



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**EFFECTO DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN VOLUMEN Y
PRESIÓN DE BIOGÁS GENERADOS EN UN BIODIGESTOR CON
EXCRETAS DE CUY, BAMBAMARCA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

JOSÉ LEONARDO TERÁN PAREDES

ASESOR:

Ing. LUIS CHAPOÑÁN RIMACHI

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

ENERGÍA: GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

PERÚ2017

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia que son la fuerza y el motor que me ayuda a seguir superándome.

José Terán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios por darnos la vida quien nos guía e ilumina el camino y permite culminar esta investigación. A mis Padres quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento.

Agradezco también a la Universidad Cesar Vallejo por haberme acogido en su seno científico, asimismo a mis docentes por haberme brindado sus conocimientos y experiencias a lo largo de esta incansable etapa.

A mis compañeros, por una su buena amistad durante la formación profesional, por sus consejos y un compartir de ideas y porque en equipo buscamos un solo objetivo, apoyándonos mutuamente.

Mi agradecimiento también va dirigido para mi asesor de tesis por su apoyo, paciencia y responsabilidad, para hacer posible esta presente investigación.

José Terán

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Terán Paredes José Leonardo con DNI N° 41579783, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, 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 lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 3 de junio del 2017



Handwritten signature in blue ink, appearing to read "Terán Paredes", written over a horizontal line.

José Leonardo Terán Paredes

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: **“EFECTO DEL TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN VOLUMEN Y PRESIÓN DE BIOGÁS GENERADOS EN BIODIGESTOR CON EXCRETAS CUY - BAMBAMARCA.”** la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional **DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.**

El autor

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	12
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	15
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	26
1.6 HIPÓTESIS.....	27
1.7 OBJETIVOS	27
II. MÉTODO.....	28
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:.....	28
2.2 VARIABLE, OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.....	28
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	30
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	30
2.5 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	31
2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	31
2.7 ASPECTOS ÉTICOS.....	31
III. RESULTADOS.....	32
IV. DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	52

RESUMEN

Esta investigación está circunscrita en el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc en el Departamento de Cajamarca y se sitúa temporalmente en el año 2016, busca determinar de manera fehaciente la influencia del tiempo de fermentación en el nivel de presión alcanzado durante la generación de biogás en biodigestor a partir de excretas de cuy.

La estrategia seguida fue evaluar en un biodigestor los niveles de presión y volúmenes alcanzados teniendo como variable el tiempo de fermentación, al mismo tiempo se estableció los niveles de presión más adecuados en el proceso de producción de biogás.

La presente investigación es experimental del tipo exploratoria transversal.

Los resultados obtenidos mostraron que el rango de tiempo óptimo se encuentra en 3 meses 17 días, el intervalo de presión recomendado es de 0.0058 PSI a 0.0725 PSI y el volumen de biogás entre 16 y 34 litros.

Palabras clave: biodigestor – fermentación – presión– biogás.

ABSTRACT

This research is located in the District of Bambamarca, Province of Hualgayoc in the Department of Cajamarca and is located in the year 2016, seeks to determine in a reliable way the influence of the fermentation time on the level of pressure reached during the generation of biogas in Bio-digester from guinea pig excreta.

The strategy followed was to evaluate in a bio-digester the levels of pressure and volumes reached having as variable the time of fermentation, at the same time it was established the most adequate pressure levels in the process of production of biogas.

The present investigation is experimental of the transversal exploratory type.

The results showed that the optimum time range is 3 months 17 days, the recommended pressure range is 0.0058 PSI to 0.0725 PSI and the biogas volume between 16 and 34 liters.

Key words: bio-digester - fermentation - pressure - biogas.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

CONTEXTO INTERNACIONAL

La energía es necesaria para la vida, en cualquiera de sus formas, ya sea eléctrica, química, calorífica, cinética, o bien, como combustible, etc., sin energía no funcionaría nada. En la actualidad, el uso indiscriminado de energía, ha marcado la pauta para buscar soluciones más acordes a las necesidades de la sociedad, esto es, generar energía alternativa que no cause deterioro al medio ambiente, como los biocombustibles. Debido a que las fuentes de energía fósiles, como el carbón, el gas natural y el petróleo, se viene sobreexplotando, se agotarán en breve, sin embargo, el CO₂ emitido, ya está perjudicando el medio ambiente y los primeros síntomas del cambio climático global son, cada vez, más evidentes (Huaman, 2008).

De acuerdo a Odum y Barret (2006), en su artículo titulado “The emergence of Ecology as a New Integrative Discipline” (“El surgimiento de la ecología como una nueva disciplina integral”), la ecología se ha transformado en una disciplina holística, pues tenía sus raíces en las ciencias biológicas, físicas y químicas, así que debido esto, una de sus metas es relacionar las ciencias naturales con las sociales, por lo que se considera una ciencia interdisciplinaria. La importancia de este tipo de trabajos radica en que la población tome conciencia respecto al cuidado del medio ambiente, el cual al menos, se sugiere que sea en las siguientes perspectivas: La técnico-científica, para buscar soluciones no contaminantes ni destructivas como lo son el uso de energías renovables; la económica, para aplicarlas a las industrias y uso cotidiano consiguiendo desarrollo sostenible; la legislativa, para prever una explotación razonable de los recursos que permitan el desarrollo sin dañar la naturaleza; la política, que incluya la solución a los problemas medioambientales. Y por último, pero no menos importante, la ética, que busque una fórmula correcta de la relación entre los seres humanos con la naturaleza. La energía juega un papel muy importante en el desarrollo mundial, debido a esto, surge la necesidad de cambios fundamentales en relación con los recursos que se espera extraer

energía en los próximos años. (The Emergence of Ecology as a New Integrative Discipline, 2006)

La bioenergía, energía derivada de los biocombustibles, ofrece la oportunidad de reducir enormemente las emisiones de gases, como lo es el metano (CH₄), considerado como el segundo más importante después del dióxido de carbono (CO₂). Dicha bioenergía se deriva de toda una gama de materias primas a través de diferentes procedimientos (Biogas from waste and renewable, 2008).

CONTEXTO DEL PERÚ

“En el Perú se estima que para el año 2040 se elevará en 8 veces mas el consumo actual de energía”.

Del 2010 hasta 2040 la ONU, en nuestro país ha asumido el compromiso de modificar la matriz energética con esto lograríamos que las energías renovables no convencionales representen un 50% de la energía consumida en el Perú. (Utilización de biogás como combustible para motores de combustion interna, 2008)

De no lograrlo, el Perú podría ser vulnerable y así subir sus precios del petróleo, disminuyendo la seguridad energética y perdiendo competitividad por el aumento de costos de producción. Por otra parte, se tiene que por razones geográficas y de dispersión el 20% de peruanos no puede tener acceso a la energía por métodos convencionales, haciéndose necesario la promoción y uso de tecnologías asociadas al uso de residuos agrarios para contribuir a cubrir esta demanda. (Utilización de biogás como combustible para motores de combustion interna, 2008)

EN EL CONTEXTO LOCAL

Soluciones Prácticas (antes ITDG), ha investigado y adaptado la tecnología de Biodigestores Tubulares Unifamiliares desde el año 2007, en sociedad con Ingeniería sin Fronteras (ISF), Green Empowerment, y la Universidad Politécnica de Catalunya; con la finalidad de facilitar el acceso a una energía

limpia para cocción de alimentos en familias rurales, que permita disminuir el consumo de leña y sus efectos en la salud de las mujeres y niños especialmente; así como el aprovechamiento del biol en la actividad agrícola y biodigestores operativos en localidades rurales de la región Cajamarca. Centros poblados Yanacancha y Chanta en el distrito La Encañada, provincia Cajamarca, Caserío Pucará, en el distrito Tumbadén, Provincia San Pablo, son algunos de los lugares donde funcionan los biodigestores. La carga mínima para unos de estos biodigestores es de 20 kg de estiércol fresco y 60 litros de agua, lo que asegurará un correcto funcionamiento, el biogás se utiliza, principalmente, para la cocción de alimentos reemplazando las cocinas tradicionales a leña. El biol se utiliza como fertilizante para los campos de cultivo de los agricultores, mejorando el rendimiento de éstos en más de 20% en relación a su producción normal. En ensayos con papa se demostró que el biol mejora los rendimientos sobre el 25% respecto al no uso de fertilizantes y en un 11% con respecto al uso de estiércol puro como fertilizante. En cultivos de pastos para alimentación de ganado se notó un importante aumento en la cantidad de proteína que contenía (entre 16 y 50%), el cual es el principal parámetro para la producción de leche (Martínez, 2005).

1.2 TRABAJOS PREVIOS INTERNACIONAL

(Quilumbango y otros, 2012) En la realización de su tesis titulada “Evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini-biodigestores en Íntag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura” estudió y comparó los procesos de fermentación anaeróbica de sustrato líquido constituido por agua y excretas de chanco (t1), cuy (t2) y mezcla en iguales proporciones (t3), monitoreando específicamente el comportamiento de la Demanda Química de Oxígeno DQO, temperatura y pH en los nueve mini-biodigestores (tres repeticiones por tratamiento); el contenido de Nitrógeno N, Fósforo P, Potasio K y coliformes fecales tanto en la materia fresca como en el biofertilizante líquido y; el tiempo de retención; cuyas variables en su conjunto permitieron la determinación de la calidad del biofertilizante líquido obtenido a partir de cada una de las excretas o tipos de biomasa fermentadas.

