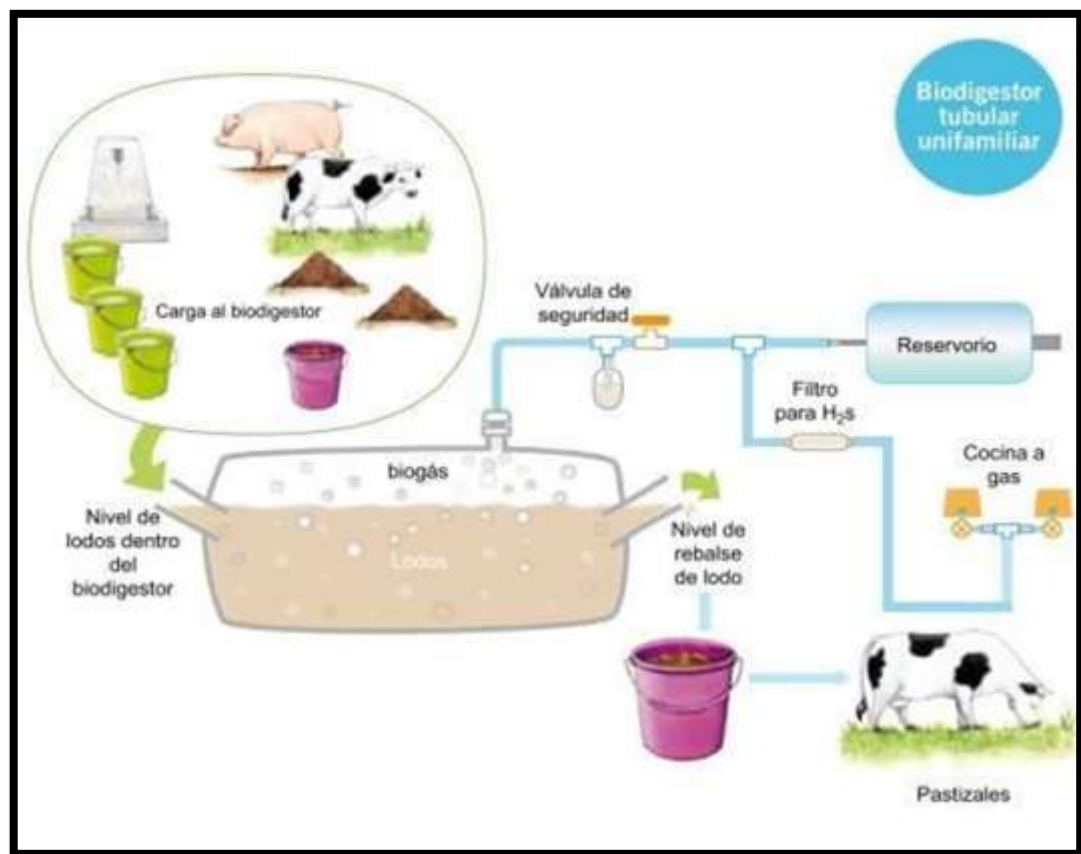


Imagen 2. Funcionamiento de un biodigestor
Fuente: Cotrina & Villanueva, 2013.

2.4.3.1. Tipos de Biodigestores

Están clasificado según su modo de operación y producción teniendo en cuenta su alimentación a través de las cantidades para su misma alimentación, siendo estos los restos orgánicos desde el estiércol de animales hasta aguas negras o domesticas e industriales, entre ellos tenemos:

a. **Modelo chino:** este diseño se construye totalmente enterrado a cierta profundidad según el tamaño del biodigestor, son de forma cilíndrica, el techo y el piso son de forma domo que en su mayoría son de concreto o ladrillo y concreto, no tiene almacenamiento. El proceso inicia introduciendo los residuos mezclados con lodos activos, se alimenta diariamente a través de un tubo. Cada cierto tiempo se extraen líquidos fermentados a través del tubo de salida y una o dos veces al año se vacía por completo el tanque. Este sistema es de baja eficiencia para generar biogás, a pesar de eso es un excelente productor de bioabono.

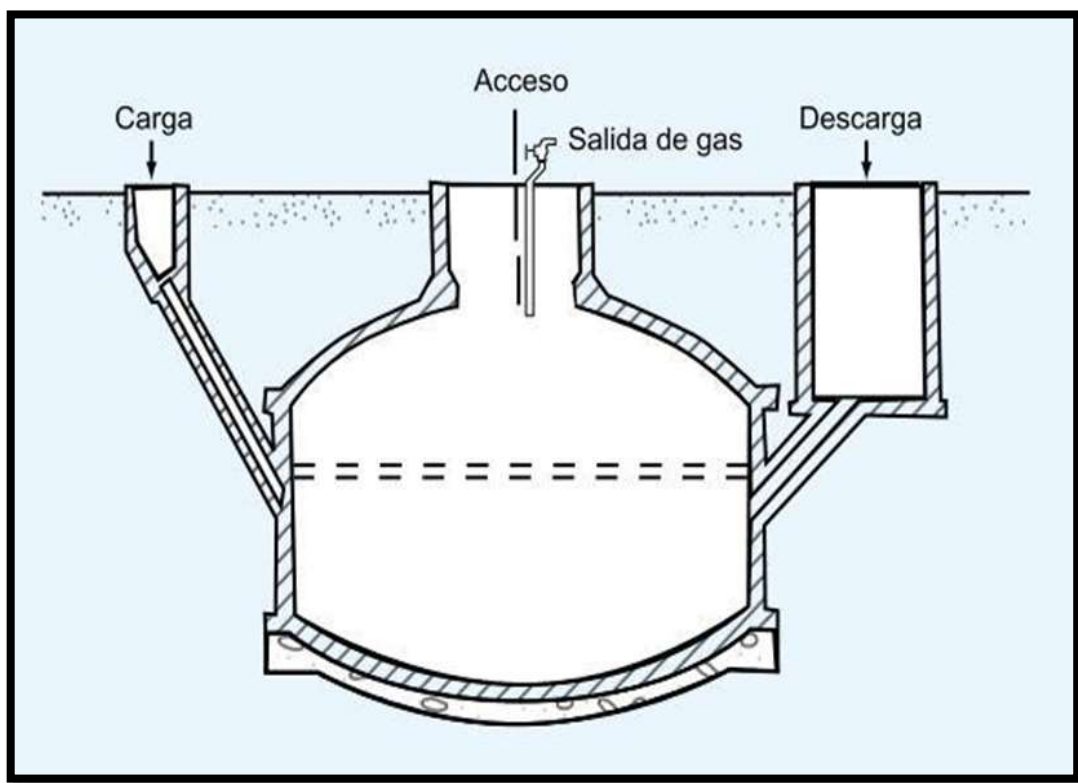


Imagen 3. Biodigestor tipo Chino.

Fuente: Varnero, 2011.

b. **Biodigestores continuos:** Aplicados en industrias, en plantas concentradoras a gran escala debido a la cantidad de biogás que esta genera, se utilizan equipos comerciales o de gran tecnología para alimentar los biodigestores; están alimentados por aguas negras. Su funcionamiento es un proceso interrumpido donde el efluente es igual al afluente, se considera como un sistema complejo desde la entrada a la salida de la carga.

c. **Biodigestores Semi continuos:** Se usa particularmente en los medios rurales para uso doméstico, su proceso consta de ir añadiendo volúmenes nuevos de materia orgánica, en un inicio este almacenamiento posee grandes cantidades de materia primas, se ira agregando los excrementos en función del tiempo de retención hidráulico (Varnero, 2011).

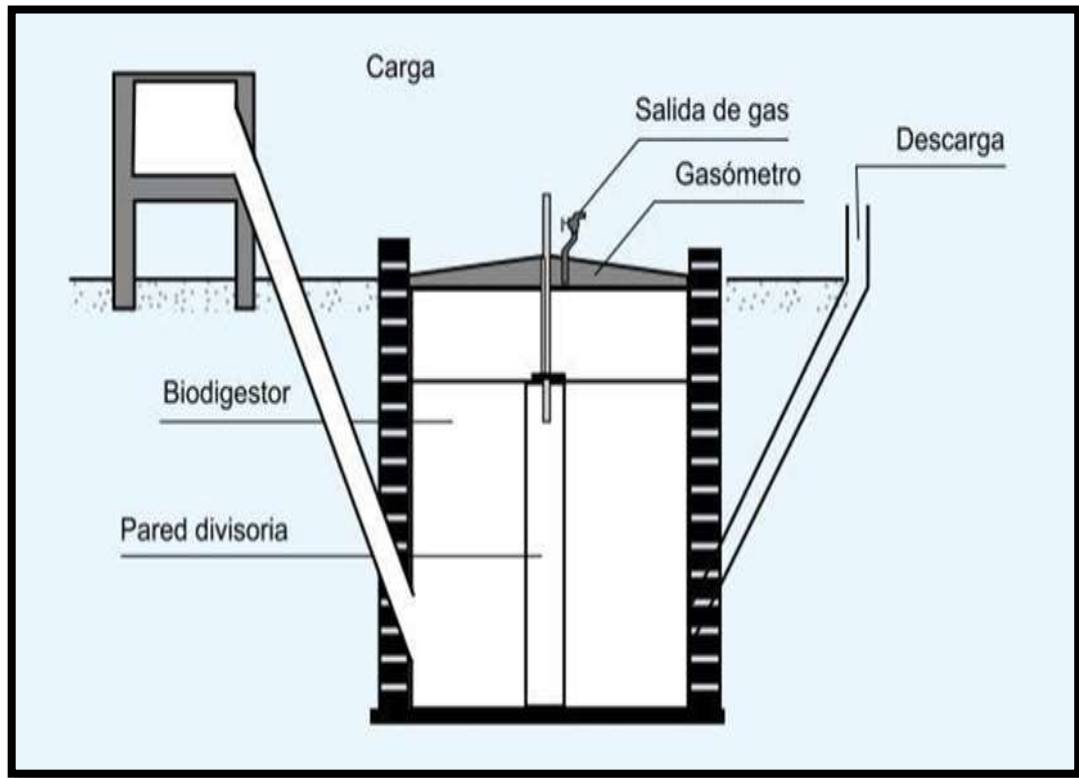


Imagen 4. Biodigestor tipo Indiano.

Fuente: Varnero, 2011

d. **Modelo Indiano:** Usualmente este modelo de biodigestor es enterrado en forma vertical, parecidos a un pozo, estos se cargan diariamente por gravedad hasta el fondo del tanque una vez al día, generando agitación de tal manera que ayuda a salir un volumen equivalente de lodos ya sea desde la superficie o el fondo del pozo según el modelo de construcción. Este tipo de digestor es considerado de buena eficiencia en producción de biogás, este tipo de biodigestor genera entre 0.15 y 0.20 volúmenes de gas por volumen de digestor/día, se sugiere que una o dos veces al año el digestor se purgue completamente aplicando el residuo a los campos de cultivo (Varnero, 2011).

e. Biodigestores Horizontales: están contruidos muy parecidos a un canal siendo largos y poco profundos, la sección transversal puede ser cuadrada, circular o en forma de “V”. la cúpula puede ser rígida o de material flexible como la geo membrana, siempre y cuando sean resistentes a condiciones de intemperie ambiental. Se recomienda la construcción de estos digestores cuando la capacidad a tratarse sea mayor a 15 m^3 , debido a que se generaría dificultades al trabajar en un pozo vertical, este modelo tiene características semejantes a las de un canal por su estructura larga y poca profunda (Varnero, 2011).

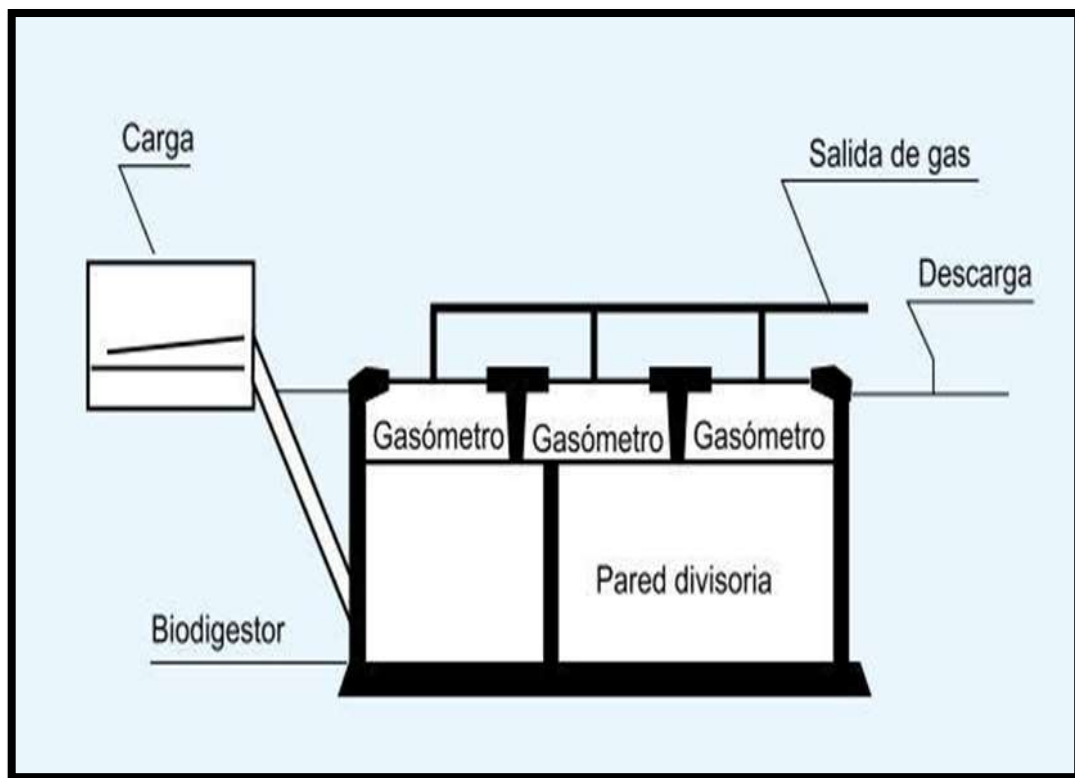


Imagen 5. Biodigestor Horizontal
Fuente: Varnero, 2011

f. Biodigestor discontinuo o de régimen estacionario: Son alimentados en una sola carga o lote desde su puesta en marcha, posterior al llenado se deja descomponer por un periodo de tiempo según el tamaño o cantidad de excremento que se ha empleado, después de que se haya producido la fermentación o biogás, el nivel de producción ira disminuyendo por el

mismo motivo que la alimentación ya es nula y cuando haya llegado a un nivel muy bajo de biogás se vacía el contenedor hasta limpiarlos con la finalidad de que nuevamente se inicie un proceso nuevo. Uno de los más conocidos es el biodigestor Batch que se puede construir enterrado o semi enterrado, este modelo ocupa menos mano de obra ya que la carga y descarga no se hace diaria si no que cada vez que el tiempo de retención se culmina entonces ese es el momento, por ser discontinuo una de sus características es que no necesita agitación, la idea es tener varios digestores para que cuando unos estén en etapa de descarga exista un suplente en etapa de producción (Varnero, 2011).

