



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**"Aplicación de Gallinaza y Residuos Vegetales como  
Sustrato para la Producción de Biogás del Mercado 1ro de  
Mayo, Santa Anita, 2019"**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Fuentes Chambi, Joel Anderson (ORCID: 0000-0001-5188-1192)

Vicente Albornoz, Jairo Kevin (ORCID: 0000-0002-9230-5711)

**ASESOR:**

Dr. Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2019

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se lo dedico especialmente a mis padres, quienes, con su paciencia, sacrificio, consejo y amor, han estado siempre cuidando de mi persona, y a la vez guiándome por el camino adecuado, con el propósito de cumplir de manera ideal con mis objetivos personales y profesionales.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi casa de estudios, la Universidad César Vallejo, Sede Lima Este, lugar que me permite formarme y desarrollar mis actitudes profesionales.

A toda mi familia por sus distintos esfuerzos y buenos deseos para alcanzar mis metas.

A mis asesores y profesores, docentes que, con su esfuerzo, paciencia, e instrucción he logrado terminar con la presente tesis.

A mis compañeros (as) y amigos (as), quienes contribuyeron con sus observaciones, críticas, y comentarios, me brindaron un apoyo inestimable para que este sueño se materialice.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Diseño de Investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.3. Población y muestra .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5. Método de análisis de datos .....	32
3.6. Aspectos éticos .....	32
IV. RESULTADOS .....	33
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS .....	46
ANEXOS.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características generales del biogás .....	8
<b>Tabla 2:</b> Energía equivalente (Valor Energético) Biogás vs. Otras fuentes .....	12
<b>Tabla 3:</b> Operacionalización de las variables .....	16
<b>Tabla 4:</b> Matriz de operacionalización de las variables .....	17
<b>Tabla 5:</b> Parámetros preliminares .....	24
<b>Tabla 6:</b> Producción del biogás en volúmenes del mes de análisis .....	25
<b>Tabla 7:</b> Temperatura del sustrato del mes de análisis .....	26
<b>Tabla 8:</b> PH del sustrato del mes de análisis .....	27
<b>Tabla 9:</b> Prueba de normalidad para cada sustrato analizado .....	34
<b>Tabla 10:</b> ANOVA para cada sustrato analizado .....	35
<b>Tabla 11:</b> Prueba de Tukey para los sustratos analizados .....	36
<b>Tabla 12:</b> Prueba de normalidad sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás .....	37
<b>Tabla 13:</b> Prueba de ANOVA sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás .....	38
<b>Tabla 14:</b> Prueba De Tukey sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás .....	39
<b>Tabla 15:</b> Tabla de la temperatura y pH asociados a la mezcla significativamente óptima de producción de volúmenes de biogás .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Proceso de biometanización .....	9
<b>Figura 2:</b> Diagrama de flujo en la elaboración del inóculo .....	29
<b>Figura 3:</b> Diagrama de flujo obtención de metano .....	30

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019.

La presente investigación es de nivel explicativo puesto que busca establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. En cuanto al diseño de la investigación es experimental, pues se manipulan deliberadamente la variable independiente, con el propósito de medir el efecto que tienen en la otra variable. El proceso de obtención de biogás consistió en la elaboración de un biodigestor modelo Batch de tipo discontinuo, el cual había cuatro sustratos: R1, EP-RV (70-30); R2, EP-RV (50-50); R3, EP-RV (30-70); R4, EP-RV (80-20) cada una de ellas tenía diez repeticiones, las cuales se monitoreaba diariamente por 30 días.

Los resultados fueron procesados principalmente mediante el programa SPSS, versión 25. Luego de utilizar pruebas de normalidad, pruebas de análisis de la varianza (ANOVA) y pruebas Post-Hoc de Tukey se llegó a la conclusión que el sustrato que tiene mayor rendimiento significativo de biogás generado es el Sustrato 4, EP-RV (80-20), con 416,4090 ml de biogás en promedio. Por otro lado, se concluyó que este sustrato tuvo una temperatura promedio de 25,10 °C, y un pH promedio de 6,67 en los tres primeros días de análisis, determinándose como los más influyentes para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.

**Palabras clave:** Biogás, residuos orgánicos, eficiencia, biodigestor, metano

## **Abstract**

The objective of this research was to establish the optimal conditions of chicken manure and plant residues that influence as a substrate for the efficient production of biogas volumes from the May 1 market, Santa Anita, 2019.

The present investigation is of explanatory level since it looks for to establish the optimal conditions of gallinaza and vegetal residues that influence like substrate for the efficient obtaining of volumes of biogás. As for the design of the research, it is experimental, because the independent variable is deliberately manipulated, with the purpose of measuring the effect that they have on the other variable. The process of obtaining biogas consisted in the elaboration of a biodigestor model Batch of discontinuous type, which had four substrates: R1, EP-RV (70-30); R2, EP-RV (50-50); R3, EP-RV (30-70); R4, EP-RV (80-20) each of them had ten repetitions, which were monitored daily for 30 days.

The results were processed mainly through the SPSS program, version 25. After using normality tests, analysis of variance tests (ANOVA) and Tukey's Post-Hoc tests, it was concluded that the substrate that has the most significant yield of Biogas generated is Substrate 4, EP-RV (80-20), with 416,4090 ml of biogas on average. On the other hand, it was concluded that this substrate had an average temperature of 25.10 ° C, and an average pH of 6.67 in the first three days of analysis, being the most influential for the efficient collection of biogas volumes.

Keywords: Biogas, organic waste, efficiency, biodigestor, methane,

## I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación basada en la línea de gestión y tratamiento de residuos sólidos tiene como objetivo aportar a la bibliografía los datos obtenidos del experimento llevado. Si bien en la actualidad existen planes de manejo de residuos sólidos, existen sectores que lo aplican a medias o solo no hacen uso de ello. Esto puede ser a causa de una falta de información referente el manejo de los residuos orgánicos y, como una alternativa se puede reaprovechar los residuos orgánicos para la obtención de compost, biol o biogás.

En el último estudio sobre composición de los residuos sólidos del mercado “1ro de Mayo” realizado en el mes de septiembre del 2018. Se destacó que el material orgánico diario producido es de 153 kg aproximadamente, abarcando el 93.2 % de la composición de los residuos sólidos. Los residuos diarios producidos son llevados al recolector de residuos sólidos y estos al relleno sanitario, sin poder reaprovecharlos.

En consecuencia, de esta problemática se llevará a cabo este proyecto de investigación para dar una alternativa al aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante el proceso de biometanización para producir biogás. Si bien se puede obtener biogás a partir de cualquier materia orgánica, este proyecto tomará dos sustratos que no han sido estudiados conjuntamente y/o individualmente.

Los sustratos a usarse para esta investigación serán Gallinaza y residuo vegetales, estos residuos serán procedentes de los puestos de venta de pollo y de frutas ubicados en dicho mercado y, como inóculo se utilizará levadura para pan de la cepa *Saccharomyces cerevisiae*. Entre los resultados se conocerá que concentración de sustrato será el más óptimo para obtener biogás, así también conocer cada 24 horas la producción en volumen del biogás, variación de pH y su temperatura en los biodigestores

En la actualidad vivimos en una época de consumismo total en donde gran cantidad de productos llegan a los hogares, escuelas o lugares de trabajo, los cuales por tener corta vida útil son desechados, generando una gran cantidad de residuos; los residuos son productos finales que están culminando su vida útil, estos tal vez no sirvan a primera vista, pero podrían ser reutilizados o, se podrían ser transformado en otra cosa.

Según la Municipalidad distrital de Santa Anita en el último estudio sobre composición de los residuos sólidos del mercado "1ro de Mayo" realizado por la jefatura de medio ambiente, en el mes de septiembre del 2018. Se destacó que el material orgánico diario producido es de 153 kg aproximadamente, abarcando el 93.2 % de la composición de los residuos sólidos.

Para que los residuos sólidos no produzcan impactos negativos en el ambiente, deben gestionarse adecuadamente antes de proceder a su disposición final (OEFA, 2014, p.15).

Uno de los problemas más graves para la sociedad, son los residuos generados por el hombre. Parte de los residuos son reciclados y la mayoría son destinados a un vertedero controlado. Según González (2015, pg. 230) mediante digestión anaerobia la materia orgánica genera gases de efecto invernadero (GEI) entre ellos dióxido de carbono (30-40%) y metano (60-70%). Sin embargo, estos residuos orgánicos se pueden usar como una alternativa para generar energía, se trata de la valorización energética de los residuos sólidos que viene a ser el proceso en donde los residuos reducen su volumen, generando, por un lado, pequeñas cantidades de residuos y, a su vez energía proveniente de los materiales utilizados.

Producir biogás puede ayudar a solucionar parte del problema del desecho de los residuos orgánicos y, a su vez, generar energía. Según Ilarri (2010, p. 55) específica que actualmente, las aplicaciones más comunes del biogás para la

obtención de calor y generación eléctrica es la combustión directa, ya que puede ser usado en una variedad de equipos comerciales como: motores de combustión interna, estufas, etc. Sin embargo, existe un interés llamativo para utilizarlo como una alternativa para su aplicación como combustible de automoción y su incorporación en la red de gas natural.

La problemática que se presenta en este proyecto, se ha identificado en el mercado 1ro de Mayo del distrito de Santa Anita. Se observó que los residuos sólidos orgánicos son desechados a la unidad recolectora de desechos. Estos residuos, si bien no tienen una utilidad a simple vista, se puede dar otro uso con el fin de obtener biogás como energía alternativa. El Problema general de la investigación **¿Cuáles son las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019?** Los Problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuál es la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás?
- **PE2:** ¿Cuál es el pH y la temperatura de la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás?

El objetivo general fue **establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019.** Los Objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.

- **OE2:** Identificar el pH y la temperatura asociadas a la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.

## II. MARCO TEÓRICO

Según la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos, estos pueden clasificarse según su origen. Entre ellos se tienen los residuos domiciliarios, comercial, de limpieza de espacios públicos, de establecimiento de atención de salud, industrial, de las actividades de construcción, agropecuario y de instalaciones o actividades especiales.

Según el Decreto legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, los residuos sólidos pueden ser orgánicos o inorgánicos. Los residuos orgánicos son aquellos que tienen la capacidad de degradarse, los cuales se descomponen sin dificultad volviendo a la tierra, como, por ejemplo, las frutas y verduras, si bien estos pueden volver al ciclo natural de la vida, si no hay un buen manejo de estos, podrían acumularse y generar todo tipo de plagas y enfermedades y convirtiéndose en fuentes potenciales de contaminación del agua, suelo y aire. Y por el otro lado se tiene a los residuos sólidos inorgánicos, que es todo aquello que no está compuesto por componentes orgánicos. Entre ellos se tienen los residuos como plásticos, vidrios, metales, y todo aquel que tarda mucho en desintegrarse o nunca llegan a descomponerse, parte de estos residuos se puede reaprovechar mediante el reciclaje.

En la actualidad existe un inadecuado manejo de los residuos sólidos a nivel nacional, esto conlleva a un problema ambiental latente. Disponer a los residuos sólidos en un vertedero, incinerarlo, insuficiencia en el control de los lixiviados y arrojar los residuos a las fuentes naturales origina impactos ambientes como así también pone en peligro la salud de las personas.

El comercio se ha desarrollado significativamente en los últimos años a causa de los cambios en los hábitos de adquisición de las personas. Los bienes que antaño se fabricaban para que duren, ahora sus vidas útiles son cortas, por lo que ocasiona una gran cantidad de residuos sólidos. Para que los residuos sólidos no generen impactos a nuestro ambiente, es necesario gestionar un óptimo proceso antes de su disposición final.

Según la Ley N° 27314 – Ley General de Residuos Sólidos, el manejo de los residuos sólidos está compuesto por varias etapas. Comienza por el origen en la cual se generan los residuos sólidos como producto de las actividades cotidianas de las personas. Como se ha explicado líneas arriba, los residuos se pueden deber al comercio, servicios de limpieza, servicios de salud, etc., después pasa una segregación, en la cual consiste en agrupar los residuos sólidos según sus características físicas similares, a continuación se almacenan temporalmente en condiciones adecuadas, entre tanto se puede comercializar los residuos sólidos a través de empresas autorizadas por Digesa para ser reaprovechados como parte de la segregación, en la parte de recolección y transporte inicia la actividad de recoger los residuos sólidos y transportarlos a un medio en donde se podrá manejar los residuos en forma salubre, fiable y ambientalmente apropiado utilizando un medio de transporte adecuado como pueden ser las compactadoras bien equipadas, posteriormente en la etapa de transferencia los residuos son llevados de un almacén temporal hacia una zona adecuada para su disposición final, que son lugares seguros, esto se hace a través de un relleno sanitario.