NACIONAL

(Castillo y otros, 2011). Obtuvieron un biogás a partir del excremento de cuy por fermentación en batch en condiciones ambientales en Tacna-Perú. Se empleó dos mezclas de substratos; una formada por excremento de cuy, rastrojo del alimento vegetal de cuy y agua; y la segunda por excremento de cuy, rastrojo del alimento vegetal del cuy, residuo de grass y agua. Estos substratos fueron pre fermentados por separado en condiciones aeróbicas en un pre fermentador cilíndrico, luego sometidos a una fermentación en batch, anaeróbica, no agitada, en biodigestores cilíndricos uno y dos, de 227 litros de capacidad cada uno, en los cuales los substratos pre fermentados estuvieron ocupando alrededor de las dos terceras partes del volumen total de los biodigestores. El volumen total de biogás producido en el biodigestor uno fue de 104 litros en un tiempo de fermentación de 7 meses y 6 días; y en el biodigestor dos de 452 litros en un tiempo de fermentación de 7 meses y 19 días.

(Cueva, 2012). En su tesis de grado titulado: "Obtención de biogas de estiércol porcino y restos vegetales, por fermentación semicontinua, Como objetivo principal fue producir biogas a partir de estiércol porcino y residuos orgánicos, por fermentación semicontinua". La ejecución de este trabajo se llevó a cabo en el INPREX; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. Principalmente se usó un biodigestor tipo chino modificado de fibra de vidrio de 250 cm³ de capacidad para realizar en el la fermentación. Pre fermentó el substrato fermentativo formado por excremento de cerdo, resto de vegetales del mercado, hojas de pecana y agua de todo esto obtuvo un compost que constituyó el material fermentativo esto lo cargó al biodigestor para la producción de biogas. La fermentación lo realizó a temperatura de ambiente durante 4 meses (Octubre 2009-Enero 2010). Como resultado obtuvo una producción diaria en promedio de 14,864 cm³ de biogas de a partir de los 18 días de iniciada la fermentación y una producción acumulada, hasta los 58 días en que terminó la fermentación; al final obtuvo un volumen total de biogas de 644,668 cm³ durante la etapa del experimento

La ONG Diaconía en su Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura desarrollaron un proyecto denominado: “Biodigestores, una alternativa familiar para el uso de energías en los hogares y la protección de los bosques naturales de la provincia de Santa Cruz- Región Cajamarca”, que beneficiará a 80 familias. La empresa suministra con tecnología proporcionando una geomembrana de material de PVC cerrada que será abastecida con excremento de animales y aguas agropecuarias, en esta geomembrana de pvc, se generará el biogás y así mismo estos excrementos se transforman en abonos orgánicos y en combustible biogás y será utilizado para cocinar y brindar calefacción e iluminación (Grupo Saiver Peru S.A.C., 2006).

El objetivo de este proyecto, es que se reduzca la contaminación a través del humo y a la vez disminuir las enfermedades respiratorias que se originan en la cocción de alimentos. Hay que recordar que en esa región alrededor del 90% de personas aún cocinan con leña y bosta seca. (Grupo Saiver Peru S.A.C., 2006).

Los biodigestores familiares (8.5 metros cúbicos de capacidad) con 20 kilos de excretas convierten en cuatro horas de biogás para cocinar y producen cerca de 80 litros de biol diariamente, y así llegando a mejorar la producción de los cultivos y la salud de sus familiares y reemplazando las fuentes de energía no renovables como la leña y el GLP (Grupo Saiver Peru S.A.C., 2006).

LOCAL

En el Distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca se encuentra ubicada la comunidad de La Lucma con un aproximado de 40 familias las cuales su actividad principal es la crianza y venta de cuyes por ser una zona apropiada. En esta comunidad las excretas de cuy son utilizadas únicamente para abono y no para la generación de biogás, por lo que la instalación de biodigestores para generar biogás sería de gran beneficio para dichas familias de esta comunidad.

En la actualidad no se desarrollaron estudios relacionados al tema en dicha comunidad.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA BIOGÁS

Sandoval, sobre el biogas, indica que:

Es un gas que se obtiene a través de la biodegradación de la materia orgánica sin la presencia de oxígeno por acción de bacterias las cuales se encargan de generar gas metano y bióxido de carbono. Para la generación de biogás se cumple el ciclo biogeoquímico del carbono. Las bacterias son el último eslabón en una cadena de microorganismos que degradan material orgánico y devuelven los productos de la descomposición al medio ambiente. (2006, p. 41).

Varnero (2011, p. 16), sostiene que:

El biogás se obtiene a través de la fermentación de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas gracias una serie de micro organismos. Este producto viene hacer el más conocido y utilizado de la biodigestión, constituye una mezcla de gases cuyos principales componentes son el metano y el bióxido de carbono,

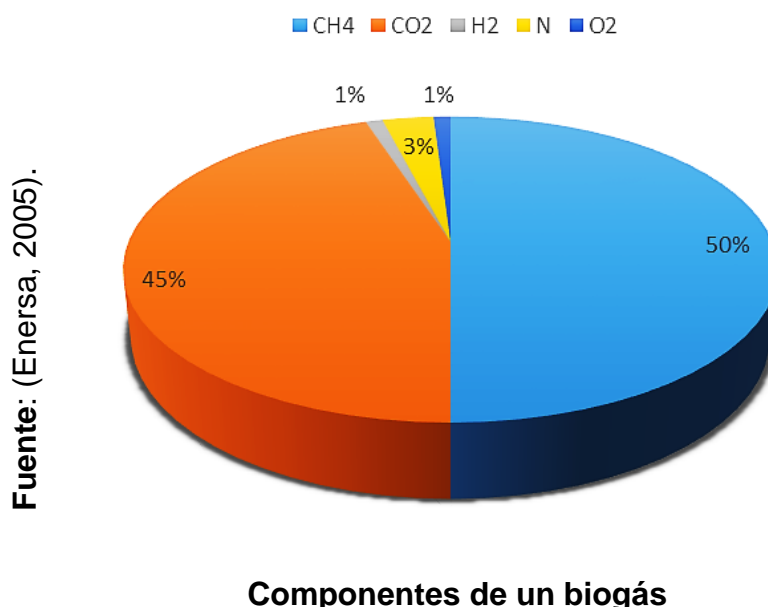
a. COMPONENTES DEL BIOGÁS

Para Varnero (2011, p.16) el biogás tiene dos componentes principales:

El primer componente es el metano (CH_4) y el segundo componente es el dióxido de carbono (CO_2). Cada biomasa utilizada tiene diferentes composiciones, a continuación se presenta su composición aproximada del biogas:

- Metano (CH_4): 55 - 70% del volumen
- Dióxido de carbono (CO_2): 30 - 45 del volumen
- Hidrógeno (H_2): 0 - 1% del volumen
- Nitrógeno
- Sulfuro de hidrogeno (H_2S): 0 - 3% del volumen
- Ácido sulfhídrico

Figura 1



b. UTILIZACIÓN DEL BIOGAS

“Existen diversas opciones para la utilización del biogás. Dentro de éstas destacan la producción de calor o vapor, generación de electricidad y combustible de vehículos” (Varnero, 2011, p.55)

PROCESO BIOLÓGICO

Valdivia (2000) en el proceso biológico de digestión de la materia prima, divide en 3 fases:

a. PRIMERA FASE: HIDRÓLISIS O LICUACIÓN

Durante esta fase Las bacterias descomponen la materia orgánica a través de la fermentación, también existen diferentes bacterias, las cuales cumplen funciones catabolizantes (descomponiendo y degradando) de celulosa, grasas o proteínas para producir monosacáridos, pépticos aminoácidos, glicerol y ácidos grasos.

b. SEGUNDA FASE: PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS

En esta fase las bacterias pueden vivir con presencia o sin presencia de oxígeno y catalizan los ácidos superiores, además

de los ácidos grasos o de cadena Larga y aminoácidos aromáticos producto de la fase anterior, produciendo hidrógeno y ácido acético.

c. TERCERA FASE: PRODUCCIÓN DE GAS

En esta fase no tiene que existir ni más mínima cantidad de oxígeno para que las bacterias puedan existir, las bacterias metano génicas utilizan los compuestos simples (ácido acético, hidrógeno, ácido fórmico y CO₂), para formar metano (CH₄) y anhídrido carbónico (CO₂)

BIODIGESTOR

Para Cueva Biodigestor es

Es una planta productora de biogás, biol y bioabono, donde se descompone la materia prima que está constituida por diferentes tipos de materia orgánica, como son desechos agrícolas, excretas de animales, excretas de humanos, etc.; El biodigestor es una planta donde se realiza la digestión de la materia prima y así transformarlo y ser utilizado como biogás, biol y bioabono. (2012, p. 12).

