

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. Tania Deyci DURAN MUCHA**

**Asesor: Mg. Lucio ROJAS VITOR**

Cerro de Pasco – Perú – 2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO**  
PRESIDENTE

---

**Mg. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
MIEMBRO

---

**Dr. David Jhonny CUYUBAMBA ZEVALLOS**  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a DIOS por su amor y bendición.

Dedico con mucho gozo este logro a mis padres

Rubén y Velia; a mis hermanos (as) ya que ellos

fueron mi fuerza, mi motivación personal y profesional,

a mis compañeros y maestros de la universidad.

Gracias a todos por este logro en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Pasco

## RESUMEN

La investigación se realizó en el caserío de Yargochacan, fundo Rachac Huaganan, Distrito de Ninacaca, Provincia de Pasco, la zona de experimentación pertenece a la familia Alania. La investigación se basó en buscar tratamiento amigable con el medio ambiente con los residuos orgánicos (estiércol) del ganado ovino por la actividad ganadera que se presenta en esta población, así mismo también dar sanidad y energía a los pobladores ganaderos del distrito de Ninacaca. El residuo orgánico (estiércol) que se produce en las instalaciones pecuarias, se está liberando el metano al ambiente atmosférico porque no existe ningún tratamiento ni manejo adecuado. El presente trabajo de investigación tuvo como propósito desarrollar biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca.

El presente estudio se rige a la investigación cuasi experimental, metodología de tipo descriptiva de enfoque cuantitativa y cualitativa.

Los resultados obtenidos permitieron su viabilidad. Las medidas de pH, temperatura, oxígeno, presión obtenidas a través del programa Excel, indica que el biodigestor estaba operando con parámetros correctos. Los parámetros obtenidos como resultados fueron los siguientes; con respecto al pH de las 8 semanas monitoreadas el valor del pH promedio para el tratamiento se encontró entre 6.05 a 7.74, en este caso se encuentra dentro del requerimiento necesario para la generación de biogás, ya que el requerido es de pH de 6 a pH de 8,3. Por el lado de la temperatura en las 8 semanas de monitoreo se encontró entre 10.3 °C a 12.1 °C, por lo mencionado nos encontramos dentro de una temperatura muy baja, pero dentro del rango de 5°C hasta los 60°C que mencionan los especialistas para la generación de biogás. El Oxígeno en el monitoreo de las 8 semanas, el valor del oxígeno promedio para el tratamiento

se encontró entre 1.2 a 1.07, la no presencia de oxígeno hace que nuestro biodigestor genere más adecuadamente el biogás, por lo que el descenso es un indicador positivo para nuestro experimento. Estos tres parámetros anteriores mencionados determinan que la presión de biogás en BAR determino un crecimiento dentro del biodigestor, el proceso de digestión ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor 0.5 bar a 0.6 bar, lo cual se representa aplicando la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para la producción de biogás.

Esta investigación se finaliza con éxito; considerando al biogás una energía renovable y sustentable para todas las familias ganaderas del distrito de Ninacaca. Ya que la materia orgánica (estiércol) es abundante en este lugar, las familias pueden usar el biogás producido para la preparación de sus alimentos.

**Palabras clave:** Biodigestor, Biogás, pH, Temperatura, Oxígeno, Presión en BAR y Ovinos.

## ABSTRACT

The research was carried out in the Yargochacan hamlet, Rachac Huaganan farm, Ninacaca District, Pasco Province, the experimentation area belongs to the Alania family. The research was based on seeking environmentally friendly treatment with organic waste (manure) from sheep due to the livestock activity that occurs in this population, as well as providing health and energy to the livestock population of the Ninacaca district. The organic waste (manure) that is produced in livestock facilities, methane is being released into the atmospheric environment because there is no proper treatment or management. The purpose of this research work was to develop biogas from the mixture of sheep manure with efficient microorganisms at the scale of a biodigester, for its use as a renewable energy source, in the livestock areas of the Ninacaca district.

This study is governed by quasi-experimental research, a descriptive methodology with a quantitative and qualitative approach.

The results obtained allowed its viability. The measurements of pH, temperature, oxygen, pressure obtained through the Excel program indicate that the biodigester was operating with correct parameters. The parameters obtained as results were the following; Regarding the pH of the 8 weeks monitored, the average pH value for the treatment was found between 6.05 to 7.74, in this case it is within the necessary requirement for the generation of biogas, since the required one is from pH 6 to pH of 8.3. On the side of the temperature in the 8 weeks of monitoring it was found between 10.3 ° C to 12.1 ° C, therefore we are within a very low temperature, but within the range of 5 ° C to the 60 ° C that they mention the specialists for biogas generation. Oxygen in the 8-week monitoring, the average oxygen value for the treatment was found between 1.2 to 1.07, the absence of oxygen makes our biodigester more adequately generate biogas, so the decrease is a positive indicator for our experiment.

These three aforementioned parameters determine that the biogas pressure in BAR determined growth within the biodigester, the sheep digestion process reached its maximum pressure peak of 3.2 bar at 8 weeks and its lowest production was during the first three weeks with a value of 0.5 bar to 0.6 bar, which is represented by applying the mixture of sheep manure with efficient microorganisms at the scale of a biodigester, for the production of biogas.

This investigation is completed successfully; considering biogas a renewable and sustainable energy for all cattle families in the Ninacaca district. Since organic matter (manure) is abundant in this place, families can use the biogas produced for the preparation of their food.

**Keywords:** Biodigester, Biogas, pH, Temperature, Oxygen, Pressure in BAR and Sheep.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación de tesis tiene como principal objetivo determinar, la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, energía limpia a partir de materia orgánica (estiércol) para las familias ganaderas del distrito de Ninacaca.

La actividad ganadera emite gases al ambiente provocado el efecto invernadero. La cual ha generado la necesidad de buscar métodos y a la vez dar un valor a estos residuos orgánicos (estiércol), con el fin de ser aprovechados de manera eficiente, los residuos orgánicos (estiércol) son biodegradables y también pueden ser transformados en diferentes tipos de procesos. Existen diversos procesos para biotransformar las excretas, la producción de biogás es una de las técnicas que utilizaremos para el tratamiento de residuos orgánicos.

La investigación es importante en el campo de las energías renovables. Los residuos orgánicos se transforman en energía sustentable que es el biogás, de aprovechamiento energético puede utilizarse en la cocina de las familias ganaderas del distrito de Ninacaca y a la vez se contribuye con la reducción de emisión de estos gases al ambiente. Los Microorganismos eficientes son aceleradores microbiológicos, utilizados en múltiples sistemas agro productivos y manejo de residuos orgánicos. Los Microorganismos eficientes, están compuestos por distintas variedades de microorganismos como; levadura, bacterias fotosintéticas, actinomicetos y bacterias ácido lácticas, la cual ayuda a biotransformar de forma rápida los residuos orgánicos.

**La Autora.**

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE CUADRO	
ÍNDICE FIGURAS	
ÍNDICE DE MAPAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	
ÍNDICE DE TABLAS	

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general: .....	3
1.3.2. Problemas específicos:.....	3
1.4. Formulación de objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general:.....	3
1.4.2. Objetivos específicos:.....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.5.1. Justificación teórica .....	4
1.5.2. Justificación metodológica .....	4
1.5.3. Justificación ambiental.....	5
1.5.4. Justificación social .....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	6
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes Internacional .....	9
2.2. Bases teóricas – científicas .....	11

2.3. Definición de términos básicos .....	23
2.4. Formulación de Hipótesis .....	24
2.4.1. Hipótesis General .....	24
2.4.2. Hipótesis Específicos.....	24
2.5. Identificación de Variables .....	25
2.5.1. Variable Independiente .....	25
2.5.2. Variable Dependiente .....	25
2.5.3. Variable Interviniente .....	25
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	26

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODOLÓGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	27
3.2. Nivel de Investigación .....	28
3.3. Métodos de investigación .....	28
3.1.1 Trabajo de Campo .....	28
3.1.2 Monitoreo de Parámetros .....	28
3.4. Diseño de la investigación .....	28
3.5. Población y muestra .....	29
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.6.1. Técnicas .....	29
3.6.2. Instrumentos.....	30
3.6.3. Materiales de Ejecución.....	30
3.7. Selección,validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	31
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos .....	31
3.9. Tratamiento Estadístico .....	31
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	31

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	33
4.1.1. Ubicación Geográfica de la Investigación .....	33
4.1.2. Condiciones meteorológicas y geográficas .....	36
4.1.3. Proceso constructivo del biodigestor.....	36
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	46
4.2.1. Variables de análisis de producción de biogás .....	46
4.2.1.1. Comportamiento del pH .....	46

4.2.1.2.	Comportamiento de la Temperatura .....	50
4.2.1.3.	Comportamiento del Oxígeno .....	54
4.2.1.4.	Pruebas de generación de biogás.....	57
4.2.1.5.	Impacto económico, social, ambiental y salud en el uso de biodigestores en la comunidad ganadera Ninacaca. Mediante la entrevista semi-estructurado. ....	60
4.3.	Prueba de hipótesis .....	63
4.4.	Discusión de resultados.....	64
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		
ANEXOS		
Instrumentos de Recolección de datos		
Procedimiento de validación y confiabilidad		

## ÍNDICE CUADRO

<b>Cuadro N° 1:</b> Comportamiento de pH en el Biodigestor .....	49
<b>Cuadro N° 2:</b> Comportamiento de la temperatura en el Biodigestor .....	52
<b>Cuadro N° 3:</b> Comportamiento del Oxígeno en el Biodigestor.....	56
<b>Cuadro N° 4:</b> Comportamiento de Presión de Biogás en el Biodigestor .....	58

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Origen del metano.....	12
<b>Figura N° 2:</b> Digestor de cúpula fija.....	13
<b>Figura N° 3:</b> Digestor de cúpula móvil .....	14
<b>Figura N° 4:</b> Digestor de tipo Batch.....	15
<b>Figura N° 5:</b> Composición de biogás.....	16
<b>Figura N° 6:</b> Ciclo de fermentación anaeróbica .....	18
<b>Figura N° 7:</b> Fases de la producción de biogás.....	20
<b>Figura N° 8:</b> Usos del biogás .....	21
<b>Figura N° 9:</b> Beneficios del biogás .....	21
<b>Figura N° 10:</b> Características químicas de la excreta ovina .....	22

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa N° 1:</b> Plano de Ubicación – Departamento / Provincia de Pasco.....	34
<b>Mapa N° 2:</b> Mapa de Ubicación de la Instalación y Monitoreo del Biodigestor .....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1:</b> Comportamiento de pH en el Biodigestor .....	48
<b>Gráfico N° 2:</b> Comportamiento de la temperatura en el Biodigestor .....	51
<b>Gráfico N° 3:</b> Comportamiento de Oxígeno en el Biodigestor.....	55
<b>Gráfico N° 4:</b> Presencia de Presión de Biogás.....	57

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen N° 1:</b> Imagen del Cilindro de Capacidad de 200 litros.....	37
<b>Imagen N° 2:</b> Instalación de Válvula para Abastecimiento de Gas. ....	38
<b>Imagen N° 3:</b> Instalación de Manómetro .....	38
<b>Imagen N° 4:</b> Vista de Biodigestor Habilitado .....	39
<b>Imagen N° 5:</b> Establo de Ovino .....	40
<b>Imagen N° 6:</b> Vista de estiércol Recolectado.....	40
<b>Imagen N° 7:</b> Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua.....	41
<b>Imagen N° 8:</b> Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua.....	42
<b>Imagen N° 9:</b> Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua.....	42
<b>Imagen N° 10:</b> Adición de Sustrato de Estiércol con Agua al Biodigestor.....	43
<b>Imagen N° 11:</b> Capacidad del Biodigestor .....	44
<b>Imagen N° 12:</b> Vista de los Microorganismos Eficientes.....	45
<b>Imagen N° 13:</b> Preparación de los Microorganismos Eficientes en un Balde.....	45
<b>Imagen N° 14:</b> Adición de los Microorganismos Eficientes en el Biodigestor.....	46
<b>Imagen N° 15:</b> Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor.....	47
<b>Imagen N° 16:</b> Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor.....	47
<b>Imagen N° 17:</b> Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor.....	48
<b>Imagen N° 18:</b> Monitoreo del Parámetro Temperatura en el Biodigestor.....	51
<b>Imagen N° 19:</b> Monitoreo del Parámetro Oxígeno en el Biodigestor.....	54
<b>Imagen N° 20:</b> Vista de Prueba de Presencia de Biogás.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1:</b> Matriz de entrevista .....	60
--	----

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La ganadera emite importantes cantidades de metano (CH<sub>4</sub>), y otras sustancias como: óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) al ambiente. Las concentraciones de estos gases provocan el efecto invernadero y deterioro de la capa de ozono.