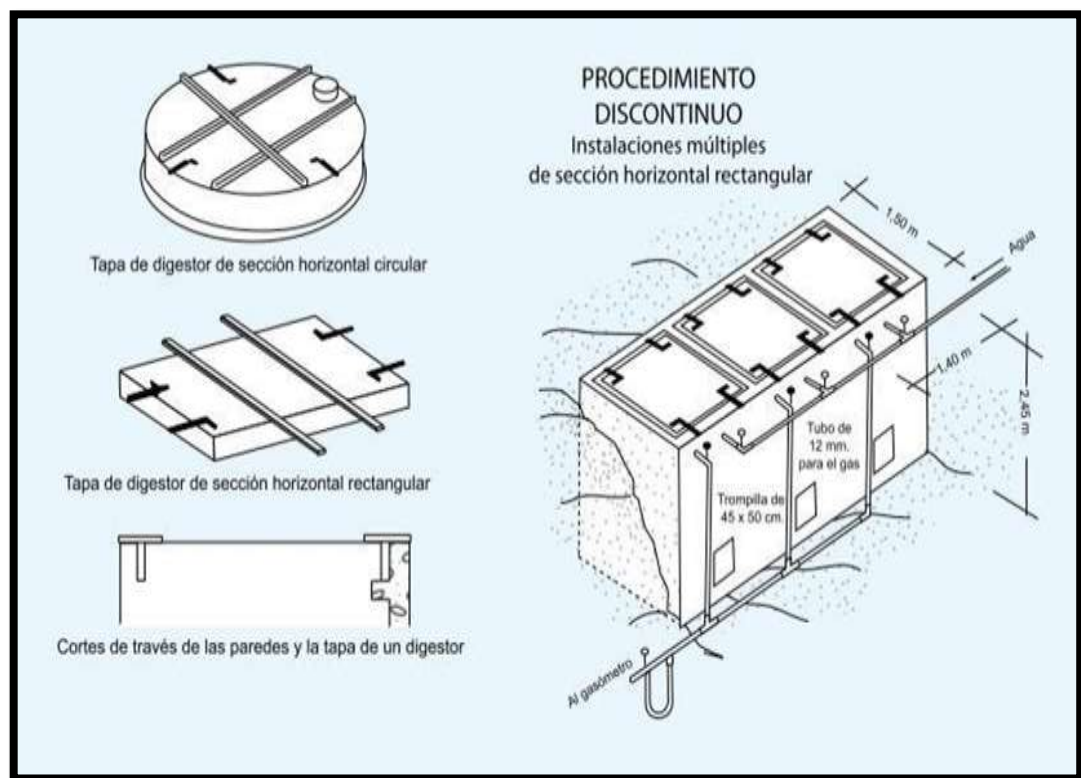


Imagen 6. Biodigestor Batch o discontinuo.

Fuente: Varnero, 2011.

2.4.4. Biodigestión

2.4.4.1. Digestión anaerobia

Es un proceso en el cual la materia orgánica o sustrato es descompuesto en ausencia de oxígeno mediante un consorcio de microorganismos anaeróbicos, substratos orgánicos y en ocasiones inorgánicos; esto da como resultado de la producción de biomasa, metano y dióxido de carbono, además de otros gases. El nitrógeno que no ha sido utilizado para el crecimiento es liberado como amonio y el fósforo en forma de fosfato todo en biogás, el 90% de energía que se encuentra en la materia orgánica usada resulta transformada en biogás, en cambio de 5-7 por ciento es usado para el crecimiento celular para seguir trabajando y de 3- 5 por ciento es perdido como calor por la misma temperatura interna del biodigestor (Paucar, 2015).

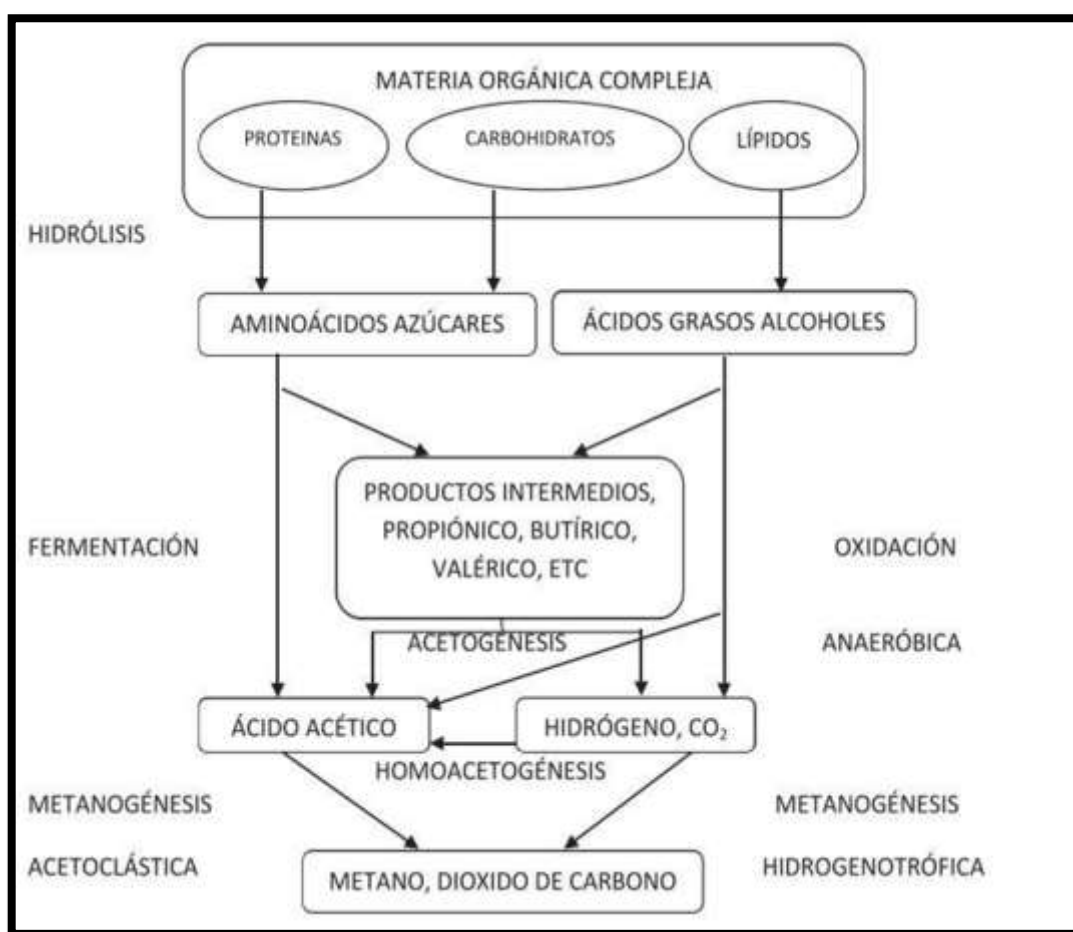


Imagen 7. Proceso de Digestión Anaerobia.

Fuente: Paucar, 2015.

2.4.4.2. Fases de la digestión anaerobia

- a. **Hidrolisis:** en esta etapa partículas y moléculas complejas como grasas, carbohidratos y proteínas son transformadas (hidrolizadas) en moléculas más pequeñas, se lleva a cabo gracias a enzimas llamadas hidrolasas que tienen la capacidad de solubilizar la materia orgánica y romper enlaces siempre y cuando tenga la presencia de agua (Toala, 2013).
- b. **Fermentación:** Aquí los productos obtenidos en la hidrolisis son convertidos en ácidos orgánicos, el material orgánico soluble es convertido en hidrogeno, acetato, alcoholes, ácidos grasos de cadena corta y dióxido de carbono. Uno de los principales productos de la fermentación de carbohidratos son los ácidos grasos volátiles, siendo importantes para la eficiencia de la metanogenesis (Corrales, Antolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015).
- c. **Acetogénesis:** Las bacterias acetogénicas producen acetato, utilizando hidrogeno y dióxido de carbono como su fuente de energía (Bayona & Cortés, 2015).

En esta fase se desarrollan con mayor rapidez los procesos metabólicos bacterianos, para ser utilizados más adelante como fuentes de energía, en esta etapa el ácido acético es resultado de dos diferentes mecanismos como la Acetogénesis por hidrogenación y la Acetogénesis por deshidrogenación (Corrales et al., 2015).

- d. **Metanogénesis:** Etapa que completa el proceso de digestión anaerobia gracias a un grupo de microorganismos productores de metano, que están representados por ochenta y tres especies, estos microorganismos son específicamente anaeróbicos, además estos presentan un crecimiento menor que los demás microorganismos que se involucran en la digestión.

2.4.5. Parámetros Operacionales

2.4.5.1. Tipo de materia prima

Se debe priorizar el uso de materia prima fermentable incluyendo sobre todo los excrementos de los animales, humanos, aguas residuales orgánicas, buscando mantener un equilibrio entre las sales minerales y las fuentes de carbono y nitrógeno (Reyes, 2017).

2.4.5.2. Potencial de Hidrógeno – pH

Se sugiere que el pH óptimo para la digestión anaeróbica es de 7, al alejarse de este valor la eficiencia ira disminuyendo, también influirá en el cambio de los grupos hidrolizables de las enzimas, alterará los compuestos no enzimáticos y es importante recalcar que puede influir en las reacciones químicas y biológicas que se dan en el proceso (Lorenzo & Obaya, 2005).

2.4.5.3. Temperatura

Es considerado uno de los parámetros más importantes debido a que influye de manera decisiva en el proceso anaerobio, dependiendo de él la velocidad de reacción con la que se llevara a cabo cualquiera de los procesos biológicos, se sugiere no trabajar con temperaturas alta debido a que los implementos serán de mayor costo para ser resistentes, también a mayor temperatura habrá mayor gasto de energía en el proceso. Es adecuado trabajar en temperaturas de 25 a 45 grados centígrados ya que se considera una temperatura que ayuda a trabajar a las bacterias anaerobias (Lorenzo & Obaya, 2005).

2.4.5.4. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación adecuada de Carbono/Nitrógeno es de 30:1 para asegurar el crecimiento de los microorganismos cuando la relación es demasiada cercana 10:1 se pierde el nitrógeno a asimilarse lo reducirá la calidad a obtenerse del material digerido, sin embargo, si la relación es muy apartada de 40:1 se retrae el crecimiento por falta de nitrógeno y esto a su vez se merma la producción del biogás (Paucar, 2015).

Tabla 5
Relación Carbono/Nitrógeno

SUSTRATO	% CARBONO	% NITROGENO	RELACION C/N
Estiércol fresco de vaca	16	0.55	29
Estiércol fresco de caballo	10	0.42	24
Estiércol fresco de cerdo	7.8	0.6	13

Fuente: Paucar, 2015.

2.4.5.5. Tiempo de Retención Hidráulico – TRH

Este parámetro se refiere al tiempo que debe de permanecer el efluente orgánico dentro del digestor, para lograr alcanzar los niveles de energía y reducción de carga contaminante adecuado, el tiempo de retención podrá variar según la temperatura ambiental que refiera al lugar donde se instale el biodigestor (Paucar, 2015).

2.4.5.6. Biol

Se considera biol al efluente líquido que resulta del biodigestor, dependiendo del modelo del biodigestor su producción puede ser frecuente o intermitente (Paucar, 2015).

El biol, contiene grandes propiedades como uso de abono agrícola, además de ser un abono líquido y orgánico, es un excelente estimulante foliar para las plantas, cultivos, pastos, a su vez un potenciador del suelo. También estimula y fortalece el desarrollo de las plantas, mejorando la producción de sus frutos, los cultivos se vuelven resistentes al ataque de las enfermedades y los cambios adversos del clima (Tapia, 2016).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de Ejecución



Imagen 8. Lugar de ejecución.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Según Jaime (2008), en “Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares” brinda cantidades referenciales de producción de estiércol por cabeza de ganado según su peso:

Tabla 6
Producción de estiércol fresco diario

Ganado	Kg de estiércol fresco por cada 100 kg de peso del animal
Cerdo	4
Bobino	7
Caprino	4
Conejos	3
Equino	7

Fuente: Jaime, 2008.

Se conoce que el peso de un vacuno oscila entre 300 a 500kg. Se tiene como población el estiércol de vacuno de Carrerapampa; teniendo 55 cabezas de ganado repartidos en una media de 5 por familia, basándonos en la Tabla 6 se consideró que generan de 21 a 35 kg por día cada animal, y los 5 vacunos generan entre 105 y 175 kg de estiércol fresco por día.

En el siguiente cuadro se muestra los porcentajes de nutrientes que contiene el estiércol fresco de ganado vacuno, considerando la raza común (Criolla):

Tabla 7
Composición media de estiércol fresco de ganado vacuno

NUTRIENTES	VACUNOS
Materia orgánica (%)	48.9
Nitrógeno Total (%)	1.27
Fosforo Asimilable (%)	0.81
Potasio (%)	0.84
Calcio (%)	2.03
Magnesio (%)	0.51

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.2.2. Muestra

Se determinó la dependencia de dos factores: la disponibilidad de estiércol y necesidad de combustible en la familia, el primero se sabe de la población, el segundo se conoció a través

de entrevistas, sabiendo la necesidad de combustible (gas), siendo un aproximado de 4 a 5 horas al día por familia.

El volumen total del digestor es 75% líquido más 25% biogás. La muestra se calculó según formula extraída de “Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares” (Martí, 2008).

Se determinó la muestra inicial de carga del estiércol para obtener la cantidad de gas que se necesita en los hogares. La relación con la que iniciaremos el trabajo será 1:3.

- Primer Paso: Volumen del Líquido (Sustrato)

$$VL = Carga\ diaria \times Tiempo\ de\ retención$$

$$Carga\ Diaria. = Carga\ H_2O. + Carga\ Sustrato$$

$$VL = Cd \times TRH$$

$$VL = 80\ lt \times 45\ días$$

$$VL = 3600\ lt \cong 3.6\ m^3$$

Obtenido el VL de $3.6\ m^3$ con la relación 1:3, teniendo una carga de estiércol de 900 kg con 2700 litros de agua, y para alimentarlo diariamente una carga de 20 kg de estiércol y 60 Lt de agua, esto indica entonces como muestra inicial y muestra en conjunto para la carga inicial del biodigestor.

3.3. Materiales y Equipos

Tabla 8

Materiales y Equipos empleados en el Proyecto.