Existen técnicas que reciclan los residuos orgánicos como una fuente de energía, entre ellos se tiene el compostaje y biogás. Según Kucbel, Raclvská, y Juchelkova (2019) el compostaje es un método que iguala a la naturaleza, degrada de una forma rápida los restos orgánicos basándose en un proceso biológico, que modifica los desechos orgánicos en nutrientes similares al suelo, en este desarrollo intervienen microorganismos y hongos que se ocupa del casi toda la actividad del compostaje. Según Vars y Khan (2019) la digestión anaeróbica es un método bioquímico progresivo para recuperar energía de diferentes tipos de desechos orgánicos, este proceso implica múltiples reacciones bioquímicas principalmente compuestas de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, este proceso elimina los residuos biodegradables en ausencia de oxígeno, obteniendo energía renovable, que se puede ser usada para obtener electricidad y calor.

Según Tankcuk (2017, p.1056) La descomposición de la gallinaza desprende biogás, el cual es un producto de 60-70% de metano y el resto de dióxido de carbono. Esta sería una valiosa fuente de energía. El proceso se basa en mezclar

las deyecciones de las aves, previamente mezcladas con agua, en un biodigestor o tanque hermético en donde se produce la degradación de la materia orgánica en un medio anaerobio mediante la acción de enzimas segregadas por microorganismos. Además, este desecho puede ser tratado con biodigestores lo que acelera el proceso de descomposición y hace más efectiva la transformación de sus elementos lo que en el proceso genera biogás. Este biogás es un perfecto sustituto del gas propano. 300m<sup>3</sup> de biogás sustituyen 85m<sup>3</sup> de propano. La instalación de plantas productoras de biogás a partir de desechos orgánicos, entre los cuales se puede considerar a la gallinaza, es viable e incluso rentable. Las plantas productoras de biogás son fiables y una excelente opción para la sustitución de combustibles fósiles por alternativas limpias.

El proceso es complejo, requiriendo además unas instalaciones muy voluminosas y una elevada inversión. Las deyecciones deben mezclarse con una cantidad muy precisa de agua, 50% aproximadamente, necesitamos al menos 15 días para que se produzca el gas, en un proceso continuo. Además, se requiere mantener un control de la temperatura del digestor (35 °C) y de pH, que debe ser superior a 6. De Fallar alguno de estos puntos puede aumentar la proporción de CO<sub>2</sub> a expensas del CH<sub>4</sub>, con lo que el gas obtenido pierde sus propiedades como fuente de energía.

La digestión anaeróbica es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (e.g. H<sub>2</sub> O<sub>2</sub>). Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aeróbico. En la digestión anaeróbica, los microorganismos metanogénicos desempeñan la función de

enzimas respiratorios y, junto con las bacterias no metanogénicas, constituyen una cadena alimentaria que guarda relación con las cadenas enzimáticas de células aeróbicas. De esta forma, los residuos orgánicos se transforman completamente en biogás que abandona el sistema. Sin embargo, el biogás generado suele estar contaminado con diferentes componentes, que pueden complicar el manejo y aprovechamiento del mismo.

## Biogás

El biogás es una mezcla de gases formada mayoritariamente por metano y dióxido de carbono, aunque contienen impurezas como el ácido sulfhídrico. La composición del biogás depende de la materia prima digerida y del funcionamiento del proceso. Para que el biogás sea inflamable, debe contener metano superior al 45 %. Así también tiene propiedades específicas que se indican en la tabla 1.

**Tabla 5.** *Características generales del biogás*

Composición	55-70% metano (CH <sub>4</sub> ) 30-45% dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0-6.5 kW h m <sup>-3</sup>
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás
Límite de explosión	6-12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> mencionado)
Presión crítica	74-88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m <sup>-3</sup>
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol <sup>-1</sup>

Fuente: Varnero (2011)

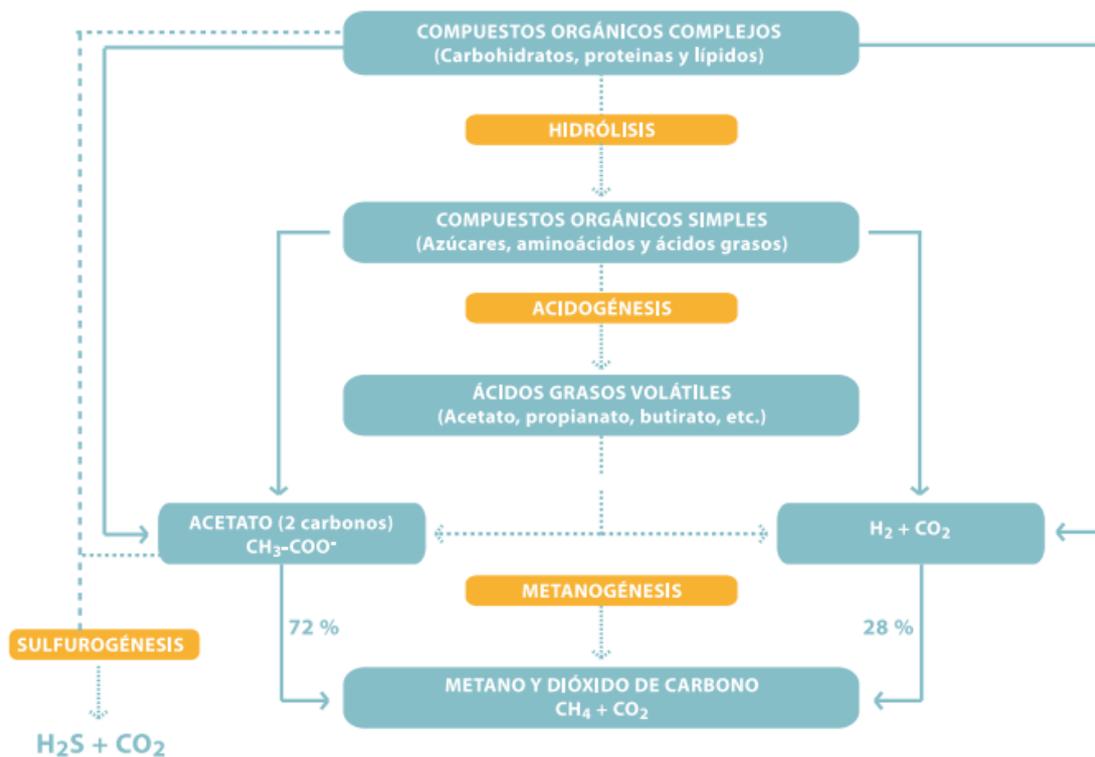
El metano (CH<sub>4</sub>) proporciona un poder energético elevado y por tanto es el componente de mayor interés. El análisis del biogás se realiza normalmente mediante cromatografía gaseosa. Para ello se emplea un Cromatógrafo de gases (Navarro, 2016, p. 10).

Uno de los puntos positivos a la hora de producir biogás de origen agroalimentario, es que acepta residuos de muy alto nivel de humedad y de variada composición y origen. Se le denomina biometanización o digestión anaerobia al desarrollo que hace posible la obtención de biogás. Durante el procedimiento, la cual se ejecuta en un ambiente ausente de oxígeno, la materia orgánica es degradada por operación de varios grupos de microorganismos desde su aspecto más complejo (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.), hasta las más simples, obteniendo de esa forma el biogás (AINIA, 2011, p. 1)

### **Digestión anaerobia**

La Digestión anaerobia o biometanización es un proceso completo, en donde participan varios grupos de microorganismos con el fin de descomponer la materia orgánica en compuestos más sencillos. La descomposición de la materia orgánica se organiza de diferentes fases en las que interviene una población variada de microorganismos. En ella se distinguen las siguientes fases: Hidrólisis, Acidogénesis, Acetogénesis y Metanogénesis (Comisión Europea, 2013, p. 11).

**Figura 4:** Proceso de biometanización.



Fuente: Comisión Europea (2013)

### Fase de hidrólisis

En esta primera fase las bacterias celulóticas, hidrolíticas y acidógena excretan exoenzimas en el ambiente líquido para poder degradar las sustancias de alto peso molecular (monómeros), como son los aminoácidos, azúcares y glicerol, que serán fácilmente transportadas a través de las membranas celulares bacterianas y ser sometidos a diversos procesos metabólicos intracelulares (Colos, 2015, p.14).

### Fase Acidogénica

Este proceso es generado por las bacterias acidogénicas para la degradación de monómeros liberados en la fase de hidrólisis, originando una gran variedad de productos de fermentación. Los productos finales son primordialmente ácidos grasos volátiles (AGV) como el acetato, propionato, butirato, succinato; así como pequeñas cantidades de ácido láctico y etanol, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e

hidrógeno ( $H_2$ ). El ácido acético ( $CH_3-COOH$ ) y el hidrógeno pueden ser usados inmediatamente por las bacterias metanogénicas para producir metano ( $CH_4$ ). Las bacterias que intervienen más comunes son: *Butyvirbio*, *Propionbacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias* (Gonzales, 2014, p. 26).

### **Fase Acetogénica**

Las bacterias acetogénicas transformaran los compuestos resultantes de la fase acidogénica, obteniendo hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético como los principales productos. El ácido acético surge inmediatamente por la operación de las bacterias acetogénicas producto de la alteración de alcoholes, ácidos grasos, ácidos volátiles; así también con el hidrógeno y el dióxido de carbono. Entre algunas bacterias acetogénicas se identifican *Syntrophobacterwolunii*, que descompone el ácido propiónico, o *Syntrophomonaswolfei* que descompone el ácido butírico. Los ácidos valérico y butírico son descompuestos por las mismas especies. Mientras que como bacterias pertenecientes al grupo de las homoacetogénicas se encuentran los géneros *Acetobacterium*, *Acetoanaerobium*, *Acetogenium*, *Clostridium* o *Eubacterium* (Gonzales, 2014, p. 26).

Hasta esta fase del proceso de la digestión anaerobia, la mayoría de las bacterias anaerobias han consumido casi en su totalidad el alimento de la biomasa. Estos resultados, ácidos volátiles sencillos, serán los que se utilizarán como materia prima los microorganismos metanogénicos en la próxima fase (Colos, 2015, p.17).

### **Fase Metanogénica**

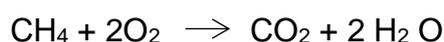
Las bacterias metanogénicas llevan a cabo dos reacciones diferentes: por un lado, las bacterias acetoclásticas transforman el acetato en metano ( $CH_4$ ); y por el otro, las bacterias metanogénicas hidrogenófilas transforma el hidrógeno molecular ( $H_2$ ) y el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en metano ( $CH_4$ ). (Comisión Europea, 2013, p.13).

Colos (2015, p.17), indica que las bacterias metanogénicas hidrogenófilas, como Methanobacterium, Ethanococcus y Methanobrevibacter; que utilizan el hidrógeno y el dióxido de carbono, producen aproximadamente un 30% del metano.

Como producto final se obtiene un conjunto de gases conformada por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), entre otros; por otro lado, también se produce digestado, que es el subproducto semi-líquido como consecuencia de la digestión anaerobia que tiene un empleo como fertilizante orgánico (AINIA, 2008)

### Aplicaciones del biogás

Existen diferentes alternativas para la utilidad del biogás. Entre ellas destacan la obtención de calor o vapor, generación de electricidad y combustible de vehículos. La combustión es una reacción química en la cual ocurre una rápida oxidación/oxidación del biogás. La combustión completa puede ser representada por la siguiente ecuación química: Combustión completa



Para conseguir una buena combustión la demanda mínima de aire deber ser de 21% aunque esta cantidad debería ser incrementada. La relación aire-gas debe ser mejorada incrementando la presión del aire, intensificando la apertura de la válvula dosificadora de gas (Varnero, 2011, p. 55).

**Tabla 6:** *Energía equivalente (Valor Energético) Biogás vs. Otras fuentes.*

Valores	Biogás	Gas Natural	Gas Propano	Gas Metano	Hidrogeno
Valor Calorífico (Kwh/m <sup>3</sup> )	7.0	10	26	10	3
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1.08	0.7	2.01	0.72	0.09

Densidad con respecto al aire	0.81	0.54	1.51	0.55	0.07
Límite de explosión (% de gas en el aire)	6-12	5-15	2-10	5-15	4-80
Temperatura de encendido (°C)	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en el aire (m/s)	0.31	0.39	0.42	0.47	0.43
Requerimiento teórico de aire (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	6.6	9.5	23.9	9.5	2.4

Fuente: Varnero (2011)

### **Producción de calor**

Uno de los empleos más sencillos del biogás es obtener energía térmica (calor). Se podrían utilizar en aquellos lugares en donde los combustibles escasean, los sistemas pequeños de biogás pueden suministrar energía térmica para labores primordiales como cocinar o calentar agua.

La principal desventaja para este caso que muestra el biogás es tener que ubicar una zona de consumo de calor lo más cerca posible del lugar en donde se genera, ya que sabiendo que el biogás tiene bajo poder calorífico, este no puede ser desplazado de forma rentable por tuberías. Por consiguiente, lo usual sería que el calor producido por la combustión del biogás sea empleado en las propias instalaciones (Comisión Europea, 2013, p.30).