TIPOS DE BIODIGESTORES

Existen tres tipos de biodigestores

POR LA FORMA DE ALIMENTACIÓN

a. DE FERMENTACIÓN CONTINUA

Este proceso tiene una fermentación constante y su producción es uniforme de biogás de fácil control y son biodigestores de mediano y gran tamaño a estos biodigestores se le agregan continuamente la materia prima también se descarga en forma simultanea la misma cantidad de materia q entra con la que sale. En estos biodigestores proceso de fermentación es interrumpido.

b. DE FERMENTACIÓN SEMICONTÍNUA

En estos biodigestores la primera carga de materia prima tiene que ser la mayor cantidad posible ya que cuando va disminuyendo la generación de biogás se vuelve a incrementar la materia prima. La cantidad de descarga de biol y bioabono será igual a la materia prima.

c. DE FERMENTACIÓN DISCONTINUA O POR LOTES

Estos biodigestores tienen la particularidad en que se llena la materia prima en un solo lote y se vuelven a cargar de materia prima una vez que se hayan quedado vacíos por completo los biodigestores.

POR LA TEMPERATURA

a. FERMENTACIÓN TERMÓFILA

Se caracteriza por tener mejores características de desinfección, se emplea para eliminar excrementos humanos y otros residuos

b. FERMENTACIÓN MESÓFILA

Es este caso la fermentación y la descomposición es más lenta por tener una temperatura menor.

c. FERMENTACIÓN PSICRÓFILA O A TEMPERATURA AMBIENTE

En este caso la fermentación del biogás va a estar relacionado a las condiciones climáticas .Por lo cual va variar según la estación del año.

POR LA FERMENTACIÓN

a. FERMENTACIÓN EN UNA SOLA ETAPA

La digestión se realiza en un solo depósito y se denomina fermentación en una sola etapa, este tipo de fermentación

demanda una estructura simple, bajos costos y es de fácil operación.

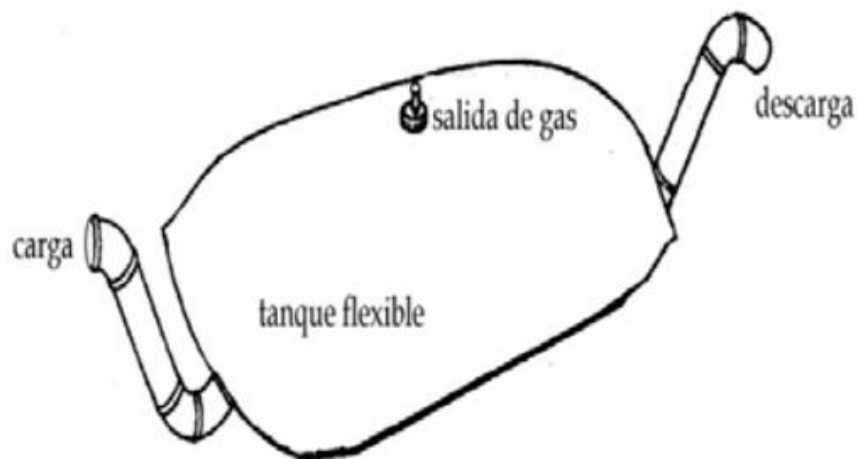
b. FERMENTACIÓN EN DOS ETAPAS Y MÁS

Se llama así porque la digestión se da en dos o más depósitos. En la primera etapa la materia se fermenta y genera gas. Luego pasa otro proceso de fermentación. Estos biodigestores tienen un buen periodo de retención además tienen una buena descomposición de la materia orgánica.

PROCESO DE FERMENTACIÓN DE DOS FASES

Este proceso es diseñado para tomar en cuenta una fase para ver su nivel de PH y otra de formación de CH₄. (Tellez, 2008).

Figura 2

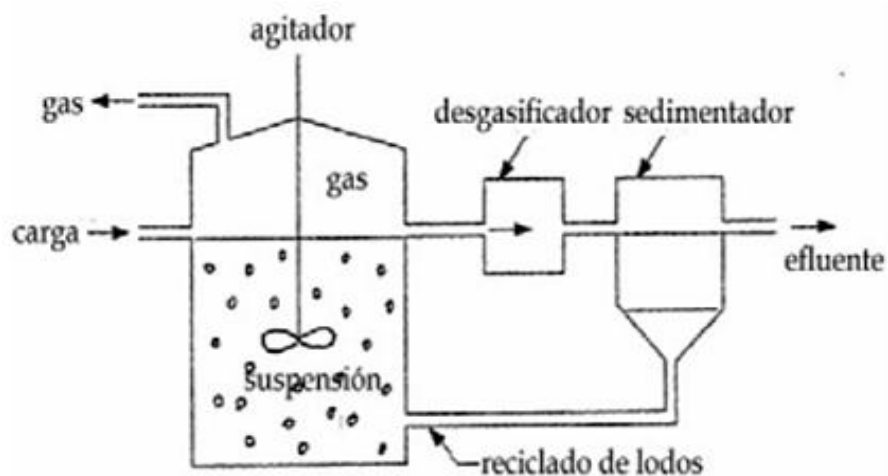


Fuente: (Biogas, 2009).

Digestor tipo bolsa

Otro tipo de reactor empleado es el UASB, que te permite tratar efluentes de la agroindustria, y a la vez que de aguas residuales de baja y alta carga orgánica de naturaleza sea soluble y compleja.

Figura 3

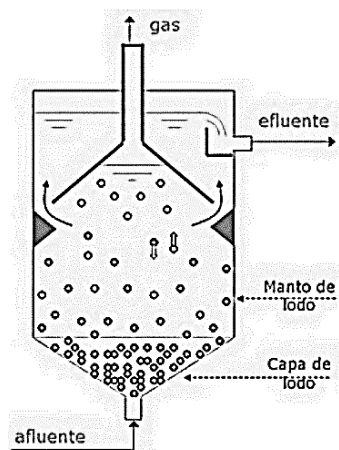


Fuente: (Biogas, 2009).

Digestor de contacto anaeróbico

RAFA permite tratar efluentes de la agroindustria, de al mismo tiempo que de aguas residuales de baja y alta carga orgánica de naturaleza soluble y compleja. (Tomas, 2009)

Figura 4

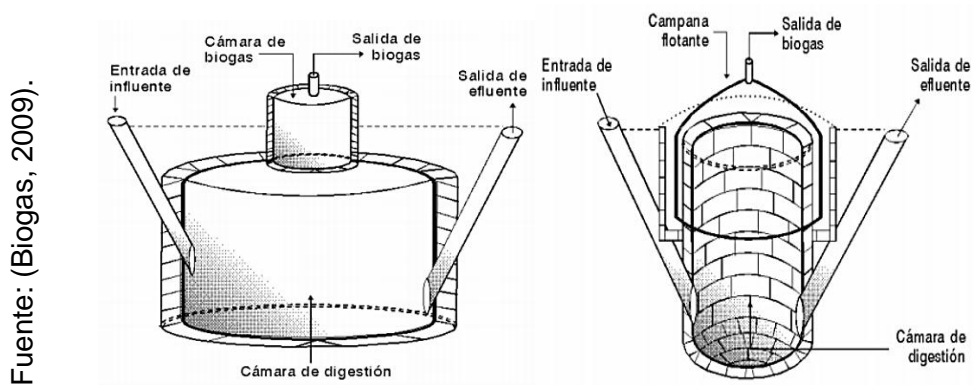


Fuente: (Biogas, 2009).

Reactor UASB

El reactor de cúpula fija y móvil, que son recomendables por la sencillez de los materiales para su construcción y se utiliza en granjas que produce biogás su propio consumo. (Biogas, 2009).

Figura 5



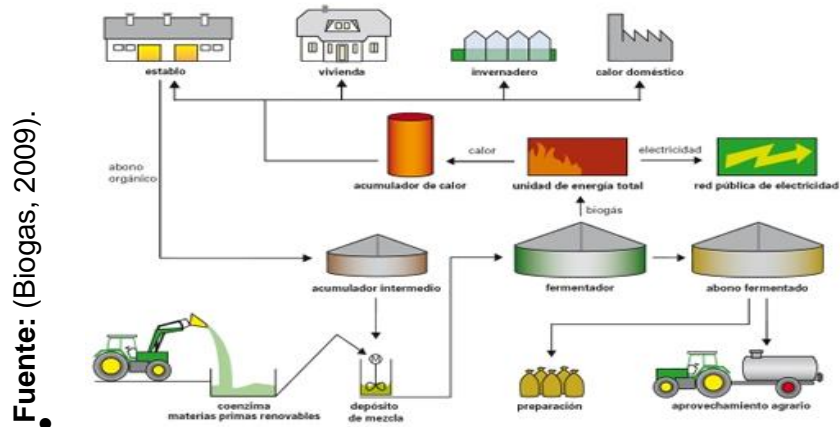
Recator de cupula fija (izquierda) y de cupula mobil (derecha)

EL PROCESO PARA OBTENER BIOGÁS

(ECOLOGÍA VERDE, 2009) Tenemos cinco etapas:

- Obtención de los residuos
- Descomposición anaerobia.
- Almacenamiento y filtrado
- Compostaje
- Generación de energía

Figura 6



Fuente: (Biogas, 2009).