MATERIALES Y EQUIPOS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.0.0	SISTEMA DE BIODIGESTIÓN		
1.1.0	Biodigestores de PVC - Pretratamiento		
1.1.1	Reservorios de PVC x 60 Lt	unidad	2.00
1.1.2	Válvula esférica de PVC de 1/2	unidad	2.00

1.2.0	Biodigestores de PVC - Tratamiento		
1.2.1	Biodigestor de 1.50m x 6.60m x 3mm	unidad	1.00
1.2.2	Almacenamiento de 1.50m x 3.0m x 3mm	unidad	1.00
1.2.3	Tiras de jebe x 50	paquete	1.00
1.2.4	Recarga del sustrato al biodigestor	jornal	2.00
1.3.0	Accesorios de Gasfitería		
1.3.1	Tubos de PVC de 1/2"	unidad	7.00
1.3.2	Tubos de PVC para desagüe de 4"	unidad	1.00
1.3.3	Tubos de PVC para desagüe de 2"	unidad	1.00
1.3.4	Codo de PVC de 1/2"	unidad	8.00
1.3.5	Tee de PVC de 1/2"	unidad	7.00
1.3.6	Unión sin rosca de PVC de 1/2"	unidad	9.00
1.3.7	Adaptador de PVC de 1/2"	unidad	4.00
1.3.8	Válvula esférica de PVC de 1/2"	unidad	4.00
1.3.9	Reducción de PVC de 2" a 1/2"	unidad	2.00
1.3.10	Pasamuro con rosca de 1/2"	unidad	3.00
1.3.11	Manguera para gas HDH	metro	8.00
1.3.12	Abrazadera metálica	unidad	4.00
1.3.13	Cinta Teflón	unidad	5.00
1.3.14	Reducción metálica de 1/2 " a 3/8	unidad	2.00
1.3.15	Pegamento mediano para PVC	unidad	2.00
1.4.0	Zanjas		
1.4.1	Limpieza del terreno 12.0m x 4.0m	jornal	4.00
1.4.2	Apertura de zanja 6.60m x 0.80m x 0.50m	jornal	4.00
1.4.3	Pajilla de pino - colchón biodigestor	sacos	3.00
1.4.4	Plástico de 90 cm X 1.80 ancho	metros	10.00
2.0.0	CASETA DE PROTECCION		
2.0.1	Construccion de paredes y techado	jornal	8.00
2.0.2	Rollizos de eucalipto de 6" x 3m	unidad	8.00
2.0.3	Rollizos de eucalipto de 2" x 3.5m	unidad	4.00
2.0.4	Rollizos de eucalipto de 2" x 7.5m	unidad	4.00
2.0.5	Caña brava x 4m	ciento	1.00
2.0.6	Alambre número 16	kilogramo	2.00
2.0.7	Plástico transparente de 2m x 8m	metros	8.00
2.0.8	Clavos de 2"	kilogramo	1.00
2.0.9	Clavos de 1"	kilogramo	1.00
2.0.10	Rafia	rollos	7.00
2.0.11	Pegamento extrafuerte para objetos	unidad	3.00
2.0.12	Plástico negro de 2m x 9m	metros	9.00
3.0.0	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
3.1.0	Equipos		
3.1.1	Selladora de 45cm - 40 watts	unidad	1.00
3.1.2	Multiparámetro (pH - OD - T°)	unidad	1.00
3.2.0	Herramientas		
3.2.1	Serrucho	unidad	1.00
3.2.2	Palana	unidad	1.00
3.2.3	Baldes de 18 lt	unidad	2.00
3.2.4	Frotacho de metal	unidad	1.00
3.2.5	Martillo	unidad	1.00
3.2.6	Nivel metálico recto de 80 cm	unidad	1.00

3.2.7	Pico	unidad	1.00
3.2.8	Balanza colgante de 25 kg	unidad	1.00
3.2.9	Plancha de 20 cm	unidad	1.00
4.0.0	Otros Gastos		
4.0.1	Asesoría del sistema de biodigestión	Servicio	1.00
4.0.2	Manual de instalación	unidad	100.00
4.0.3	Ensayos de Laboratorio	unidad	1.00
4.0.4	Plastico de 62cm X 1.24m	metros	25.00
4.0.5	Costales negros grandes	unidad	15.00
4.0.6	Viruta metálica	unidad	20.00
4.0.7	Cemento	bolsa	2.00
4.0.8	Ladrillo	millar	0.15
4.0.9	Arena gruesa	m3	1.00
4.0.10	Alimentación	unidad	7.00
4.0.11	Serrucho	carrera	15.00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.4. Método de Investigación

3.4.1. Diseño de la Investigación

Se considera que nuestra investigación presenta un diseño experimental ya que se manipuló la variable independiente buscando un efecto o reacción de la variable dependiente (Sampieri, Collado, & Lucio, 2006).

Sampieri, Collado, & Lucio, (2006) en su publicación “Metodología de la Investigación” mencionan que el diseño del proyecto es experimental cuando la investigación cumple básicamente con dos requisitos, el primer requisito está referido a la manipulación intencional de una o más variables independientes buscando un efecto en la variable dependiente; la segunda necesidad es medir el efecto que causó la variable independiente en la variable dependiente.

3.4.2. Tipo de la Investigación

Se considera que la investigación presenta un enfoque mixto ya que se centró en recolectar, analizar y vincular los datos cuantitativos y cualitativos en una misma investigación con la

finalidad de responder a un planteamiento de problema de esta manera justificando la investigación (Sampieri et al., 2006).

Se recolectará datos cuantitativos (valor numérico: peso, litros) y datos cualitativos como la temperatura, presión, Oxígeno disuelto, además del pH, entre otros. La búsqueda de estos datos responde a los objetivos del proyecto.

3.5. Formulación de Hipótesis

3.5.1. Hipótesis General

H0: La propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno no es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás contribuye al manejo del estiércol de ganado vacuno del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.

H1: La propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás contribuye al manejo del estiércol de ganado vacuno del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.

3.6. Identificación de Variables Variable

- Variable Independiente

Estiércol de ganado vacuno: La Operacionalización de las variables se muestran en la Tabla 9, la matriz de consistencia de detalla en la Tabla 10.

- Variable Dependiente

Biogas

Tabla 9*Operacionalización de variables*

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA USO DOMÉSTICO, COMO PROPUESTA AL MANEJO ADECUADO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO DE LA POBLACIÓN GANADERA DEL CASERÍO CARRERAPAMPA SAN PABLO, CAJAMARCA – 2019.				
TESISTAS: Alva Aguilar Anny Alesandria, Leiva Sobrino Diana Abigail				
VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE	Estiércol de ganado vacuno	Sustrato	Peso del Estiércol	Kilogramos
			Volumen de Agua	Litros
		Estiércol de ganado vacuno + Sustrato	Parámetros fisicoquímicos	Concentraciones
			pH	Escala Numérica
			Temperatura	°C
			Oxígeno Disuelto	%
			Demanda Bioquímica de Oxígeno	Mg/Lt
			Nitrógeno Amoniacal	Mg/Lt
			Sólidos Totales	Mg/Lt
			DEPENDIENTE	Biogás
pH	Escala Numérica			
Temperatura	°C			
Oxígeno Disuelto	%			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10.
Matriz de Consistencia

TÍTULO DEL PROYECTO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA USO DOMÉSTICO, COMO PROPUESTA AL MANEJO ADECUADO DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO DE LA POBLACIÓN GANADERA DEL CASERÍO CARRERAPAMPA SAN PABLO, CAJAMARCA – 2019.					
TESISTAS: Alva Aguilar Anny Alesandria, Leiva Sobrino Diana Abigail					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL		DEPENDIENTE	TIPO	POBLACIÓN
¿Cómo la propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás para uso doméstico en la población ganadera del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?	Evaluar si la propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás para uso doméstico contribuye al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno de la población ganadera del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.	H0: La propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno no es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás contribuye al manejo del estiércol de ganado vacuno del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.	Biogás	Enfoque Mixto	175 kg/día de estiércol de ganado vacuno.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS		INDEPENDIENTE	DISEÑO	MUESTRA
- ¿Se podrá determinar la mezcla eficiente entre agua – estiércol a través de biodigestores piloto en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?	-Determinar la mezcla eficiente entre agua – estiércol a través de biodigestores piloto en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.		Estiércol del ganado vacuno	Experimental	20 kg de estiércol por día
- ¿Se evaluará los parámetros fisicoquímicos (T°, pH y OD) del biodigestor tubular desarrollado en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?	-Evaluar los parámetros fisicoquímicos (T°, pH y OD) del biodigestor tubular desarrollado en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.	H1: La propuesta al manejo adecuado del estiércol de ganado vacuno es viable para la implementación de un sistema de producción de biogás contribuye al manejo del estiércol de ganado vacuno del caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.			
- ¿Se dimensionará el biodigestor tubular a partir de la necesidad energética en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019?	-Dimensionar el biodigestor tubular a partir de la necesidad energética del hogar en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.				
- ¿Se podrá generar biogás a partir del estiércol de ganado, producido en el proceso de tratamiento en el caserío de Carrerapampa, San Pablo?	- Generar biogás a partir del estiércol de ganado, producido en el proceso de tratamiento en el caserío de Carrerapampa, San Pablo, Cajamarca – 2019.				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.7. Análisis Estadístico

En busca de cumplir los objetivos, los análisis estadísticos se realizaron en la prueba preliminar para determinar la eficiencia de las relaciones 1:3 y 1:4 para aplicar la relación más eficiente en el biodigestor tubular, se hicieron observaciones y recojo de información, datos de parámetros como temperatura ambiente, temperatura del sustrato (°C), potencial de Hidrogeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), por 45 días ya que la temperatura ambiental promedio es mayor de 10 °C superior a la del altiplano pero menor que el valle según Martí Herrero (2008). Por lo tanto, se realizó análisis estadístico a través de la prueba t para muestras relacionadas.

3.8. Pruebas Preliminares

Antes de ingresar el sustrato en los biodigestores piloto, consideramos el tiempo de retención, obedeciendo a la temperatura ambiental de la región o zona específica.

Tabla 11
Tiempo de retención según temperatura.

Tiempo de retención según temperatura		
Región o Zona	Temperatura (°C)	Tiempo de Retención (días)
Trópico	30	15
Valle	20	25
Altiplano	10	60

Fuente: Martí Herrero, 2008

Visto cada rango de temperatura de las regiones, aplicamos un tiempo estimado de 45 días ya que el caserío de Carrerapampa está a una altura de 2700 msnm, por lo que está a una altura más alta que el valle, pero menos que la del altiplano.

3.8.1. Cálculos del biodigestor piloto - Relación 1:3

Para determinar el volumen de sustrato que ingresaría en los 60 lt de capacidad del biodigestor, se hizo teniendo en cuenta que las dos terceras partes de la capacidad del tanque corresponden al sustrato y la tercera parte al biogás, de esta manera se tiene la siguiente ecuación:

$$V_s = C_t * 2/3$$

Donde:

V_s = Volumen del sustrato.

C_t = Capacidad del tanque.

$$V_s = 60 \text{ lt} * 2/3$$

$$V_s = 40 \text{ lt}$$

La cantidad de sustrato que ingresa al biodigestor piloto 1:3 es 40lt, teniendo en cuenta la relación estiércol - agua de 1:3, de esta manera se estableció lo siguiente:

$$\text{lt de estiercol} + \text{t de agua} = \text{lt de sustrato}$$

$$10\text{lt} + 30\text{lt} = 40\text{lt de sustrato}$$

3.8.2. Cálculos del biodigestor piloto - Relación 1:4

Al igual que en el digestor con relación 1:4, el criterio para determinar el volumen de sustrato a ingresar en el biodigestor piloto, fue tener en cuenta que dos terceras partes de la capacidad total del tanque corresponden al sustrato y la tercera parte al biogás, de esta manera se tiene la siguiente ecuación:

$$V_s = C_t * 2/3$$

Donde:

V_s = Volumen del sustrato.

C_t = Capacidad del tanque.

$$V_s = 60 \text{ lt} * 2/3$$

$$V_s = 40 \text{ lt}$$

La cantidad de sustrato que ingresa al biodigestor piloto discontinuo 1:4 es 40 lt, teniendo en cuenta la relación estiércol - agua de 1:4, pudo establecer bajo el siguiente planteamiento:

$$lt \text{ de estiercol} + t \text{ de agua} = lt \text{ de sustrato}$$

$$8 \text{ lt} + 32 \text{ lt} = 40 \text{ lt de sustrato}$$

3.8.3. Resumen de los Tratamientos

Para mayor facilidad de entendimiento en el siguiente cuadro podemos observar el resumen de ambos tratamientos en cuanto a cantidades necesarias de estiércol y agua para realizar las pruebas piloto.

Tabla 12.
Volumen de sustrato según Relación

Volumen de sustrato según Relación			
Ítem	Litros de estiércol	Litros de agua	Volumen del Sustrato (Vs)
Relación 1:3	10	30	40
Relación 1:4	8	32	40

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.9. Procedimiento

Como primer paso para encaminar el proyecto se gestionó una reunión con la población de Carrerapampa con el visto bueno de su Teniente Gobernador, se les explicó el objetivo de la investigación, para lo cual se haría un sorteo para determinar la familia con la que se trabajó el proyecto y la población de comprometió a colaborar con lo que se disponga, las evidencias de las capacitaciones están en el Anexo 03.

Después de realizada las pruebas de evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos y producción de gas de los biodigestores piloto con relaciones 1:3 y 1:4, se aplicó la relación eficiente en el biodigestor tubular, los procedimientos realizados con el biodigestor piloto se muestran en el anexo 01 y el trabajo realizado en el biodigestor tubular en el anexo 02.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados – Primer Objetivo

4.1.1.1. Evaluaciones del digestor piloto; relación 1:3.

Cerrado, asegurado y estando bajo sombra el biodigestor piloto por 45 días se evaluó al sustrato, tres parámetros fisicoquímicos: temperatura, pH y Oxígeno Disuelto, las evaluaciones se realizaron 8:00 am.

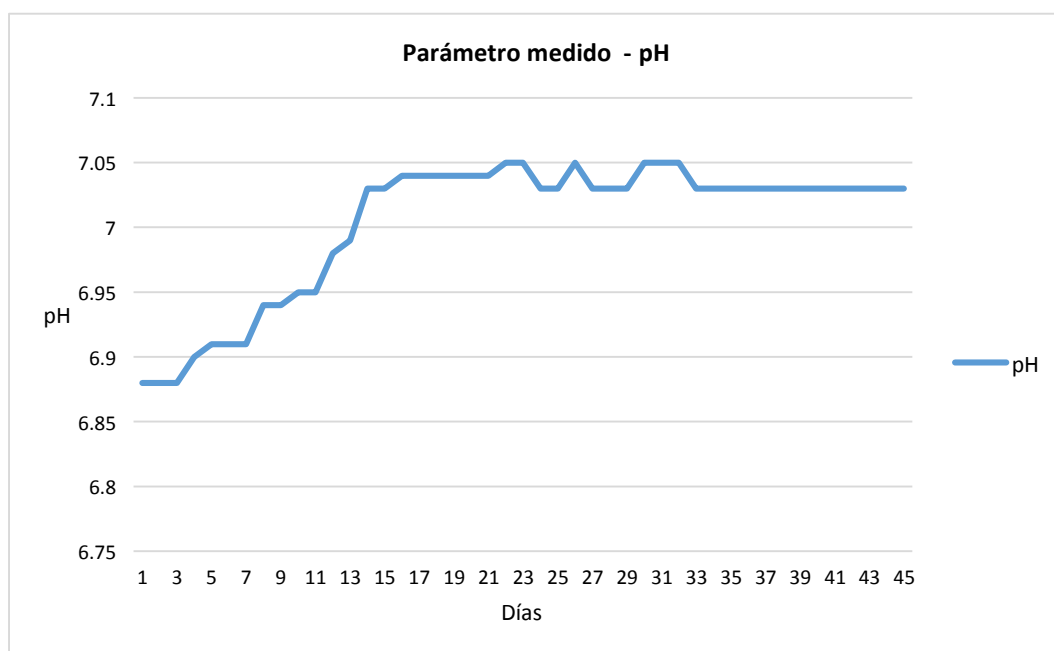


Imagen 9. pH – Relación 1:3

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Como se detalla en la Imagen 9, el pH del sustrato tuvo inicialmente frecuencias cambiantes con valores ascendentes en cada día evaluado, en el día 33 llega a estabilizarse, esto sucede en un rango neutro de 7,03 así lo resume también el anexo 06, esto debido a ciertos factores.

La Imagen 10, precisa la evaluación de la temperatura del sustrato a través del multiparámetro, se observa que inició con 19 °C y al pasar los días asciende, y llega a estabilizarse debido a ciertos factores llegando a los 20.6°C desde el día 29.