La materia orgánica (estiércol), generada por un ovino adulto puede llegar a producir hasta 3kg de estiércol al día, es decir, en un rebaño de 100 animales se puede producir aproximadamente 300 k/día de excreta (Dickson 2005).

En la comunidad campesina de Ninacaca, la principal fuente económica es la actividad ganadera, que en la gran parte practican el pastoreo intensivo que alberga alrededor 80,000 ovinos. (Empadronamiento de la comunidad campesina de Ninacaca).

Cada ovino con un peso vivo promedio de 40 Kg, que excreta un promedio de 3 Kg, cada ovino y en total los 80,000 excretan diariamente 240,000Kg, por día, al mes 7, 200,000 Kg, al año 86, 400,000 kg, de estiércol en el corral, emisión del metano por ovino es de 0.45m<sup>3</sup> por día, en total emiten aproximadamente 36,000 m<sup>3</sup> por día.

La contaminación atmosférica se genera por la actividad ganadera en la comunidad campesina de Ninacaca, el principal contaminante son los residuos orgánicos del ganado (el estiércol). Actualmente en la jurisdicción de este distrito, el estiércol que se produce en instalaciones pecuarias, se está liberando el metano al ambiente atmosférico porque no existe ningún tratamiento ni manejo adecuado del estiércol.

Los ovinos son los causantes de la contaminación atmosférica ya que liberan gases de efecto invernadero como el metano, provocando el calentamiento global y deterioro de la capa de ozono. El metano se genera al descomponer la materia orgánica (estiércol) en un medio aeróbico.

El distrito de Ninacaca se encuentra a 4,140 msnm. La temperatura generalmente varia de -1C° a 14C°. Para la producción de biogás se utilizó cantidades adecuadas de estiércol del ganado ovino, microorganismos eficientes y un adecuado diseño de biodigestor logrando en un corto tiempo la producción de biogás de manera eficiente.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

Esta investigación de tesis implica principalmente a los sectores ganaderos del distrito de Ninacaca, para estas poblaciones ganaderas es una oportunidad de desarrollo para generar su propia energía.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general:**

¿Se conseguirá producir biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca?

#### **1.3.2. Problemas específicos:**

1.3.2.1. ¿Cuál es el porcentaje de las cantidades de la mezcla del estiércol del ganado ovino y microorganismos eficientes para la producción eficiente del biogás?

1.3.2.2. ¿Cuál es el volumen de biogás producido a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca?

1.3.2.3. ¿Qué tipo de biodigestor se utilizará para la producción del biogás en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca?

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general:**

Determinar si se conseguirá producir biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca.

#### **1.4.2. Objetivos específicos:**

1.4.2.1. Determinar el porcentaje de las cantidades de la mezcla del estiércol del ganado ovino y microorganismos eficientes para la producción eficiente del biogás.

1.4.2.2. Evaluar el volumen de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca.

1.4.2.3. Determinar el tipo de biodigestor para la producción del biogás en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Esta investigación de tesis presenta una información importante de la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca, la información servirá para proliferar en las familias ganaderas de este distrito.

##### **1.5.2. Justificación metodológica**

La metodología usada para la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes fue mediante la aplicación de un biodigestor, lo cual en este ambiente se generó una temperatura adecuada capaz de degradar el estiércol.

### **1.5.3. Justificación ambiental**

La presente investigación es justificada, ya que evita el impacto al ambiente, el metano es utilizado para la producción de biogás, a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con el uso de microorganismos eficientes a escala de un biodigestor.

### **1.5.4. Justificación social**

La presente investigación ayuda a generar biogás, recurso energético generado a partir de los residuos orgánicos, con el fin de ser usado como fuente de combustión en su que hacer diario.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

La inversión a la habilitación de los biodigestores al inicio supera más de 2000 soles.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Se tiene antecedentes de estudio nacionales y antecedentes internacionales, la cual se detalla a continuación:

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

**2.1.1.1. Maricela Elizabeth Quispe Astucuri (2015). Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiércol de codorniz de la granja V.A. Velebit S.A.C. Ubicada en el distrito de Iurigancho-chosica. Lima, Perú – 2015.**

Este trabajo de tesis se enfoca en la Producción y Evaluación de la Calidad del Biogás y Biol en un biodigestor de capacidad de 80 litros, usando el estiércol de codorniz de la granja como sustrato y en un tiempo de retención de 13 semanas con una proporción de agua y

sólidos totales de 1/5. Fueron dos tratamientos teniendo como sustratos la codornaza en la etapa de postura y levante. Se evaluaron los siguientes parámetros; la temperatura interior del reactor, el pH, el volumen de la producción y la calidad del biogás, también se valoró la concentración de macronutrientes y los coliformes fecales, dando como resultado; la temperatura interior fue psicrófila (18 – 25°C) y algunos resultados residieron en el rango de mesófilo (25 – 27.2 C°). El pH tuvo valores entre 6 a 8. El porcentaje de metano fue de 44.6% y 40%, lo que muestra que estos no llegaron a tener buena calidad (50%), esto es posiblemente por la temperatura, por el oxígeno, la baja actividad metanogénica o por el porcentaje de los sólidos totales. La producción de biogás fue más significativa por el procedimiento con codornaza de postura que por el tratamiento de codornaza de levante. El biol originado muestra macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y presenta mayor concentración por el tratamiento de codornaza levante y el procedimiento de codornaza de postura no cumple con los estándares de calidad de agua de riego conforme el MINAM y de fertilizante conforme la EPA. En ambos casos de procedimiento de codornaza el biol obtenido puede utilizarse como abono orgánico. Y la producción de biogás en ambos procedimientos tiene el mismo comportamiento.

**2.1.1.2. Miguel Angel Barrena Gurbillón, Franklin Cubas Alarcón, Wildor Gosgot Angeles, Carla María Ordinola Ramírez, Jesús Rascón Barrios & Milton Huanes Mariños (2019). Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, Perú – 2019.**

Este trabajo de tesis se enfoca en un Sistema de Producción de Biogás y Bioabonos, en un biodigestor tubular de geomenbrana de PVC de 12 m<sup>3</sup>, con 9 m<sup>3</sup> de volumen, el biogás es aprovechado como combustible y el bioabono para la mejora de los pastos de los bovinos. En el biodigestor se procesó el estiércol de bovino en un ambiente anaeróbico la cual fue puesta en un tiempo de retención de 29 días con una proporción de mezcla de estiércol: agua de 1:5, a una temperatura ambiente promedio de 14,4°C. El biogás generado cumple como combustible para la elaboración de alimento de la familia. El biol y el biosol, efluentes del biodigestor, es empleado como abono orgánico para los pastos, los pastizales que se le aplico biol (T2) y biosol (T3) se desarrolló favorablemente. El biosol favoreció el peso fresco de los pastizales y a mejorar el suelo del fundo. Este sistema contribuye a reducir el impacto ambiental generado por la actividad ganadera al confinar el metano a biogás y biol.

**2.1.1.3. Winston Arrieta-Palacios (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Piura Perú – 2016.**

Este trabajo de tesis se orienta en el diseño de una instalación de biogás a nivel domestica la cual permite aprovechar las excretas tanto del ganado vacuno y/o porcino, con el fin de satisfacer la demanda de energía y así poder usar la energía para la preparación de los alimentos e iluminación de la familia. El diseño incluye el dimensionamiento del biodigestor, el biodigestor es el medio donde se desarrolla la transformación de las excretas en biogás durante la digestión anaeróbica; el biodigestor se instala al gasómetro en donde

se acopia el biogás producido y de las tuberías de transporte de gas hasta los puntos de consumo. Este diseño de aprovechamiento energético asimismo se puede generalizar para diferentes demandas energéticas.

## **2.1.2. Antecedentes Internacional**

### **2.1.2.1. Laura Angélica Briseño Arciniega (2017). Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. Mexico -2017.**

El trabajo de tesis se enfoca en la Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. Aprovecha la biomasa de forma sostenible, mediante una tecnología limpia que conserva el medio ambiente y pudiendo sustituir al combustible fósil. El país de México tiene un sector agropecuario que genera gran cantidad de excretas, contaminando así el agua, suelo y aire, la cual este proyecto de tesis busca aprovechar estos residuos de manera eficiente, generando biogás. El objetivo es buscar una mejor codigestión de residuos, enfocado al diseño de la planta y a las proporciones óptimas de los sustratos, la planta piloto opera en las instalaciones de CIDETEQ. Como sustrato se usaron las excretas de vaca, cerdo, pollinaza, suero de leche y grasa residual, como resultado el estiércol de vaca (80%)/Grasa (20%), en un proceso anaeróbico fue mayor su generación de biogás a 72.1 L/KgVs y 80% de CH<sub>4</sub>, TRS de 27 días. En conclusión, busca este proyecto de tesis la composición ideal en las

proporciones de la mezcla y de esa manera producir biogás a mejor calidad.

**2.1.2.2. Javier Andrés Pérez Medel (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros – 2010.**

Este trabajo de tesis se enfoca en la necesidad de generar energía para los pequeños ganaderos y lecheros de la zona sur de Chile y en la diversificación de la matriz energética del país, la solución viable a esta necesidad es el estudio y diseño de un biodigestor. Este biodigestor genera biogás a partir de la descomposición de restos orgánicos, eses de animales (vacunos, porcinos, etc.). Este proyecto fue apoyado económicamente por entidades públicas como el INDAP, INE o Ministerio de Economía.

Un proyecto de instalación de digestión anaeróbica a nivel básico, que procesa 59 m<sup>3</sup>/mes de purines de bobino y produce 4,1 m<sup>3</sup>/H promedio de biogás. Incorporando también un equipo generador eléctrico que es alimentada por el biogás, permitiendo así energía eléctrica aprovechable.

**2.1.2.3. Alexander David Durazno Coronel (2018). Valoración de Estiércol Bovino y Porcino en la Producción de Biogás en un Biodigestor de Producción por Etapas – 2018.**

Este trabajo de tesis se orienta a evaluar la producción de biogás a partir de estiércol bovino y porcino en un biodigestor cilíndrico de producción por etapas en el campus “Yumagcay”, Paute-Azuay. El biodigestor cilíndrico de producción por etapas tiene una capacidad de

volumen de carga de 233 litros, el volumen de carga del biodigestor fue de 65% con una mezcla de 151.42 litros con relación 1:1 estiércol-agua. Se evaluaron los siguientes parámetros; temperatura ambiente, tiempo de retención, pH, presión y cantidad de biogás producido. El tiempo de fermentación fue de 50 días para cada tipo de estiércol dando como resultado 48.8 litros y 65.9 litros de bovino y porcino. El proceso se llevó a un ambiente promedio de 14.27°C y 14.53°C y a una presión de 12psi y 15.2 psi en cada proceso. El análisis estadístico de las variables fijo la diferencia estadística de los datos referentes a temperatura, presión y biogás generado. El bioabono generado se utilizó para el desarrollo de la biomasa vegetal y para el valor nutricional del suelo.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Formación del Metano**

El gas metano ( $\text{CH}_4$ ). Se produce de forma natural al ser descompuesto la materia orgánica (estiércol) por un proceso anaeróbico. El gas metano se considera un gas inflamable, incoloro y no tóxico. También hay otras fuentes que emiten el gas metano ( $\text{CH}_4$ ) al ambiente estos son los residuos orgánicos, pantanos, humedales, combustible fósil y otros.

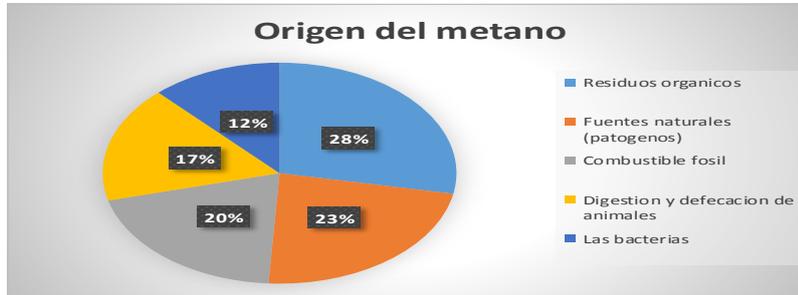
El gas metano actúa en el ambiente como un gas de efecto invernadero, provocando el calentamiento global, este gas natural se puede utilizar como combustible para la preparación de los alimentos y otros fines.

### **2.2.2. Fuentes que emiten el metano ( $\text{CH}_4$ ) al ambiente:**

- Desintegración de los residuos orgánicos 28%.
- Descomposición materia orgánica (digestión y defecación de animales 17%
- Bacterias 12%

- Pantanos 23%
- Combustibles fósiles 20%

**Figura N° 1: Origen del metano**



**Fuente:** Ministerio del Ambiente

### 2.2.3. Biodigestores

Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor) dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar en determinada dilución de agua para que se descomponga por microorganismos, produciendo por un lado gas metano y por otros fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio (Valdivia, 2000).