### **Generación de electricidad**

En los últimos años, la economía de base biológica ha logrado una atracción significativa en el sector energético. El concepto emergente de la biorrefinería es la producción de múltiples combustibles y subproductos de valor agregado como el

bioetanol, el biodiesel, el biogás y los productos químicos, los materiales, los alimentos y los piensos a partir de materias primas de biomasa. La capacidad de convertir los biocombustibles de la biomasa da lugar a flujos de residuos, susceptible de una mayor recuperación de energía con el apoyo de celdas de combustible microbianas.

Los sistemas combinados de calor y electricidad utilizan la electricidad generada por el combustible y el calor sobrante que se genera. Algunos sistemas combinados producen generalmente calor y la electricidad es secundaria. Otros sistemas general principalmente electricidad y el calor residual se emplean para calentar agua. En ambos casos se aumenta la eficiencia del proceso en contraste si se utiliza el biogás solo para producir electricidad o calor. Las turbinas de gas se pueden utilizar para la producción de calor y energía, con una eficiencia comparable a los motores de encendido por chispa y con un bajo mantenimiento. Sin embargo, los motores de combustión interna son los más utilizados en este tipo de aplicación. Para su uso en estos sistemas se requiere una remoción de Sulfuro de hidrogeno (bajo 100 ppm) y vapor de agua. (Varnero, 2011, p. 56).

Según Sowunmi (2014, p. 4), la cantidad potencial de electricidad que se puede generar a partir del biogás, está estimado con estiércol de animal, papel de desecho, desperdicios de comida, residuos orgánicos. El cálculo de suministro eléctrico del biogás es representado por la siguiente ecuación:

Potencial neto de suministro de electricidad biometano

$$= V_{CH_4} * E_{CH_4} * \eta_E * \eta_{TD} \text{ (MW.h.)}$$

En donde representa respectivamente, el volumen total de biometano metano producido, el contenido energético del metano, la eficiencia de conversión eléctrica y la eficiencia en transmisión y distribución.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Diseño de Investigación**

La presente investigación es de nivel explicativo puesto que busca establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019. Las tesis de tipo explicativo según Hernández (2014) van más allá de la sola descripción de conceptos o fenómenos o de la determinación de relaciones entre conceptos; están encaminadas a dar respuesta a las causas de fenómenos.

En cuanto al diseño de la investigación es experimental, pues se manipulan deliberadamente la variable independiente, con el propósito de medir el efecto que tienen en otra variable de interés. Según Hernández (2014) se manipula una o varias variables independientes, prefiriendo el control adecuado. La metodología de esta clase de diseños es normalmente cuantitativa.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **Variables**

- **Variable 1**  
Aplicación de plumas de pollo y cáscara de tuna como sustrato
- **Variable 2**  
Obtención de biogás

## Operacionalización de las variables

**Tabla 7** Operacionalización de las variables

<b>Tipo de variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores categoría</b>	<b>Índice</b>
Aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato	Mezcla 1: Gallinaza (70%), Residuos vegetales (30%)	Sólidos Totales	Gramos (g)
		Sólidos Volátiles	Gramos (g)
		Carbono/ Nitrógeno	Relación C/N
		pH	pH
	Mezcla 2: Gallinaza (50%), Residuos vegetales (50%)	Sólidos Totales	Gramos (g)
		Sólidos Volátiles	Gramos (g)
		Carbono/ Nitrógeno	Relación C/N
		pH	pH
	Mezcla 3: Gallinaza (300%), Residuos vegetales (70%)	Sólidos Totales	Gramos (g)
		Sólidos Volátiles	Gramos (g)
		Carbono/ Nitrógeno	Relación C/N
		pH	pH
	Mezcla 4: Gallinaza (80%), Residuos vegetales (20%)	Sólidos Totales	Gramos (g)
		Sólidos Volátiles	Gramos (g)
		Carbono/ Nitrógeno	Relación C/N
		pH	pH
Producción de biogás	Fisicoquímicos	pH	pH
		Temperatura	Celsius (C°)
	Volumen de biogás	Volumen	Litros (L)
		Días	Día (d)

## Matriz de operacionalización de las variables

Tabla 8. Matriz de operacionalización de las variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
“Obtención de biogás a partir de residuos orgánicos del mercado 1ro de Mayo Santa Anita, 2019”						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
V.1. Aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato	La digestión anaerobia es una alternativa prometedora para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos porque combina recuperación de material y producción de energía durante el proceso. (Xia et al., 2012)	La Gallinaza y los residuos vegetales fueron utilizados como sustrato y a partir de ello analizados sus parámetros preliminares, entre ellos se tienen los niveles de sólidos totales, sólidos	Mezcla 1: Gallinaza (70%), Residuos vegetales (30%)	Sólidos Totales	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
				Sólidos Volátiles	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
				Carbono/ Nitrógeno	Análisis de laboratorio	Relación C/N
				pH	Potenciómetro	pH
			Mezcla 2: Gallinaza (50%),	Sólidos Totales	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
				Sólidos Volátiles	Análisis de laboratorio	Gramos (g)

El nopal como fuente de energía mediante la obtención de biogás e favorable, se podría sustituir el diesel por biogás en las labores del campo, así como electricidad (Arvizu, 2015).	volátiles, relación carbono nitrógeno y pH, en cada una de las mezclas.	Residuos vegetales (50%)	Carbono/ Nitrógeno	Análisis de laboratorio	Relación C/N
			pH	Potenciómetro	pH
		Mezcla 3: Gallinaza (30%), Residuos vegetales (70%)	Sólidos Totales	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
			Sólidos Volátiles	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
			Carbono/ Nitrógeno	Análisis de laboratorio	Relación C/N
			pH	Potenciómetro	pH
		Mezcla 4: Gallinaza (80%), Residuos vegetales (20%)	Sólidos Totales	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
			Sólidos Volátiles	Análisis de laboratorio	Gramos (g)
			Carbono/ Nitrógeno	Análisis de laboratorio	Relación C/N
			pH	Potenciómetro	pH

V 2. Producción de biogás	El biogás es un producto de la descomposición anaerobia de materia orgánica, el cual está compuesto principalmente por dióxido de carbono y metano y es el producto final de una serie de reacciones en distintas etapas de degradación, relacionadas con la actividad de un consorcio microbiano de diversas bacterias y arqueas (Weber,2012).	El proceso abarcó un análisis y diagnóstico en la obtención de biogás a partir de la mezcla de gallinaza y residuos vegetales, utilizando como inóculo levadura, en la cual se evaluó cuatro mezclas con porcentajes diferentes. Así también se evaluó los parámetros fisicoquímicos resultantes	Fisicoquímicos	pH	Papel tornasolado	pH
				Temperatura	Pirómetro infrarrojo	Celsius (C°)
				Volumen	Probeta	Litros (L)
			Volumen de biogás	Días	Calendario	Día (d)

		diariamente, entre ellos el pH y temperatura.				
--	--	---	--	--	--	--

### **3.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población del presente trabajo de investigación comprendió de 153 kg de materia orgánica obtenido del mercado 1ro de Mayo, ubicado en el distrito de Santa Anita, Provincia de Lima, departamento de Lima.

#### **Muestra**

La muestra del presente trabajo de investigación se realizó con 4 ejemplares en donde tuvieron las mismas materias primas, pero variaron en sus concentraciones. Cada una de las muestras fue de 100 gramos. Estas son:

- Sustrato 1: Gallinaza (70%) – Residuos vegetales (30%)
- Sustrato 2: Gallinaza (50%) – Residuos vegetales (50%)
- Sustrato 3: Gallinaza (30%) – Residuos vegetales (70%)
- Sustrato 4: Gallinaza (20%) – Residuos vegetales (80%)

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

#### **Caracterización de sustrato y el inóculo**

Los residuos orgánicos que se usó en la producción de metano se obtuvieron de la caracterización de residuos no domiciliarios, realizada en la municipalidad de Santa Anita en el 2019, mediante las actividades de segregación en la fuente y la recolección selectiva. El cual genera a diario aproximadamente 153,11 kg de residuos orgánicos, siendo esto un problema, ya que estos residuos pueden generar botaderos y el ingreso mayor de residuos a rellenos sanitarios, por ello se realizó esta investigación con el fin de aprovechar aquellos residuos para la generación de biogás.

La composición física gruesa está incluida los residuos de alimentos las cuales, algunos estaban procesados y otros sin procesar. Otros residuos encontrados en grandes cantidades fueron (plástico, cartón y papel).

La gallinaza utilizada en este estudio fue traída de una granja cacaera ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo. La gallinaza se desmenuzó obteniendo la estructura de pequeños granos. El residuo vegetal se recolectó del mercado 1ro de Mayo ubicado en el distrito de Santa Anita. La gallinaza y los residuos vegetales se licuaron antes de ocuparlos en los biodigestores. Los residuos vegetales consistieron principalmente en cáscara de plátano, tomates, papa, zanahoria, manzana, berenjena, lechuga etc. La levadura para pan de la cepa *Saccharomyces cerevisiae* se usó como inóculo. Las características fisicoquímicas de los residuos vegetales, gallinaza e inóculo se resumieron en la Tabla 1. Las características iniciales del sustrato combinado después de la mezcla se resumieron en la Tabla 2 para diferentes proporciones de mezcla.

### **Configuración experimental y protocolo**

Los estudios se llevaron a cabo en cuatro reactores de lotes diferentes las cuales son: R1, R2, R3 y R4 alimentados con sustratos mixtos (EP: RV). Por otro lado, los sustratos para cada reactor mencionado tienen una proporción variada en la cual se mencionará: R1, EP-RV (70-30); R2, EP-RV (50-50); R3, EP-RV (30-70); R4, EP-RV (80-20). El volumen total de cada reactor discontinuo fue de 500 ml con un volumen efectivo de 400 ml. La fracción del inóculo se mantuvo constante 200 ml para cada reactor. Cada reactor de lotes se agito manualmente dos a tres veces al día durante aproximadamente 1 a 2 minutos. Los reactores discontinuos fueron operados en condiciones ambientales. El experimento fue diseñado para el periodo de 30 días. La relación de mezcla diferente de los sustratos e inóculo se resumió en la Tabla 3.

## Procedimiento analítico

Luego de tener todos los sustratos proporcionados en cada reactor, se analizó los parámetros preliminares los cuales son: Sólidos Totales (%), Sólidos Fijos (%), Sólidos Volátiles (%), Conductividad Eléctrica (dS/cm), Temperatura (C°) y pH.

Los materiales utilizados son:

- Pinza metálica
- Vaso precipitado de 100 ml
- Desecador
- Capsulas de porcelanas (crisol de 100 ml)
- Estufa
- Mufla
- Balanza analítica

En primer lugar, se llevó la cápsula de porcelana para el secado previamente hacia la estufa a 105 °C durante 30 min, luego se llevó al desecador. En la base del desecador tiene un reactivo de sílice, esto permite la absorción de la humedad. Mientras la cápsula de porcelana estuvo en el desecador por 30 min, se aprovechó para añadir al vaso precipitado 50 ml de muestra de cada sustrato por separado, con los equipos PH metro y conductímetro se obtuvo el PH, Temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (mS/cm) de cada sustrato.

Después de 30 min aproximadamente se realizó el pesado inicial de la capsula en la balanza analítica. En la capsula se le incorporó los 50 ml de sustratos que ya está debidamente separado por sus porcentajes. De ahí se llevó a la estufa a una temperatura de 105 °C aproximadamente por 24 horas, luego se llevó al desecador por 30 min, continuamos con su pesaje en la balanza analítica, después de pesar se llevó a la mufla por 550 °C durante 30 min, pasando los 30 min se llevó al desecador por otros 30 min más, ya enfriado el crisol se llevó a la balanza analítica para pesarlo nuevamente obteniendo el peso final.

**Tabla 5. Parámetros preliminares**

Sustrato	Parámetros preliminares					
	Sólidos Totales	Sólidos Fijos	Sólidos volátiles	pH	T °C	CE mS/cm
Sustrato 1 (70-30)	0.0708	0.0174	0.0534	6.77	24.4	9.74
Sustrato 2 (50-50)	0.0738	0.0176	0.0562	5.35	25.9	15.49
Sustrato 3 (30-70)	0.1494	0.0466	0.1028	5.89	25.4	5.33
Sustrato 4 (80-20)	0.0316	0.0058	0.0258	6.86	26.8	7.03

Fuente: Elaboración propia

Con las fórmulas mostradas a continuación se hallaron los Sólidos Totales (ST), Sólidos Fijos (SF) y Sólidos Volátiles (SV).

$$ST = \frac{W \text{ capsula } 105^{\circ}C - W \text{ capsula vacia}}{V \text{ de muestra}}$$

$$SF = \frac{W \text{ capsula } 550^{\circ}C - W \text{ capsula vacia}}{V \text{ de muestra}}$$

$$SV = W \text{ ST} - W \text{ SF}$$

En el biogás, desde el día uno, se va analizando el Volumen (mL/d), PH y Temperatura (C°) hasta el día 30, con ello se pudo observar y diferenciar qué días se obtuvo mayor biogás, así también que sustrato llegó a producir más biogás.