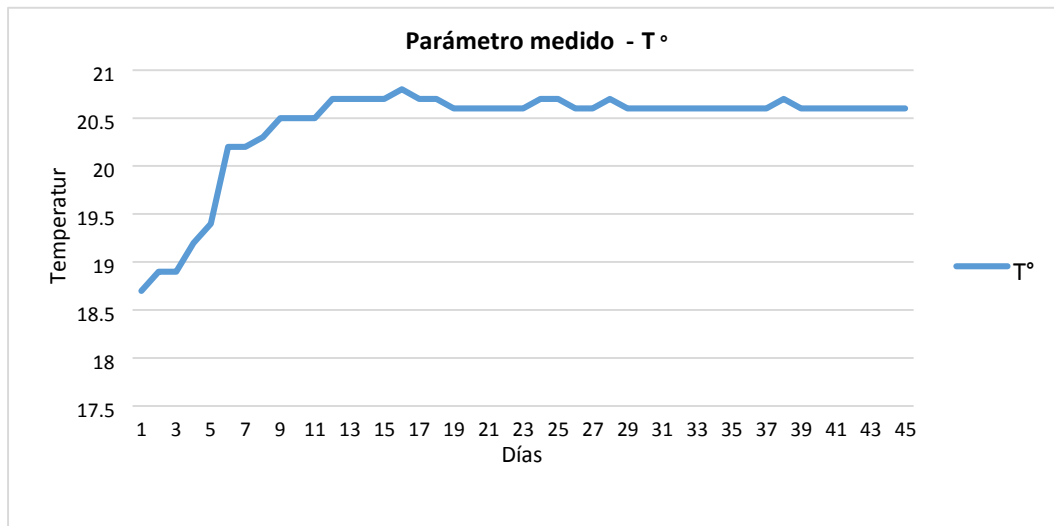


Imagen 10. Temperatura - 1:3

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Justificado cada valor de la Imagen 11, evaluando constantemente el porcentaje de Oxígeno Disuelto, se observa que tiende a descender con valores porcentuales de 5.40 y el descenso llega a evidenciarse desde el día 15 con un valor de llegando a 0.20 el día 45, esto debido a ciertos factores.

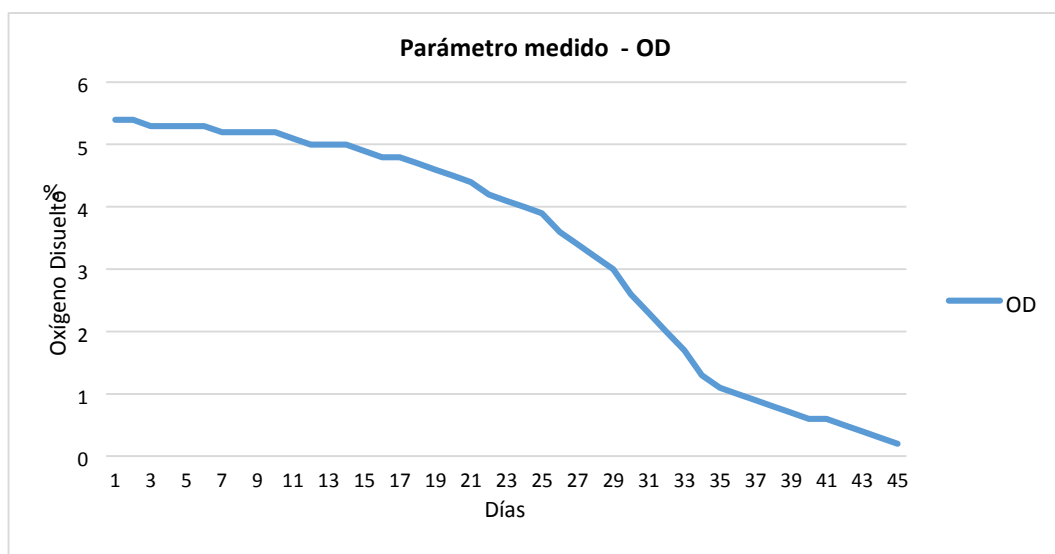


Imagen 11. Oxígeno Disuelto – Relación 1:3.

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

4.1.1.2. Evaluaciones del digestor piloto; relación 1:4.

Al igual que en el biodigestor piloto discontinuo con relación 1:3, habiendo cerrado y asegurado la tapa además de ubicarlo bajo sombra, se evaluó el sustrato durante 45 días los parámetros fisicoquímicos (pH, OD y T°) a través del multiparámetro, las evaluaciones se realizaron 30 minutos después de evaluar, registrar datos y limpiar el área del biodigestor con relación 1:3, luego se hizo lo mismo con el biodigestor 1:4.

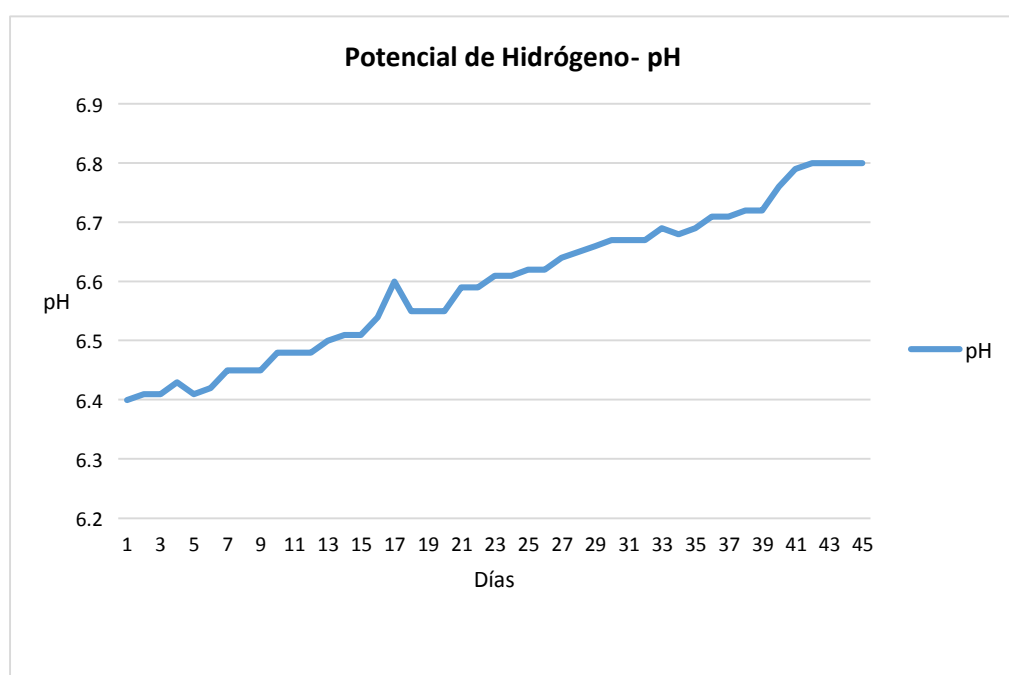


Imagen 12. pH – Relación 1:4.

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Resumida la Imagen 12, según ha pasado los 45 días evaluando el pH, se pudo determinar que al inicio el sustrato tuvo frecuencias con ciertas variantes de manera ascendente, hasta que llega a estabilizarse en un rango ligeramente ácido, esto debido a ciertos factores.

Al cabo de los 45 días evaluando la temperatura del sustrato con relación 1:4, la imagen 13 representa que según los días ascienden, pero llega a variar de manera brusca, luego sigue ascendiendo y llega a estabilizarse en una temperatura Mesofílica de 20.4 °C, esto a diversos factores.

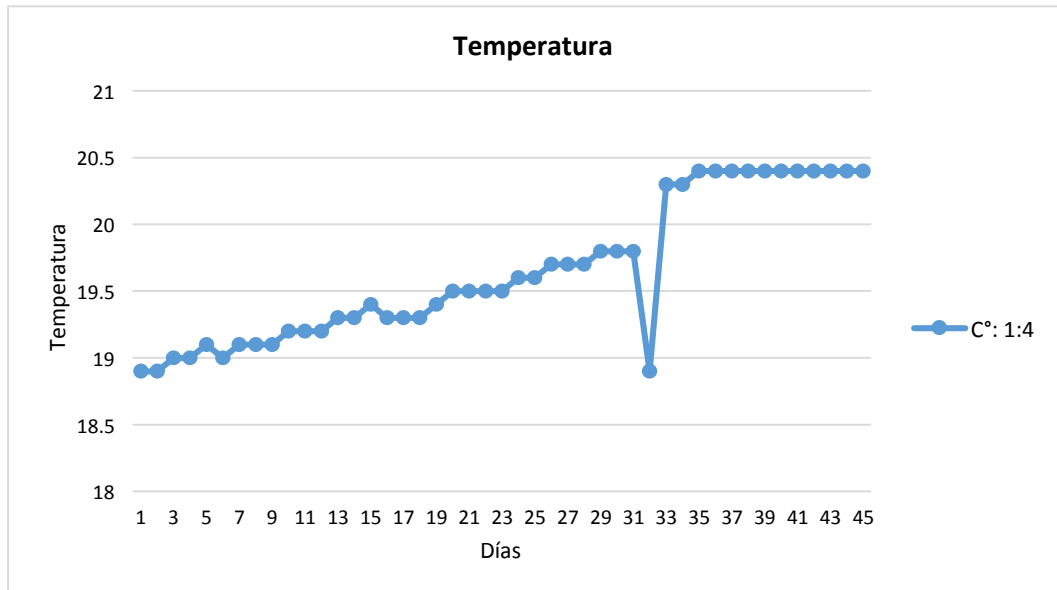


Imagen 13. Temperatura – Relación 1:4

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Cada valor de medición de la Imagen 14, grafica los 45 días del tiempo de retención del sustrato, realizando las evaluaciones constantes del porcentaje de oxígeno disuelto, se observa que el nivel de OD tiende a descender con valores porcentuales de 5.10 a 1.60 del día 01 hasta el día 45, debido a ciertos factores

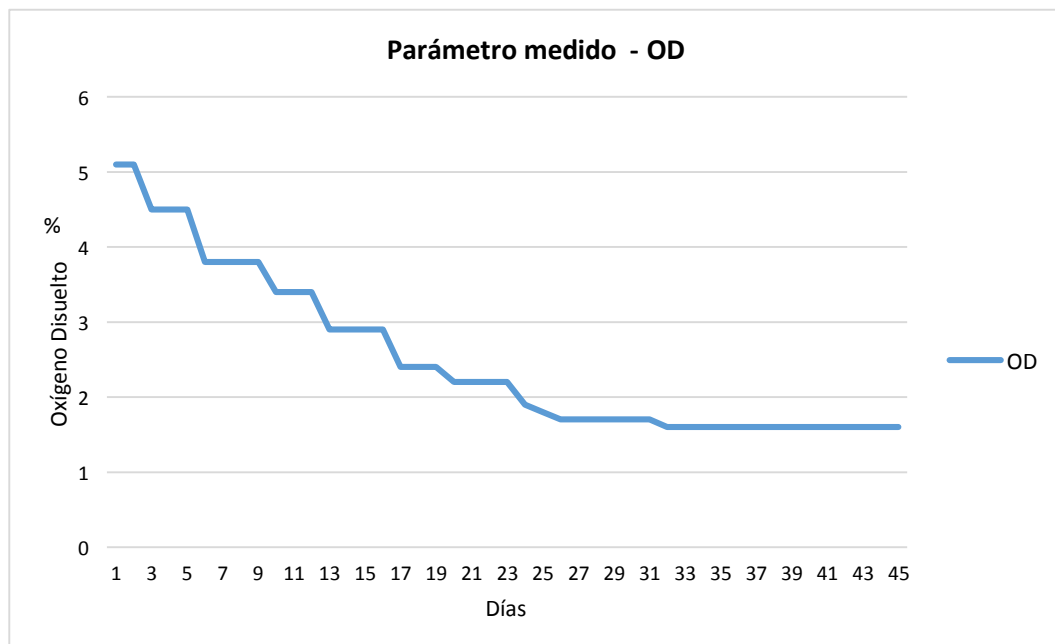


Imagen 14. Oxígeno Disuelto – Relación 1:4.

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.1.1.3. Comparación de parámetros fisicoquímicos en relaciones 1:3 y 1:4

- Potencial de Hidrógeno – pH.

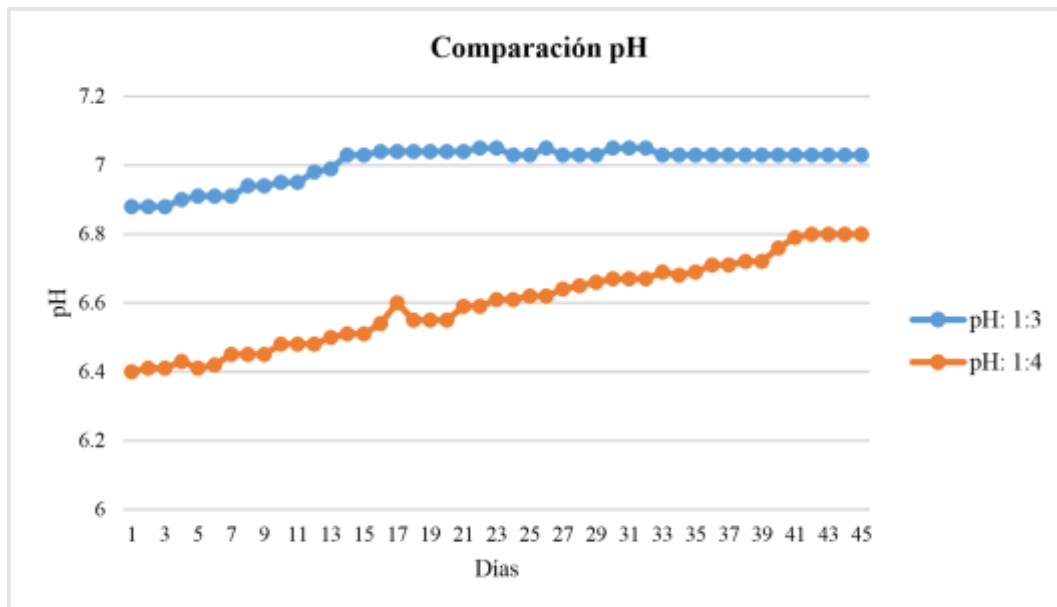


Imagen 15. Comparación de pH

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se observa entonces las frecuencias de los valores del pH, el biodigestor piloto 1:4 no llega a ser neutro y tampoco a cruzarse con la tendencia del biodigestor 1:3, aunque los dos biodigestores se estabilizan según sus valores, el 1:3 en 7.03 y el 1:4 en 6.91.

- Temperatura

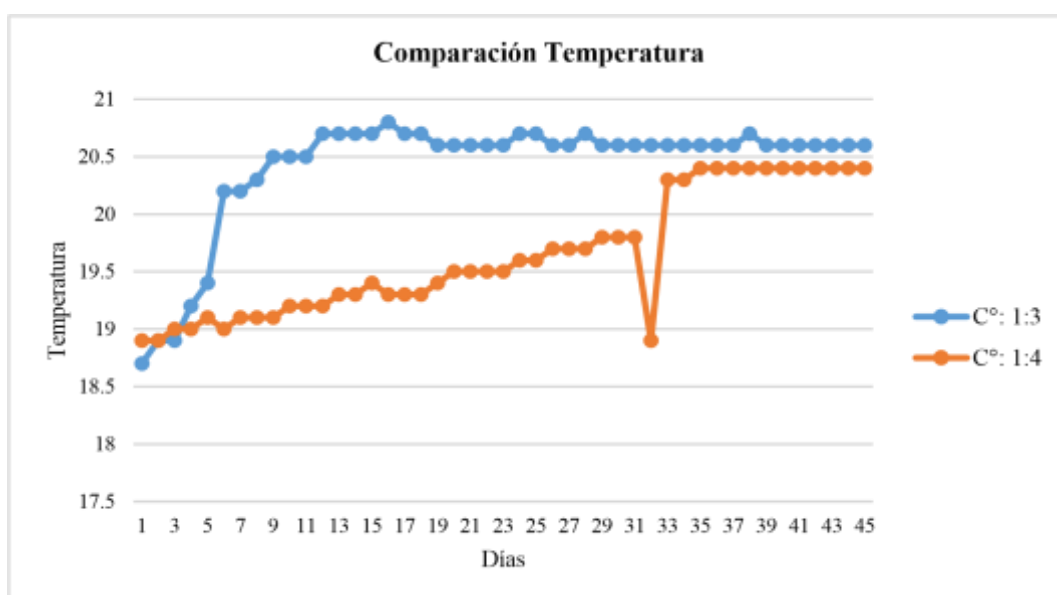


Imagen 16. Comparación de Temperatura

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por otro lado, las frecuencias de los valores de la temperatura muestran como los valores de los parámetros del biodigestor 1:4 tienen cierta inestabilidad, pero llega a estabilizarse no llegando a tener una intersección con el parámetro del biodigestor 1:3, que a su vez fue más estable.