Los biodigestores son un contenedor cerrado herméticamente, en el cual se realiza la descomposición de materia orgánica (estiércol) en un proceso anaeróbico. Como resultado se obtiene biogás, biol y bioabono.

### 2.2.4. Tipos de Biodigestores

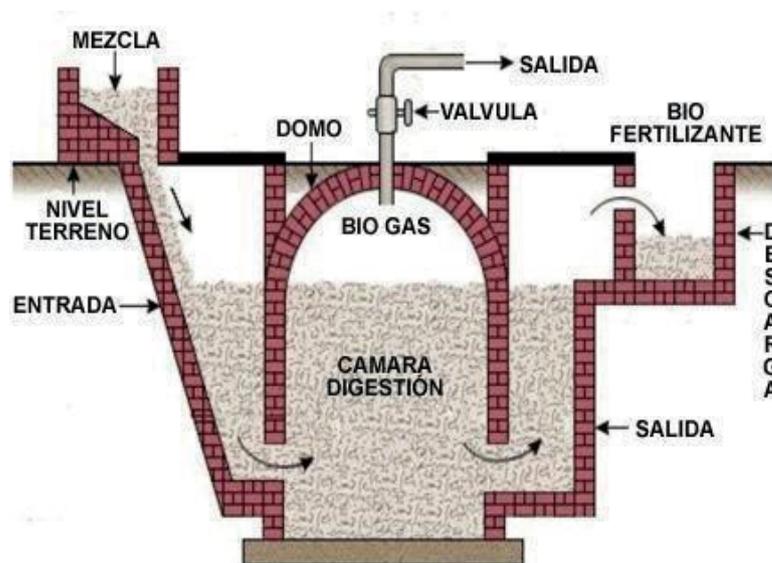
Se especifica tres tipos de biodigestores; Biodigestor de cúpula fija, de cúpula móvil, y el de tipo discontinuo. Estos biodigestores se caracterizan por ser de flujo continuo, la cual permite la entrada y salida de la materia la biomasa. Se describe a continuación cada uno de los tipos de biodigestores.

#### 2.2.4.1. Biodigestor de Cúpula Fija

El biodigestor de cúpula fija, es de origen chino, se realiza con materiales de construcción como el cemento, ladrillos, bloques y acero, es recomendado su construcción en forma de domo, bajo tierra y en

suelos muy fijos a fin de evitar la fuga del gas y el líquido. El gas es almacenado dentro de la campana fija a presión variable y el líquido es desplazado a una cámara llamada hidropresión. En este biodigestor se carga la materia celulosa y estiércol, hasta un 70% de capacidad; luego se sigue cargando como un biodigestor continuo; a los 120 días se descarga en forma total y se puede reiniciar otra vez el ciclo. Para este diseño de construcción de biodigestor se requiere la mano de obra altamente calificada.

**Figura N° 2: Digestor de cúpula fija**



**Fuente:** <https://repositorio.unan.edu.ni/9367/1/18880.pdf>

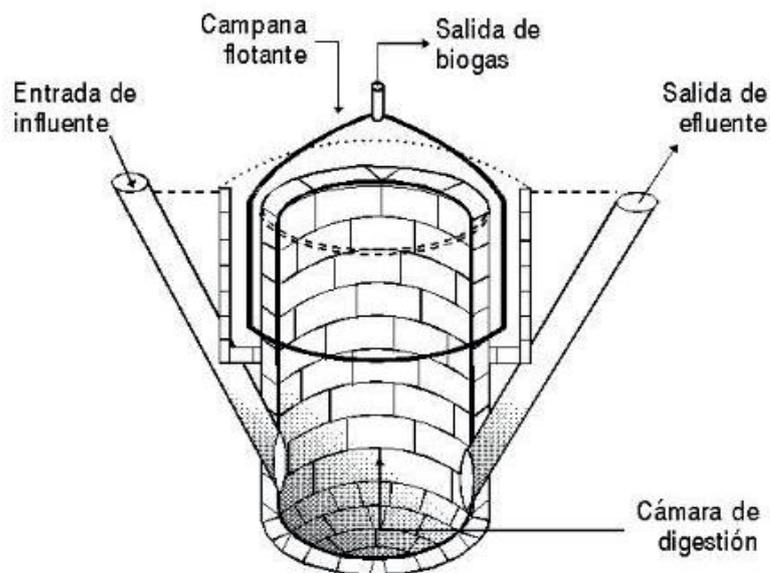
La principal característica de la cúpula fija es que trabaja con presión variable, y no es completamente hermetizado es por ello dificulta cierta complejidad en la construcción y otros costos más impermeabilizantes. Es por ello, este modelo presenta la ventaja de conseguir los materiales de construcción a nivel local, así como la inexistencia de partes

metálicas que pueden oxidarse y una larga vida útil si se le da mantenimiento, además de ser una construcción subterránea. (Jarauta, 2005).

#### 2.2.4.2. Biodigestor de cúpula móvil

Los biodigestores de este grupo tienen dos estructuras: la primera al igual que en los de estructura sólida fija, va enterrada y hecha en concreto, bloque o ladrillo; la segunda en la mayoría de los casos es una campana metálica que “flota” sobre la primera estructura (Valdivia, 2000).

**Figura N° 3: Digestor de cúpula móvil**



**Fuente:** <https://repositorio.unan.edu.ni/9367/1/18880.pdf>

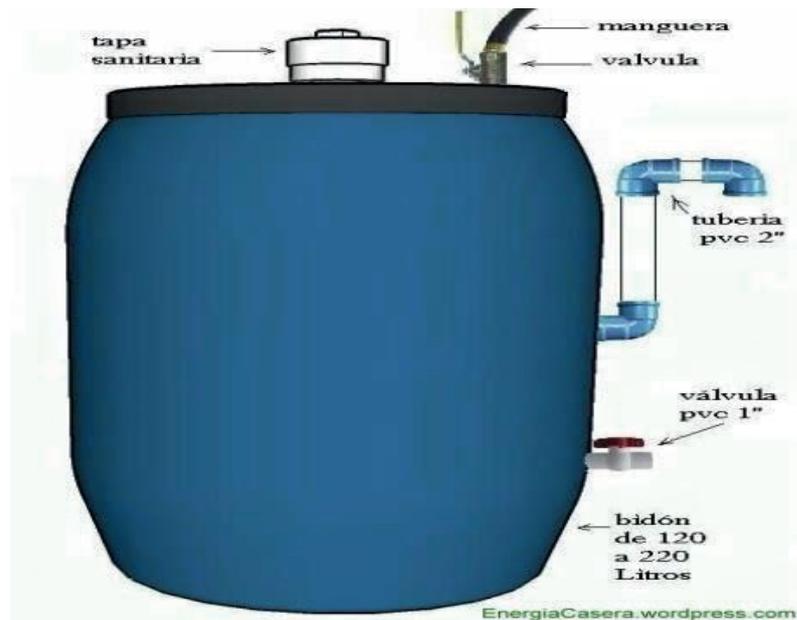
Los de tipo semicontinuo se construyen enterrados, se cargan por gravedad una vez al día, en la parte superior flota una campana donde se almacena el gas (Viñas, 1994). El depósito de gas es móvil, como una campana flotante. Las ventajas de este tipo de planta son que trabajan a presión constante y se puede determinar la cantidad de gas

almacenado por el nivel de la campana; pero tiene como desventaja que está expuesto a la corrosión ya que las campanas son generalmente metálicas. (Contreras, 2006).

#### 2.2.4.3. Sistemas batch o discontinuo

Son aquellas que se cargan una sola vez en forma total y luego se cierra herméticamente por unos 40 a 60 días, son vaciadas por completo después que deje de producir gas. Este modelo de biodigestor tipo batch o discontinuo es adecuado para cargar todo tipo de materia orgánica.

Figura N° 4: Digestor de tipo Batch



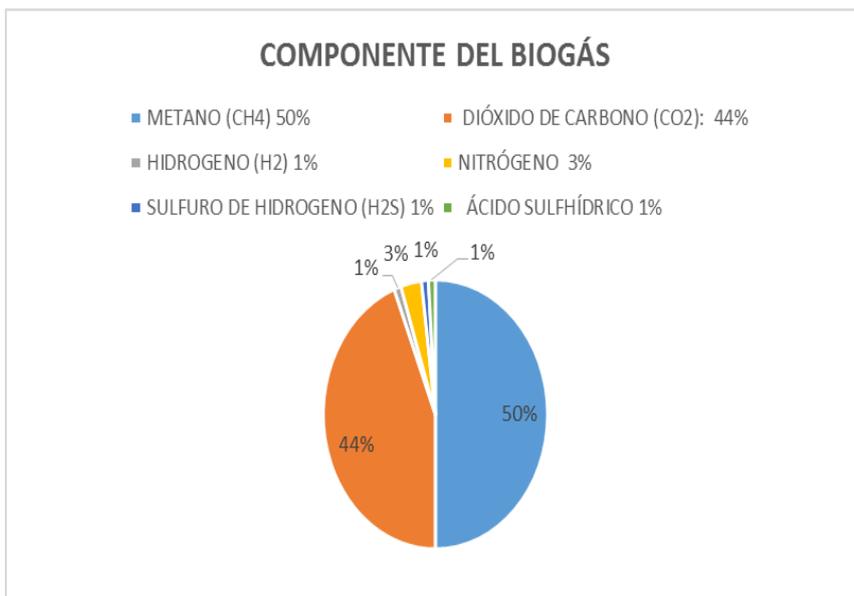
Fuente: <https://repositorio.unan.edu.ni/9367/1/18880.pdf>

#### 2.2.5. Principales componentes del Biogás.

El biogás está compuesto por el gas metano ( $\text{CH}_4$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y otros gases. La composición varía según la materia orgánica utilizada, a continuación, se detalla la composición del biogás.

- Metano ( $\text{CH}_4$ ): 45-65% del volumen
- Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ): 44% del volumen
- Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ): 3%
- Sulfuro de Hidrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ): 1% del volumen
- Hidrogeno ( $\text{H}_2$ ): 1% del volumen
- Ácido Sulfhídrico: 1%

**Figura N° 5: Composición de biogás**



**Fuente:** Ministerio del Ambiente

El porcentaje del biogás acumulado depende de la presión, temperatura y el oxígeno. También depende de la humedad.

### 2.2.6. Ventajas en la utilización del biogás

- Su producción es renovable.

- Evitamos la emisión directa del metano al ambiente.
- Es una energía renovable y sirve como combustible alternativo.
- La combustión es menos contaminante que los combustibles tradicionales.
- Desde el punto de vista medioambiental, el uso del biogás favorece la disminución de emisiones de gases contaminantes y el efecto invernadero.
- Desde el punto de vista energético, el biogás constituye una fuente de energía renovable y limpia. Además, su utilización ayuda a reducir el uso de la energía proveniente de los combustibles fósiles y la tala de árboles.
- Desde el punto de vista socioeconómico, los pobladores en el ámbito rural se benefician de esta energía grandemente ya que su producción es la ganadería y esto genera enormemente el estiércol del ganado para la generación del biogás.
- La producción del biogás es interesante desde el punto de vista energético y medioambiental.
- Bajo costo de producción.

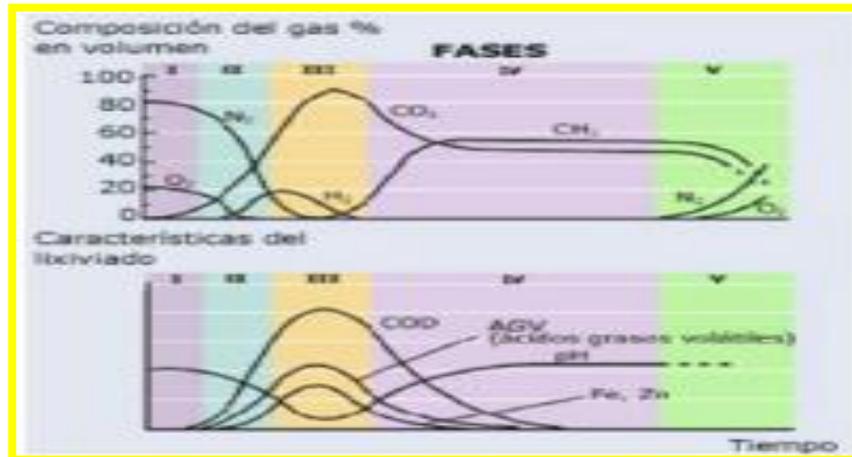
#### **2.2.7. Proceso de fermentación del biogás**

La fermentación del biogás es un proceso natural. Este proceso se desarrolla en un biodigestor de plástico en lo cual ocurre la fermentación o digestión en un proceso anaeróbico.