Para la elaboración del biodigestor de modelo batch tipo (discontinuo) se utilizó los siguientes materiales:

- Matraz de 500 ml

- Botella de Sporade de 500 ml
- Manguera delgada látex
- Tapones
- Tubos en L

El procedimiento para realizar el biodigestor (discontinuo) se efectuó con cuatro matraces con (%) diferentes de sustratos mixtos. Para estos sustratos se realizó diez replicas en cada una de ellas, para lograr un mejor análisis en la digestión anaerobia que se efectuó durante 30 días. En el sustrato R1 se añadió 170 gr de estiércol de pollo, 30 gr de residuo vegetal y 200 ml de inculo. En el sustrato R2 se le añadió 100 gr de estiércol de pollo, 100 gr de residuo vegetal, de la misma manera que en el sustrato R1 se está añadiendo al sustrato R2 la cantidad de 200 ml de inculo. Para el sustrato R3 se le incorpora 30 gr de estiércol de pollo, 170 gr de residuos vegetales y como en los demás casos 200 ml de inculo. Por último, al sustrato R4 se le agrego 180 gr de estiércol de pollo, 20 gr de residuos vegetales y 200 ml de inculo.

Durante los 30 días, se estuvo monitoreando continuamente los parámetros de Temperatura, PH y Volumen, en el cual mostraremos en las siguientes tablas con los datos ya promediados de las diez réplicas de cada sustrato.

**Tabla 6.** *Producción del biogás en volúmenes del mes de análisis*

Producción de biogás en volúmenes (promedios)				
Día	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
1	339,8	358	470	585,2
2	403,4	353,6	496,2	636,4
3	362,9	382,8	411,5	609,4
4	232,8	238,9	388,2	533
5	241,3	242,7	385,1	501,3
6	236	253,1	377,2	526,8
7	241,5	185,1	309,6	430,4
8	229,5	197,8	324,5	461,1
9	239,8	212,7	347,9	485,2
10	165,4	145,7	296,3	423,2
11	172,4	152,2	308,3	443,3

12	170,6	162,2	307,3	442
13	155	151,5	289,2	445
14	160,1	162,8	292,2	427,6
15	168,3	154,4	302,8	433,6
16	132,8	138,9	288,2	433
17	141,3	142,7	285,1	401,3
18	136	153,1	277,2	426,8
19	126,3	112,3	257,9	395,7
20	125,9	108,9	263,5	403,1
21	120,2	125	259,7	388,9
22	81,7	78,4	227,7	371,6
23	90,5	91,7	232,1	363
24	89,6	84,7	241	355,5
25	71,5	15,1	139,6	260,4
26	59,5	27,8	154,5	291,1
27	69,8	42,7	177,9	315,2
28	54,34	65,43	132,45	253
29	53,89	43,31	142,8	249,7
30	49,56	42,34	135,6	200,45

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.** *Temperatura del sustrato del mes de análisis*

<b>Temperatura del biodigestor (promedios)</b>					
<b>Día</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Sustrato 1</b>	<b>Sustrato 2</b>	<b>Sustrato 3</b>	<b>Sustrato 4</b>
1	20	24,7	24,9	24,8	24,8
2	19	24,9	24,7	24,8	25,2
3	18	24,7	24,8	24,7	25,3
4	20	24,7	25	24,3	25,4
5	18	24,7	24,6	24,7	25,4
6	17	25,2	24,8	25,9	25,3
7	17	25,4	24,8	25	25,3
8	17	26	25,4	24,4	25,5
9	18	26,1	25,5	25,5	25,4
10	18	26,5	25,6	25,6	26
11	19	26,4	25,5	25,7	26,4
12	20	26,8	25,8	25,9	26,6
13	18	27,2	26,1	26	26,4
14	18	27,3	26,4	26,2	26,7

15	18	27,3	27	26,9	27,4
16	17	27,7	26,9	27	26,9
17	18	27,8	26,9	27,1	27,2
18	19	27,8	27	27,3	27,3
19	17	28,1	26,9	27,5	27,2
20	18	28,2	27,1	27	27
21	19	28,3	27,1	27,3	25,2
22	20	28	27,4	27,2	27,5
23	20	28	27	27,6	27,5
24	17	28	27,5	27,6	28,2
25	18	28,1	27,7	27,2	28,1
26	18	27,9	28	27,1	27,7
27	18	28,8	28	27,3	27,4
28	19	28,4	27,9	27,1	27,6
29	17	28,6	28,6	27,6	27,4
30	18	28,9	28,6	28,1	27,2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** *PH del sustrato del mes de análisis*

PH del sustrato				
Día	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
1	6,5	6,5	6,6	6,7
2	6,5	6,5	6,6	6,7
3	6,6	6,5	6,6	6,6
4	6,5	6,6	6,5	6,7
5	6,5	6,6	6,5	6,8
6	6,5	6,7	6,4	6,8
7	6,5	6,5	6,5	6,8
8	6,4	6,5	6,5	6,6
9	6,7	6,5	6,5	6,7
10	6,6	6,5	6,4	6,7
11	6,5	6,4	6,4	6,7
12	6,5	6,4	6,4	6,8
13	6,4	6,5	6,7	6,8
14	6,4	6,6	6,7	7
15	6,4	6,6	6,6	7
16	6,5	6,5	6,6	6,9
17	6,5	6,5	6,6	7,1

18	6,6	6,4	6,6	7,1
19	6,5	6,5	6,5	7
20	6,5	6,5	6,5	6,9
21	6,5	6,5	6,5	6,9
22	6,6	6,4	6,5	6,9
23	6,5	6,4	6,4	7
24	6,5	6,4	6,4	7
25	6,4	6,5	6,6	6,8
26	6,4	6,5	6,6	6,8
27	6,5	6,5	6,5	6,8
28	6,5	6,5	6,5	6,9
29	6,5	6,5	6,5	6,9
30	6,5	6,6	6,5	6,9

Fuente: Elaboración propia

### **Tipo de Biodigestor**

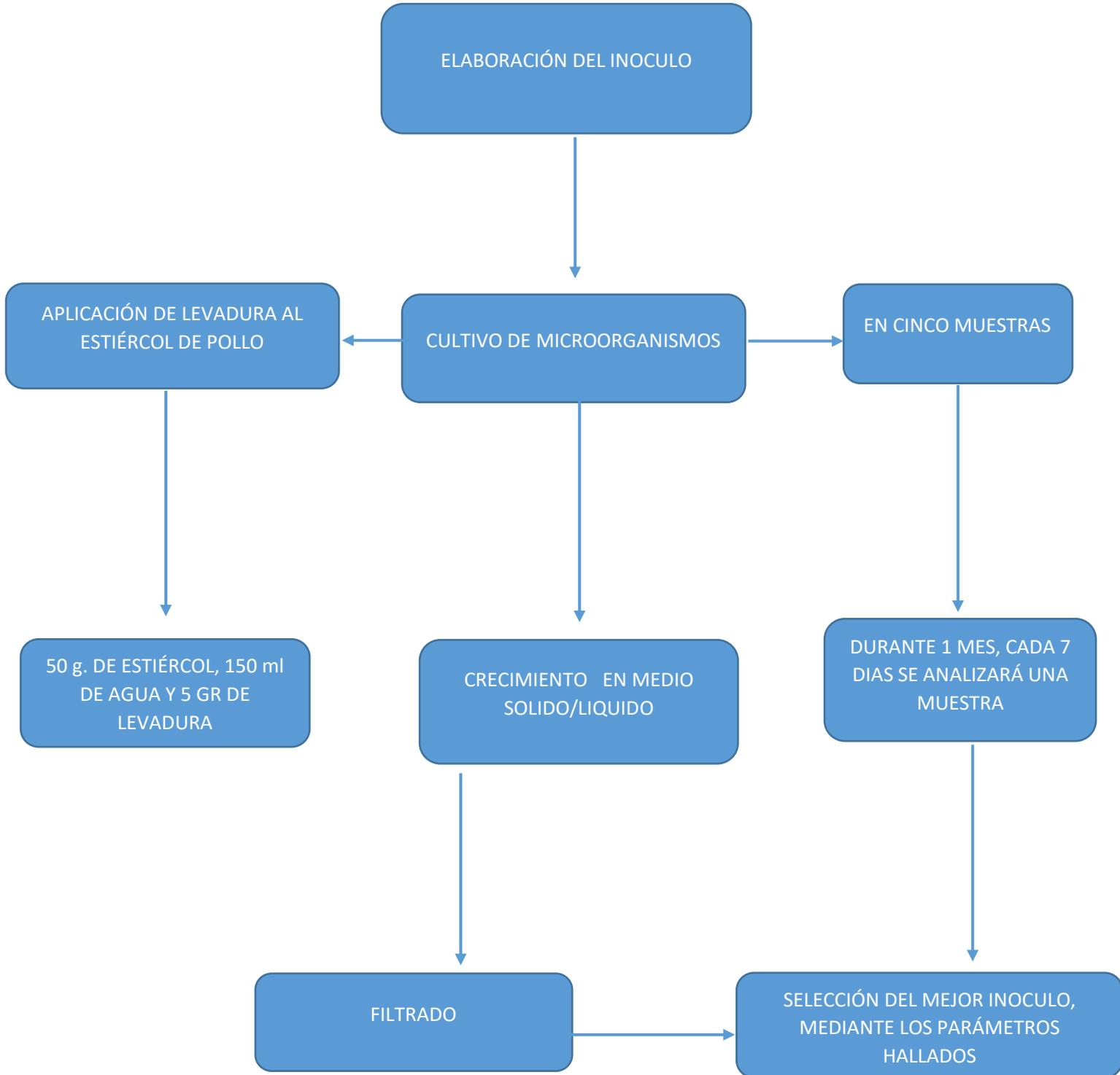
Se utilizó el reactor modelo Batch, este tipo de digestor es discontinuo o de régimen estacionario. Los digestores se cargan con las materias primas en una sola carga o lote. Después de un cierto período de fermentación, cuando el contenido de materias primas disminuye y el rendimiento de biogás decae a un bajo nivel, se vacían los digestores por completo y se alimentan de nuevo dando inicio a un nuevo proceso de fermentación.

Los instrumentos de recolección de datos fueron:

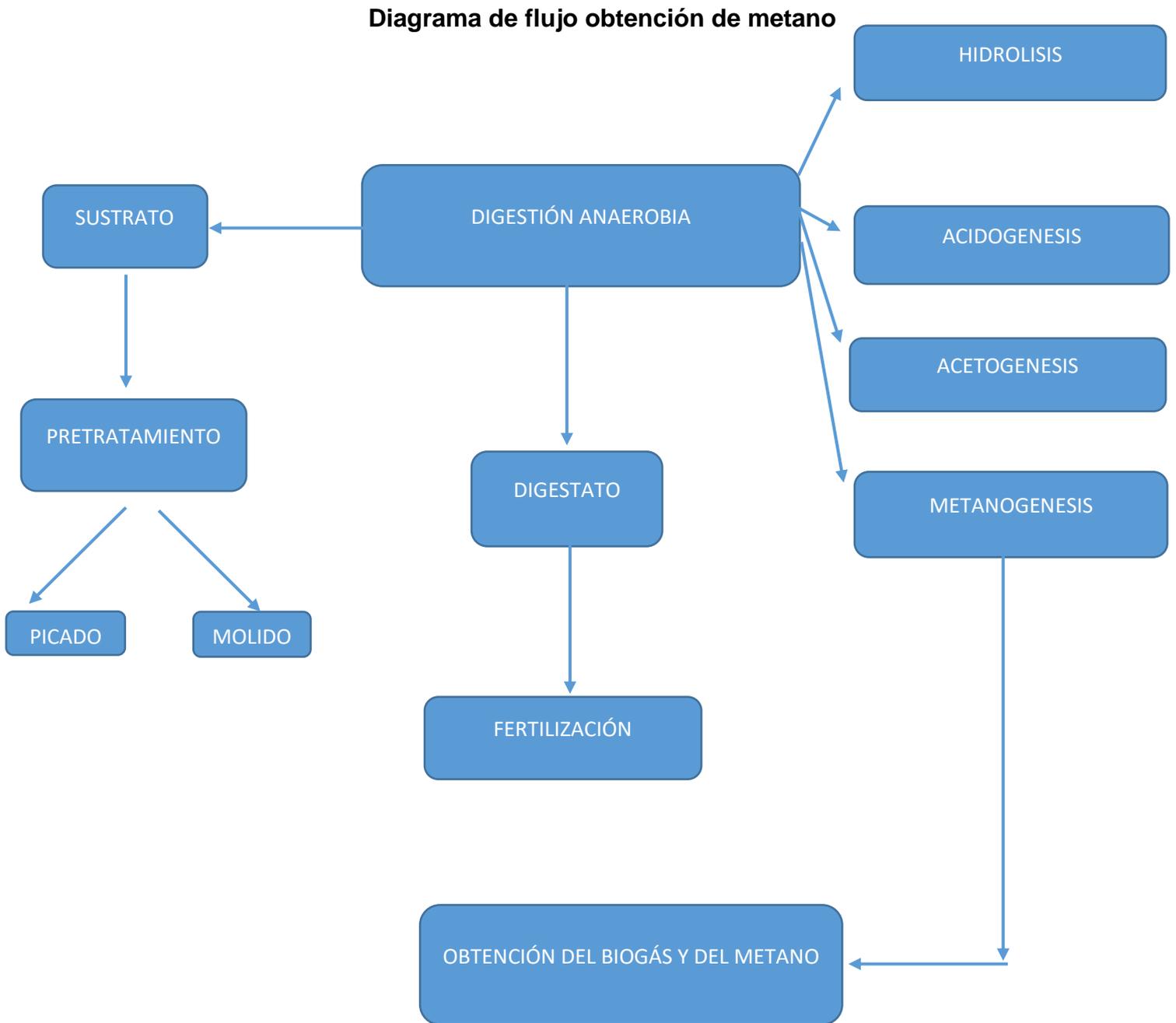
- Probeta
- Balanza analítica
- Termómetro
- Papel tornasolado
- Análisis de laboratorio