- Esquema del proceso de producción de biogas.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Los parámetros operacionales hacen referencia a las condiciones de trabajo de los reactores (Silva, 2008):

- *Temperatura.* Podrá operarse en los rangos psicrófilico (temperatura ambiente), mesófilico (temperaturas en torno a los 35°C) o termófilico (temperaturas en torno a los 55°C).
- *Agitación.* En función de la tipología de reactor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores.
- *Tiempo de retención.* Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento, es decir, el tiempo medio de permanencia del influente en el reactor, sometido a la acción de los microorganismos.
- *Velocidad de carga orgánica, OLR en inglés.* Es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. Valores bajos implican baja concentración en el influente y/o elevado tiempo de retención. El incremento en la OLR implica una

reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar.

POTENCIALES Y RENDIMIENTOS

La producción de metano o biogás que se obtendrá de un residuo determinado depende de su potencial (producción máxima), del tiempo de retención, de la velocidad de carga orgánica, de la temperatura de operación y de la presencia de inhibidores (Silva, 2008).

ACONDICIONAMIENTO DEL SUSTRATO PREVIO A LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Antes de introducir los residuos orgánicos dentro del reactor hay que realizar una serie de operaciones de acondicionamiento. Dependiendo del tipo de reactor, el grado de pre tratamiento será diferente. La finalidad de estas operaciones es introducir el residuo lo más homogéneo posible, con las condiciones fisicoquímicas adecuadas al proceso que va ser sometido y sin elementos que puedan atacar al digester (Silva, 2008).

Figura 7



Gestion y uso de los residuos organicos para generar biogas

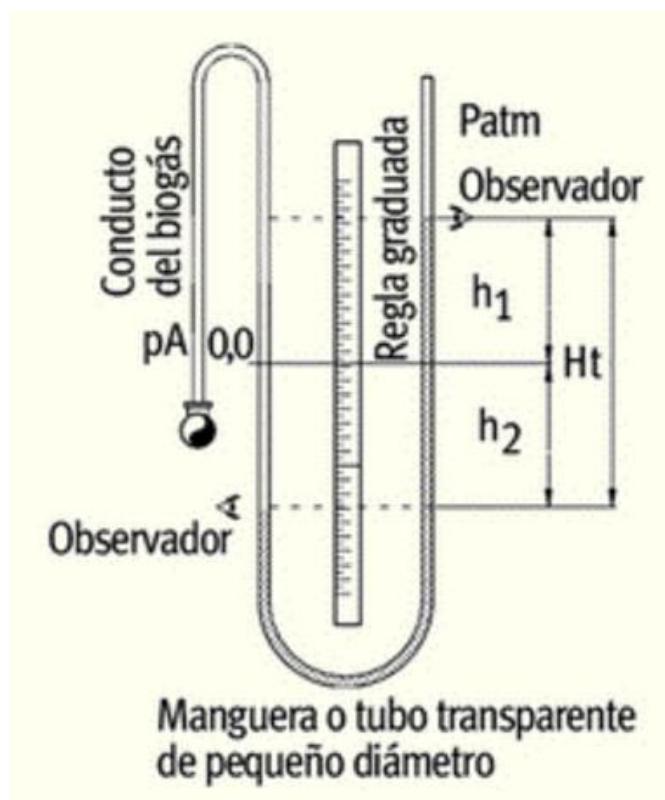
PRESION

Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie. La unidad con que se mide la presión en el Sistema Internacional de unidades es el Pascal (Pa) y está definido por N/m^2 . Para efectos prácticos, debido que un Pascal es una presión muy reducida, se emplean otras unidades como el bar (10^5 Pa), el PSI (6894,76 Pa), mH₂O (9807 Pa)

(Guardado, s.f) Para conocer la presión que se desarrolla en el interior de un biodigestor se utilizan los manómetros, que en una pequeña planta de biogás son inferiores a 1,50 m de la columna de agua ($0,15 \text{ kg/cm}^2$) y pueden ser elaborados por el propio usuario con materiales sencillos: una manguera de diámetro pequeño, preferiblemente transparente, que apoyada sobre una tabla vertical permita observar el agua en el interior. La superficie (menisco) de un lado está en contacto con el biogás, y sobre ésta se ejerce la presión que se desea conocer (en el menisco de la rama de salida, la presión es la atmosférica). Inicialmente, con la presión atmosférica (P_{atm}) en ambas ramas, los dos meniscos ocupan la posición 0,0. Al desarrollarse la presión p_A , ésta hace descender el menisco a la altura h_1 y ascender la altura h_2 . De este modo, al medir la diferencia entre los dos meniscos, se tiene la presión manométrica: $p_A = (h_1+h_2) = H_t$.

Figura 8

Fuente: Guardado, s.f.



Manómetro de tubo U

VOLUMEN

Se define como el espacio que ocupa un cuerpo, en el caso de los gases, estos tienen a ocupar todo el espacio disponible. La unidad con la que se mide el volumen en el Sistema Internacional de unidades es en m^3 .

El volumen de gas contenido en un depósito a una presión mayor a la atmosférica se puede medir con el método por desplazamiento de volumen de agua. Al respecto (Castillo y Tito, 2011 p.3) describen que “el volumen de biogás de la cámara se midió colocando el extremo libre de la manguera de la cámara en el interior de una probeta invertida graduada de 2 litros llena de agua cuya parte inferior estaba ligeramente sumergida en el agua contenido

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué medida incide el tiempo de fermentación sobre la presión y volumen en la generación de biogás, en un biodigestor con excretas de cuy en la comunidad de La Lucma del distrito de Bambamarca, Hualgayoc- Cajamarca?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

ECONÓMICAMENTE

Las Regiones de Nuestro país se dedican en gran parte a la agricultura y ganadería por lo que es conveniente implantar y mejorar las técnicas de producción de biogás a partir de estos desechos agrícolas, así mismo la generación de empleo se vería reflejado en esto, haciendo participes a todos los habitantes de una ciudad.

TÉCNICAMENTE

En parte, por la existencia de excretas de cuyes y de la potencialidad de la “materia prima” para la fermentación y obtención de biogás o biofertilizante, y en búsqueda de otra alternativa de generación de Biogás es por eso que se desarrollaría este proyecto.

Con las excretas de cuy no existe mucha experiencia en la fermentación de estas, a pesar de que la crianza y manejo de cuyes forma parte de la vida campesina, por lo que se justifica el estudio de iniciativas orientadas hacia un uso eficiente de los recursos remanentes de estas actividades. Adicionalmente, se destaca que un criadero con 20 cuyes genera alrededor de 100 libras de estiércol por semana.

AMBIENTALMENTE

Con esta generación de biogás estaríamos contribuyendo enormemente a la reducción de la contaminación ambiental y así mismo reduciríamos el consumo de combustibles fósiles lo cual contaminan enormemente al medio ambiente

que al ser quemados expulsan grandes cantidades de monóxido de carbono lo cual viene deteriorando el medio ambiente.

1.6 HIPÓTESIS

El aumento del tiempo de fermentación incrementará la presión y volumen de biogás, en un biodigestor de desechos orgánicos de origen animal.

1.7 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Cuantificar el efecto del tiempo de fermentación en el volumen y presión de biogás generado en un biodigestor, con excretas de cuy en la comunidad de La Lucma del Distrito de Bambamarca, Hualgayoc - Cajamarca

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Establecer el tiempo en días a partir del cual se verifica el inicio de la producción de biogás.
- b. Determinar la proporción de mezcla de excretas - agua
- c. Registrar los valores de presión y volumen de biogás generados en el tiempo.
- d. Determinar el tiempo de fermentación, que genera mayor producción de biogás traducido en parámetros de presión y volumen.
- e. Construir gráficas mediante software especializado de la relación: tiempo de fermentación - volumen de biogás y tiempo de fermentación – presión de biogás, para un biodigestor de desechos orgánicos de origen animal

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Se realizó una investigación experimental del tipo exploratoria transversal en la que se seleccionó la mejor alternativa de generación de biogás a diferentes tiempos de fermentación, medido por la presión y volumen del mismo.

2.2 VARIABLE, OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

2.2.1 VARIABLES

Variables independientes de estudio	Tiempo de fermentación
Variables dependientes	Presión de biogás
	Volumen de biogás

- **Material de Estudio**

El material de estudio serán los desechos orgánicos de origen animal, concretamente las excretas de cuy.

- **Medición de presión**

Se mide la presión del biogás, contenido en un recipiente con ayuda de un manómetro ya sea digital o analógico.

- **Medición de volumen**

Medición del volumen de gas mediante variaciones en presión manométrica.