El biogás se constituye por los siguientes compuestos; el metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y pequeñas cantidades de hidrógeno (H<sub>2</sub>), sulfuro de

hidrogeno ( $\text{SH}_2$ ), y nitrógeno (N), de la cual emergen las bacterias llamadas metanogénicas, estas bacterias son encargadas de descomponer la biomasa.

**Figura N° 6: Ciclo de fermentación anaeróbica**



Fuente: <http://www.estrucplan.com.ar>

Las bacterias metanogénicas se desarrollan en un medio anaeróbico, es decir pueden sobrevivir en ausencia del oxígeno atmosférico.

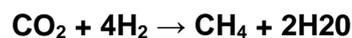
**Etapas que intervienen en el proceso de fermentación.**

- **Fase de Hidrólisis:** En esta fase las cadenas largas de la materia orgánica se descomponen en más cortas. La materia orgánica es descompuesta por un conjunto de bacterias hidrolíticas estas bacterias hidrolizan la molécula en grasas, agua, carbohidratos y proteínas. Se transforman en polímeros más simples. Durante la fase de hidrolisis ya hay producción de  $\text{CO}_2$ .
- **Fase Acidogenesis:** En esta fase los productos reducidos se convierten en dióxido de carbono, hidrogeno y ácido acético.

Las bacterias anaerobias que consumen el oxígeno molecular, no crecen, el oxígeno resulta toxico en pocas cantidades.

El desarrollo de las bacterias en esta fase es rápido. El valor óptimo de PH para el desarrollo de las bacterias en esta fase acidogénesis está en el rango de 5,5 – 6,7. En otros casos el PH puede llegar has 7,5 esto dependerá por el tipo de biomasa y el tiempo de retención.

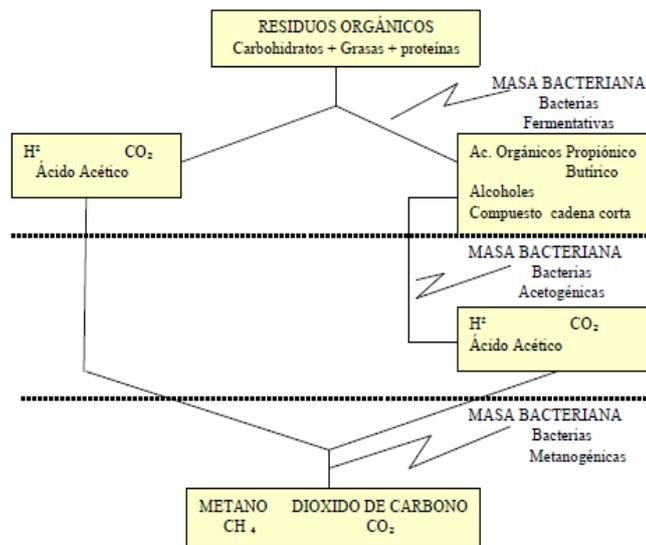
- **Fase Acetogenesis:** En esta fase se desarrolla las bacterias acetogénicas, estas efectúan la degradación de los ácidos orgánicos donde los ácidos grasos, alcoholes y otros compuestos se degradan originando el ácido acético  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  dando como resultado dióxido de carbono e hidrógeno que son resultados de la desintegración de las bacterias metanogénicas.
- **Fase Metanogénica:** En esta última fase de la desintegración de la materia orgánica en un proceso anaeróbico, las bacterias metalogénesis dan como resultado final de la descomposición: el dióxido de carbono, hidrogeno y otros compuestos orgánicos reducidos. Los microorganismos metanogénicos (archaeas anaeróbicas estrictas), utilizan el carbono (dióxido de carbono) como receptor final de electrones para producir metano ( $\text{CH}_4$ ).



También se produce una segunda fase de desintegración por las bacterias metanogénicas anaeróbicas, desintegrando a un más los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono. En esta fase metanogénica se produce un 90% del total del metano que se produce en el biodigestor. Las limitaciones de producirse un 100% son el tiempo de retención de la biomasa, la temperatura y el oxígeno.

El valor óptimo del PH para el desarrollo de las bacterias metanogénicas está en el rango de 6,8 – 7,5 llegando en ciertos casos a un PH de 8,00.

**Figura N° 7: Fases de la producción de biogás**



**Fuente:** <http://www.textoscientificos.com/energía/fermentación>

### 2.2.8. Estudio en el área rural:

La producción del biogás en el área rural ha sido muy significativo y beneficioso para los pobladores, este estudio busca tecnologías limpias, en este caso es un estudio de digestores de viable uso, mínimo costo y mantenimiento, sus objetivos son dar energía y sanidad a los pobladores ganaderos especialmente de difícil acceso a las fuentes de energía.

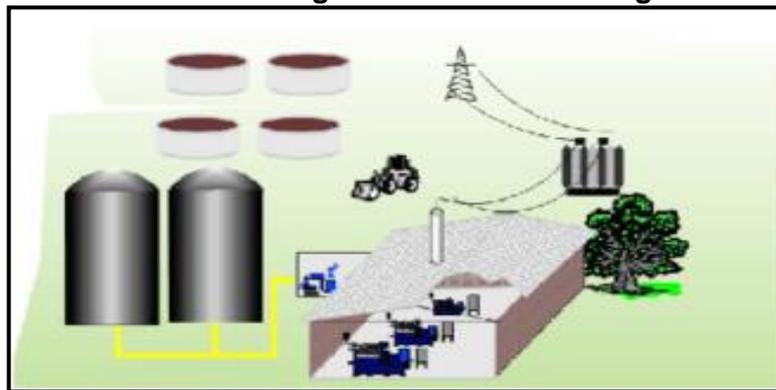
### 2.2.9. Beneficios del uso de biogás

La producción del biogás es muy buena en este ámbito rural porque hay muchos desechos de los ganados como también reducimos estos desechos metiendo al biodigestor para la obtención del biogás ya que generalmente son un problema para el medio ambiente. Aquí se presenta los beneficios más relevantes:

- Energía limpia, ya que su obtención es a base de recursos naturales
- Combustible tradicional para la cocina, luz y electricidad.
- Biol producto secundario importante para el área rural
- Propósito útil e higiénico por la reducción de patógenos.

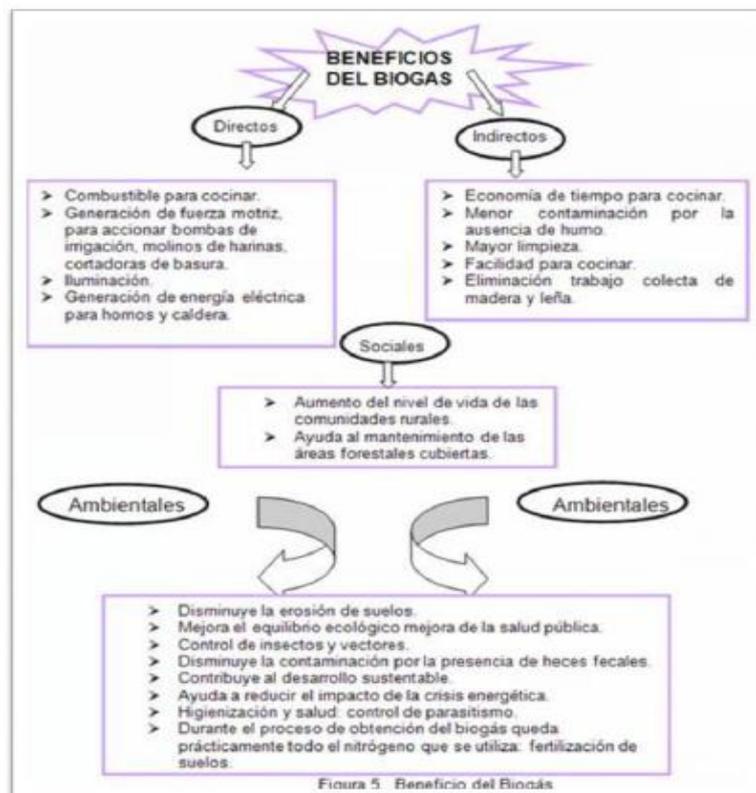
- e) Reemplaza el uso de combustible fósil
- f) Tiene un efecto positivo en la economía, la materia orgánica para la generación de un bien económico como es el biogás.
- g) Reemplaza la compra de leña y el gas propano.
- h) Menor contaminación del medio ambiente.
- i) Da un beneficio útil a los pobladores ganaderos en su estadía.

**Figura N° 8: Usos del biogás**



Fuente: <http://www.estrucplan.com.ar>

**Figura N° 9: Beneficios del biogás**



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos68/usos-pulpa-cafe/usos-pulpa-cafe2.shtml>

### 2.2.10. Características químicas de la excreta ovina

**Figura N° 10: Características químicas de la excreta ovina**

	pH	C/N	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
	(%)							(µg/ml)			
Excreta ovina*	8,09	20	2.04	1.51	2.42	2.06	0.32	5	24	65	230

**Fuente:** <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14182/Tesis%20Steven%20Ram%C3%ACrez%20Z%C3%B9%C3%B1iga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

### 2.2.11. Contaminación Atmosférica por la Actividad Ganadera

Los ganados son considerados como uno de los principales contribuyentes del calentamiento global y deterioro de la capa de ozono, ya que la materia orgánica (estiércol) que evacuan al medio ambiente contiene altas cantidades de gas metano. El metano se produce debido a la digestión y descomposición de la materia orgánica en este proceso actúan las bacterias metanogénicas anaeróbicas. El H<sub>2</sub> es un factor importante para la fermentación y la estabilidad del PH rumial.

### 2.2.12. Microorganismos eficientes

Los Microorganismos Eficientes, fue investigado por el profesor Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón a inicios de los años sesenta, empezó la búsqueda de una tecnología limpia que reemplazaría los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y también ha incursionado en investigar otros procesos de compostaje, tratamiento de aguas residuales, ganadería y para el uso en la limpieza del hogar. Investigo las funciones individuales de diferentes microorganismos y halló que el éxito de su

efecto potenciador estaba en su composición conjunta, ya que la suma de los tres tipos de bacterias; bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodospseudomonas* spp), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* spp) y levaduras (*Saccharomyces* spp), tienen mayor resultado que cada uno por separado.

### **2.2.13. Parámetros para la Biodigestión**

Los parámetros para la producción del metano en el digester son las siguientes:

1. pH a aproximadamente siete.
2. Temperatura entre los 5°C y 60°C.
3. Ausencia de oxígeno.
4. Materia orgánica (estiércol)
5. Humedad.
6. Materia orgánica en trozo más pequeños posible.

## **2.3. Definición de términos básicos**

**2.3.1. El metano (CH<sub>4</sub>).**- Es un gas natural y de efecto invernadero, tiene un efecto de 21 a 30 veces más contaminante que el Dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en el ambiente. La actividad ganadera a través de sus desechos sólidos (estiércol) y digestión emite este gas al medio ambiente, esta emisión se debe porque no hay un tratamiento de este residuo sólido orgánico.

**2.3.2. Fermentación anaerobia.**- Esta fermentación ocurre en ausencia de oxígeno (sin aire) y se produce el biogás como resultado final.

**2.3.3. Biodigestor.**- Es un contenedor cerrado herméticamente donde se acumulan materia orgánicos (vegetales o estiércol de animales), y es descompuesto por un grupo de microorganismos anaeróbicos presentes en los desechos orgánicos y obteniendo como resultado el biogás. Los biodigestores

establecen una alternativa eficaz frente al calentamiento global y beneficioso para los pobladores ganaderos en costos de producción.

**2.3.4. Biogás.-** Es un gas natural con un elevado contenido de metano, puede emplearse como combustible para las cocinas, este gas se produce dentro de un biodigestor hermético en un proceso anaeróbico (ausencia de oxígeno) por microorganismos.

**2.3.5. Microorganismos Eficientes.-** Son un compuesto de líquido muy concentrado en microorganismos benéficos naturales, sin manejo genética. Estos ME son anaeróbicas y aeróbicas.

**2.3.6. Energía Renovable.-** Se obtiene a partir de fuentes naturales como la biomasa, el aire, el sol, agua, calor geotérmico. Recursos inagotables de la naturaleza,

**2.3.7. Bacterias Metanogénicas.-** Son microorganismos procariontes que viven en medio rigurosamente anaeróbico y generan el gas metano (CH<sub>4</sub>).

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Aplicando la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes en un biodigestor, es más eficiente la producción del biogás y está representando por la presencia de presión alta con respecto al inicial en el biodigestor.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

2.4.2.1. Las cantidades adecuadas de las mezclas del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes se hace posible la producción de biogás a pesar de las variaciones de temperaturas de la zona de estudio.

Los microorganismos eficientes que se usó es de 100ml de ME por cada 10 litros de agua.

2.4.2.2. La generación de biogás es eficiente a pesar de las variaciones de la temperatura, se obtiene un volumen de 7.5m<sup>3</sup> de biogás esto equivale a 6kg, a partir de 150 litros de mezcla de estiércol.