**Figura 5:** Diagrama de flujo en la elaboración del inóculo

**Diagrama de flujo en la elaboración del inóculo**



**Figura 6:** Diagrama de flujo obtención de metano



## **Validación de instrumentos**

Para la validación de los instrumentos se tomó referencias bibliográficas, y la presentación de documentación de los instrumentos plenamente calibrados (véase anexos). Los instrumentos son descritos a continuación:

### **- Frasco volumétrico o probetas**

Frasco volumétrico es un recipiente de forma cilíndrica, el cual se encuentra de diferentes volúmenes (Borfitz Valeria, 2010). Todas las probetas no tienen la misma escala, existen probetas que tienen una escala de 1 ml, algunas de 2 ml y otras en decimales (Guía de maestros, 2015). Son recipientes alargados de una forma cilíndrica, las probetas más usadas están entre 25 y 5000 ml (Muños María, 2014).

### **- Balanza analítica**

Son balanzas modernas, que cuentan con un sistema electrónico el cual nos ayuda a obtener con exactitud el peso del material (Morales Ingrid, 2013). Es un instrumento muy usado en los laboratorios, ya que dependen los resultados analíticos. Estas balanzas modernas ofrecen valores de precisión de lectura de 0.1  $\mu$ g a 0.1 mg (Gonzales Antonio, 2014). La balanza analítica es utilizada principalmente para la medición de masas pequeñas, estas balanzas al ser modernas no requieren de cuartos especiales para realizar la medida del peso (Gonzales Tito, 2015).

### **- Termómetro infrarrojo**

Estos termómetros usualmente emplean como sensor una termopila (sin compensación de temperatura) y detectan radiación en el rango espectral de 8  $\mu$ m a 14  $\mu$ m o rangos similares. La emisividad usualmente está configurada a 0,95 (Quispe, 2013).

### **- Análisis de laboratorio**

Estos análisis tienen la finalidad de obtener una muestra significativa estadísticamente de las distintas composiciones que se encuentran en el

material analizado, entre ellos se tiene al carbono, nitrógeno, azufre, oxígeno, entre otros (López, 2010).

Se pretende conocer detalladamente sus características y composición a través de una serie de procesos. En estos espacios, se utilizan metodologías en donde comprende varias disciplinas, como puede ser el caso de la bioquímica y la fisicoquímica. (Barrena, 2010, p. 53)

Para tener un manejo adecuado de los niveles de nutrientes es necesario un análisis que permita conocer los niveles exactos de la mayoría del macronutrientes a tiempo real (NTSensors, 2015)

### **3.5. Método de análisis de datos**

El método estadístico empleado donde se procesará los datos para obtener los resultados y llegar a la conclusión se le denomina: "SPSS, Versión 25" un programa diseñado para realizar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Además, se utilizó el software Excel para realizar tablas y gráficos de tendencia.

### **3.6. Aspectos éticos**

En la presente investigación se respetó la validez de los resultados, la confiabilidad de los datos obtenidos, así también se aportó información para ayudar a contribuir a la conservación de nuestro medio, a través de información que muestra la obtención de biogás mediante el uso de residuos orgánicos frutales y vegetales. Además, la investigación considera el cumplimiento de la dirección rectoral N° 0313-2017-UCV, así como el cumplimiento del Manual ISO.UCV.2017.

## **IV. RESULTADOS**

Con el propósito de establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, en primer lugar, se evaluó los datos correspondientes a los promedios de los volúmenes de biogás generados cada 3 días. En total 10 datos por cada sustrato utilizado, es decir: 10 datos para el sustrato 1: EP-RV (70-30); 10 datos para el sustrato 2: EP-RV (50-50); 10 datos para el Sustrato 3: EP-RV (30-70); y 10 datos para el Sustrato 4: EP-RV (80-20). Luego de ello se determinó si esas distribuciones de datos poseen normalidad. Cuando son más de 50 casos se debe utilizar la prueba de normalidad de Kolgomorov-Smirnov; y cuando son menos de 50 casos se debe utilizar la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Ya que se tienen 10 datos de análisis para cada distribución se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

En segundo lugar, se determinó si existen diferencias significativas entre las distribuciones de datos analizadas. Para ello se tuvo en cuenta que cuando los datos analizados poseen distribución normal se emplea la prueba, análisis de la varianza, ANOVA, y cuando al menos una de las distribuciones analizadas no posee distribución normal se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis. Habiendo identificado si existen diferencias significativas se utilizó una prueba Post-Hoc. Ello para determinar en cuál distribución de datos analizados existe diferencia significativa en cuanto a generación de volúmenes de biogás y a su vez determinar el mayor rendimiento significativo.

### **Identificación de la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales para la obtención de volúmenes de biogás**

#### **a) Prueba de normalidad**

- **Hipótesis**

Ho: La distribución de los datos de los volúmenes de biogás generados por el sustrato analizado posee normalidad.

H1: La distribución de los datos de los volúmenes de biogás generados por el sustrato analizado no posee normalidad.

- **Nivel de significancia**

$\alpha$ : 0,05

- **Regla de rechazo**

Si Sig. <  $\alpha$ : se rechaza la H0

Si Sig. >  $\alpha$ : no se rechaza la H0

- **Estadístico de prueba**

**Tabla 9:** Prueba de normalidad para cada sustrato analizado

<i>Pruebas de normalidad</i>				
	Sustratos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Volumen de Biogás (mL)	Sustrato 1, EP-RV (70-30)	0,921	10	0,368
	Sustrato 2, EP-RV (50-50)	0,939	10	0,539
	Sustrato 3, EP-RV (30-70)	0,971	10	0,900
	Sustrato 4, EP-RV (80-20)	0,975	10	0,934

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión**

La significancia para cada sustrato analizado en cuanto a sus volúmenes de biogás generados dio como resultado valores mayores a 0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que cada distribución de los datos de los volúmenes de biogás analizados posee normalidad.

- **Conclusión**

Dado que se halló normalidad en cada sustrato analizado en cuanto a sus distribuciones de volúmenes de biogás generados, se debe elegir la prueba análisis de la varianza, ANOVA, para determinar si existen diferencias significativas.

## b) Prueba, análisis de la varianza, ANOVA

- **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias significativas entre los sustratos analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

H1: Existen diferencias significativas entre los sustratos analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

- **Nivel de significancia**

$\alpha$ : 0,05

- **Regla de rechazo**

Si Sig. <  $\alpha$ : se rechaza la H0

Si Sig. >  $\alpha$ : no se rechaza la H0

- **Estadístico de prueba**

**Tabla 10:** ANOVA para cada sustrato analizado

ANOVA					
Volumen de Biogás (mL)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	453288,69 7	3	151096,23 2	15,21 6	0,000
Dentro de grupos	357491,41 0	36	9930,317		
Total	810780,10 6	39			

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión**

La significancia resultante fue 0,000, de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existen diferencias significativas entre los sustratos analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

- **Conclusión**

Puesto que sí existen diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey, para observar en dónde radican las diferencias.

### c) Prueba Post Hoc de Tukey

En la siguiente tabla se puede observar los promedios de los volúmenes de biogás generados por cada sustrato. En cada columna se observan diferencias significativas entre los volúmenes de biogás. El sustrato que tiene mayor rendimiento significativo de biogás generado es el Sustrato 4, EP-RV (80-20), con 416,4090 ml de biogás en promedio.

**Tabla 11:** Prueba de Tukey para los sustratos analizados

Volumen de Biogás (mL)				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Sustratos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Sustrato 2, EP-RV (50-50)	10	154,195 0		
Sustrato 1, EP-RV (70-30)	10	164,056 0	164,056 0	
Sustrato 3, EP-RV (30-70)	10		284,051 0	
Sustrato 4, EP-RV (80-20)	10			416,409 0
Sig.		0,996	0,050	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10,000.				

Fuente: Elaboración propia

### Identificación del pH y temperatura asociados a la mezcla significativamente óptima de gallinaza y residuos vegetales

Para la identificación del pH y la temperatura asociadas a la mezcla significativamente óptima de gallinaza y residuos vegetales, 4, EP-RV (80-20), que influye como sustrato en la obtención eficiente de volúmenes de biogás, se evaluó con los días de medición en que hubo una generación significativamente mayor de biogás. Para ello se repartió en distribuciones de 3 días los 30 días de análisis, hasta generar 10 distribuciones de días. Estas distribuciones fueron analizadas.

### a) Prueba de normalidad

- **Hipótesis**

Ho: La distribución de los volúmenes de biogás generados durante los 3 días analizados posee normalidad.

H1: La distribución de los volúmenes de biogás generados durante los 3 días analizados no posee normalidad.

- **Nivel de significancia**

$\alpha$ : 0,05

- **Regla de rechazo**

Si Sig. <  $\alpha$ : se rechaza la H0

Si Sig. >  $\alpha$ : no se rechaza la H0

- **Estadístico de prueba**

**Tabla 12:** Prueba de normalidad sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás

<i>Pruebas de normalidad</i>				
	Días de tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Volumen de Biogás (mL)	Día 3	0,999	3	0,940
	Día 6	0,890	3	0,354
	Día 9	0,995	3	0,867
	Día 12	0,798	3	0,110
	Día 15	0,969	3	0,661
	Día 18	0,890	3	0,354
	Día 21	0,999	3	0,953
	Día 24	0,998	3	0,925
	Día 27	0,995	3	0,867
	Día 30	0,797	3	0,107

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión**

La significancia para cada distribución de días analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados dio como resultado valores mayores a

0,05, de manera que no se rechaza la hipótesis nula, y se da por sentado que cada distribución analizada posee normalidad.

- **Conclusión**

Dado que se halló normalidad en cada distribución de días analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados se debe elegir la prueba análisis de la varianza, ANOVA, para determinar si existen diferencias significativas.

**b) Prueba, análisis de la varianza, ANOVA**

- **Hipótesis**

Ho: No existen diferencias significativas entre los días analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

H1: Existen diferencias significativas entre los días analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

- **Nivel de significancia**

$\alpha$ : 0,05

- **Regla de rechazo**

Si Sig. <  $\alpha$ : se rechaza la H0

Si Sig. >  $\alpha$ : no se rechaza la H0

- **Estadístico de prueba**

**Tabla 13:** Prueba de ANOVA sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás

ANOVA					
Volumen de Biogás (mL)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	310836,035	9	34537,337	88,204	0,000
Dentro de grupos	7831,265	20	391,563		
Total	318667,300	29			

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión**

La significancia resultante fue 0,000, de manera que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que existen diferencias significativas entre los días analizados en cuanto a sus volúmenes de biogás generados.

- **Conclusión**

Puesto que existen diferencias significativas entre los días analizados se utilizó la prueba de Tukey, para observar en dónde radican las diferencias.

**c) Prueba Post Hoc de Tukey**

En la siguiente tabla se puede observar los promedios de los volúmenes de biogás generados por cada 3 días para el sustrato que tiene mayor rendimiento significativo, sustrato 4, EP-RV (80-20). En cada columna se observan diferencias significativas entre los volúmenes de biogás. Los días en que hubo mayor rendimiento significativo de generación de volúmenes de biogás fueron los 3 primeros días, con 610,333 ml.