- **Oxígeno Disuelto.**

Además, en la Imagen 17, se observa como las frecuencias del OD tienden a descender de los dos biodigestores piloto, sólo que el biodigestor 1:4 descendió hasta el día 45 a un porcentaje de 1.60, mientras que la relación 1:3 llegó hasta un 0.20 porcentual.

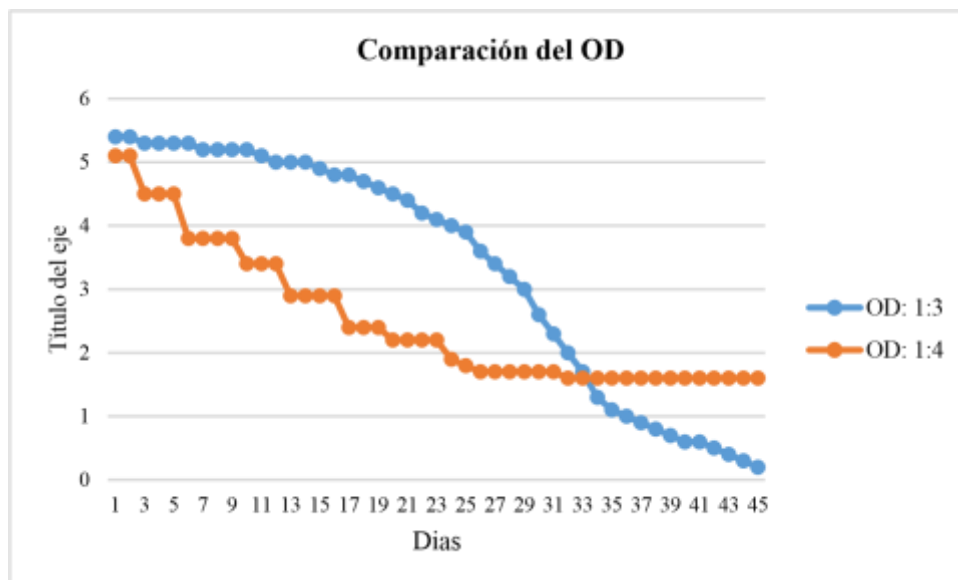


Imagen 17. Comparación de Temperatura

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- **Comparación Estadística.**

Se observa en la tabla 12 la diferencia de medias entre los pH de 0.40689 el valor t para los pH de los sustratos es de 30.261, los grados de libertad de 44 y un $p = 0,000$ siendo menor que 0,05. La diferencia de medias de las Temperaturas es 0.78220 el valor t para la Temperatura es

9.689, los grados de libertad de 44 y un $p = 0,000$ siendo menor que 0,05. Mientras tanto la diferencia de las medias del Oxígeno Disuelto -OD- de los biodigestores piloto es 1.686670 el valor t para el OD es 3.629, los grados de libertad de 44 y un $p = 0,001$ siendo menor que 0,05.

Tabla 13.
Diferencias emparejadas

Diferencias emparejadas								
	Diferencia de Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
pH_1:3 - pH_1:4	0.40689	0.09020	0.01345	0.37979	0.43399	30.261	44	0.000
T_1:3 - T_1:4	0.7822	0.5416	0.0807	0.6195	0.9449	9.689	44	0.000
OD_1:3 - OD_1:4	1.68667	3.11752	0.46473	0.75006	2.62327	3.629	44	0.001

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.1.1. Resultados – Segundo Objetivo

Teniendo la mezcla eficiente del sustrato y después de haber dimensionado el biodigestor y la zanja en el que se asentó cargado con el sustrato, iniciamos a evaluar los parámetros fisicoquímicos del sustrato, al igual que en los biodigestores piloto, se evaluaron por un período de tiempo de 45 días

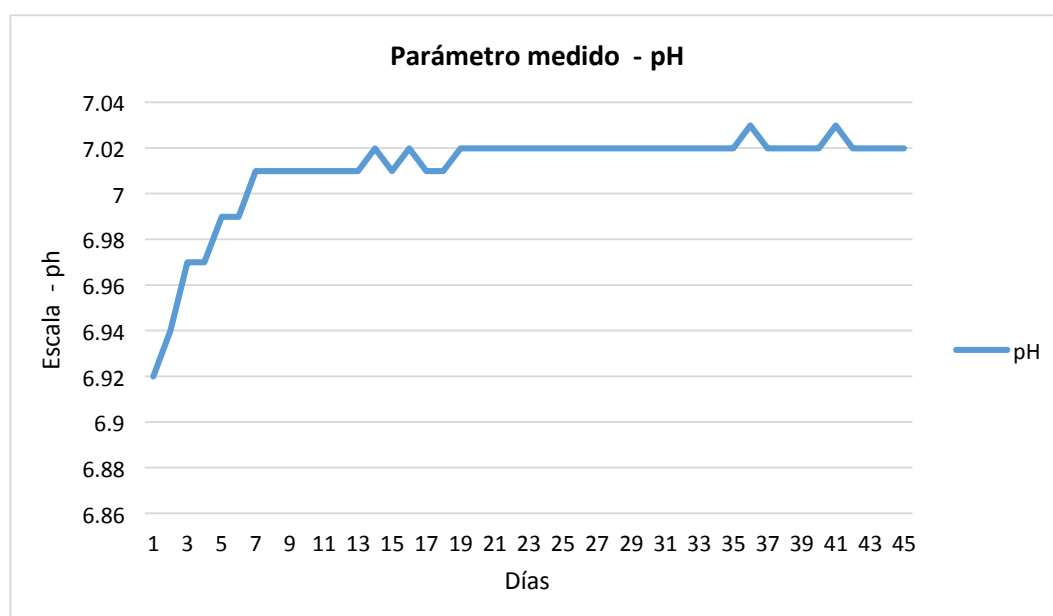


Imagen 18. Potencial de Hidrógeno - Biodigestor Tubular
Fuente: Elaboración Propia, 2020.

La Imagen 21 evidencia el resultado de las mediciones del pH a través del multiparámetro durante los 45 días, determinando las variaciones de los valores en cada medición del pH, iniciando con 6.92 y llegando a tener un rango neutro desde el día 07 un valor de 7.01, luego en los días siguientes hay pequeñas variaciones, pero dentro del rango neutro, esto debido a ciertos factores.

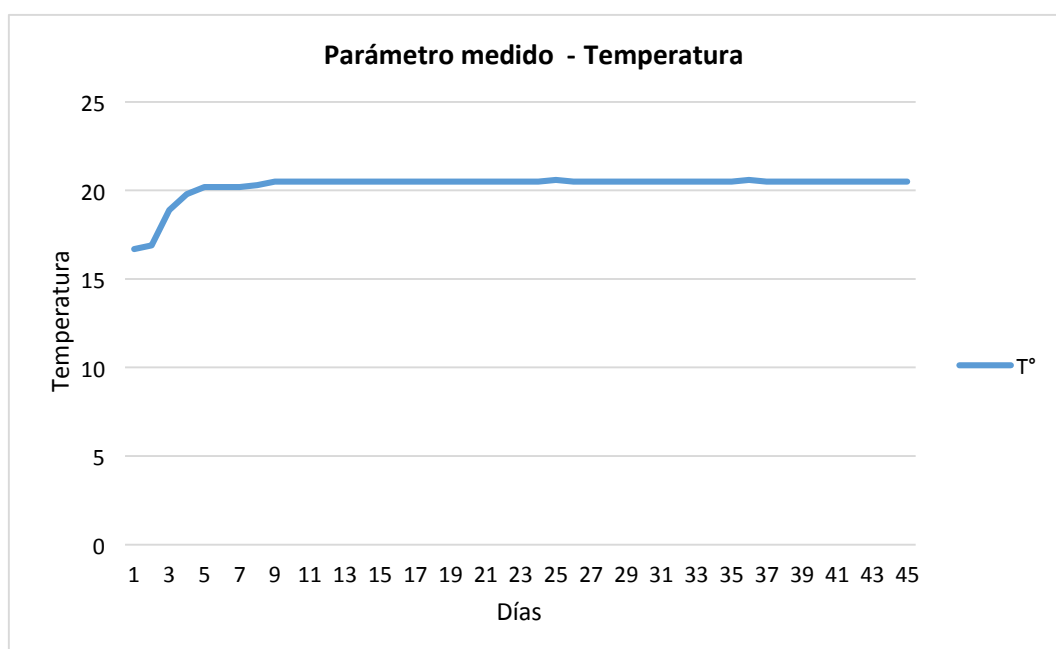


Imagen 19. Temperatura - Biodigestor Tubular

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Como se muestra en la Imagen 21, la temperatura del sustrato desde el primer día tiende a buscar cierta estabilidad, aunque inicialmente asciende, inicia el primer día con un valor de 16.7 °C llegando a una temperatura de 19.8 °C el cuarto día, luego desde el quinto día la temperatura no varía drásticamente de los 20 °C sólo los decimales, teniendo valores desde 20.2 °C hasta los 20.5 °C en el día 45.

En la Imagen 22, el Oxígeno Disuelto a través del registro de sus valores evidencia que después de tener un porcentaje alto de 5.10 en el primer día de evaluación desciende a un porcentaje de 0.20 hasta el día 45 y de allí llega a estabilizarse, notando el trabajo de la digestión anaerobia en el biodigestor.

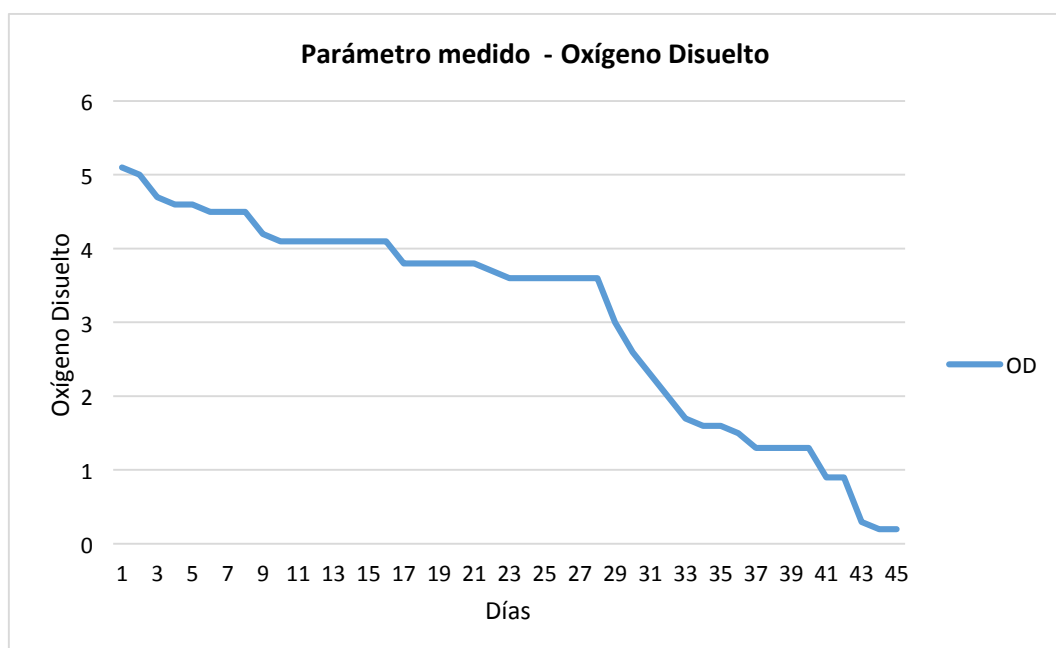


Imagen 20. Temperatura - Biodigestor Tubular
Fuente: Elaboración Propia, 2020.

4.1.2. Resultados – Tercer Objetivo

4.1.2.1. Dimensiones del biodigestor

El dimensionamiento estuvo ligado a la necesidad de la familia en su consumo de gas y leña, entonces el cálculo obedece a la necesidad de combustible, siendo 140 litros de gas por hora en una cocina tradicional, se usa gas o leña entre 4 a 4:30 horas para la cocción de sus alimentos, por lo tanto, es necesario que el biodigestor produzca 700 litros de biogás para aproximadamente 5 horas de biogás, ahora los cálculos para la construcción del biodigestor. a.

Dimensiones del biodigestor

- Cantidad de Estiércol para producir biogás.

Usando el “número mágico” de la tabla 13 en la división se obtiene la cantidad de estiércol del vacuno que se mezcló con agua para producir los 700 litros de biogás.

Tabla 14
Producción de biogás

Producción de Biogás	
Ganado	Número Mágico
Cerdo	51
Bovino - Vacuno	35,3

Fuente: Martí Herrero, 2008.

Nota: Litros de biogás producidos por día por kilo de estiércol fresco cargado diariamente.

Por lo tanto, la expresión matemática quedó determinada de la siguiente manera:

$$Carga\ de\ estiércol = \frac{biogás\ diario}{número\ mágico}$$

$$Carga\ de\ estiércol = \frac{700\ litros}{35,3}$$

$$Carga\ de\ estiércol = 19.89\ kg \approx 20\ kg$$

Entonces se precisa que son necesarios 20 kg de estiércol fresco cada día, usamos la mezcla con relación 1:3 de estiércol con agua siendo ésta la proporción más estable, así todos los días ingresaría el sustrato con 20 kg de estiércol y 60 litros de agua, teniendo un total de carga diaria de 80litros.

- Volumen del líquido en el biodigestor.

Motivado a que la familia vive a una altitud de 2710 msnm – Carrerapampa - y según la tabla 10 resume el tiempo de retención según la zona de aplicación, la expresión es como sigue:

$$Volumen\ del\ líquido = Tiempo\ de\ Retención \times Carga\ diaria$$

$$Volumen\ del\ líquido = 45\ días \times 80\ l$$

$$Volumen\ del\ líquido = 3600\ l$$

- Volumen del gas en el biodigestor.