2.2.2 OPERACIONALIZACION

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Dimensiones	Escala de medición	Instrumentos
V.I. Tiempo de fermentación	Producción de biogás con respecto al tiempo	Días de espera medir la presión de biogás producido	Tiempo	Días	Razón	Reloj
V.D. Volumen y presión del biogás	Volumen de biogás en el contenedor	Medición del volumen de gas mediante variaciones en presión manométrica	Volumen	m ³ Litros (Lt)	Razón	Manómetro
	Presión de biogás en el contenedor	Medición de presión de gas mediante lectura directa de manómetro.	Presión	PSI	Razón	Manómetro

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

El universo muestral estará constituido por desechos orgánicos de origen animal, específicamente las excretas de cuy.

2.3.2 MUESTRA

Se tomarán excretas de cuy de forma aleatoria del criadero de cuyes de propiedad del autor, su masa se determinará en kg, se mezclará con agua en proporción de 1 kg excreta/3L de agua. Esta proporción se mantendrá invariable durante toda la experimentación.

2.3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos a recolectar fueron el volumen en cm³ de biogás y la presión del mismo para cada tiempo de fermentación.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1 TÉCNICAS

Para determinar los parámetros objeto de la investigación se deben realizar las siguientes mediciones:

- ✓ Medición de masa de la excreta de cuy.
- ✓ Medición del volumen de agua.
- ✓ Medición del tiempo de fermentación.
- ✓ Medición de presión de biogás generado.
- ✓ Medición de volumen de biogás generado.

2.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se mide la masa con ayuda de una balanza, la presión del biogás con ayuda de un manómetro analógico y medición del volumen por el área del contenedor.

2.5 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.5.1 Hoja de observación

Sirve para registrar las lecturas obtenidas de la medición de presión versus tiempo

2.5.2 Validez

La validación del siguiente proyecto de investigación se haría mediante la selección de la mejor opción de obtención de biogás a diferentes tiempos de fermentación, teniendo en cuenta que para el presente trabajo de investigación la información obtenida es del tipo primario y secundario basándonos en datos obtenidos directamente de campo y datos obtenidos por terceros.

2.5.3 Confiabilidad

La presente investigación científica empleara instrumentos para la investigación ya validados por autores que han realizado estudios relacionados al tema por lo consiguiente se está citando a los autores añadiendo año de publicación y numero de página de la cual se obtiene la información presentada.

2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis e interpretación de los datos adquiridos, el diseñador utilizó diferentes aplicaciones informáticas, para el tratamiento de los diferentes parámetros obtenidos.

2.7 ASPECTOS ÉTICOS

El proyecto tendrá como factor primordial el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política y ética, etc.

III. RESULTADOS

Para determinar el volumen de un biodigestor se requirió de algunos datos primarios, mediante los cuales se determinará su capacidad requerida, estos son:

- Especie animal de la que se dispone.
- Cantidad de animales con los que se cuenta.
- Producción de biogás por kg de estiércol.

Adicionalmente, se destaca que un criadero con 20 cuyes genera alrededor de 100 libras de estiércol por semana.

Se diseñó y construyó dos biodigestores cilíndricos ambos con una capacidad de 80 litros, para un proceso de fermentación anaeróbico, no agitado para la producción de biogás. Para la construcción se utilizaron los siguientes materiales:

- 2 cilindros plásticos con capacidad de 80 Lt.
- 2 cilindros plásticos con capacidad de 10 Lt.
- 10 adaptadores de media pulgada.
- 10 niples de media pulgada.
- 4 codos de 90° de media pulgada.
- 2 Tee de media pulgada.
- 2 llaves de paso de media pulgada
- 2 tuvo PVC de media pulgada.
- 2 reducciones rosca por fuera de media pulgada.
- 2 mangueras de gas.
- 2 boquillas
- Teflón
- Pega tubo.

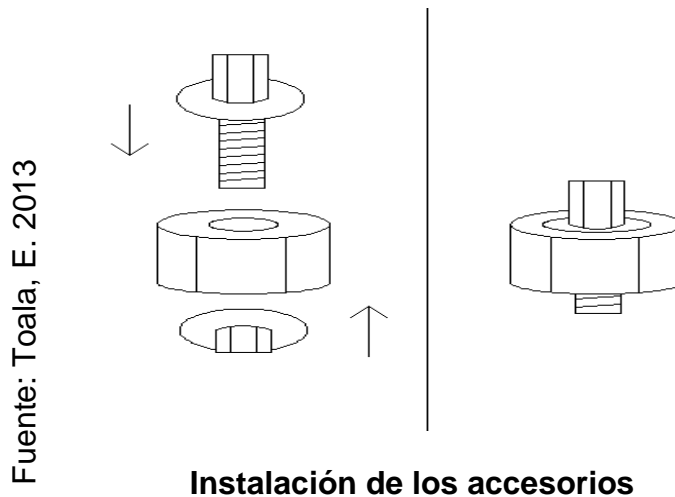
Los reactivos utilizados fueron:

- Excretas de cuy
- Agua.

Para realizar las instalaciones del biodigestor, hay que tener en cuenta que los accesorios de PVC se encuentren herméticamente sellados para no tener fugas cuando se empiece a generar biogás.

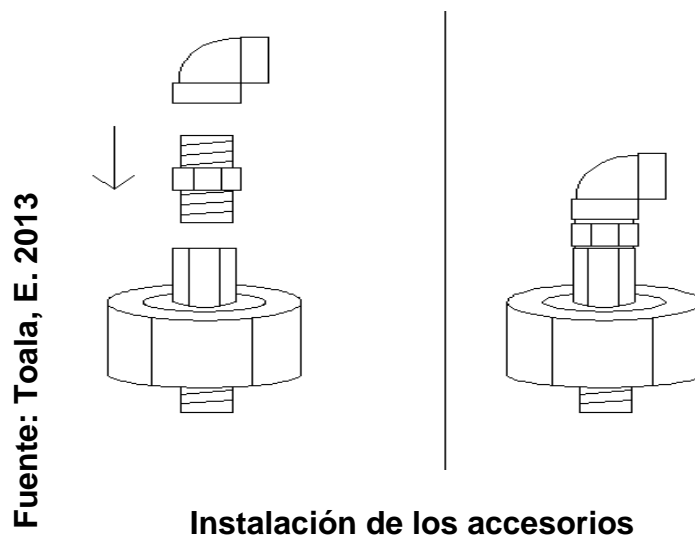
Se hace un agujero en las tapas de los cilindros plásticos, se colocan los adaptadores de media pulgada, procurando que debe estar bien fijo.

Figura N° 9



Se coloca el niple en la parte superior de los adaptadores, seguido una parte de tubo y un codo de 90° para cada uno, procurando que enrosque hasta el final.

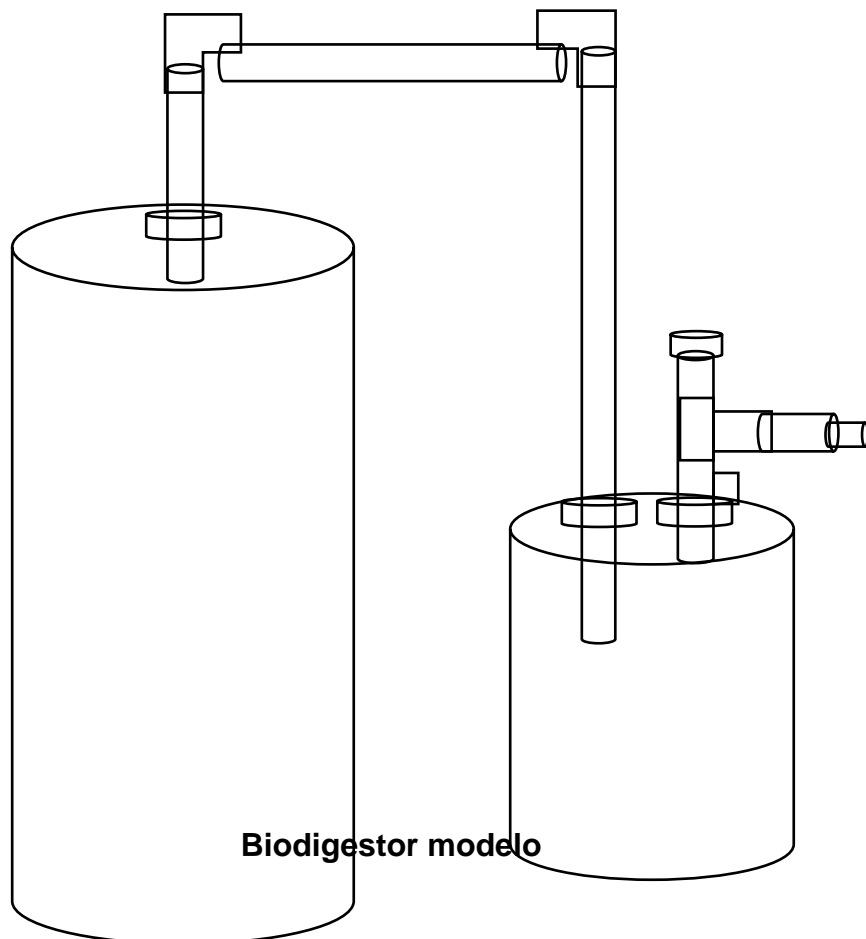
Figura N° 10



A continuación se toma los tubos PVC de media pulgada, y se colocan los codos, y nuevamente parte de los tubos PVC, los niples, y se los inserta en los cilindros plásticos de 10 litros, en la parte superior, en la tapa, esta funcionará como una válvula de escape de gas cuando haya demasiada presión.