**Tabla 14:** Prueba De Tukey sobre los días analizados de producción de volúmenes de biogás

<i>Volumen de Biogás (mL)</i>							
HSD Tukey <sup>a</sup>							
Días de tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
Día 30	3	234,3 83					
Día 27	3	288,9 00					
Día 24	3		363,3 67				
Día 21	3		395,9 00	395,9 00			
Día 18	3		420,3 67	420,3 67	420,3 67		
Día 15	3			435,4 00	435,4 00		
Día 12	3			436,1 67	436,1 67		

Día 9	3				458,9 00		
Día 6	3					520,3 67	
Día 3	3						610,3 33
Sig.		0,070	0,051	0,329	0,383	1,000	1,000
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.							
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.							

Fuente: Elaboración propia

#### d) Determinación de la temperatura y pH asociados a la mezcla significativamente óptima

Habiendo identificado la mezcla significativamente óptima y los días en que hubo mayor rendimiento significativo de generación de biogás, se asoció a ello sus respectivas medidas temperatura y de pH. El sustrato significativamente óptimo, EP-RV (80-20), tuvo una temperatura promedio de 25,10 °C, y un pH promedio de 6,67 en los tres primeros días de análisis, determinándose como los más influyentes para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.

**Tabla 15:** Tabla de la temperatura y pH asociados a la mezcla significativamente óptima de producción de volúmenes de biogás

Días donde hubo mayor generación significativa de volúmenes de biogás empleando el sustrato	Volumen de biogás generado (ml)	Temperatura en °C	pH
Día 1	585,2	24,8	6,7
Día 2	636,4	25,2	6,7
Día 3	609,4	25,3	6,6
Promedio	610,33	25,10	6,67

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019. Ello para reciclar los residuos orgánicos que son desechados a la unidad recolectora de desechos. Con esto insumos se consiguió evaluar el proceso de biodigestión y establecer las condiciones adecuadas de gallinaza y residuos vegetales para la obtención de volúmenes de biogás.

El objetivo 1 de la presente investigación fue determinar la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. Ello ayudó a determinar que el sustrato significativamente óptimo, EP-RV (80-20). Este resultado difiere de la tesis de Neelam y Abid (2019, pg. 331) quienes realizaron su investigación “Effect of substrate ratio on biogas yield for anaerobic co-digestion of fruit vegetable waste & sugarcane bagasse” (Efecto de la relación de sustrato en el rendimiento de biogás para la digestión anaerobia de residuos de vegetales y bagazo de caña de azúcar). Esta tesis tuvo como conclusión que la relación sustrato 30:70 obtuvo un rendimiento máximo de 2600ml/día indicando que esta proporción de mezcla es la más adecuada para lograr la máxima producción de biogás.

Por otro lado, el proceso empleado en la presente tesis difiere en los insumos utilizados con Navarro (2016), quien en su trabajo de investigación “Obtención de biogás a partir de residuos agrícolas y de producción de biodiesel” estudió la producción y la calidad de biogás a partir de residuos de plátano, tomate, pulpa de jatropha curcas y glicerina. Realizando experimentos de fermentación anaeróbica en un et de biodigestores formando por ocho unidades. En la presente tesis se tuvo los sustratos con las siguientes mezclas: EP-RV (70-30); EP-RV (50-50); EP-RV (30-70); EP-RV (80-20), siendo EP, estiércol de pollo y RV, residuos vegetales. En la tesis de Navarro (2016) se analizó 4 mezclas, entre ellas 60 plátano- 40% tomate, 60% plátano – 20% tomate – 20% glicerina, 60% plátano – 40% Jatropha, 60% plátano -20% jatropha.

El objetivo 2 de la presente tesis de la presente tesis fue identificar el pH y la temperatura asociados a la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. El sustrato significativamente óptimo, EP-RV (80-20), fue en los primeros 3 días y tuvo una temperatura promedio de 25,10 °C, y un pH promedio de 6,67 en los tres primeros días de análisis, determinándose como los más influyentes para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. Este resultado difiere de González, Pérez, Wong, Bello y Yanez (2015) quienes realizaron la investigación “Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia” Después de 63 días de tratamiento se observó el residuo de plátano obtuvo la mayor producción de metano, 63,89ml. Por otro lado, Arce (2011) en su trabajo de investigación “Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral” identificó que la fermentación anaerobia con 20kg de estiércol de vaca y 10 kg de vaca, realizándose a una temperatura máxima de 27 grados por lo que el tiempo de retención de la biomasa fue en 30 días, produciendo así 60 PSI de presión en cada uno de los prototipos. La temperatura mínima fue de 25 grados Celsius y la máxima fue de 26.3 grados Celsius.

## VI. CONCLUSIONES

Como resultado de este trabajo realizado y de acuerdo a los objetivos propuestos en relación a la aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato para la producción de biogás, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Se estableció las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019. Ello mediante el análisis de diversas bibliografías sobre el tema y habiendo experimentado sobre los residuos orgánicos que se usó en la producción de biogás. Los estudios se llevaron a cabo en cuatro reactores de lotes diferentes los cuales son: R1, R2, R3 y R4 alimentados con sustratos mixtos: R1, EP-RV (70-30); R2, EP-RV (50-50); R3, EP-RV (30-70); R4, EP-RV (80-20). Ello permitió promediar los resultados y analizarlos estadísticamente. Gracias a ello se logró dar con las condiciones óptimas para la producción de volúmenes de biogás a manera también de contribuir con la solución a la problemática de los residuos sólidos en el distrito de Santa Anita.

Se llegó a determinar la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. Habiendo promediado los datos de todos los días de análisis del rendimiento de volúmenes de biogás para cada sustrato, se analizó los datos, en primer lugar, mediante la prueba de normalidad para verificar si los datos analizados pertenecen a distribuciones normales o paramétricas. A partir de ello se utilizó el Análisis de la Varianza, ANOVA, y luego la prueba de Tukey para determinar el sustrato que tiene mayor rendimiento significativo de biogás generado. Este fue el Sustrato 4, EP-RV (80-20), con 416,4090 ml de biogás en promedio.

Se identificó el pH y la temperatura asociadas a la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás. Para ello se analizó cada 3 días de medición para determinar en cuáles días hubo mayor cantidad de producción de volúmenes de biogás. Esto mediante la prueba de normalidad, la prueba de Anova y la prueba

de Tukey. Luego se determinó que los días de mayor producción fueron los 3 primeros días, a partir de ello el sustrato significativamente óptimo, EP-RV (80-20), se asoció con la temperatura promedio de esos días, 25,10 °C, y el pH promedio de esos días 6,67, determinándose como los más influyentes para la obtención eficiente de

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar los equipos e instrumentos necesarios para realizar análisis de contenidos en carbono y nitrógeno de las mezclas de residuos para asegurar una relación óptima de 30:1, así como las concentraciones de macronutrientes y micronutrientes que garanticen la actividad adecuada de las poblaciones microbianas.

Se debe añadir a la mezcla de estudio, lodos activados, purines o de igual calidad, para que así activen la mezcla, obteniendo un biogás abundante en metano para ser utilizado desde el punto de vista energético.

Se recomienda implementar nuevas mezclas en relación con el sustrato que mayor biogás produjo, en este caso la proporción 80% residuos vegetales – 20% gallinaza. Siendo estos, variaciones en el porcentaje de gallinaza como 25, 15 o 10%.

Se debe realizar el estudio en épocas cálidas como en verano, para que la temperatura ambiente sea beneficiosa al momento de la digestión anaerobia. Así pues, al incrementar la temperatura de los biodigestores, las bacterias que forman metano tendrán un crecimiento óptimo.

## REFERENCIAS

1. AINIA. Valorización energética: producción de biogás mediante co-digestión anaerobia de residuos/subproductos orgánicos agroindustriales [en línea]. Febrero 2011. [Fecha de consulta: 23 de Septiembre de 2018]. Disponible en: [http://www.coitavc.org/cms/site\\_0001/comunicados/AINIA](http://www.coitavc.org/cms/site_0001/comunicados/AINIA)
2. ARCIA Lacayo, Ramiro. Estudio técnico-económico de la producción de biogás a partir de biomasa de cerdos en la “quinta campo amor” ubicada en la ciudad de la paz centro, departamento de león. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de electrotecnia y computación, 2014. 157 pp.
3. BARRACHINA, Javier. Características y valorización de los residuos de origen urbano. Titulación (Licenciado en ciencias ambientales). España: Escuela Politécnica Superior de Orihuela, 2015. 112 pp.
4. BARRERA, Arroyo. Metodología aplicada en el análisis de recursos de biomasa leñosa y de residuos para uso combustible [en línea]. España, 2010. 90 pp.  
Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1708s/i1708s07.pdf>
5. BAUTISTA Buhigas, Alejandro. Sistema biodigestor para el tratamiento de desechos orgánicos (Estelí, Nicaragua). Tesis (Proyecto fin de carrera). Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior, departamento de ciencias de materiales e ingeniería química, 2010. 67 pp.
6. BORRUEL Cabrera, Ramón. Análisis de la valorización de residuos ganaderos para a producción de biogás. Ingeniería conceptual de una planta para 750 cabezas de ganado. Trabajo fin de grado (Grado en ingeniería química). Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla, departamento de ingeniería química y ambiental, 2017. 54 pp.

7. BLANCO, Gabriel, SANTALLA, Estela, CORDOBA, Verónica y LEVY, Alberto. Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos: un análisis teórico-práctico. Buenos Aires: Centro de tecnologías Ambientales y Energía, 2017. 52 pp.
8. BERRELLEZA, Lorena, ARMENDARIZ, Francisco, MONGE, Onofre, CERTUCHA, María y PEREZ, Sergio. Generación de biogás a partir de residuos orgánicos del comedor de la universidad de sonora. Epistemus [en línea].  
Marzo-mayo 2016. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2018].  
Disponible en <http://www.epistemus.uson.mx/revistas/articulos/20-1Biogas.pdf>  
ISSN: 2007 – 8196
9. BORFITZ, Valeria. Laboratorio de química legal y tecnológica 2010 [en línea]. UNNE. 4 de mayo del 2010. [fecha de consulta: 25 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
[http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/ab1/cml.pdf?fbclid=IwAR3kYa8F5251sB8E9UBGzh9bC\\_5Abvcx0FIYAAlgicAB\\_3rGIFbkP7tYPWQ](http://ing.unne.edu.ar/pub/quimica/ab1/cml.pdf?fbclid=IwAR3kYa8F5251sB8E9UBGzh9bC_5Abvcx0FIYAAlgicAB_3rGIFbkP7tYPWQ)
10. BORRUEL Cabrera, Ramón. Análisis de la valorización de residuos ganaderos para la producción de biogás. Ingeniería conceptual de una planta para 750 cabezas de ganado. Sevilla: Departamento química y ambiental, 2017, pp. 44
11. CADAVID, Luz y BOLAÑOS, Ingrid. Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana.  
Revista energética, (46): 23-28, 2015.  
ISSN: 0120 – 9833

12. COLOS Arango, Alicia. Relación entre el potencial bioquímico de metano y la actividad enzimática medida con la técnica de Miller en inóculos anaerobios de purín de vacuno. Tesis (Trabajo fin de máster). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, máster en producción animal, 2015. 53 pp.
13. CARDENAS, José, QUIPUZCO, Lawrence y MEZA, Víctor. Calidad de biogás y biol obtenidos a partir de residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica de bocashi. Revista del instituto de investigación, (32): 7-12, 2013.
14. COLOS Arango, Alicia. Relación entre el potencial bioquímico de metano y la actividad enzimática medida con la técnica miller en inóculos anaerobios de purín de vacuno, Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2015. 53 pp.
15. COMISION Europea. Valorización energética de residuos ganaderos por digestión anaerobia, España: Comisión Europea, 2013. 37 pp.
16. CORTEZ, Ruben. Cromatografía de gases (Gas Chromatography) [en línea] 2010 [fecha de consulta: 27 de noviembre del 2019]  
Disponibile en:  
[http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jrvc/QA\\_II/Cromatografia\\_de\\_Gases.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/jrvc/QA_II/Cromatografia_de_Gases.pdf)
17. CUESTA, Jorge. Obtención de biogás a partir de residuos sólidos urbanos para su inyección a red. Tesis (Trabajo fin de grado). Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, departamento de ingeniería térmica y fluidos, 2015. 136 pp.
18. Decreto Legislativo n° 1278. Diario oficial el Peruano, Lima, Perú, 24 de abril de 2017.

Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4/>

19. GARCIA, José. Valorización energética de la biomasa: Aplicación en industrias del sector agroalimentario. Dialnet [en línea]. 2008, n° 5. [Fecha de consulta: 02 de Octubre del 2018].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2718826>  
ISSN: 1885-5237

20. GODOY Zuñiga, María. La producción de biogás por degradación de abono orgánico como alternativa de energía en Ecuador. Ecuador: Universidad de especialidad espíritu santo, 2018, pp. 145

21. GOMEZ Álvarez, Miguel. Determinación del potencial bioquímico de metano y del potencial de suministro eléctrico neto de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de mercados de abasto del distrito de Arequipa. Tesis (Título profesional de ingeniero industrial). Arequipa: Universidad Católica San Pablo, escuela profesional de ingeniería industrial, 2017. 144 pp.