Teniendo el valor del volumen del líquido, basta con reconocer que la tercera parte del volumen líquido es el volumen gaseoso que ocupó en el biodigestor:

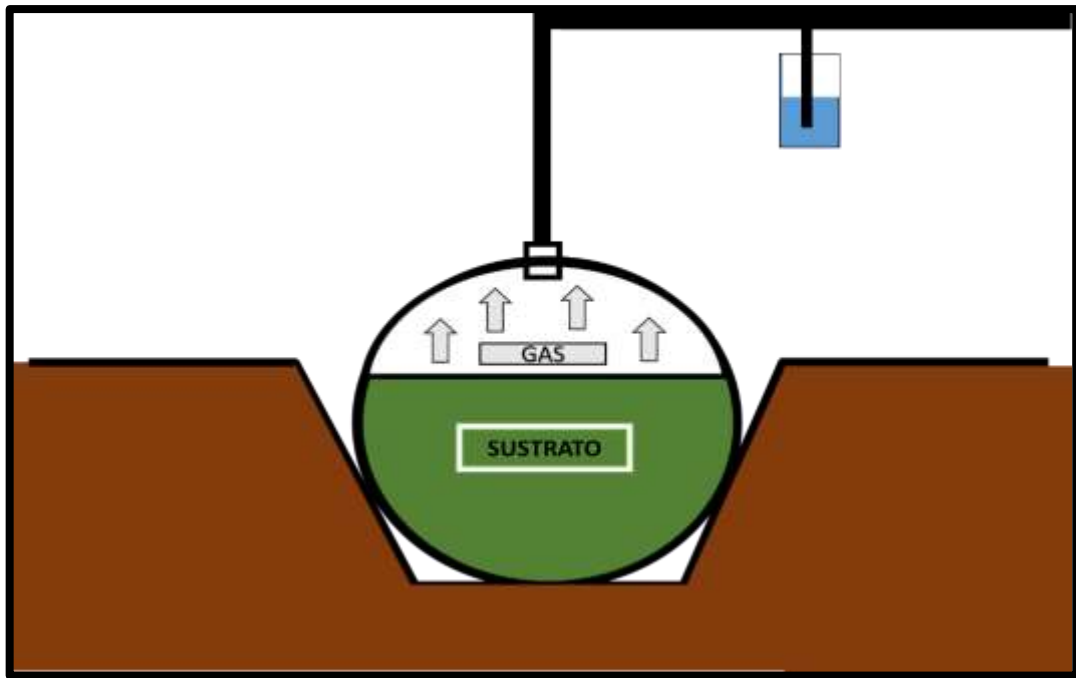


Imagen 21. Corte transversal de un biodigestor

Fuente: Elaboración propia, 2020.

$$\text{Volumen del gas} = \text{Volumen del Líquido} \times 30\%$$

$$\text{Volumen del gas} = 3600 \text{ l} \times 30\%$$

$$\text{Volumen del gas} = 1200 \text{ l}$$

La imagen 18 muestra el corte transversal del biodigestor soportado por la zanja, la parte inferior estará sosteniendo el volumen líquido quedando la campana de biogás en la parte superior.

- Volumen total del biodigestor.

$$\text{Volumen total} = \text{Volumen del Líquido} + \text{Volumen del Gas}$$

$$\text{Volumen total} = 3600 \text{ l} + 1200 \text{ l}$$

$$\text{Volumen total} = 4800 \text{ l}$$

- Dimensionado del biodigestor según ancho de rollo.

Los valores del dimensionado del biodigestor tubular se rigen al ancho del rollo del biodigestor que tendrá un espesor de 3 mm para evitar perforaciones, los datos a continuación:

Tabla 15.
Dimensiones del biodigestor según ancho de rollo.

Dimensiones del biodigestor según ancho de rollo			
Descripción	Fórmula	Unidad	Valor
Ancho de rollo	--	m	1.50
Radio	--	m	0.48
Diámetro	--	m	0.96
Sección eficaz	πr^2	m ²	0.72
Longitud del biodigestor	Vt/secc. Eficaz	m	6.7
Relación Longitud/Diámetro	L/d	--	7

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.1.2.2. Dimensiones de la zanja

Las dimensiones de la zanja, escogiendo el ancho de rollo de 1.5 metros para el biodigestor de 6.7 metros de largo según Herrero (2008), será:

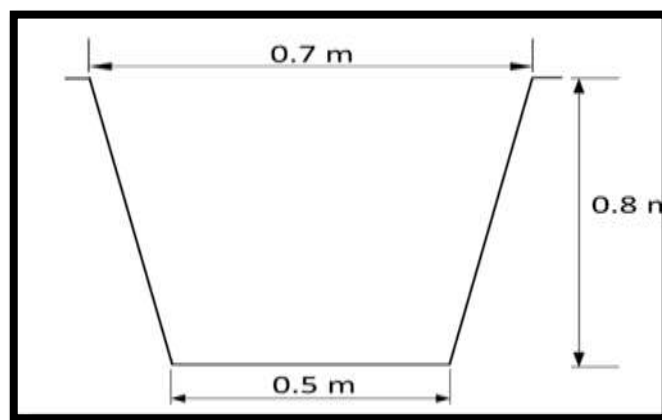


Imagen 22. Corte A de la zanja para el biodigestor.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

La forma de la zanja en los dos cortes que se muestran, se evidencia que son inclinadas para evitar que se desmorone en las paredes, para la entrada y salida se hizo un corte en ambos lados haciendo un canal inclinado con un ángulo de 45° para los tubos de 6” del biodigestor.

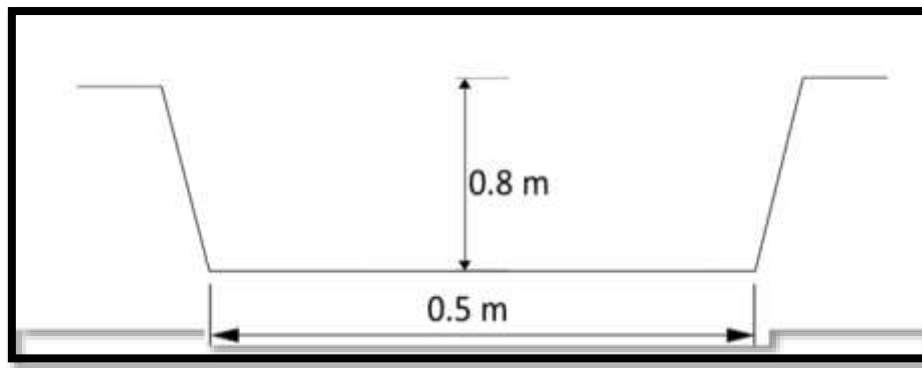


Imagen 23. Corte B de la zanja para el biodigestor.

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.1.3. Resultados – Cuarto Objetivo

4.1.3.1. Estimación del biogás diario producido

- Sólidos Totales – ST

Según Varnero (2011), el rango del porcentaje del estiércol fresco es de 13 a 20 por ciento, en este caso consideramos el 17%, fue así que realizamos los siguientes cálculos:

$$ST = \frac{\text{Carga Estiercol Fresco diario} \times 0.17}{\text{Volumen Liquido}}$$

$$ST = \frac{20 \text{ kg} \times 0.17}{3.60 \text{ m}_3}$$

$$ST = 0.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}_3} \text{ por día}$$

- Sólidos Volátiles – SV

Citando a Varnero (2011), establece que su valor obedece en forma general a un 77% de los sólidos totales agregados de manera diaria, establecido en la siguiente fórmula:

$$SV = ST \times 0.70$$

kg

$$SV = 0.685 \text{ } m^3 \text{ por día}$$

- Producción de Biogás

Está supeditada a la cantidad de sólidos volátiles en las cargas de estiércol introducidos cada día, es importante que hayamos determinado los Sólidos Totales y luego los Sólidos Volátiles.

Tabla 16.

Factores de producción de Biogás

Ganado	Factor de producción	Factor general
Cerdo	0.25-0.50	0.39
Bovino	0.25-0.30	0.27

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Conociendo los valores de los factores de producción para el biogás seleccionando los números para estiércol de bovino, nos llevó a realizar los siguientes cálculos:

$$PB = FG \times SV$$

$$PB = 0.27 \times 0.685$$

$$PB = 0.185 \text{ } m^3$$

$$\square \quad PB_{diario} = PB \times Vt$$

$$PB_{diario} = 0.185 \, m^3 \times 4.800 \, m^3$$

$$PB_{diario} = 0.185 \, m^3 \times 4.800 \, m^3$$

$$PB_{diario} = 0.888 \, m^3$$

Significa que el biodigestor tubular con Vt de $4.800 \, m^3$ produce diariamente $0.888 \, m^3$ de biogás desde el día 46 en condiciones normales. Hemos considerado la cuarta parte de la capacidad del Vt del biodigestor para el almacenamiento siendo mayor que la necesidad diaria, con un volumen de 1200 litros para el biogás.

4.1.3.2. Producción de Biogas durante el TRH

Evaluando los 45 días como parte del TRH se identificó que en el día 44 la campana del biodigestor ya estaba llena por el biogás, además la bolsa de almacenamiento ya estaba casi lleno, mostrando la cantidad de biogás que se obtuvo de la siguiente manera:

$$PB \text{ en TRH} = \text{Volumen Gas} + \text{Gas Almacenamiento}$$

$$PB \text{ en TRH} = 1.2 \, m^3 + 2.17 \, m^3$$

$$PB \text{ en TRH} = 3.37 \, m^3$$

4.2. Discusión

4.2.1. Discusión – Relación eficiente

Ruiz (2017), en su investigación afirma que el pH de los biodigestores inicialmente a nivel piloto tuvo rangos de 6.5 a 7.2 estabilizándose sin necesidad de intervención alguna. Afianzando lo mencionado, en nuestra investigación el pH del sustrato varió inicialmente con inclinación ascendente, pero llega a estabilizarse en un rango de 7,03 vale precisar que los valores en general se inclinaron a un valor neutro.

Considerando el aporte de Varnero (2011), que es imprescindible que la temperatura sea estable en el proceso de generar biogás permitiendo el desarrollo de la digestión anaerobia, aplicando lo anterior Ruiz (2017), con adaptación de Mao et al. (2015), refieren que en su proyecto incrementaron la temperatura dentro de los biodigestores respecto a la temperatura ambiental a través de aislantes y cubiertas. Por otro lado, en nuestra investigación la temperatura inicia con 19 °C y tiende a ascender llegando a estabilizarse en un rango de 20,6 °C, por otro lado, el OD desciende en sus valores porcentuales de 5.40 a 0.20 permitiendo la actividad metanogénicas.

Por otro lado, Sánchez (2017), buscando ver proporciones de abonos según mezclas, tuvo una proporción 1:3 generando 70 % de biol y 30 % de abono y con una proporción de 1:4 generó el 80 % de biol y 20 % de abono mostrando así que se busca relaciones por proporciones según productos esperados, de esta manera también determinamos cómo la relación 1:3 termina siendo más eficiente que la relación 1:4 para la producción del biogás.

4.2.2. Discusión – Dimensionamiento del Biodigestor

Pautrat (2010), en su investigación señala que tener una estructura que cubra al biodigestor facilitó el mantenimiento del mismo ya que las puertas permitieron el fácil acceso permitiendo controlar la presencia de roedores. Del mismo modo en el proyecto desarrollamos una caseta

que cubre el biodigestor que sirvió como un escudo frente a temperaturas ambientales bajas, además todas las paredes fueron cubiertas para evitar el ingreso a personas ajenas al proyecto, la caseta ayudó a realizar su mantenimiento en días de lluvia y evitar también que la zanja se inunde y enfríe al biodigestor.

En los cálculos se determinó 20 kg de estiércol fresco al día, usados para una relación 1:3 de estiércol con agua, esta cantidad está garantizada afirmando la cantidad total del sustrato del biodigestor durante todos los días teniendo 35 kg de estiércol como promedio. En ese camino Toala (2013), en su investigación precisa que el biodigestor se construyó basado en las mediciones recogidas del terreno, cuantificando la cantidad total del estiércol y el volumen necesario para el proceso de biodigestión.

Asimismo, Hernández & Zapata (2018), en su investigación amplían los criterios básicos para dimensionar el biodigestor, considerando la demanda energética de la población corroborando a través de encuestas y recibos de luz. En nuestra investigación el dimensionamiento del biodigestor se guió a la necesidad de la familia en su consumo de gas y/o leña, a través de su cocina convencional hay un consumo de 140 lt de gas por hora y unas cuatro horas y media al día siendo necesario 720 lt de biogás para 5 horas, de esta manera nuestro biodigestor queda con una longitud de 6.70 m para un ancho de rollo de 1.5 m.

El biodigestor tubular se convierte así en una solución de fácil mantenimiento, haciendo que su uso sea constante esto se reflejó en los beneficios económicos, productivos y ecológicos; así lo estimó en su investigación Sánchez (2017). En nuestro estudio observamos que los beneficios económicos se evidencian a corto, mediano y largo plazo, en respuesta a los beneficios al ambiente son importantes ya que disminuye el consumo de la leña por ende de árboles, además el uso del Biogas garantiza ser una energía limpia, y en su proceso productivo genera biol, siendo este un abono rico en nutrientes para los cultivos.

4.2.3. Discusión – Comportamiento de parámetros fisicoquímicos

Chiriboga (2010), en investigación responde a sus objetivos y recomienda mantener durante la operación del biodigestor los niveles de los parámetros estables, ya que cualquier cambio en la temperatura y pH, tienen la capacidad de ocasionar alteraciones en los microorganismos encargados de la metanogenesis. Realizado el dimensionamiento de nuestro biodigestor, analizamos el pH buscando su estabilidad, aunque desde un inicio este se aproximó a la neutralidad teniendo un pH de 6.92 para llegar a un valor estable de 7.01.

Del mismo modo Bautista (2008), concluye que la temperatura del sustrato en el biodigestor es fundamental para optimizar la producción de biogás. Ante lo mencionado en nuestra investigación buscando optimizar la temperatura del biodigestor se construyó la caseta y en la base de la zanja se hizo una cama de pajilla de cebada permitiendo que el sustrato llegase a mostrar una temperatura estable de 20.5 °C, siendo aceptable.

Asimismo, España (2018), determina en su proyecto la disminución del oxígeno disuelto de 5.3 % a 0.2 % debido a que no hubo fugas de aire debido a algún orificio en el biodigestor y sobre todo al trabajo de las bacterias metanogénicas. El trabajo de las bacterias en su actividad de metanogenesis demuestra que el biodigestor estuvo cerrado completamente durante todo el proceso quedando así en valores porcentuales descendiendo de 5.10 a 0.20.

4.2.4. Discusión – Generación de biogás

Arce (2011) en su tesis concluye que los biodigestores garantizan su operatividad, siempre teniendo en cuenta que la producción del estiércol fresco sea constante durante el año, y sobre todo tener un área grande para disponer del biodigestor. El biogás se garantizó desde que se estudió la cantidad de ganado, siempre hubo estiércol fresco, la ubicación del biodigestor estuvo a una distancia de 25 metros de la cocina ya que el espacio del terreno es grande, permitiendo que los olores o moscos no generen malestar.

Bayona & Cortés (2015) ultiman en su tesis que la operación técnica de los biodigestores tubulares es practicable por lo tanto es una excelente alternativa de suministro energético en zonas rurales. Confirmando lo mencionado comprobamos que de los 720 lt de biogás al día, siendo lo necesario para su uso, el biodigestor prueba que se produce 888 litros de biogás al día, teniendo una diferencia de 168 litros respecto a la demanda diaria, el saldo se fue acumulándose para que el almacenamiento tenga presión para impulsar el gas hacia la cocina.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Analizado los parámetros de cada biodigestor piloto establecemos entonces en base a la evaluación de los tres parámetros fisicoquímicos, se obtuvo:

- ✓ El pH de la relación 1:3 y relación 1:4 tuvieron una diferencia de medias de 0.40689 y tuvieron una significancia de 0.000 siendo menor que 0.05.
- ✓ La Temperatura (°C) de la relación 1:3 y relación 1:4 presentaron diferencias de medias de 0.7822 teniendo una significancia de 0.000 siendo menor que 0.05.
- ✓ El OD de la relación 1:3 y relación 1:4 tuvieron diferencias de medias de 1.68667 siendo está el mayor, tuvieron una significancia de 0.001 menor que 0.05.