Luego por otro orificio del cilindro plástico pequeño se instala las llaves de paso, las reducciones y las mangueras de gas con una boquilla para cada uno, utilizando teflón o pega tubo.

Figura N° 11



Fuente: Terán, 2017

Biodigestor modelo

Figura N° 12.

Fuente: Terán, 2017



Biodigestores construidos 1 y 2

La mayoría de los autores concuerdan en que Para formar la biomasa que se pretende digerir es necesario añadir 3 lt de agua por cada kg de estiércol.

Algunos estudios recomiendan la relación agua/estiércol en dependencia del animal del cual provenga la excreta, para garantizar un desarrollo adecuado de la anaerobiosis metano génica.

Se obtuvo dos pre fermentados; el primer pre fermentado se obtuvo a partir de una mezcla de 20 litros de excremento de cuy y 60 litros de agua; el segundo pre fermentados se obtuvo a partir de 40 kg de excremento de cuy y 40 litros de agua, en 30 días para ambos. (Ver Tabla N° 1)

Tabla N° 1

Fuente: Terán, 2017

BIODIGESTORES	EXCRETA DE CUY (kg)	AGUA (Lt)	TIEMPO DE FERMENTACIÓN (Días)
BIODIGESTOR 1	20	60	30
BIODIGESTOR 2	40	40	30

Prefermentados

En los dos biodigestor, se produjo biogás y de buena calidad. Se produjo una leve elevación de la tapa de los biodigestores y una llama azul clara constante cuando se encendió el biogás, que duró mientras hubo éste.

Se obtuvo siete producciones de biogás tanto en el BIODIGESTOR 1 y en el BIODIGESTOR 2 en un tiempo de fermentación de 5 meses y 10 días para ambos. En el BIODIGESTOR UNO, la primera producción después del inicio de la fermentación se obtuvo al mes y 10 días, en el BIODIGESTOR 1 y en el BIODIGESTOR 2.

Para ambos biodigestores, durante el ejercicio hubo 7 mediciones en el mismo intervalo de tiempo, todo empezó en el día cero (0 días) y finalizó a los 5 meses con 10 días (159 días); el lapso entre una y otra producción de biogás tanto para el BIODIGESTOR 1 y para el BIODIGESTOR 2 fue en promedio de 20 días.

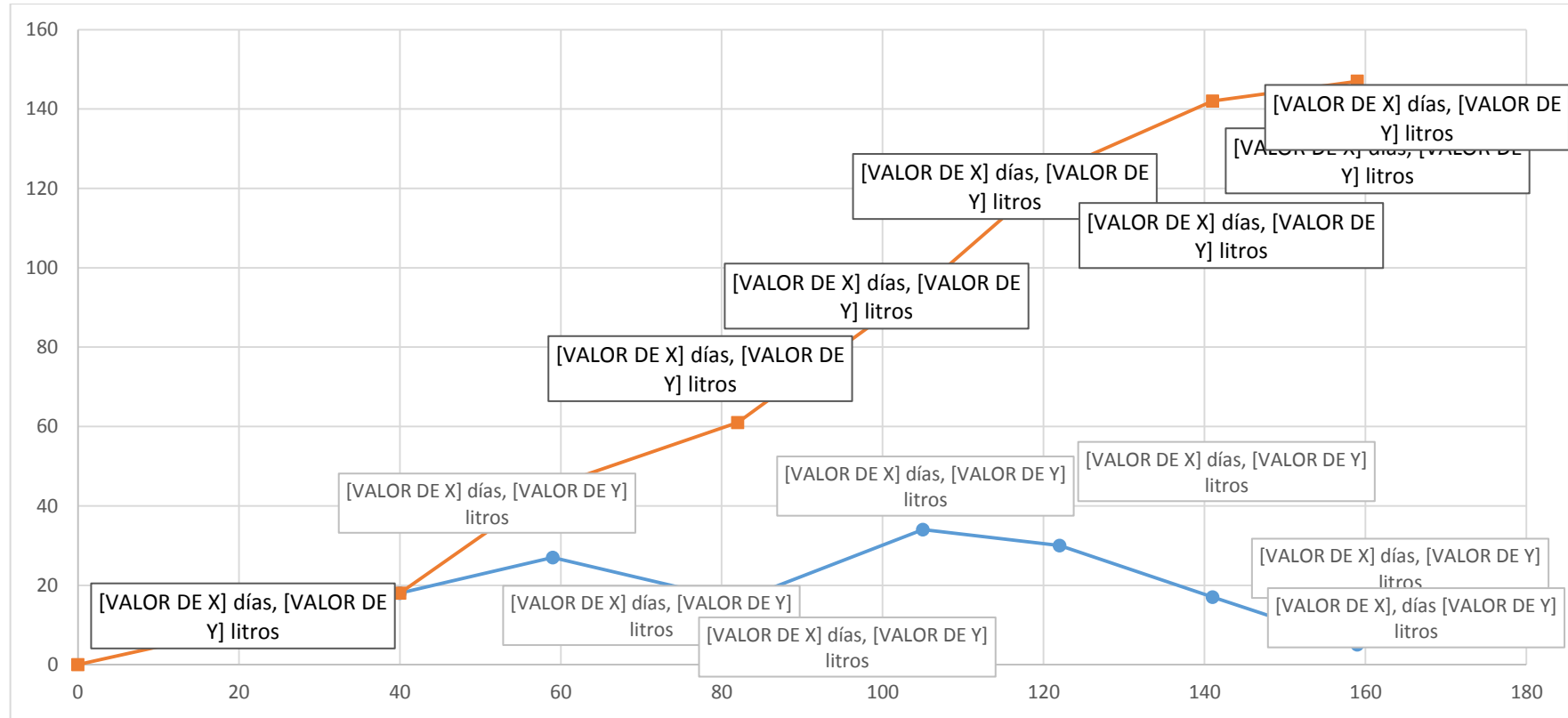
En el BIODIGESTOR 1 el volumen de biogás de cada producción osciló entre 05 y 34 litros (Ver anexo N°); en el BIODIGESTOR 2, entre 04 y 16 litros (Ver anexo N°); siendo el volumen total de biogás producido en el BIODIGESTOR UNO de 147 litros con una pendiente de la fase logarítmica de la curva de producción de 71.306 mes y en el BIODIGESTOR DOS de 72 litros con una pendiente de la fase logarítmica de la curva de producción de 35.934 mes.

La presión registrada en el mismo intervalo de tiempo para el BIODIGESTOR 1 osciló entre 0.0058 y 0.0725 PSI; y para el BIODIGESTOR 2 osciló entre 0.0054 y 0.0145 PSI; presiones registradas dentro del límite de 5 milibares.

La evaluación 04 es la que muestra cifras favorables en volumen y presión para ambos biodigestor.

Claramente se nota que la producción de biogás en ambos biodigestor disminuye en la medición número 05, de allí hacia adelante la producción para ambos disminuyó considerablemente al igual que la presión registrada a través de un manómetro.

Figura N° 13



Volumen de producción de Biogás versus lapso de tiempo de fermentación en el BIODIGESTOR 1 (Excreta de cuy: 20 Lt.; Agua: 60 Lt.)