22. GOMIS Yagues, Vicente. Cromatografía de gases [en línea]. España: Universidad de Alicante: Departamento de Ingeniería Química, 2008 [fecha de consulta: 27 de noviembre de 2018].

Disponible en:  
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8247/4/T3gascromat.pdf>

23. GONZALES, Antonio. Balanza analítica, centro de enseñanza técnica industrial [en línea]. Noviembre 2014. [fecha de consulta: 20 de noviembre del 2018]. Disponible en:

[https://ceti-quimica2.files.wordpress.com/2014/03/exp1\\_profesor\\_calibracion\\_equipos\\_8c2\\_tqi\\_ceti.pdf?fbclid=IwAR1dHVrTCDHddf\\_n\\_GiNg9ZWcqzoA75G4JqYeJPQ-vKiaFp1SLzV\\_qIKCuGA](https://ceti-quimica2.files.wordpress.com/2014/03/exp1_profesor_calibracion_equipos_8c2_tqi_ceti.pdf?fbclid=IwAR1dHVrTCDHddf_n_GiNg9ZWcqzoA75G4JqYeJPQ-vKiaFp1SLzV_qIKCuGA)

24. GONZALES Cabrera, Ana. Estudio técnico-económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia. Trabajo fin de máster (Ingeniería Ambiental). Sevilla: Universidad de Sevilla, departamento de ingeniería química y ambiental, 2014. 99 pp.
25. GONZALES, Tito. Introducción a las balanzas analíticas mecánicas [en línea]. UNET. 22 de mayo del 2015. [fecha de consulta: 25 de noviembre del 2018]. Disponible en: [https://zulaco64.updog.co/Material\\_Complementario/Inst-Peso\\_Tito\\_Gonzalez\\_Introduccion\\_Balanza\\_Analitica\\_2015\\_05\\_22.pdf?fbclid=IwAR0hFEE7wbji\\_ShCWluRX99zAknNsrhBZU6s1WCEUZ5wQiE8f6jMY2VVhwY](https://zulaco64.updog.co/Material_Complementario/Inst-Peso_Tito_Gonzalez_Introduccion_Balanza_Analitica_2015_05_22.pdf?fbclid=IwAR0hFEE7wbji_ShCWluRX99zAknNsrhBZU6s1WCEUZ5wQiE8f6jMY2VVhwY)
26. GONZALEZ, María, PEREZ, Sergio, WONG, Arnoldo, BELLO, Ricardo y YAÑEZ, Gustavo. Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la gestión anaerobia. Revista Argentina de microbiología [en línea]. Setiembre 2015, n. °3. [Fecha de consulta: 25 de noviembre del 2018]. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412015000300010&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412015000300010&script=sci_arttext&tlng=pt)  
ISSN: 0325 – 7541
27. Guía de maestros: midamos el volumen [en línea]. Guía de maestros. 13 de abril del 2015. [fecha de consulta: 26 de noviembre del 2018]. Disponible en: [http://alacima.uprrp.edu/alfa/materiales%20curriculares/Ciencia\\_k3/Midamoselvolumen.pdf?fbclid=IwAR3E8HXx5b3386K0ijBwmCLuZT1puqOPQg2KVjtQH8YDpSrLeuUbHvo8I](http://alacima.uprrp.edu/alfa/materiales%20curriculares/Ciencia_k3/Midamoselvolumen.pdf?fbclid=IwAR3E8HXx5b3386K0ijBwmCLuZT1puqOPQg2KVjtQH8YDpSrLeuUbHvo8I)
28. HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, BAPTISTA. “metodología de la investigación” 2010. 5ta edición, México  
ISBN: 978-607-15-0291-9

29. ILARRI, Javier. Alternativas de valorización y eliminación de residuos sólidos urbanos [en línea]. España: 2010  
ISBN: 978-84-942396-1-8
30. Ivan Felipe Silva dos Santos, Nathalia Duarte Braz Vieira, Luís Guilherme Bruni de Nóbrega, Regina Mambeli Barros, Geraldo Lúcio Tiago Filho. Assessment of potential biogás production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement, Resources, Conservation and Recycling. Volumen 131, 2018, Pages 54-63, ISSN 0921-3449  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.012>.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917304433>)
31. Le Zhang, Kai-Chee Loh, Jingxin Zhang, Enhanced biogas production from anaerobic digestion of solid organic wastes: Current status and prospects, Bioresource Technology Reports, Volumen 5, 2019, Pages 280-296, ISSN 2589-014X  
<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.07.005>.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X18300689>
32. LÓPEZ Mendiburu, Fredi. Biomasa: Qué es la biomasa [en línea]. Julio de 2010 [fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018].  
Disponibile en: <http://www.economiadelaenergia.com/2010/11/biomasa-que-es-la-biomasa/>
33. MARTINEZ, Carlos, MATHIEU, Hans y MARAÑÓN, Elena. Estudio de algunas propiedades físico-mecánicas y químicas de residuos orgánicos a utilizar en la producción de biogás en Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea].  
Abril – junio 2014, n. °2. [Fecha de consulta: 10 de octubre del 2018].  
Disponibile en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000200011&script=sci\\_arttext&tIng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000200011&script=sci_arttext&tIng=en)  
ISSN: 2071 – 0054

34. MOHAMAD, Mustafa, Rajnish K. Calay, E. Román. Biogas from Organic Waste - A Case Study, *Procedia Engineering*, Volumen 146, 2016, Pages 310-317, ISSN 1877-7058.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.397>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816308529>)
35. MORALES, Ingrid. Calificación de balanza semi-analítica marca Denver modelo xs-2100 de laboratorio de investigación de productos naturales como contribución al cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 17025/2005 para laboratorios de ensayo y calibración [en línea]. Noviembre del 2013. [fecha de consulta: 29 de noviembre del 2018]. Disponible en:  
[http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3526.pdf?fbclid=IwAR3nA76swonfPCXltTh-ZMzT vzQ-jTkPE6SrXymyqSRT-9oLOQS9vORvod4](http://www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3526.pdf?fbclid=IwAR3nA76swonfPCXltTh-ZMzT vzQ-jTkPE6SrXymyqSRT-9oLOQS9vORvod4)
36. Mohamad Y. Mustafa, Rajnish K. Calay, E. Román. Biogas from Organic Waste - A Case Study, *Procedia Engineering*, Volumen 146, 2016, Pages 310-317, ISSN 1877-7058.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.397>  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816308529>
37. MUÑOZ, María. Generalidades de laboratorio [en línea]. Departamento de bioquímica. 19 de septiembre del 2014. [fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en: <https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/01%20GENERALIDADES%20LABORATORIO.pdf?fbclid=IwAR1nNuPpW6Olbb2bcFGfC9aUWf14L2i6RWRvP8uFpieo78BUjzkYyMhMIW8>
38. MUSEO Nacional de Ciencias Naturales. Cromatografía de gases [en línea] España: Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2016 [fecha de consulta: 27 de noviembre del 2019]

- Disponible en  
[http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es\\_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia\\_de\\_gases.pdf](http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_de_gases.pdf)
39. NAVARRO Soto, Rafael. Obtención de biogás a partir de residuos agrícolas y producción de biodiésel. Tesis (ingeniero en Química Industrial). España: Universidad de la Laguna, 2016. 146 pp.
- Disponible en  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/2927/OBTENCION%20DE%20BIOGAS%20A%20PARTIR%20DE%20RESIDUOS%20AGRICOLAS%20Y%20DE%20PRODUCCION%20DE%20BIODIESEL.pdf?sequence=1>
40. Neelam Vats, Abid Ali Khan, Kafeel Ahmad, Effect of substrate ratio on biogas yield for anaerobic co-digestion of fruit vegetable waste & sugarcane bagasse, Environmental Technology & Innovation. volumen 13, 2019, Pages 331-339, ISSN 2352-1864.  
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.01.003>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186418304796>)
41. NTSSENSORS. Análisis de nutrientes [en línea] Julio 2015. [fecha de consulta: 27 de noviembre de 2018].  
Disponible en: <http://www.ntsensors.com/pdf/Folletos/IMA%20CIMUS.pdf>
42. OEFA. Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Perú, 2014. 192pp.
43. PALA Reyes, Henry. Estudio de potencial energético a partir de los residuos sólidos en algunos distritos del cono norte de lima metropolitana. Tesis (Título profesional de ingeniero mecánico de fluidos). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, facultad de ciencias físicas, 2006. 261 pp.

44. RAMOS Marín, Sara. Biodegradabilidad anaerobia de fracción orgánica de residuos orgánicos pretratado mediante esterilización. Titulación (Grado en ingeniería de la mina). Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energías, departamento de energía y combustibles, 2015. 131 pp.
45. RODRIGO, Miguel, CENTENO, Manuel, MURUAIS, José, MAILLO, Alfonso, RAMIREZ, Jesús, VALLINA, Dimas y TOLOSA, Eduardo. Guía de valorización energética de residuos. Energy management agency. Madrid: 2010. Pp. 11-49.
46. RODRIGUEZ, D.P. Rodrigues, A. Klepacz-Smolka, R.C. Martins, M.J. Quina, Comparative analysis of methods and models for predicting biochemical methane potential of various organic substrates, Science of The Total Environment. Volumen 649, 2019, Pages 1599-1608, ISSN 0048-9697.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.270>.  
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971833242X>)
47. SANCHEZ, Claudia, PATIÑO, María, ALCANTARA, José, REYES, Yasmi, PEREZ, María y ORTIZ, Esiquio. Determinación del potencial bioquímico de metano (PBM) de residuos de frutas y verduras de hogares. Revista internacional de contaminación ambiental [en línea].  
Junio-octubre 2015, ° 2. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2018].  
Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37045328005>  
ISSN: 0188 – 4999
48. SILVA Dos Santos, Nathalia Duarte Braz Vieira, Luís Guilherme Bruni de Nóbrega, Regina Mambeli Barros, Geraldo Lúcio Tiago Filho. Assessment of potential biogás production from multiple organic wastes in Brazil: Impact on energy generation, use, and emissions abatement, Resources, Conservation and Recycling. Volumen 131, 2018, Pages 54-63, ISSN 0921-3449,  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.012>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917304433>)

49. SUAREZ Mira, Oscar. Manual para el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la plaza minorista José María Villa del Municipio de Medellín [en línea], Medellín: Área metropolitana del Valle y Corantioquía, 2000 [fecha de consulta: 9 de noviembre de 2018].

Disponible en:  
[http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/GESTI%C3%93N%20AMBIENTAL/GA\\_CN\\_1904\\_1999.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/GESTI%C3%93N%20AMBIENTAL/GA_CN_1904_1999.pdf)

50. SOWUNMI, Akinleye, MAMONE, Richard, BASTIDAS, Juan y EJBYE, Jens. Biogas potential for electricity generation in the emirate of abu dhabi [en línea]. August 2015 [fecha de consulta: 13 de octubre de 2018].

[https://www.researchgate.net/publication/281833591\\_Biogas\\_potential\\_for\\_electricity\\_generation\\_in\\_the\\_Emirate\\_of\\_Abu\\_Dhabi/download](https://www.researchgate.net/publication/281833591_Biogas_potential_for_electricity_generation_in_the_Emirate_of_Abu_Dhabi/download)  
ISSN 2190-6815

51. Valoración energética como forma de aprovechamiento de los biorresiduos [en línea]. Madrid: Consultores Empresariales Reunidos de Madrid, S.A. [Fecha de consulta: 29 de Septiembre del 2018.]