2.4.2.3. El biodigestor batch o discontinuo, es el más adecuado a utilizar para controlar las emisiones del metano en la zona ganadera del distrito de Ninacaca.

El biodigestor batch es de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento.

## **2.5. Identificación de Variables**

### **2.5.1. Variable Independiente**

- Aplicación del estiércol del ganado ovino y los microorganismos eficientes a escala de un biodigestor.

### **2.5.2. Variable Dependiente**

- Producción de biogás

### **2.5.3. Variable Interviniente**

- El PH
- La Temperatura de la zona de Ninacaca.
- Tiempo de retención
- Cantidad de residuos del ganado bovino
- Cantidad de microorganismos eficientes
- Mezcla homogénea del residuo.

- Diseño del biodigestor

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

- Los parámetros son el pH, Temperatura, Oxígeno y Presión.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se empleó para la presente tesis es de investigación cuasi experimental, los sujetos de estudios no están establecidos aleatoriamente, sino que se constituye previamente. La metodología de este tipo de investigación se define por ser descriptiva, la cual radica en observar el comportamiento de las variables y registrar datos cuantitativos y cualitativos; la investigación se desarrolla naturalmente ya que la investigación se realiza en campo, lo que restringe la observación de las variables.

La obtención de biogás es un beneficio para los pobladores ganaderos sin mucho costo y de gran beneficio.

### **3.2. Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es descriptiva, pues reside en observar y registrar los datos cualitativos y cuantitativos

### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación es cuasi experimental se caracteriza por ser descriptiva, se realizó mediante el siguiente procedimiento:

#### **3.3.1 Trabajo de Campo**

- ✓ Reconocimiento de campo del área de estudio.
- ✓ Habilitación de Biodigestor
- ✓ Adición de Microorganismos eficientes y Estiércol al Biodigestor.

#### **3.3.2 Monitoreo de Parámetros**

Monitoreo de parámetros de pH, Temperatura, Oxígeno y Presión.

### **3.4. Diseño de la investigación**

El diseño de esta investigación es de enfoque cuantitativo y cualitativo ya que la variable independiente (X) es una causa o antecedente, mientras que la variable dependiente (Y) es el efecto o el consecuente. Y que demuestran la relación de causa y efecto. Es así que el diseño científicamente se presenta en la siguiente manera:

$$Y=f(X)$$

Donde:

Y= Variable dependiente.

X= Variable independiente.

f = Función

El objetivo se centra en producir biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca.

### **3.5. Población y muestra**

#### **Población**

La población (N) que se tomó en cuenta para la investigación es de 80,000 ovinos de las zonas ganaderas del Distrito de Ninacaca, Provincia Pasco, Región Pasco.

#### **Muestra**

La muestra (n) determinada en la presente investigación es una muestra no probabilística.

Para la investigación se tomó como muestra los estiércoles generados en la propiedad de la señora Alania (380 ovinos). Se tomó solo este rancho por el costo, para la habilitación del Biodigestor.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **a) CUANTITATIVO**

##### **3.6.1. Técnicas**

- **Observación:** Observación in situ del lugar de estudio (actividad humana y ambiente) para comprender el ambiente para el desarrollo de nuestra tesis.
- **Medición de Resultados:** Para esta medición se utilizó el encendido de mechero a fin de comprobar la captura de gas metano.

### **3.6.2. Instrumentos**

- Bidón polietileno de 200L
- Manómetro para gas de 100psi o 7bar
- Válvula de gas
- Teflón
- Adhesivo o cemento de contacto
- Baldes
- Pala
- Romana tipo reloj
- Carretilla
- Sacos de polietileno
- Formatos de Recolección de datos
- Multiparámetro para la medición de pH,O2 y T°
- Registros fotográficos
- Laptop

### **3.6.3. Materiales de Ejecución**

- 70 kg de materia fresca
- 7 frascos de microorganismos eficientes
- 70 Litros de agua

#### **b) CUALITATIVO**

Para la investigación con enfoque cualitativo se utilizó el dialogo, preguntas y entrevistas entre una y varias personas, para conocer más sobre el beneficio y la importancia de crear biodigestores en la comunidad ya que cuentan con abundante materia orgánica (estiércol) para elaborar el biodigestor y así generar su propia energía para la elaboración de sus alimentos.

La entrevista es tesista y población, el tesista utiliza un formulario de preguntas como guía.

**Técnica: Entrevista semi-estructurada.**

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

**3.7.1. Procedimiento de Selección.-** La selección de información fue de antecedentes nacionales e internacionales.

**3.7.2. Procedimiento de validación.-** Una vez con la habilitación del biodigestor y en funcionamiento de poner en medición y validación por nuestro asesor de tesis.

**3.7.3. Procedimiento de confiabilidad de los instrumentos de investigación.-** Para la confiabilidad de instrumentos específicamente la medición de parámetros se hace las diferencias con otras investigaciones.

### **3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos**

- Almacenamiento y procesamiento de datos.
- Análisis e interpretación de datos.
- Interpretación de gráficos y cuadros.
- Entrevista semi-estructurado

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

- Se manejó el software Excel 2013 como paquete estadístico.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La presente tesis intitulada. Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas

ganaderas del distrito de ninacaca. Se orienta en el cuidado del medio ambiente y de brindar beneficios a los pobladores ganaderos ya que cuentan con abundante materia orgánica (estiercol), para la producción del biogás. Lo cual es un bien en beneficio de ambas partes. Este estudio es realizado por mi persona y tiene aportes de la población ganadera, ya que su fuente de ingreso es la actividad ganadera.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación Geográfica de la Investigación**

El presente trabajo cuasi experimental se desarrolló en la zona de Yargochagan, fundo Rachac Huaganan.

La zona mencionada se localiza ubicado en el distrito de Ninacaca, Provincia de Pasco, cabe mencionar que la mencionada zona de experimentación pertenece a la familia Alania.

**Distrito** : Ninacaca

**Provincia** : Pasco

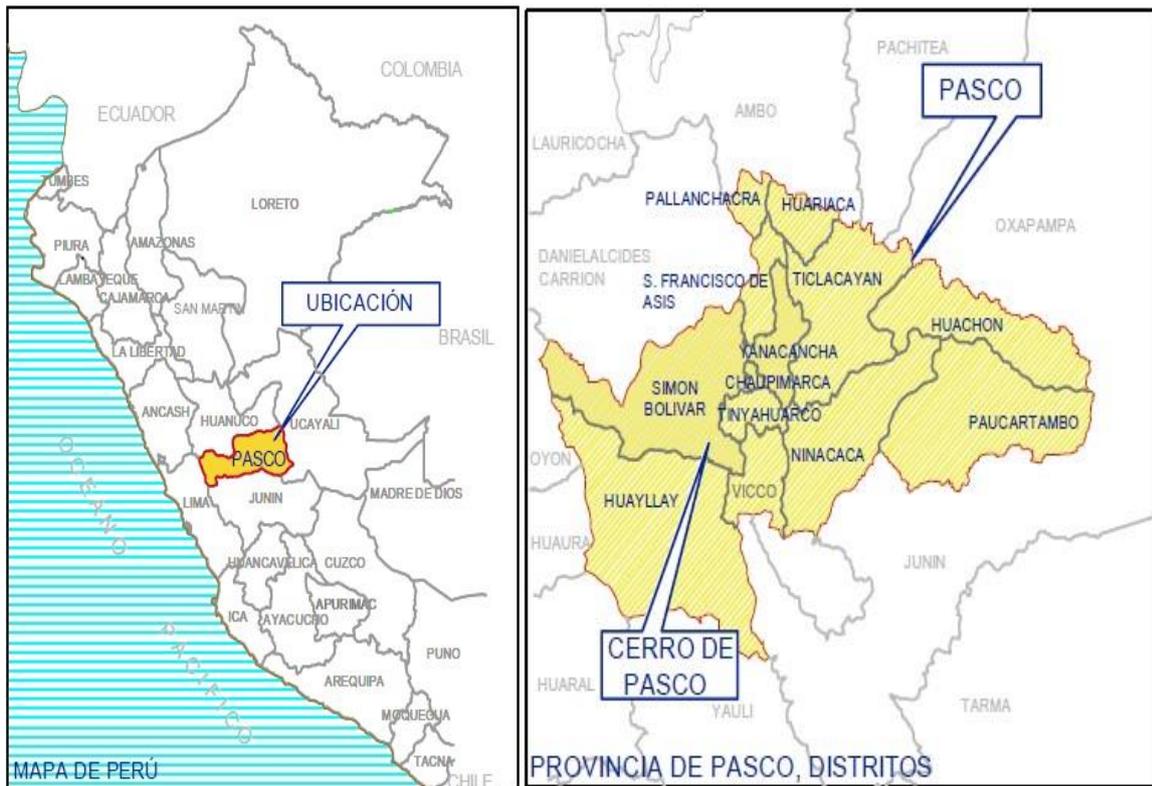
**Región** : Pasco

**Coordenadas UTM:** 374141 E, 8812647 N

**Altitud promedio :** 4 120 m.s.n.m. aproximadamente

En el Mapa N° 1 se muestra la ubicación del proyecto de investigación de tesis.

**Mapa N° 1: Plano de Ubicación – Departamento / Provincia de Pasco**



## Mapa N° 2: Mapa de Ubicación de la Instalación y Monitoreo del Biodigestor



Fuente: Google Earth

#### 4.1.2. Condiciones meteorológicas y geográficas

Las condiciones climatológicas del lugar donde se desarrolló el proyecto de tesis, es frío y seco, durante el día la temperatura se mantiene establemente tropical alcanzando a una temperatura de 17°C y a una temperatura inferior a 8°C y en época de helada llega a -20°C. Las precipitaciones en época de lluvia promedian los 100 a 200 mm anuales. El clima andino es muy fría y posee fuertes vientos.

#### 4.1.3. Proceso constructivo del biodigestor

Primeramente se diseñó y cálculo el volumen de carga de un biodigestor cilíndrico de plástico de producción por etapas, asimismo se evaluó la disposición de estiércol de ovino en el rancho de la familia Alania.

##### a. Habilitación del Cilindro

Para realizar la fase cuasi experimental se preparó un cilindro como prototipo de biodigestores tipo batch de 200 litros de capacidad, que consistía en cilindro de color azul con tapa blanca.

De acuerdo con el cálculo, el cilindro (biodigestor) tiene una capacidad de 0,196 m<sup>3</sup>.

Dónde:

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

$V_{cil}$  = Volumen del cilindro.

$r^2$  = Radio del cilindro.

$h$  = Altura del cilindro.

Por lo tanto:

$$V_{cil} = \pi * (0.25m)^2 * (1.00 m)$$

$V_{cil} = 0,196 \text{ m}^3$  o 196 litros

**Imagen N° 1: Imagen del Cilindro de Capacidad de 200 litros**



**b. Instalación de Accesorios en el Cilindro**

Para la salida del biogás se aprovechó en la parte superior un orificio de 5 cm de diámetro para colocar la válvula de abastecimiento de gas, en esta parte se utilizó niple de 1" de espesor, una llave de paso, donde tiene el diseño para la descarga o abastece gas, para más detalle se puede observar la imagen N° 2.

**Imagen N° 2: Instalación de Válvula para Abastecimiento de Gas.**



Asimismo se instaló un manómetro de gas de 100Psi o 7bar, lo cual nos ayudó a determinar la presión generada dentro del cilindro y por ende también la presencia de gas.

**Imagen N° 3: Instalación de Manómetro**



Concluida la instalación de accesorios en el cilindro se puede tener el biodigestor listo para las pruebas de generación de gas tal como se puede observar en la imagen N° 4 de la presente investigación.

**Imagen N° 4: Vista de Biodigestor Habilitado**



### **c. Preparación de Estiércol y Agregación de Microorganismos Eficientes**

#### **Recolección de Estiércol**

Se realizó la recolección de estiércol de ovino en el establo de los ovinos y estas a la vez fueron trasladadas a la zona de ubicación del biodigestor, tal como se puede observar en las imágenes N° 5 y 6 de la presente investigación.

**Imagen N° 5: Establo de Ovino**



**Imagen N° 6: Vista de estiércol Recolectado**



### **Preparación de Sustrato de Estiércol**

El estiércol a utilizar debe tener una relación de estiércol con agua de 1:1, para lo cual se preparó el sustrato de estiércol con 70 litros de agua con pH de 7 y 4 baldes de estiércol de 18 litros cada balde, tal como se muestra en la imagen N° 7. Y los microorganismos eficientes que se usó es de 100ml de ME por cada 10 litro de agua.

**Imagen N° 7: Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua**



**Imagen N° 8: Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua**



**Imagen N° 9: Preparación de Sustrato de Estiércol con Agua**



### **Carga del Biodigestor con Estiércol.**

Para la carga del biodigestor, la mezcla es con relación 1:1 de estiércol de ovino y el agua, para la carga de la mezcla se utilizó balde de plástico y embudo. Inicialmente se hizo un orificio en la tapa del tanque azul para llenar la mezcla. Realizada el llenado se cerró la entrada con la tapa para evitar el ingreso del aire.