En efecto, en los tres parámetros los niveles de significancia son menores que 0.05 procediendo a rechazar la H_0 y precisar que las dos mezclas tienden a producir biogás, sólo que la mezcla 1:3 tuvo estabilidad en sus valores de cada parámetro, siendo la más eficiente.

- El biodigestor tubular se dimensionó reconociendo que la mezcla 1:3 es más eficiente, identificando la necesidad de la familia en su consumo de gas y leña obteniéndose a través de entrevista que son 4:30 horas obteniendo 700 litros de biogás para 5 horas, así se determinaron los siguientes valores según los cálculos:

- ✓ Carga de estiércol: 20 *kg*
- ✓ Volumen del Líquido: 3.60 *m*³
- ✓ Volumen del Gas: 1.20 *m*³
- ✓ Volumen Total: 4.80 *m*³
- ✓ Longitud: 6.70 *m*
- ✓ Ancho de rollo: 1.50 *m*

- Conocido la relación de mezcla a trabajar realizamos las mediciones del sustrato del biodigestor, encontrados los valores de los parámetros fisicoquímicos; el pH fue el parámetro más estable con ciertas variaciones en la décima de registro llegando a estabilizarse en un pH de 7.01, en la temperatura también tuvo ciertas variaciones inicialmente, pero sus valores se estabilizaron teniendo 20.5° C como temperatura final, en el OD desciende de 5.10 a 0.20. Por consiguiente, afirmamos y aceptamos que los tres parámetros mostraron estabilidad durante el proceso de evaluación, apoyado en los resultados de los parámetros de los biodigestores piloto.

- Implementado el biodigestor con todos sus accesorios y su cuidado constante, confirmamos que si genera biogás y prueba de ellos los valores estimados y obtenidos:

- ✓ Sólidos Totales: $0.94 \frac{kg}{m^3}$ *por día*

- ✓ Sólidos Volátiles: $0.685 \frac{kg}{m^3}$ *por día*

- ✓ Producción de Biogás Diario = 0.888 m³

- ✓ PB en TRH = 3.37 m³

- Como desenlace se determina que al implementar el sistema de producción de biogás para el uso doméstico a través del biodigestor tubular ha contribuido en el manejo del estiércol del ganado aprovechando su capacidad metanogénica en condiciones anaeróbicas.

5.2. Recomendaciones

- Es importante que al implementar y construir el biodigestor se cuente con todos los accesorios y materiales, para que la producción del biogás sea constante, pudiendo ser construido la caseta de ladrillo u otros materiales y el biodigestor de otros espesores.
- Mejorar la técnica de ajustar los pliegues del biodigestor en el tubo de entrada y salida a través de cintas de cámaras de llanta, ya que mientras más grande es el biodigestor la presión hace que por el pliegue exista fuga del sustrato, es importante presentar otras alternativas.
- Se pudo obtener biogás y una llama azul de calidad, por lo que se recomienda determinar el contenido químico del biogás producido por la digestión anaeróbica.
- Resultando ser una investigación que busca solucionar problemas ambientales, es importante que se investigue sobre el aprovechamiento y los beneficios de las energías renovables, buscando reemplazar las energías tradicionales.
- Establecer en laboratorio los ensayos de germinación para encontrar la dosis adecuada del biofertilizante líquido, para conocer el efecto del biofertilizante líquido -Biol- en el proceso vegetativo y producción de los cultivos agrícolas.

REFERENCIAS

- Aliaga, L. (2017). Evaluacion de subproductos ganaderos como abonos orgánicos. Univcersidad de Sevilla. Recuperado de http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2083/T016_73863304_T.pdf?sequence=1
- Arce, J. (2011). Diseño de un Biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral. Universidad Politécnica Salesiana.
- Ávila, J. (2012). Uso de estiércol bovino para la generación de gas metano en un biodigestor. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Barreros, E. (2017). Efecto de la relacion carbono/nitrogeno en el tiempo de descomposicion del abono de cuy (cavia porcellus) enriquecido. Universidad Tecnica de Ambato.
- Basauri, J., & Terrones, J. (2018). Producción de Biogás utilizando contenido ruminal, como alternativa de Plan de Manejo Ambiental de los residuos orgánicos generados en el camal municipal de Cajarmca. Universidad Provada Antonio Guillermo Urrelo.
- Bautista, G. (2008). Efectos de agregados al estiércol de Bovino de desechos de MANzana en la producció de biogás. Univer4sidad autonoma Agraria Antonio Narro.
- Bayona, C., & Cortés, B. (2015). Próducción de Biogas a partir de estiércol porcino a escala piloto: caso de estudio biorreactor continuo tubulas plástico (BCTP) Finca Tosoly. Universidad Industrial de Santander.
- Cairo, P., & Álvarez, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. Pastos y Forrajes, 40(1), 6.
- Chiriboga, O. (2010). Desarrollo del Proceso de producción de Biogás y Fertilizante Orgánico a partir de Mezclas de Desechos de Procesadoras de Frutas. Universisa San Francisco de Quito.
- Congreso de la República. Ley General de Salud Ley N ° 26842 (1997). Lima.
- Congreso de la República. Ley 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, Pub. L. No. 27314, 22 (2000). Lima, Perú.
- Congreso de la República. Ley General del Ambiente Ley N° 28611 (2005). Lima.
- Congreso de la República. Ley de Recueros Hídricos Ley N° 29338 (2009). Lima.
- Congreso de la República. Ley de Promocion y Desarrollo de la Agricultura Familiar Ley N° 30335 (2015). Lima.
- Congreso de la República. Decreto Supremo N° 011-2017 Estandares de Calidad Ambien tal para Suelo (2017). Lima.

- Congreso de la República. Ley MARco sobre el Cambio Climático Ley N° 30754 (2018). Lima.
- Corrales, L., Antolinez, D., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias : procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Nova, 27. <https://doi.org/0000-0002-2398-348X>
- Cotrina, R., & Villanueva, G. (2013). Biodigestores Tubulares unifamiliares. Lima, Perú.
- de Reina, C., & de Valera, C. (2009). Santa Biblia - Version Reina Valera 2009. (I. Intellectual Reserve, Ed.). Salt Lake City.
- España, E. (2018). Aprovechamiento del estiércol de vacuno para la elaboracion de Biogas como propuesta al manejo adecuado de los residuos pecuarios en la Granja Ecologica Linderos, Tomayquichua, Ambo, Huánuco 2017. Universidad de Huánuco.
- Gonzales, E., Castillo, F., Correa, S., & Retto, C. (2017). Sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos de ganado vacuno y su aplicacion en la agropecuaria Campos del Chira E.I.R.L. Universidad de Piura.
- Hernández, M., & Zapata, M. (2018). Diseño De Un Biodigestor Con Estiércol De Ganado Vacuno Para El Caserío La Zanja – Cajamarca. Universidad Señor de Sipán. Recuperado de [http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/5583/Hernández Gil %26 Zapata Vigil.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/5583/Hernández_Gil_%26_Zapata_Vigil.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hilbert, J. (s. f.). Manual para la producción de Biogás.
- Ignacio, R. (2014). Efecto de la aplicacion de diferentes tipos de abonos organicos en lña fase de establecimiento de CEntrosema macrocarpum en suelos degradados de Yurimaguas. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Jaramillo, J. (2016). Evaluación Técnico Económica para abastecer con biogas generado por el estéercol de ganado vacuno para cocinas de la IE San Pablo. Universidad César Vallejo.
- Lorenzo, Y., & Obaya, M. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos Teóricos. Parte I. ICIDCA, 39(0138-6204), 15. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120659006%0ACómo>
- Mantilla, J., CARlos, D., & Galeano, C. (2007). Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. Ingenieria e Investigacion, 27(0120-5609), 11. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327316%0ACómo>
- Martí Herrero, J. (2008). Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares - Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano. Cochabamba, Bolivia.
- Ministerio de Agricultura. (2011). Biodigestores en el Perú. Recuperado 6 de agosto de 2019, de

<http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/bioenergia/biodigestores.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). Plan Nacional de Desarrollo Ganadero. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/dg-ganaderia/plannacional-ganadero-2017-2027.pdf>

Moncayo, G. (2017). ¿Que es el biogás? Alemania.

Morocho, M. (2012). Alternativas de manejo para reducir el impacto contaminante de las excretas bovinas en los establos lecheros. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

Nguma, C., Ogbulie, J., & Amadi, E. (2013). Biogas Potyential of organic waste in Nigeria. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 7(1982-3932), 8. <https://doi.org/10.4090/juee.2013.v7n1.110116>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. Recuperado 20 de agosto de 2019, de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>

Paucar, L. (2015). Produccion y Evaluacion de la calidad del biogas y biol en un biodigestor usando estiércol de codorniz de la Granja V.A. Velebit S.A.C ubicada en el distrito de Luriganchos- Chosica. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Pautrat, J. (2010). Diseño de Biodigestor y produccion de Biogás con excremento vacuno en la granja Agropecuaria de Yauris. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., Gonzáles, C., & Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(1405-3195), 12. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140531952012000400004

Reyes, E. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia , a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *FAREM- Estelí*, 24, 22.

Ruiz, R. (2017). Aprovechamiento del estiércol bovino generado en el municipio de Cumbal-Nariño para obtener energía renovable mediante digestión anaerobia. Universidad Nacional de Colombia.

Salazar, J., Amusquivar, C., Llave, J., & Rivaspalata, C. (2012). PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y BIOL A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO : EXPERIENCIAS EN LA CIUDAD DE TACNA. Simposio Peruano de Energia Solar y del Ambiente, 14-17.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2006). Metodologia de la investigacion. (R. del Bosque, Ed.). Iztapalapa.

- Sánchez, V. (2017). Biodigestor para el tratamiento de Residuos Orgánicos Generados por el ganado vacuno del fundo de la asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2015. Universidad Cesar Vallejo.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2011). Guía de buenas prácticas ganaderas. Recuperado 6 de agosto de 2019, de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/GUIA-DE-BUENASPRACTICAS-GANADERAS1.pdf>
- SINEACE. (2015). El desafío de construir calidad en las escuelas rurales del Perú: Experiencia en Julcán - La Libertad. Lima, Perú.
- Tamayo, R. (2011). Potencial de las Energías Renovables en el Perú. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/SeminarioIntEFERP/Miercoles5.10.2011/3.PotencialdeEnergiasRenovablesDGE-RobertoTamayo.pdf>
- Tapia, V. (2016). Manual Técnico de Instalación y uso de biogás. Lima.
- Tay, M. (2017). Rendimiento de biogas y biofertilizante en la digestion anaerobia de estiércol de animales y rastrojos en Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Toala, E. (2013). Diseño de un Biodigestor de Polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Torres, C., & Mendoza, N. (2015). Propuesta de un Sistema de aprovechamiento de estiércol y sangre del camal Municipal del Distrito de Jazán, Provincia Bongará, Departamento Amazonas, Perú. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Varnero, M. T. (2011). Manual de Biogás. Santiago de Chile. <https://doi.org/978-95-306892-0>

ANEXOS

ANEXO 1: Implementación Biodigestores Piloto



Imagen 25. Instalación biodigestor piloto - relación 1:3
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Imagen 24. Instalación biodigestor piloto - relación 1:4
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Imagen 27.Medición de parámetros fisicoquímicos.
Fuente: Elaboración propia, 2020



Imagen 26.Medición de parámetros fisicoquímicos.
Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 2

- Paso 1: Selección del Lugar

Antes de cualquier actividad hay que asegurarse que el terreno sea de la persona beneficiaria, el terreno debiera no tener riesgo de inundarse, además de gozar de agua no clorada, estará a una distancia mínima de 20 m de la cocina y estar cerca del ganado, a su vez no debe interponerse en el paso de algún camino.



Imagen 28. Área donde se asentará el biodigestor tubular

Fuente: Elaboración propia, 2020

- Construcción de las zanjas y paredes



Imagen 29. Zanja excavada

Fuente: Elaboración propia, 2020

Las paredes tienen una forma trapezoidal, una vez que se hizo la excavación nos aseguramos de que no haya habido elementos que dañen al biodigestor.

Fue así que se obtuvieron las siguientes medidas para la construcción de la zanja:

- ✓ Largo: 6.70 m
- ✓ Ancho superior: 0.70 m
- ✓ Ancho inferior: 0.50 m
- ✓ Profundidad: 0.80 m

Así las medidas de las paredes que consideramos, fueron las siguientes:

- ✓ Largo: 7.70 m Ancho: 2.0 m

- **Acondicionamiento de la zanja**

Cavada la zanja y limpiando la zanja, colocamos un plástico que cubre la base y las paredes de la zanja se aseguraron con clavos, este plástico tuvo la función de impedir el ingreso de agua o humedad debajo del biodigestor, sobre la base del plástico en el piso colocamos una capa de pajilla plástico de cebada suficiente para acolchonar el biodigestor, siendo útil para conservar la temperatura y así proteger al biodigestor.



Imagen 30. Acondicionamiento de la zanja

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Instalación del Biodigestor Tubular.**

Después de haber presionado los pliegues que anteriormente fueron doblados se amarraron a la geomebrana con las cintas de la cámara buscando que no haya la posibilidad de haber alguna fuga del sustrato para eso se dieron varias vueltas al tubo por al menos 30 cm de largo de haber atado las cintas, entonces tapamos uno de los tubos para iniciar a inflar el biodigestor y así llevarlo con cuidado entre varias personas hasta la zanja, ubicándolo según las señales puestas, nos aseguramos que los tubos de entrada y salida estén bien ubicados en las canaletas.



Imagen 31. Instalación del biodigestor.

Fuente: Elaboración propia, 2020

-**Nivelación de las tuberías de entrada y salida.**

Las tuberías estuvieron ubicadas en el canal inclinado sobre cada extremo de las zanjas los canales tuvieron una inclinación de 45° , las tuberías se colocaron con un nivel de tal manera que la entrada sea igual o mayor que la salida, haciendo así que la mezcla esté a una altura normal, se fijó las tuberías con estacas formando orificios en el tubo y asegurándolo con la estaca por la presión que ejerce el sustrato evitando que sea jalado.



Imagen 32.Nivelación del tubo de entrada.

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Instalación de la conducción de biogás.**

El transporte del biogás desde el biodigestor hasta el almacenamiento y luego hasta la cocina será a través de un tubo de PVC de 1/2", la tubería estuvo a lo largo del recorrido quedó nivelado para evitar acumulaciones de agua, las tuberías estuvieron a una altura considerable evitando averías en el conducto.



Imagen 33.Conducción del biogás

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Instalación de la válvula de seguridad.**

Ubicamos la válvula entre el biodigestor y el almacenamiento, esta válvula tiene la función de dejar escapar la parte del biogás que excede al volumen del almacenamiento y el mismo biodigestor, evitando rupturas.



Imagen 34.Válvula de Seguridad

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Construcción de la Caseta**



Imagen 35.Construcción de la Caseta

Fuente: Elaboración propia, 2020

Fue de un tambo de madera de 3m como postes que sostienen el techo, 2 cintas de madera de 8.5 m, y 8 cintas de 2.5 m, clavos de 4" y de 2", plástico que cubrió una parte de las paredes y en la parte trasera se colocaron cañas bravas con orientación horizontal, en ambos lados tuvo dos puertas teniendo espacio para realizar el mantenimiento del biodigestor.