Disponible en: <https://www.cerem.pe/blog/valorizacion-energetica-como-forma-de-aprovechamiento-de-los-biorresiduos>

52. VARNERO Moreno, María. Manual del biogás [en línea]. Chile: Ministerio de Energía de Chile, 2011 [fecha de consulta: 03 de octubre]

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

## ANEXOS

**Anexo 1: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V.1.	Mezcla 1:	Sólidos Totales	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
¿Cuáles son las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019?	Establecer las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019.	Las condiciones óptimas de gallinaza y residuos vegetales influyen significativamente como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás del mercado 1ro de Mayo, Santa Anita, 2019.	Aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato	Mezcla 1: Gallinaza (70%), Residuos vegetales (30%)	Sólidos Volátiles	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
					pH	pH	PH metro
					temperatura	Celsius °C	Termómetro de laboratorio
					Sólidos Totales	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
				Mezcla 2: Gallinaza (50%), Residuos vegetales (50%)	Sólidos Volátiles	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
					pH	pH	PH metro
					temperatura	Celsius °C	Termómetro de laboratorio
					Sólidos Totales	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		Mezcla 3:	Sólidos Totales	Gramos (g)	Análisis de laboratorio

<p>- ¿Cuál es la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volumen de biogás?</p> <p>- ¿Cuál es el PH y la temperatura de la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás?</p>	<p>- Determinar la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influye como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.</p> <p>- Identificar el pH y la temperatura asociadas a la mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales que influyen como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.</p>	<p>- La mezcla óptima de gallinaza y residuos vegetales influye significativamente como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.</p> <p>- El pH y la temperatura están asociados a la mezcla de gallinaza y residuos vegetales que influye significativamente como sustrato para la obtención eficiente de volúmenes de biogás.</p>		Gallinaza (30%), Residuos vegetales (70%)	Sólidos Volátiles	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
				pH	pH	PH metro	
				temperatura	Celsius °C	Termómetro de laboratorio	
				Mezcla 4: Gallinaza (80%), Residuos vegetales (20%)	Sólidos Totales	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
					Sólidos Volátiles	Gramos (g)	Análisis de laboratorio
					pH	pH	PH metro
			V 2. Producción de biogás	Fisicoquímico	pH	pH	PH metro
					Temperatura	Celsius °C	Termómetro de laboratorio
				Volumen de Biogás	Volumen	Litros (L)	probeta
					Días	Día (d)	calendario

## Anexo 2: Operatividad de los instrumentos

### Operatividad del phmetro



# PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10010 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**  
LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDOR**  
CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **revision , mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
PH	HANNA	HANNA	NO INIDICA	14 PH	LABORATORIO

#### CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipo  
Limpieza interna de los componentes  
Resoldado de puntos criticos en los componentes internos  
Limpieza de partes moviles  
Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



#### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION CON LOS VALORES DE BUFFER DENTRO DE LOS PUNTOS LINEALES  
DE MEDICION DE POTENCIAL DE HIDROGENO

  
Ing Christian Condori Velasquez  
Tef 983466251 \*  
Asesor Comercial  
[www.presitecsac.com](http://www.presitecsac.com)

# Operatividad del Conductímetro



## PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10014 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**  
LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDOR**  
CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **revisión , mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
CONDUCTIMETRO	BASIC	D7012292	NO INIDICA	147	LABORATORIO

### CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipo  
Limpieza interna de los componentes  
Resoldado de puntos criticos en los componentes internos  
Limpieza de partes moviles  
Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION CON LOS VALORES DE BUFFER DENTRO DE LOS PUNTOS LINEALES  
DE MEDICION DE POTENCIAL DE HIDROGENO



Ing Christian Condor Velasquez  
Tef 981 466251 \*

[Asesor Comercial](#)

[www.presitecsac.com](http://www.presitecsac.com)

## Operatividad de la balanza analítica



# PRESITEC SAC

INFORME TECNICO : N° 10028 - 2017

EMPRESA : **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.** FECHA : **10-oct 2017**  
LOCAL : **Av. Del parque n 640 Urb canto grande S.J.L. lima** TECNICO : **CHRISTIAN CONDOR**  
CONTACTO : **Ing LORGIO GILBERTO VALDIVIEZO GONZALES** REFERENCIA : **revisión , mantenimiento**

EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO	ALCANCE	AREA DESIGNADA
BALANZA ANALITICA	AES 200	658745	NO INIDICA	200G	LABORATORIO

### CARACTERISTICAS DEL SERVICIO

Desarmado de los equipo  
Limpieza interna de los componentes  
Resoldado de puntos criticos en los componentes internos  
Limpieza de partes moviles  
Proteccion de tarjetas electronicas con silicona IP 68  
Prueba de funcionamiento y rendimiento del equipo  
Prueba de alcance de eficiencia del equipo  
Puesta en marcha de equipo Operativo y protegido



### DIAGNOSTICO

SE DEJA OPERATIVO EL EQUIPO DENTRO DE TODO EL RANGO  
DE MEDICION CON LOS VALORES CORRECTOS  
EQUIPO OPERATIVO



Ing Christian Condor Delasquez

Tef 983466251

Asesor Comercial

[www.presitecsac.com](http://www.presitecsac.com)

# INFORME DE ENSAYO N° 05-04072019-1

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV  
Análisis Físico -Químico

Tesis "Aplicación de gallinaza y residuos vegetales como sustrato para la producción de biogás del mercado 1ro de mayo, Santa Anita, 2019"

Tesista : Joel Anderson Fuentes Chambi y Jairo Kevin Vicente Albornoz

Tipo de muestra : digestión anaerobia, sustratos

Descripción de la muestra : Determinar la cantidad de ST, SF, SV, T, PH. Ce (Iodos)

Muestra tomada por : Joel Anderson Fuentes Chambi

Fecha de ingreso de muestra : 18 de junio del 2019

Lugar que se realizó el ensayo : Laboratorio de biotecnología -UCV Lima Este

Fecha de realización de ensayos : 15 a 18 de junio 2019

Muestra proporcionada por el estudiante

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			M1	M2	M3	M4
PH	Numérico	ISO 10390:1994	6.77	5.35	5.89	4.86
Temperatura	°C	ISO 11265:1994	25.4	25.9	24.4	25.8
Conductividad eléctrica	dS/m	ISO 11265:1994	9.74	15.49	5.33	7.03
Solidos Totales (ST)	mg/L	ISO 11465:1993	0.0708	0.0738	0.1494	0.0316
Solidos Fijos (SF)	mg/L	APHA AWWA/WPCF (1998)	0.0174	0.0176	0.0466	0.0058
Solidos volátiles (SV)	mg/L	APHA AWWA/WPCF (1998)	0.0534	0.0562	0.1028	0.0258

\*.Los resultados obtenidos son válidos solo para uso de investigación -académico



Daniel Neciosup Gonzales  
Jefatura de laboratorios

V°B° Mg. Fernando Sernaque A  
Coordinador de Investigación



V°B° Dr. Eduardo Espinoza Parán  
Director

### Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

#### Ficha técnica para el recojo de los parámetros del inóculo

Fuente: Elaboración propia

Día		Parámetros Fisicoquímicos				
		Sólidos Totales	Sólidos Fijos	Sólidos volátiles	pH	Conductividad eléctrica
Inóculo con excremento de pollo	0					
	7					
	14					
	21					
	28					

#### Ficha técnica para el recojo de datos de los parámetros preliminares del sustrato de plumas de pollo con cáscara de tuna

Sustrato	Parámetros preliminares			
	Sólidos Totales	Sólidos Fijos	Sólidos volátiles	pH
Sustrato 1				
Sustrato 2				
Sustrato 3				
Sustrato 4				

Fuente: Elaboración propia

#### Ficha técnica para el recojo de datos del volumen de biogás

Producción de biogás				
Día	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Fuente: Elaboración propia

### Temperatura del biodigestor y ambiente

Producción de biogás					
Día	Temperatura Ambiente	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3	Biodigestor 4
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

Fuente: Elaboración propia

### Control del pH

Producción de biogás				
Día	Biodigestor 1	Biodigestor 2	Biodigestor 3	Biodigestor 4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Fuente: Elaboración propia

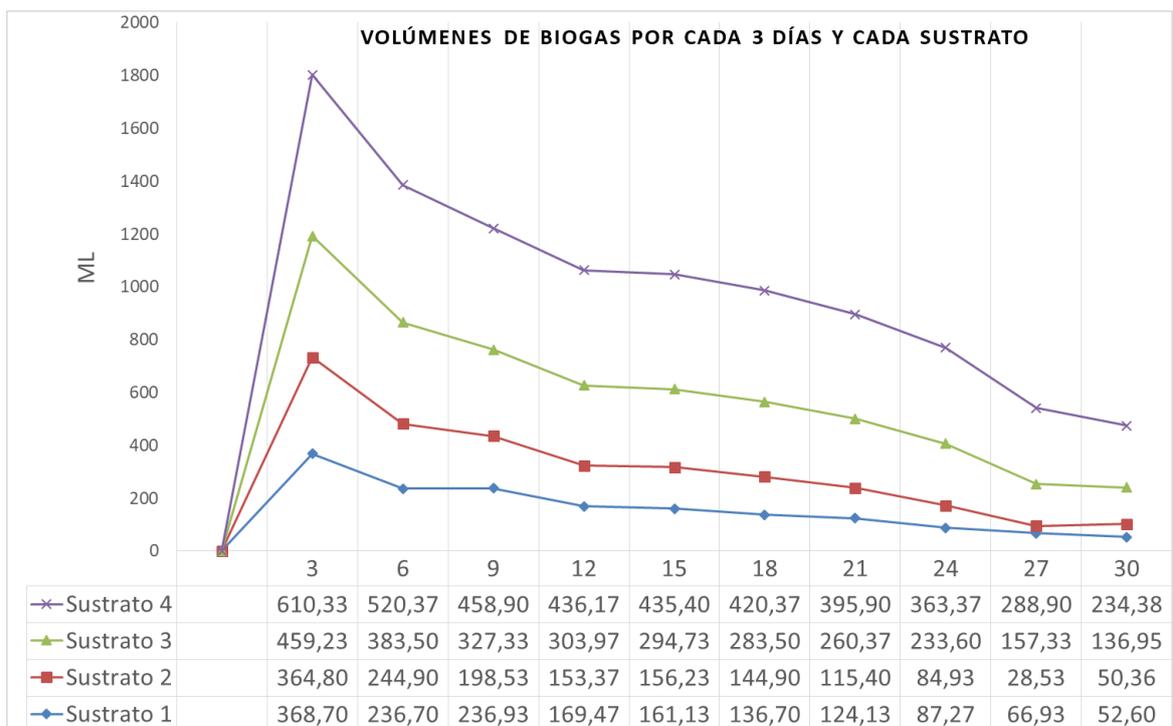
## Anexo 4: Datos promediados por cada 3 días de mediciones

### Producción de volúmenes de biogás por cada 3 días promediados

Producción de biogás				
Día	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
3	368,70	364,80	459,23	610,33
6	236,70	244,90	383,50	520,37
9	236,93	198,53	327,33	458,90
12	169,47	153,37	303,97	436,17
15	161,13	156,23	294,73	435,40
18	136,70	144,90	283,50	420,37
21	124,13	115,40	260,37	395,90
24	87,27	84,93	233,60	363,37
27	66,93	28,53	157,33	288,90
30	52,60	50,36	136,95	234,38

Fuente: Elaboración propia

### Gráfico de las tendencias de volúmenes de biogás por cada 3 días promediados y por cada sustrato analizado



Fuente: Elaboración propia

**Temperatura de cada sustrato para la producción de volúmenes de biogás por cada 3 días promediados**

<b>Temperatura del biodigestor (promedios)</b>					
<b>Día</b>	<b>Temperatura Ambiente</b>	<b>Sustrato 1</b>	<b>Sustrato 2</b>	<b>Sustrato 3</b>	<b>Sustrato 4</b>
2,00	19,00	24,77	24,80	24,77	25,10
5,00	18,33	24,87	24,80	24,97	25,37
8,00	17,33	25,83	25,23	24,97	25,40
11,00	19,00	26,57	25,63	25,73	26,33
14,00	18,00	27,27	26,50	26,37	26,83
17,00	18,00	27,77	26,93	27,13	27,13
20,00	18,00	28,20	27,03	27,27	26,47
23,00	19,00	28,00	27,30	27,47	27,73
26,00	18,00	28,27	27,90	27,20	27,73
29,00	18,00	28,63	28,37	27,60	27,40

Fuente: Elaboración propia

**PH de cada sustrato para la producción de volúmenes de biogás por cada 3 días promediados**

<b>PH del sustrato</b>				
<b>Día</b>	<b>Sustrato 1</b>	<b>Sustrato 2</b>	<b>Sustrato 3</b>	<b>Sustrato 4</b>
2,00	6,53	6,50	6,60	6,67
5,00	6,50	6,63	6,47	6,77
8,00	6,53	6,50	6,50	6,70
11,00	6,53	6,43	6,40	6,73
14,00	6,40	6,57	6,67	6,93
17,00	6,53	6,47	6,60	7,03
20,00	6,50	6,50	6,50	6,93
23,00	6,53	6,40	6,43	6,97
26,00	6,43	6,50	6,57	6,80
29,00	6,50	6,53	6,50	6,90

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5: Evidencias fotográficas

Colocando el crisol con la muestra en la estufa a 105 °C durante 24 h.



Medición de la conductividad eléctrica de 50 ml de muestra de la combinación en gallinaza y residuos vegetales



### Biodigestores modelo batch tipo discontinuo



En la imagen mostrada se observa el inoculo que contiene levadura combinado con agua destilada



Termómetro dentro del matraz para medir la temperatura del sustrato



Armado del biodigestor



Conexiones para la conducción del biogás.



Medición de temperatura del sustrato



### Medición de volumen de biogás



Biodigestor en producción de biogás, medición todos los días por un tiempo de 30 días (día y noche)



### **Declaración de autenticidad**

Yo JOEL ANDERSON FUENTES CHAMBI con DNI N° 74590144, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



---

JOEL ANDERSON FUENTES CHAMBI  
DNI: 74590144

Lima, 17 de julio del 2019