**Imagen N° 10: Adición de Sustrato de Estiércol con Agua al Biodigestor**



Se recuerda que la mezcla tiene 150 litros de sustrato (estiércol con agua), lo cual ocupa el 75% de la capacidad del cilindro.

**Imagen N° 11: Capacidad del Biodigestor**



### **Adición de Microorganismos Eficientes**

Es un cultivo de diferentes microorganismos benéficos de origen natural, los beneficios de los microorganismos se enmarca en mejorar el equilibrio microbiológico y descomponer aceleradamente la materia orgánica, producto a ello ayuda a mejorar las características físicas, químicas y biológicas, y por ende es más sostenibles a través de la conservación del suelo.

La adición se realizó con la preparación de 7 frascos de microorganismos eficientes en un balde, se usó 100ml de ME por cada 10 litros de agua posterior se adiciono el balde de microorganismos al biodigestor, esto nos ayuda a degradar la materia orgánica y por ende a generar el gas con mayor rapidez y volumen.

Para el proyecto de Tesis. El Microorganismo eficiente, fue donado por la Empresa LOMBRIPERU.

**Imagen N° 12: Vista de los Microorganismos Eficientes**



**Imagen N° 13: Preparación de los Microorganismos Eficientes en un Balde**



**Imagen N° 14: Adición de los Microorganismos Eficientes en el Biodigestor**



## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1. Variables de análisis de producción de biogás**

#### **4.2.1.1. Comportamiento del pH**

Para el monitoreo del pH se utilizó el multiparámetro perteneciente a la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión”, el monitoreo se realizó durante 8 semanas, la cual se muestra en el Cuadro N° 1, Grafico N° 1 y en las imágenes N° 15, 16 y 17 de la presente investigación.

**Imagen N° 15: Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor**



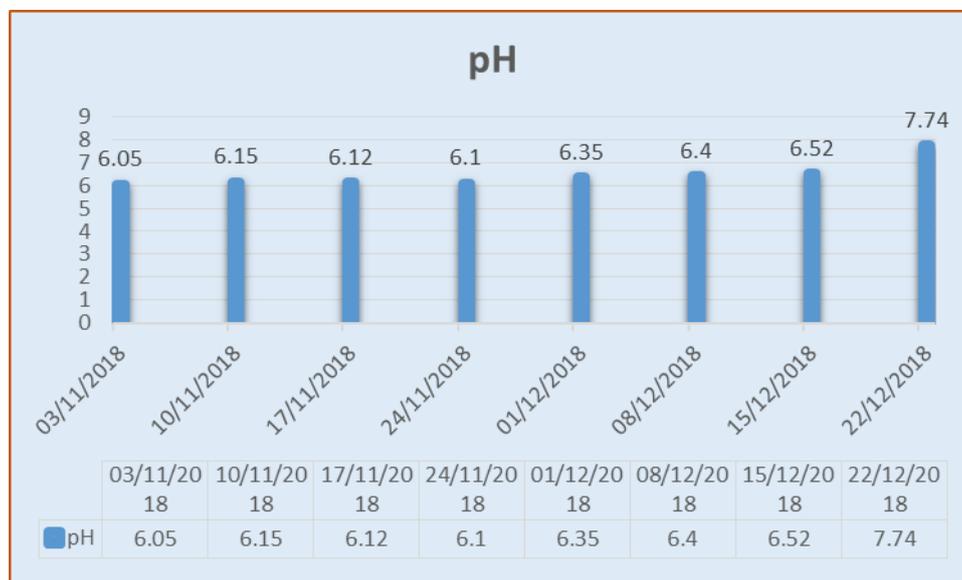
**Imagen N° 16: Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor**



Imagen N° 17: Monitoreo del Parámetro pH en el Biodigestor



Gráfico N° 1: Comportamiento de pH en el Biodigestor



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 1: Comportamiento de pH en el Biodigestor**

N° de Monitoreo	Fecha	SEMANAS								pH Máximo	pH Mínimo	pH Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8			
		03/11/2018	10/11/2018	17/11/2018	24/11/2018	01/12/2018	08/12/2018	15/12/2018	22/12/2018			
1 Vez Semana	pH	6.05	6.15	6.12	6.1	6.35	6.4	6.52	7.74	7.74	6.05	6.8

**Fuente:** Elaboración Propia

### **Interpretación de Resultados:**

El comportamiento del pH se observa en el Cuadro N° 1, durante 8 semanas, asimismo se muestra el pH máximo, el pH mínimo y el pH promedio.

Se realizó el monitoreo del pH una vez por semana, en total se realizó 8 semanas de monitoreo, se obtuvo un pH promedio de 6.8. Los datos obtenidos del pH fueron analizados estadísticamente, lo cual a medida que se tuvo mayor tiempo se puede observar que el pH subió desde 6.05 llegando a un pH de 7.74.

El pH debe ser neutro para el desarrollo adecuado del microorganismo anaeróbico, aunque puede haber cierta oscilación y presentarse problemas, si el pH baja por debajo de 6 o sube por encima de 8. El pH afecta directamente la actividad enzimática de los microorganismos mediante cambios de estado de los iones de las enzimas como el carboxil y amino; alteración que se presenta en los componentes no ionizables del sistema, como por ejemplo la desnaturalización de la estructura proteica de las enzimas (Edwin Antonio Reyes Aguilera, 2017).

Por lo mencionado anteriormente nos encontramos dentro del pH óptimo para la generación de biogás.

#### **4.2.1.2. Comportamiento de la Temperatura**

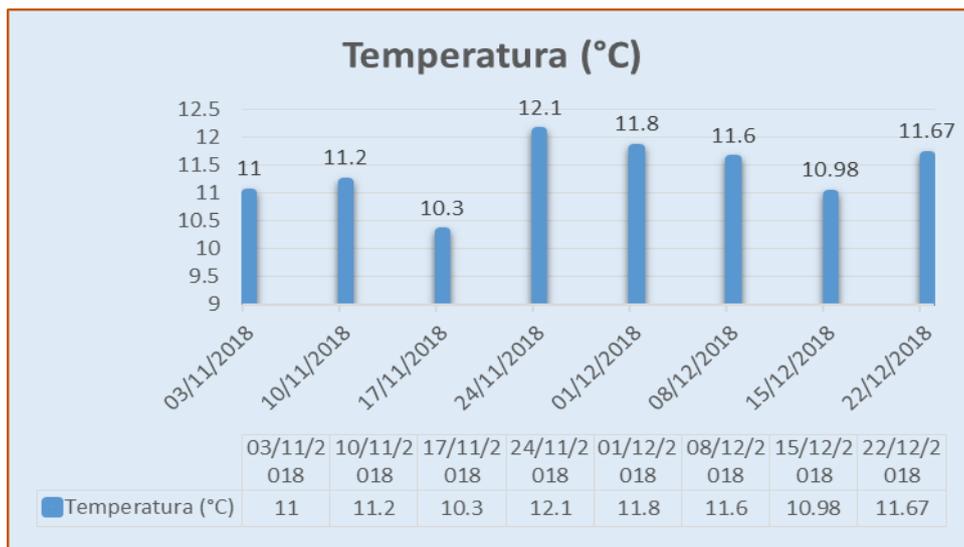
Para el monitoreo de la temperatura se utilizó el multiparámetro perteneciente a la Universidad Nacional "Daniel Alcides Carrión", se realizó el monitoreo de este parámetro durante 8 semanas

teniendo resultados, la cual se muestra en el Cuadro N° 2, Grafico N° 2 y en la imagen N° 18 de la presente investigación.

**Imagen N° 18: Monitoreo del Parámetro Temperatura en el Biodigestor**



**Gráfico N° 2: Comportamiento de la temperatura en el Biodigestor**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Cuadro N° 2: Comportamiento de la temperatura en el Biodigestor**

N° de Monitoreo	Fecha	SEMANAS								T°	T°	T°								
		1	2	3	4	5	6	7	8	Máximo	Mínimo	Promedio								
		03/11/201	10/11/201	17/11/201	24/11/201	01/12/201	08/12/201	15/12/201	22/12/201											
1 Vez Semana	Temperatura (°C)	8	8	8	8	8	8	8	8	11	11.2	10.3	12.1	11.8	11.6	10.98	11.67	12.1	10.3	11.2

Fuente: Elaboración Propia

### **Interpretación de Resultados:**

El comportamiento de la temperatura (°C) se observa en el Cuadro N° 2, Grafico N° 2, durante 8 semanas, asimismo se muestra la T° máxima, mínima y el promedio de la T°.

Se realizó el monitoreo de la temperatura una vez por semana, en total se realizó 8 semanas de monitoreo, se obtuvo una temperatura promedio de 11.2. Los datos obtenidos de temperatura fueron analizados estadísticamente, lo cual se puede observar que la temperatura estuvo en concordancia con la temperatura del ambiente.

La temperatura es uno de los parámetros más importantes e ideales para el crecimiento adecuado de los microorganismos, ayuda a que las enzimas reaccionan adecuadamente, donde también estabiliza la tasa de crecimiento celular máximo en cada etapa del desarrollo. En el caso del tratamiento anaerobio de lodos, la temperatura del proceso determina la rapidez y el grado de avance de la digestión anaerobia (Edwin Antonio Reyes Aguilera, 2017).

El proceso de digestión anaerobia se desarrolla en un rango de temperaturas desde los 5°C hasta los 60°C. El crecimiento de las bacterias metanogénicas es más rápida a mayor temperatura y si la temperatura es decreciente el crecimiento de las bacterias es más lenta.

Para que la producción del biogás sea mayor y eficiente se debe de tener un microclima cálido.

Por lo mencionado anteriormente nos encontramos dentro en una temperatura muy baja pero dentro del rango de 5°C hasta los 60°C que

mencionan los especialistas para la generación de biogás (Edwin Antonio Reyes Aguilera, 2017).

#### **4.2.1.3. Comportamiento del Oxígeno**

Para el monitoreo del oxígeno se utilizó el multiparámetro perteneciente a la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión”, se realizó el monitoreo de este parámetro durante 8 semanas teniendo resultados, la cual se muestra en el Cuadro N° 3, Grafico N° 3 y en la imagen N° 19 de la presente investigación.

**Imagen N° 19: Monitoreo del Parámetro Oxígeno en el Biodigestor**



**Gráfico N° 3: Comportamiento de Oxígeno en el Biodigestor**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Cuadro N° 3: Comportamiento del Oxígeno en el Biodigestor**

N° de Monitoreo	Fecha	SEMANAS								Oxígeno Máximo	Oxígeno Mínimo	Oxígeno Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8			
		03/11/2018	10/11/2018	17/11/2018	24/11/2018	01/12/2018	08/12/2018	15/12/2018	22/12/2018			
1 Vez Semana	OXÍGENO	1.2	1.2	1.2	1.12	1.09	1.09	1.08	1.07	1.2	1.07	1.135

Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación de Resultados:

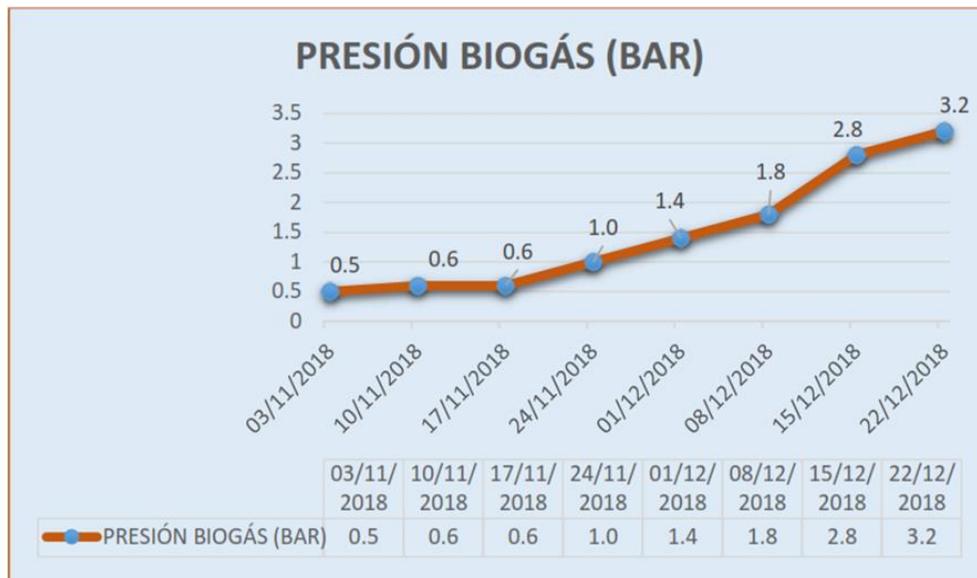
El comportamiento del Oxígeno se observa en el Cuadro N° 3, Grafico N° 3, los valores medidos durante 8 semanas, asimismo mostramos el oxígeno máximo, mínimo y promedio del de oxígeno.