- **Construcción e instalación del Almacenamiento.**

Se contó con 3 m de largo de rollo con un ancho de rollo de 1.5, se sellaron las dos aberturas, se acopló el tubo por donde se dirigió el gas hacia la cocina, se colocó bajo sombra a un costado de la cocina y a una altura que no tenga contacto con el suelo y esté bajo ventilación. El ancho de rollo fue de 1.5m y un diámetro de 0.96m, y una longitud de 3m, por lo que se estableció una capacidad de 2.17 m³.



Imagen 36. Instalación del almacenamiento

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Instalación de la cocina**

La cocina fue convencional con función a gas de dos hornillas, de la tubería de ½" pulgada se tuvo un adaptador a la manguera de gas que a su vez fue asegurada con una abrazadera, del otro lado de la manguera se introdujo en la tubería de la cocina, también fue asegurada

con una abrazadera, antes de que el gas llegase a la cocina pasa por el filtro de ácido sulfhídrico instalado antes del almacenamiento, la función es absorber el mal olor.



Imagen 37. Instalación de la manguera a la cocina.

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Construcción de las pozas de entrada y salida.**

Las pozas de entrada y salida fueron construidas con ladrillo y revestidas con cemento, tuvo medidas de 80 cm por 80 cm de largo y una profundidad de 25cm, asegurando así el ingreso de 4 cargas de 20 lt cada una. En la tubería de entrada se colocó una rejilla que retenga alguna pajilla o hierbas secas o incluso palos secos.



Imagen 38. Poza de Entrada

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 4. Reunión con la población



Imagen 40. Reunión con la población

Fuente: Elaboración propia, 2020



Imagen 39. Presentación del proyecto a la población.

Fuente: Elaboración propia, 2020

ANEXO 5. Operación y funcionamiento del biodigestor tubular

- Llenado del Biodigestor

Al culminar la instalación del biodigestor es muy importante contar con la cantidad suficiente de estiércol fresco y agua, para iniciar con la primera carga de mezcla para llenar el tanque se contó con 900 kilogramos de estiércol, se utilizó baldes de 20 litros para diluir con 2700 litros de agua este se fue llenando en el balde con 5 Kg de estiércol y 15 litros de agua, al obtener una mezcla uniforme se pasó a vaciar en la poza de entrada para introducir la mezcla en el biodigestor hasta lograr llenar una capacidad del 75% del volumen del biodigestor y así lograr cubrir los tubos de entrada y salida evitando la salida del oxígeno y las bacterias anaeróbicas cumplan su función.



Imagen 41. Pesado del estiércol

Fuente: Elaboración propia, 2020

Posteriormente el biodigestor será alimentando todos los días con una mezcla de 20 kg de estiércol fresco con 60 litros de agua, o a su equivalente de un balde de 20 litros de estiércol y 3 baldes de agua. Transcurrido los 45 días el biodigestor empezará a producir biogás, días que van a variar de acuerdo a las condiciones ambientales en las que sea instalado. El biogás podrá ser utilizado para el uso en la cocina y el biol como abono para las plantas.



Imagen 42. Mezcla de estiércol y agua Fuente: Elaboración
Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Mantenimiento del biodigestor:**

Se debe seguir los siguientes pasos:

1. Revisar cada semana la válvula de seguridad (botella con agua), si esta estuviera vacía será preciso llenarla hasta el nivel que se estableció, el agua no debe superar los 3 o 4 cm de la columna de agua sobre la base de la tubería.
2. Comprobar que las tuberías no tengan agujeros para evitar posibles fugas, en caso de que la conducción sea de manguera revisar que esta no esta colgada en ninguna parte ya que esto puede impedir el paso del gas porque el agua se condensaría.
3. Cuando el biodigestor ya esté en producción se debe mantener la llave abierta para evitar sobrepresión.
4. Es importante revisar que la estructura de la caseta se mantenga en buenas condiciones para evitar el ingreso de cuerpos extraños que dañe el biodigestor.
5. La estructura de la caseta es recomendable que sea construida con materiales como madera, caña, evitando el plástico por su pronto deterioro frente al sol o lluvias y así con mayor seguridad el biodigestor se conservara en óptimas condiciones. En la imagen

42 se puede observar el resultado final de la instalación del biodigestor tubular.

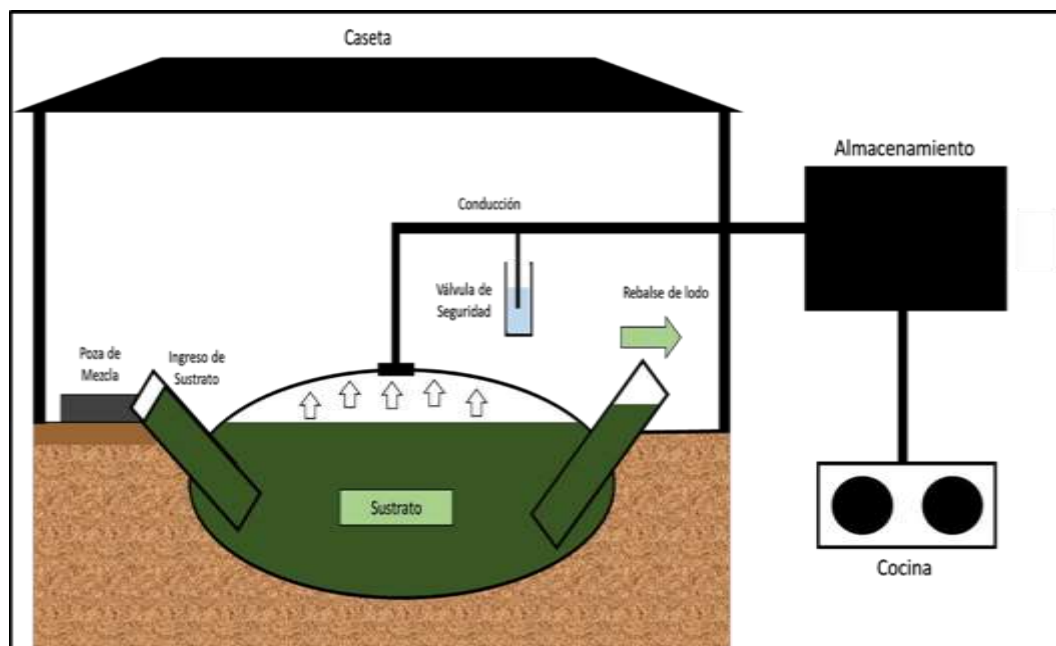


Imagen 43.Proceso de funcionamiento del Biodigestor

Fuente: Elaboración propia, 2020

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD EN EL USO DEL BIODIGESTOR

No encender fuego cerca del biodigestor ya que al contacto con una fuente de combustión puede inflamarse y generar una llama.



La conducción nunca debe ser desconectada mientras el biodigestor este cargado porque se perdería el biogás, pudiendo generar fuego al contacto con una fuente de combustión cercana.

Los filtros de fierro utilizados no deben ser arrojados en cualquier lugar ya que son considerados contaminantes y toxico para los niños de preferencia enterrarlos



**PROHIBIDO
EL PASO**

Evitar que personas ajenas o niños estén cerca del biodigestor, ya que cualquier orificio ocasionaría pérdida de biogás, y se tendría que parchar.

En ningún motivo inhalar biogás, ya que antes de pasar por el filtro, algunos de sus compuestos químicos tienen la capacidad de ser dañinos



ANEXO 14. Ensayo de Laboratorio

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

IE 1019849

ENSAYOS			QUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS					
Código Cliente	BIO - 01		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1019849-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	RESIDUAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Corralpampa - San Pablo		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	2740.0	-	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH ₃ /L	0.028	14.2	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	1376.0	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	6071.8	-	-	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	92 x 10 ⁶	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	35 x 10 ⁶	-	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids. Dried at 103 - 105°C
Nitrógeno Amoniacal, Amoníaco	mgN-NH ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica

(**) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

ANEXO 15. Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor 1:3

Tabla 17. Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor 1:3

Registro de Parámetros Físicoquímicos - Digestor 1:3					
Día	Fecha	Hora	Parámetros Físicoquímicos		
			pH	T°	OD
01	17/10/2019	8:00 am	6.88	18.7	5.40
02	18/10/2019	8:00 am	6.88	18.9	5.40
03	19/10/2019	8:00 am	6.88	18.9	5.30
04	20/10/2019	8:00 am	6.90	19.2	5.30
05	21/10/2019	8:00 am	6.91	19.4	5.30
06	22/10/2019	8:00 am	6.91	20.2	5.30
07	23/10/2019	8:00 am	6.91	20.2	5.20
08	24/10/2019	8:00 am	6.94	20.3	5.20
09	25/10/2019	8:00 am	6.94	20.5	5.20
10	26/10/2019	8:00 am	6.95	20.5	5.20
11	27/10/2019	8:00 am	6.95	20.5	5.10
12	28/10/2019	8:00 am	6.98	20.7	5.00
13	29/10/2019	8:00 am	6.99	20.7	5.00
14	30/10/2019	8:00 am	7.03	20.7	5.00
15	31/10/2019	8:00 am	7.03	20.7	4.90
16	01/11/2019	8:00 am	7.04	20.8	4.80
17	02/11/2019	8:00 am	7.04	20.7	4.80
18	03/11/2019	8:00 am	7.04	20.7	4.70
19	04/11/2019	8:00 am	7.04	20.6	4.60
20	05/11/2019	8:00 am	7.04	20.6	4.50
21	06/11/2019	8:00 am	7.04	20.6	4.40
22	07/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	4.20
23	08/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	4.10
24	10/11/2019	8:00 am	7.03	20.7	4.00
25	11/11/2019	8:00 am	7.03	20.7	3.90
26	12/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	3.60
27	13/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	3.40
28	14/11/2019	8:00 am	7.03	20.7	3.20
29	15/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	3.00
30	16/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	2.60
31	17/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	2.30
32	18/11/2019	8:00 am	7.05	20.6	2.00
33	19/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	1.70
34	20/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	1.30
35	21/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	1.10
36	22/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	1.00
37	23/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.90
38	24/11/2019	8:00 am	7.03	20.7	0.80
39	25/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.70
40	26/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.60
41	27/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.60
42	28/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.50
43	29/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.40

44	30/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.30
45	01/11/2019	8:00 am	7.03	20.6	0.20

Fuente: Elaboración Propia,

ANEXO 16. Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor 1:4

Tabla 18. Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor 1:4

Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor 1:4					
Día	Fecha	Hora	Parámetros Fisicoquímicos		
			pH	T°	OD
01	17/10/2019	8:30 am	6.40	18.9	5.10
02	18/10/2019	8:30 am	6.41	18.9	5.10
03	19/10/2019	8:30 am	6.41	19.0	4.50
04	20/10/2019	8:30 am	6.43	19.0	4.50
05	21/10/2019	8:30 am	6.41	19.1	4.50
06	22/10/2019	8:30 am	6.42	19.0	3.80
07	23/10/2019	8:30 am	6.45	19.1	3.80
08	24/10/2019	8:30 am	6.45	19.1	3.80
09	25/10/2019	8:30 am	6.45	19.1	3.80
10	26/10/2019	8:30 am	6.48	19.2	3.40
11	27/10/2019	8:30 am	6.48	19.2	3.40
12	28/10/2019	8:30 am	6.48	19.2	3.40
13	29/10/2019	8:30 am	6.50	19.3	2.90
14	30/10/2019	8:30 am	6.51	19.3	2.90
15	31/10/2019	8:30 am	6.51	19.4	2.90
16	01/11/2019	8:30 am	6.54	19.3	2.90
17	02/11/2019	8:30 am	6.60	19.3	2.40
18	03/11/2019	8:30 am	6.55	19.3	2.40
19	04/11/2019	8:30 am	6.55	19.4	2.40
20	05/11/2019	8:30 am	6.55	19.5	2.20
21	06/11/2019	8:30 am	6.59	19.5	2.20
22	07/11/2019	8:30 am	6.59	19.5	2.20
23	08/11/2019	8:30 am	6.61	19.5	2.20
24	10/11/2019	8:30 am	6.61	19.6	1.90
25	11/11/2019	8:30 am	6.62	19.6	1.80
26	12/11/2019	8:30 am	6.62	19.7	1.70
27	13/11/2019	8:30 am	6.64	19.7	1.70
28	14/11/2019	8:30 am	6.65	19.7	1.70
29	15/11/2019	8:30 am	6.66	19.8	1.70
30	16/11/2019	8:30 am	6.67	19.8	1.70
31	17/11/2019	8:30 am	6.67	19.8	1.70
32	18/11/2019	8:30 am	6.67	18.9	1.60
33	19/11/2019	8:30 am	6.69	20.3	1.60
34	20/11/2019	8:30 am	6.68	20.3	1.60
35	21/11/2019	8:30 am	6.69	20.4	1.60
36	22/11/2019	8:30 am	6.71	20.4	1.60
37	23/11/2019	8:30 am	6.71	20.4	1.60
38	24/11/2019	8:30 am	6.72	20.4	1.60
39	25/11/2019	8:30 am	6.72	20.4	1.60
40	26/11/2019	8:30 am	6.76	20.4	1.60

41	27/11/2019	8:30 am	6.79	20.4	1.60
42	28/11/2019	8:30 am	6.80	20.4	1.60
43	29/11/2019	8:30 am	6.80	20.4	1.60
44	30/11/2019	8:30 am	6.80	20.4	1.60
45	01/11/2019	8:30 am	6.80	20.4	1.60

Fuente: Elaboración Propia,

ANEXO 17. Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor Tubular Carrerapampa

Tabla 19. Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor Tubular Carrerapampa

Registro de Parámetros Fisicoquímicos - Digestor Tubular Carrerapampa					
Día	Fecha	Hora	Parámetros Fisicoquímicos		
			pH	T°	OD
01	15/12/2019	8:00 am	6.92	16.7	5.10
02	16/12/2019	8:00 am	6.94	16.9	5.00
03	17/12/2019	8:00 am	6.97	18.9	4.70
04	18/12/2019	8:00 am	6.97	19.8	4.60
05	19/12/2019	8:00 am	6.99	20.2	4.60
06	20/12/2019	8:00 am	6.99	20.2	4.50
07	21/12/2019	8:00 am	7.01	20.2	4.50
08	22/12/2019	8:00 am	7.01	20.3	4.50
09	23/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.20
10	24/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.10
11	25/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.10
12	26/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.10
13	27/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.10
14	28/12/2019	8:00 am	7.02	20.5	4.10
15	29/12/2019	8:00 am	7.01	20.5	4.10
16	30/12/2019	8:00 am	7.02	20.5	4.10
17	01/01/2020	8:00 am	7.01	20.5	3.80
18	02/01/2020	8:00 am	7.01	20.5	3.80
19	03/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.80
20	04/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.80
21	05/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.80
22	06/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.70
23	07/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.60
24	08/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.60
25	09/01/2020	8:00 am	7.02	20.4	3.60
26	10/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.60
27	11/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.60
28	12/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.60
29	13/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	3.00
30	14/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	2.60
31	15/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	2.30
32	16/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	2.00
33	17/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.70
34	18/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.60
35	19/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.60
36	20/01/2020	8:00 am	7.03	20.4	1.50
37	21/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.30

38	22/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.30
39	23/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.30
40	24/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	1.30
41	25/01/2020	8:00 am	7.03	20.5	0.90
42	26/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	0.90
43	27/012020	8:00 am	7.02	20.5	0.30
44	28/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	0.20
45	29/01/2020	8:00 am	7.02	20.5	0.20

Fuente: Elaboración Propia,