Fuente: Terán, 2017

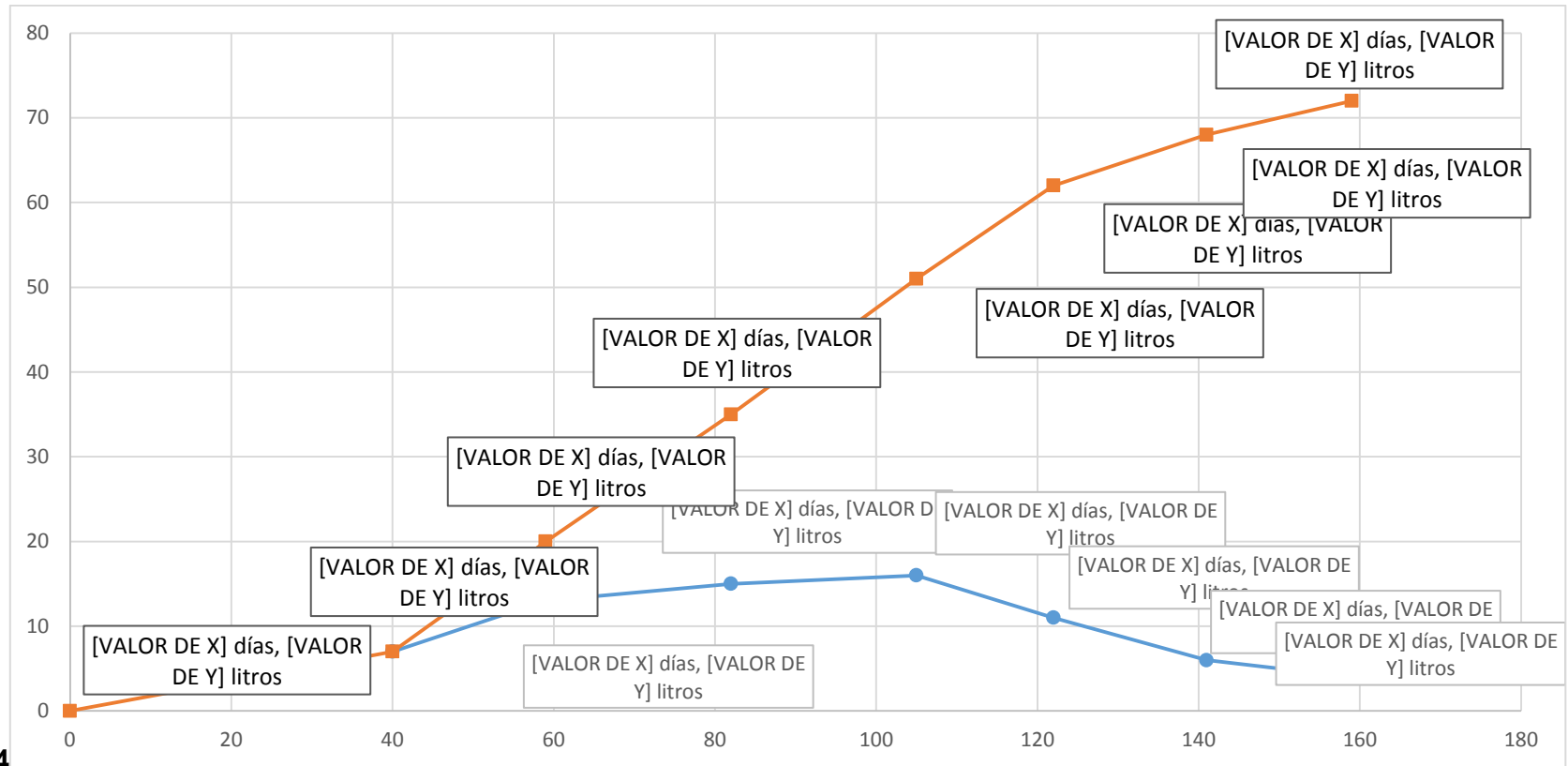
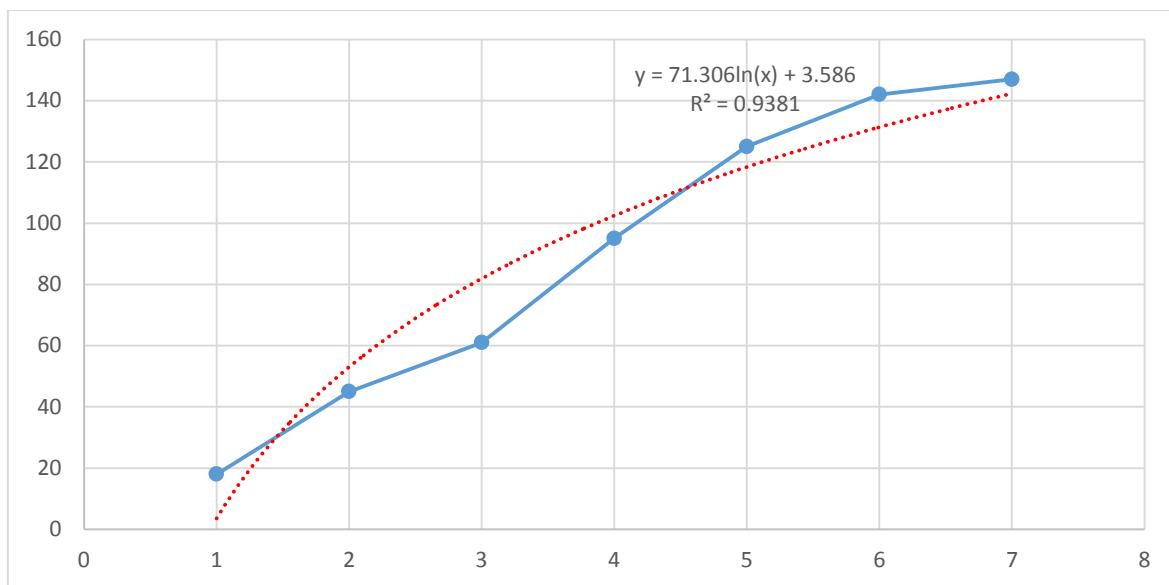


Figura N°14

Volumen de producción de Biogás versus lapso de tiempo de fermentación en el BIODIGESTOR 2 (Excreta de cuy: 40 Lt.; Agua: 40 Lt.)

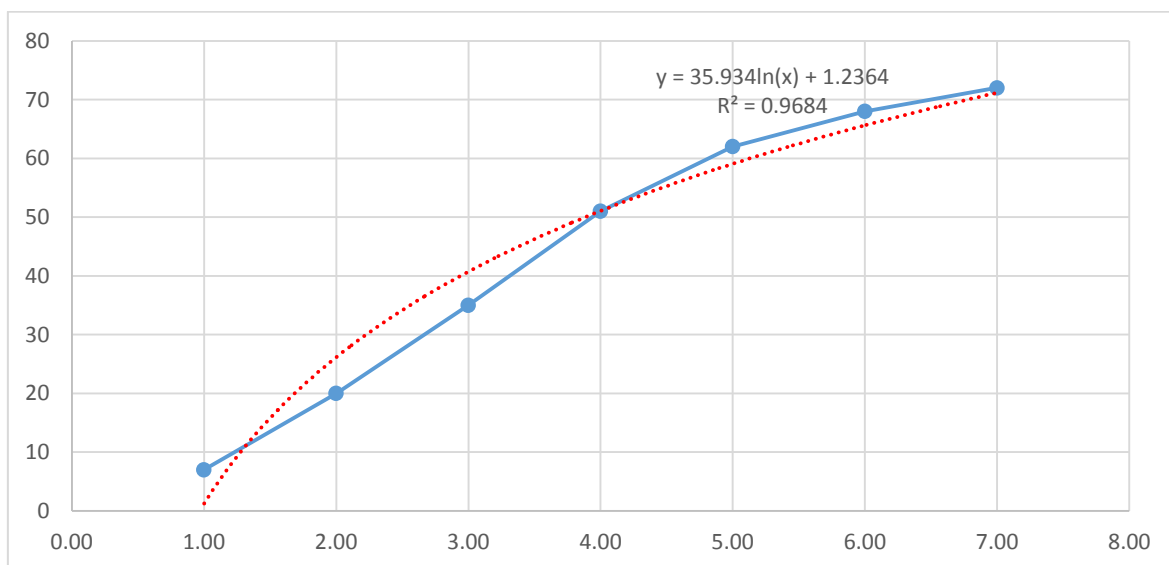
Figura N°15



Fuente: Terán, 2017

Pendiente de Fase Logarítmica de la curva de producción de biogás relacionando volúmenes acumulados de producciones de biogás versus tiempo de fermentación en el BIODIGESTOR 1: (Excreta de cuy: 20 Lt.; Agua: 60 Lt.)