Se realizó el monitoreo del oxígeno una vez por semana, en total se realizó 8 semanas de monitoreo, se obtuvo el oxígeno promedio 1.135, los datos obtenidos de oxígeno fueron analizados estadísticamente, lo cual en la medida que se tuvo mayor tiempo se puede observar que el oxígeno descendió dentro del biodigestor.

Por lo mencionado anteriormente la no presencia de oxígeno hace que nuestro biodigestor genere más adecuadamente el biogás, por lo que el descenso es un indicador positivo para nuestro experimento.

#### 4.2.1.4. Pruebas de generación de biogás

Gráfico N° 4: Presencia de Presión de Biogás



Fuente: Elaboración Propia

**Cuadro N° 4: Comportamiento de Presión de Biogás en el Biodigestor**

N° de Monitoreo	Fecha	SEMANAS								Presión Biogás	Presión Biogás	Presión Biogás
		1	2	3	4	5	6	7	8	Máximo	Mínimo	Promedio
		03/11/2018	10/11/2018	17/11/2018	24/11/2018	01/12/2018	08/12/2018	15/12/2018	22/12/2018			
1 Vez Semana	PRESIÓN BIOGÁS (BAR)	0.5	0.6	0.6	1.0	1.4	1.8	2.8	3.2	3.2	0.5	1.8

Fuente: Elaboración Propia

### **Interpretación de Resultados:**

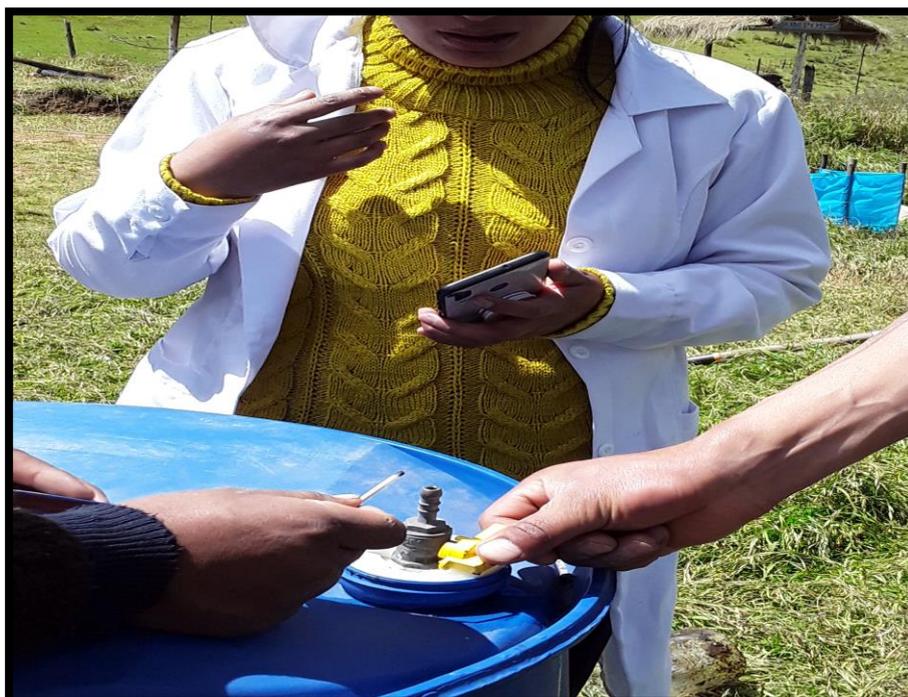
El comportamiento de la presión en el biodigestor se observa en el Cuadro N° 4 y Grafico N° 4, los valores medidos durante 8 semanas, asimismo mostramos el promedio del resultado de la presión dentro del biodigestor.

Tal como se muestra en la Grafico N° 4 y Cuadro N° 4, la curva muestra que la presión en el proceso de digestión ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor de 0.5 bar a 0.6 bar.

Por lo mencionado anteriormente la presencia de la presión del biodigestor demuestra que se está generando biogás lo cual la presión es creciente lo cual demuestra que es válido la investigación.

Asimismo se realizó pruebas de presencia de biogás, para ello se realizó el prendido de fuego y se pudo visualizar una llama suave de fuego.

**Imagen N° 20: Vista de Prueba de Presencia de Biogás**



**4.2.1.5. Impacto económico, social, ambiental y salud en el uso de biodigestores en la comunidad ganadera Ninacaca. Mediante la entrevista semi-estructurado.**

**Tabla N°1: Matriz de entrevista**

N°	PREGUNTAS	ASPECTOS	RESPUESTAS
1	¿La aplicación del biodigestor en el área rural ha sido muy importante y beneficioso?	Social	Si. - Ya que contamos con materia orgánica (estiércol) para elaborar nuestro biodigestor.

2	¿Cree que con el uso de los biodigestores mejoraría su calidad de vida?	Económico/Salud	Si. - Reducción de gasto de cilindro de gas, trabajo en recolección de bostas, pagar por leña.
3	¿El biodigestor de tipo batch cree que es el más adecuado para utilizar en su comunidad?	Económico	Si. - Es de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento.
4	¿Los Microorganismos eficientes ayudan a generar biogás, ya que la temperatura es baja?	Ambiental	Si. - Se encarga en mejorar el equilibrio microbiológico y descomponer aceleradamente la materia orgánica.
5	¿La familia del fundo donde se llevó a cabo la investigación ha sido capacitada sobre la elaboración, uso y mantenimiento del biodigestor?	Social/Ambiental	Si. - Al inicio del proyecto.
6	¿Qué enseñanza aprendió con la investigación?	Ambiental/Social	- Reducción de los gases de efecto invernadero. - Aprovechamiento de los recursos (estiércol) para la producción de

			energía.
7	¿Qué beneficios se obtuvo de esta investigación para las familias?	Social/Salud	- La familia puede generar su propia energía para la preparación de sus alimentos. - No se afecta la familia con el humo.
8	¿Esta investigación ayuda a mejorar la salud de las familias?	Salud	Si. - Ayuda a tener una mejor calidad de vida, evitamos recolectar leñas, bostas de lejanos lugares.

**Biodigestores en la comunidad ganadera Ninacaca. Mediante la entrevista semi-estructurado.**

Como podemos observar en la tabla N° 1 se realizó la entrevista aplicando 8 preguntas específicas, la cual se determinó 4 aspectos importantes para entender a la población ganadera del distrito de Ninacaca, sobre el uso de los biodigestores.

La entrevista se realizó a las familias ganaderas lo cual nos brindaron información con respecto a 4 aspectos importantes; económico, social, ambiental y salud.

En la parte económica; esta investigación es importante ya que ayuda a los hogares al ahorro de la compra del gas propano, compra de leña, trabajo en recolección de bosta.

En la parte social; esta tecnología ayudo a los pobladores ganaderos a generar su propia energía, para la preparación de sus alimentos, ya que cuentan con abundante materia orgánica (estiércol).

En la parte ambiental; La familia se capacito sobre la elaboración, uso y mantenimiento del biodigestor, esta investigación ayuda la disminución de los gases de efecto invernadero.

En la parte de salud; la familia no se perjudica con el humo, se evita la carga de leña la cual causaba dolores musculares, accidentes como caídas.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

Nuestra investigación la hipótesis general es:

**“Aplicando la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes en un biodigestor, es más eficiente la producción del biogás y está representado por la presencia de presión alta con respecto al inicial en el biodigestor”.**

Finalizada la investigación podemos mencionar que la hipótesis es válida, analizando nuestras hipótesis determinamos que se observa en los Grafico N° 4 y Cuadro N° 4, la curva muestra que la presión en el proceso de digestión

ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor de 0.5 bar a 0.6 bar, lo cual representa aplicando de la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes en un biodigestor para la generación de biogás.

#### **4.4. Discusión de resultados**

Para el proceso de resultados se utilizó como paquete estadístico el software Excel 2013.

Para la presentación de los valores de la producción del biogás se utilizaron gráficos, la cual en ella se presenta los días del proceso de fermentación en el reactor tipo batch, así como se muestra el estado de las temperaturas, oxígeno, PH y presión durante las 8 semanas de mediciones.

Finalizada la investigación denominada “PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE LA MEZCLA DEL ESTIÉRCOL DEL GANADO OVINO CON MICROORGANISMOS EFICIENTES A ESCALA DE UN BIODIGESTOR, PARA SU UTILIZACIÓN COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE, EN LAS ZONAS GANADERAS DEL DISTRITO DE NINACACA – 2018”, muestran los siguientes resultados.

Los parámetros analizados son el pH, Temperatura, Oxígeno y Presión en BAR demuestran la generación de biogás como se puede resumir en lo siguiente:

Con respecto al pH por semana, se realizó 8 semanas de monitoreo, el valor del pH promedio para el tratamiento se encontró entre 6.05 a 7.74, los microorganismos anaerobios para su desarrollo correcto necesitan un pH neutro, aunque admiten cierta variación, es posible que puedan presentar problemas si baja por debajo de 6 o sube por encima de 8,3, en este caso se encuentra dentro del requerimiento necesario.

Con respecto a la Temperatura por semana, se realizó 8 semanas de monitoreo, el valor de la temperatura promedio para el tratamiento se encontró entre 10.3 °C a 12.1 °C, la biodigestión anaerobia puede desarrollarse en un amplio rango de temperaturas a partir de 5°C hasta los 60°C. Por lo mencionado anteriormente nos encontramos dentro, en una temperatura muy baja pero dentro del rango de 5°C hasta los 60°C que mencionan los especialistas para la generación de biogás.

El Oxígeno por semana, se realizó 8 semanas de monitoreo, el valor del oxígeno promedio para el tratamiento se encontró entre 1.2 a 1.07, por lo mencionado anteriormente la no presencia de oxígeno hace que nuestro biodigestor genere más adecuadamente el biogás, por lo que el descenso es un indicador positivo para nuestro experimento.

Estos tres parámetros acorde determino que la presión de biogás en BAR determino un crecimiento dentro biodigestor el proceso de digestión ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor 0.5 bar a 0.6 bar, lo cual representa aplicando de la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes en un biodigestor para la generación del biogás.

Se realizó una entrevista en la comunidad ganadera de Ninacaca sobre la utilización de biodigestores; enfocado principalmente en la parte económica, social, ambiental y salud, la entrevista se realizó con el jefe de familia, lo cual compartió su opinión, sobre el beneficio y la importancia de crear biodigestores en la comunidad ya que cuentan con abundante recurso de materia orgánica (estiércol) para elaborar el biodigestor y así generar su propia energía para la

elaboración de sus alimentos, como también a la reducción de gasto de cilindro de gas, trabajo en recolección de bostas, pagar por leña. La elaboración del biodigestor tipo batch es de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento. Ayudamos a la reducción de los gases de efecto invernadero.

## CONCLUSIONES

Finalizado la presente investigación llego a determinar las siguientes conclusiones:

1. El estiércol de ovino también es generador de cambio climático ya que cada ovino con un peso vivo promedio de 40 Kg, que excreta un promedio de 3 Kg, cada ovino y en total los 80,000 excretan diariamente 240,000Kg, por día, al mes 7, 200,000 Kg, al año 86, 400,000 kg, de estiércol en el corral, emisión del metano por ovino es de 0.45m<sup>3</sup> por día, en total emiten aproximadamente 36,000 m<sup>3</sup> por día.
2. La aplicación del biodigestor en la población ganadera ha sido muy significativo y beneficioso, se llega a la conclusión que se ha buscado una tecnología amigable, de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento, y a la vez reutiliza los desechos. Los objetivos son dar energía, estabilidad económica y sanidad a la población ganadera y difícil acceso a las fuentes de energía.
3. El proceso de digestión anaeróbico en el biodigestor se realizó de manera satisfactoria, las pruebas de los parámetros que se realizó el monitoreo podemos concluir:

Con respecto al pH de las 8 semanas monitoreadas el valor del pH promedio para el tratamiento se encontró entre 6.05 a 7.74, en este caso se encuentra dentro del requerimiento necesario para la generación de biogás, ya que el requerido es de pH de 6 a pH de 8,3.

Por el lado de la temperatura en las 8 semanas monitoreadas se encontró entre 10.3 °C a 12.1 °C, por lo mencionado anteriormente nos encontramos dentro en una temperatura muy baja pero dentro del rango de 5°C hasta los 60°C que mencionan los especialistas para la generación de biogás.

Ahora en el Oxígeno en el monitoreo de las 8 semanas, en los cuales el valor del oxígeno promedio para el tratamiento se encontró entre 1.2 a 1.07, por lo

mencionado anteriormente la no presencia de oxígeno hace que nuestro biodigestor genere más adecuadamente el biogás, por lo que el descenso es un indicador positivo para nuestro experimento.

Estos tres parámetros anteriores mencionados determinan que la presión de biogás en BAR determinó el crecimiento de metano gaseoso dentro del biodigestor. El proceso de digestión ovina alcanzó su pico máximo de presión de 3.2 bar a las 8 semanas y su producción más baja fue durante las tres primeras semanas con un valor de 0.5 bar a 0.6 bar, lo cual representa con la aplicación de la mezcla del estiércol del ganado ovino con los microorganismos eficientes en un biodigestor para la generación del biogás.

4. Quedó demostrado en la prueba de la llama la presencia de biogás se pudo visualizar una llama suave de fuego.
5. Esta investigación de tesis se concluye de forma satisfactoria; el biogás producido en el biodigestor es eficaz y una energía sustentable y limpia que funciona a base de materia orgánica (estiércol).
6. Para finalizar, la entrevista se realizó en la comunidad ganadera de Ninacaca sobre el uso de biodigestores con respecto al impacto económico, social, ambiental y salud, la entrevista se realizó con el jefe de familia. En la parte económica; esta tecnología ayudó a las familias a no comprar el gas impulsando al ahorro de dinero, trabajo en recolección de bosta, pagar por leña. En la parte social; esta tecnología ayudó a los pobladores ganaderos a generar su propia energía, para la preparación de sus alimentos, ya que cuentan con abundante materia orgánica (estiércol). En la parte ambiental; La familia se capacitó sobre la elaboración, uso y mantenimiento del biodigestor, reduce el efecto invernadero. En la parte de salud; la familia no se perjudica con el humo, se evita la carga de leña la cual causaba dolores musculares y accidentes como caídas.

## RECOMENDACIONES

Finalizada la investigación propongo las siguientes recomendaciones:

- ✓ Para la mayor generación de biogás propongo y doy a conocer la apertura sobre el biodigestor la implementación de un invernadero ya que a mayor temperatura la generación de biogás sería mayor y asimismo por las horas de la noche la generación continuaría.
- ✓ La adición de cal a la mezcla del estiércol es importante ya que esto puede ayudar a mantener el pH neutro, lo cual no se vería afectado por este parámetro en la generación de biogás.
- ✓ Implementar estos biodigestores por parte de las entidades municipales provinciales y distritales a mayor escala incluido el invernadero a fin de producir energía a nivel natural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección ambiental de los EE. UU. EPA. (2003). factores de emisión. Estados Unidos.
- Alexander David Durazno Coronel (2018). Valoración de Estiércol Bovino y Porcino en la Producción de Biogás en un Biodigestor de Producción por Etapas.
- Berra, G. (1994). Reducción de emisiones de metano provenientes del ganado bovino.
- Botero, R. (1995). Biodigestor de bajo costo para la producción del combustible y fertilizantes a partir del estiércol. Manuscrito inédito. CIPAV, Cali, Colombia.
- Castuma, E. (1994). Emisiones de metano provenientes del ganado bovino. Ministerio de Desarrollo social y Medio Ambiente. Sec. de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental.
- Comunidad Campesina de Ninacaca (2018). Empadronamiento de la comunidad campesina de Ninacaca.
- Finster, L. (1994) Reducción de emisiones de metano proveniente del ganado bovino. Ministerio de desarrollo social y Medio Ambiente. Sec. De desarrollo sustentable y política ambiental.
- Guillermo Berra (2002). Cadena de la Carne Vacuna, Tecnologías para nuevos escenarios.
- Javier Andrés Pérez Medel (2010). Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros.
- Laura Angélica Briseño Arciniega (2017). Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semisólidos: hacia una planta centralizada de biogás para la generación de energía. México.

Maricela Elizabeth Quispe Astucuri (2015). Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiércol de codorniz de la granja V.A. Velebit S.A.C. Ubicada en el distrito de Iurigancho-chosica. Lima, Perú.

Miguel Angel Barrena Gurbillón, Franklin Cubas Alarcón, Wildor Gosgot Angeles, Carla María Ordinola Ramírez, Jesús Rascón Barrios & Milton Huanes Mariños (2019). Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, Perú

Pérez Carrera, Alejo. (2000). Lagunas de estabilización. Importancia del tratamiento de los efluentes agropecuarios.

Preston T. R. (1990). Producción de combustible y fertilizante a partir del estiércol. Cali, Colombia.

Taiganides E.P.(1980). Biogás: recuperación de energía de los excrementos animales, Zootecnia, N° 35, pag. 2-12.

Unión Temporal ICONTEC – AENE (2003). Guía para la implementación de sistemas de producción de biogás, Bogotá, D.C., pág. 33.

Viniegra G. (1990). Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. México, AGT, pag. 65-95.

Winston Arrieta-Palacios (2016). Diseño de un biodigestor doméstico para el aprovechamiento energético del estiércol de ganado. Piura Perú.

#### **Páginas de Internet:**

1. El Biogás, extraído de la página web:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1593/15/UPS-GT000209.pdf>.
2. Composición del Biogás extraído de la página web:  
<https://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14182/Tesis%20Stev>

en%20Ram%C3%ACrez%20Z%C3%B9%C3%B1iga.pdf?sequence=1&isAllowed=y

3. El biogás. Composición del Biogás extraído de la página web  
<http://bdigital.unal.edu.co/4100/1/edwindariocendalesladino.2011.parte1.pdf>
4. Composición del Biogás extraído de la página web  
[http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez\\_jm.pdf?sequence=3](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103926/cf-perez_jm.pdf?sequence=3)
5. Biol y biogás Composición del Biogás extraído de la página web  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7967/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20121.pdf>
6. Conceptos genéricos de producción de biogás extraído de la página web  
[https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades\\_academicas/produccion%20de%20biogas%20a%20partir%20del%20estiercol%20de%20ganado%20vacuno%20y%20gallinaza%20durante%20el%20proceso%20de%20digestion%20anaerobia%20a%20escala%20de%20laboratorio.pdf](https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/produccion%20de%20biogas%20a%20partir%20del%20estiercol%20de%20ganado%20vacuno%20y%20gallinaza%20durante%20el%20proceso%20de%20digestion%20anaerobia%20a%20escala%20de%20laboratorio.pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 01

### Instrumentos de Recolección de datos

Bidón polietileno de 200L	Manómetro para gas de 100psi o 7bar
	
Válvula de gas	Teflón
	
Adhesivo o cemento de contacto	Baldes
	

--	--

Pala

Romana tipo reloj



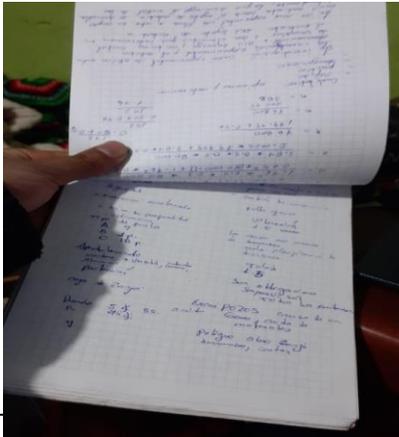
Carretilla

Sacos de polietileno



Formatos de Recolección de datos

Multiparámetro para la medición de pH, O<sub>2</sub> y T°







**Medición de coordenadas en UTM y altitud de la investigación**



**Vista de ovinos en la zona de investigación**

### Matriz de entrevista semi-estructurado

**Impacto económico, social, ambiental y salud en el uso de biodigestores en la comunidad ganadera Ninacaca.**

N°	PREGUNTAS	ASPECTOS	RESPUESTAS
1	¿La aplicación del biodigestor en el área rural ha sido muy importante y beneficioso?	Social	Si. - Ya que contamos con materia orgánica (estiércol) para elaborar nuestro biodigestor.
2	¿Cree que con el uso de los biodigestores mejoraría su calidad de vida?	Económico/Salud	Si. - Reducción de gasto de cilindro de gas, trabajo en recolección de bostas, pagar por leña.
3	¿El biodigestor de tipo batch cree que es el más adecuado para utilizar en su comunidad?	Económico	Si. - Es de fácil uso, mínimo costo y mantenimiento.
4	¿Los Microorganismos eficientes ayudan a generar biogás, ya que la temperatura es baja?	Ambiental	Si. - Se encarga en mejorar el equilibrio microbiológico y descomponer aceleradamente la materia orgánica.
5	¿La familia del fundo donde se llevó a cabo la investigación ha sido capacitada sobre la elaboración, uso y mantenimiento del biodigestor?	Social/Ambiental	Si. - Al inicio del proyecto.

6	¿Qué enseñanza aprendió con la investigación?	Ambiental/Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de los gases de efecto invernadero.</li> <li>- Aprovechamiento de los recursos (estiércol) para la producción de energía.</li> </ul>
7	¿Qué beneficios se obtuvo de esta investigación para las familias?	Social/Salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La familia puede generar su propia energía para la preparación de sus alimentos.</li> <li>- No se afecta la familia con el humo.</li> </ul>
8	¿Esta investigación ayuda a mejorar la salud de las familias?	Salud	<p>Si.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ayuda a tener una mejor calidad de vida, evitamos recolectar leñas, bostas de lejanos lugares.</li> </ul>

# Procedimiento de validación y confiabilidad

## Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. **Apellidos y nombres del informante:** Mayvi Deysi Uscuchagua Cornelio
- 1.2. **Grado académico:** Magister en gestión ambiental y desarrollo sostenible
- 1.3. **Cargo e institución donde labora:** Docente Nombrado del Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- 1.4. **Título de la investigación:** Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018
- 1.5. **Autor del instrumento:** Tania Deyci DURAN MUCHA
- 1.6. **Nombre del instrumento:**
  - Comportamiento del PH
  - Comportamiento del Temperatura
  - Comportamiento del Oxígeno
  - Comportamiento del Temperatura
  - Presencia de Biogás

### II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41- 60%	Muy buena 61- 80%	Excelente 81- 100%
CLARIDAD	Los indicadores están formulado con lenguaje apropiado y claros				X	
OBJETIVIDAD	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables				X	
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				X	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y claridad				X	
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos				X	
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto la tabla				X	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la estrategia				X	
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías				X	

### III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:

#### IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

- Instrumento aplicable para la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018"

Cerro de Pasco, 27 de julio de 2022	42216195		951096725
<b>Lugar y Fecha</b>	<b>N.º DNI</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Nº Celular</b>



Firmado digitalmente por:  
USCUCUAGUA CORNELIO Mayvi  
Deysi FAU 20154805048 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 04/08/2022 20:12:50-0500

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante: WALTER COSME MONAGO

1.2. Grado académico: INGENIERO INDUSTRIAL

1.3. Cargo e institución donde labora: ING. RESIDENTE / EMPRESA IMPROMEC SRL – MINSUR PUNO.

1.4. Título de la investigación: Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018

1.5. Autor del instrumento: Tania Deyci DURAN MUCHA

1.6. Nombre del instrumento:

- Comportamiento del PH
- Comportamiento del Temperatura
- Comportamiento del Oxígeno
- Comportamiento del Temperatura
- Presencia de Biogás

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Los indicadores están formulado con lenguaje apropiado y claros				X	
OBJETIVIDAD	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables				X	
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y claridad				X	
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto la tabla				X	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la estrategia					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 92%

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

- Instrumento aplicable para la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018"

Lima, 14 de agosto de 2022	10270921		924969707
Lugar y Fecha	N.º DNI	Firma del experto	Nº Celular

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante: CARLOS FRANK CAMAC ARRIETA
- 1.2. Grado académico: INGENIERO AMBIENTAL
- 1.3. Cargo e institución donde labora: ING. RESIDENTE / MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE NINACACA
- 1.4. Título de la investigación: Producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018
- 1.5. Autor del instrumento: Tania Deyci DURAN MUCHA
- 1.6. Nombre del instrumento:
  - Comportamiento del PH
  - Comportamiento del Temperatura
  - Comportamiento del Oxígeno
  - Comportamiento del Temperatura
  - Presencia de Biogás

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Los indicadores están formulado con lenguaje apropiado y claros				X	
OBJETIVIDAD	Los indicadores que se están midiendo están expresados en conductas observables					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y claridad				X	
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos				X	
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto la tabla				X	
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la estrategia					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 92%

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

- Instrumento aplicable para la producción de biogás a partir de la mezcla del estiércol del ganado ovino con microorganismos eficientes a escala de un biodigestor, para su utilización como fuente de energía renovable, en las zonas ganaderas del distrito de Ninacaca – 2018"

Cerro de Pasco, 19 de agosto de 2022	41591863		963915611
Lugar y Fecha	N.º DNI	Firma del experto	Nº Celular



CARLOS FRANK CAMAC ARRIETA  
INGENIERO AMBIENTAL

Reg. del Colegio de Ingenieros N.º 55162