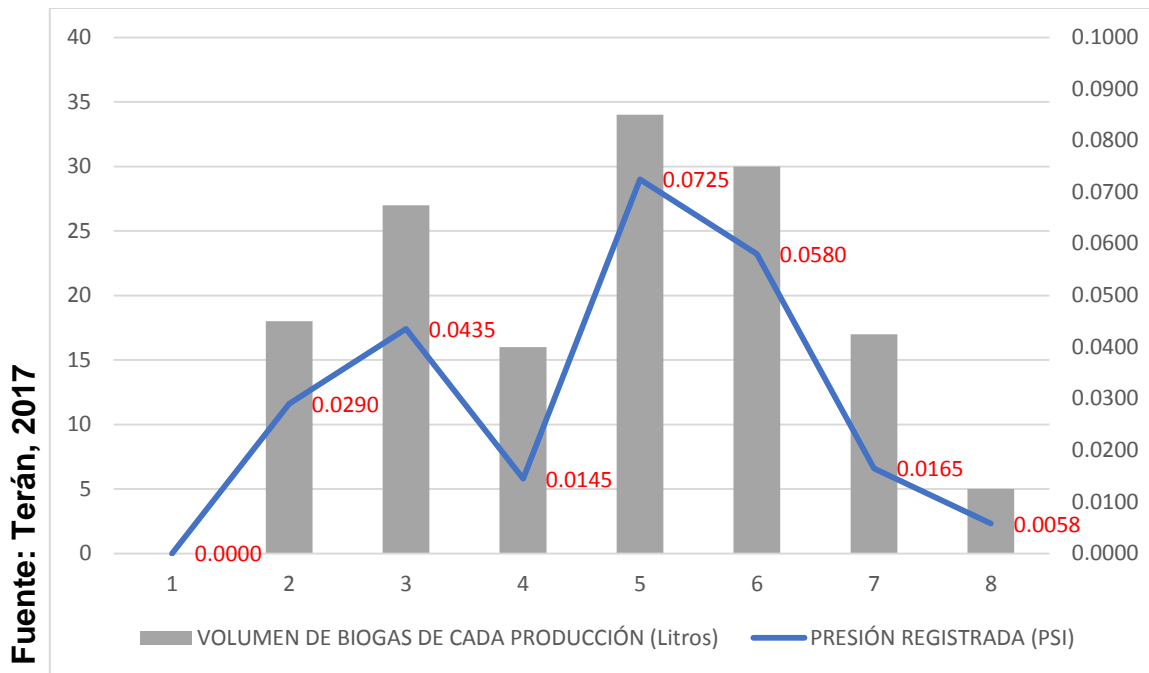
Figura N° 16



Fuente: Terán, 2017

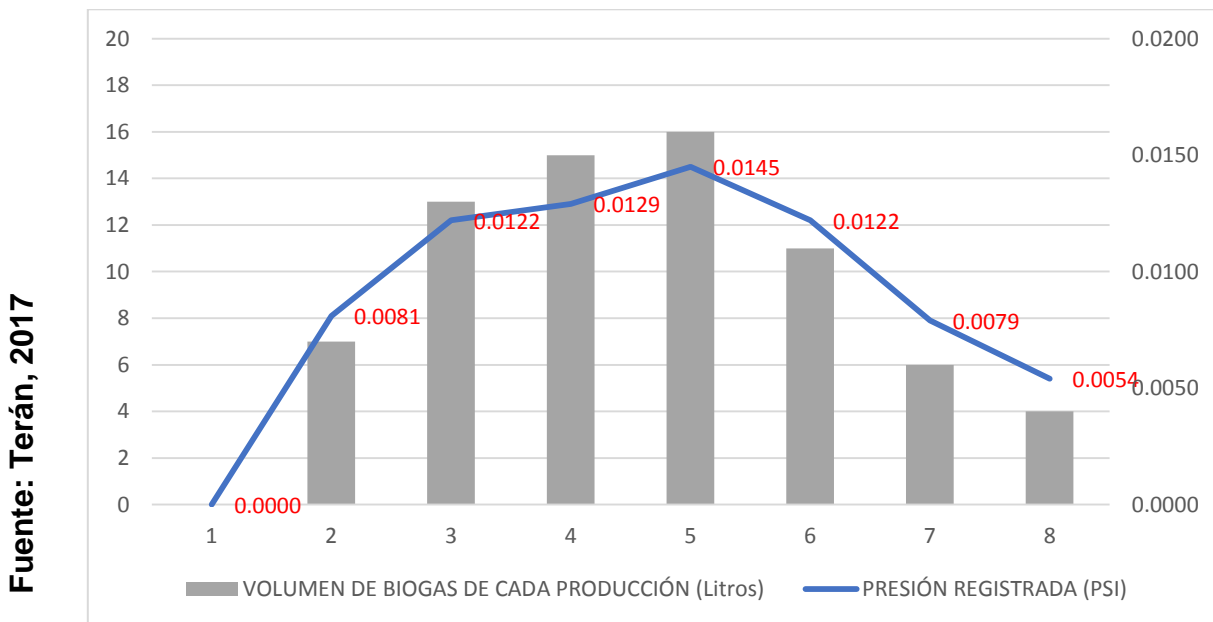
Pendiente de Fase Logarítmica de la curva de producción de biogás relacionando volúmenes acumulados de producciones de biogás versus tiempo de fermentación en el BIODIGESTOR 2: (Excreta de cuy: 40 Lt.; Agua: 40 Lt.)

Figura N°17



Tiempo de fermentación, rango de presión (PSI) y volumen generados en el BIODIGESTOR 1 (Excreta de cuy: 20 Lt.; Agua: 60 Lt.)

Figura N° 18



Tiempo de fermentación, rango de presión y volumen generados en el BIODIGESTOR 2 (Excreta de cuy: 40 Lt.; Agua: 40 Lt.)

IV. DISCUSIÓN

El estudio consistió en evaluar en un biodigestor los niveles de presión alcanzados teniendo como variable el tiempo de fermentación, al mismo tiempo se establecieron los niveles de presión más adecuados en el proceso de producción de biogás a pequeña escala, empleando envases plásticos con capacidad de 80 y 10 litros, en los cuales se mezclaron diferentes proporciones entre agua y excretas de cuy. Ambos biodigestores fueron construidos con los mismos materiales (materiales plásticos en su mayoría) para poder comparar resultados en el mismo intervalo de tiempo de fermentación. Los biodigestores fueron adaptados a un sistema de captura de gas por medio de conductos de PVC. Al BIODIGESTOR 1 se le agregó 20 litros de excreta y 60 litros de agua y al BIODIGESTOR 2 se le agregó 40 litros de cada sustancia (agua y excreta de cuy).

Pasados 30 días de haber colocado la mezcla a cada biodigestor y para comprobar si realmente funciona la producción de biogás, se dejó pasar al mismo tiempo el biogás a través de la boquilla y se le prendió una llama azul a cada uno, lo que fue signo de una buena producción.

Seguidamente, se cerró el paso de biogás al mismo tiempo para ambos biodigestores, y se los dejó fermentar 10 días más, al cabo de ese tiempo se tomó las medidas de volumen de producción de biogás y presión generada para cada uno; los resultados fueron favorables para cada uno, ambos produjeron biogás, pero el BIODIGESTOR 1 en mayor producción (18 litros = 18000 cm^3 de biogás) y en menor producción el BIODIGESTOR 2 (7 litros = 7000 cm^3 de biogás) además sus presiones registradas en este punto fueron 0.0290 y 0.0081 PSI respectivamente.

El tiempo de evaluación de para tanto para el BIODIGESTOR 1 como para el BIODIGESTOR 2 fue de 5 meses con 10 días, en este tiempo hubo 7 intervalos de tiempo aleatorios, en los cuales se midió el nivel de volumen y presión generados por cada uno.

- La primera medición ya mencionada en el párrafo anterior se realizó al mes y 10 días de colocada la biomasa obteniendo los resultados ya indicados.
- La segunda medición fue pasado 19 días de la primera evaluación: es decir al mes con 29 días de fermentado, resultando un volumen en este intervalo de 27 litros = 27000 cm³ y presión 0.0435 PSI para el BIODIGESTOR 1 y 13 litros = 13000 cm³ y presión 0.0122 PSI para el BIODIGESTOR 2.
- La medición tres fue a los 2 meses y 21 días, registrándose para el BIODIGESTOR 1 y para el BIODIGESTOR 2, 16 litros = 16000 cm³ de volumen y 15 litros = 15000 cm³ respectivamente, con presiones de 0.0145 y 0.0129 PSI.
- El cuarto intervalo de tiempo de fermentación fue a los 3 meses con 17 días, con volúmenes registrados de 34 litros = 34000 cm³ para el BIODIGESTOR 1 y 16 litros = 16000 cm³ para el BIODIGESTOR 2, y presiones de 0.0725 PSI y 0.0145 PSI respectivamente.
- La medición cinco, se hizo pasados 17 días de la anterior medición; es decir a los 4 meses con 03 días, el BIODIGESTOR 1 tuvo un volumen de 30 litros = 30000 cm³ y presión de 0.0580 PSI, mientras que el BIODIGESTOR 2 tuvo un volumen de 11 litros = 11000 cm³ y presión de 0.0122 PSI.
- El intervalo seis tuvo lugar en el mes 4 y 22 días, el resultado obtenido del BIODIGESTOR 1 fue de 17 litros = 17000 cm³ de volumen y una presión de 0.0165 PSI mientras que el BIODIGESTOR 2 registró un volumen de 06 litros = 6000 cm³.

- La finalización del tiempo de fermentación fue 18 días después de la anterior medición, es esta se registró 05 litros = 5000 cm³ de biogás producido y una presión de 0.0058 PSI para el BIODIGESTOR 1 y 04 litros = 4000 cm³ para el BIODIGESTOR 2.

Claramente se notó que en el mismo tiempo de fermentación el BIODIGESTOR 1 que cuenta con una mezcla de 20 litros de excreta de cuy y 60 litros de agua es el que produce mayor volumen de biogás que el BIODIGESTOR 1 (40 litros de agua y 40 litros de excreta de cuy), por lo que es la mejor alternativa seleccionada.

Con este resultado afirmamos lo que mencionan otros autores sobre el tipo de mezcla o biomasa optima que se coloca en los contenedores, que debe ser en proporción de 1 a 3; es decir que por cada litro de excreta se debe colocar tres litros de agua.

En cada intervalo de tiempo se registró además la presión la que fluctuó entre 0.0054 PSI – 0.0725 PSI, con esto podemos coincidir con autores que dicen que la presión máxima que debe tener un sistema de biodigestores debe ser de 5 milibar = 0.0725189 PSI.

En la realización de la evolución de la producción de biogás para cada intervalo de tiempo a través de todo el proceso se destacó que el tiempo óptimo de fermentación se registró en el intervalo cuatro para ambos biodigestores:

- En este intervalo, el BIODIGESTOR 1 registró un volumen de 34 litros = 34000 cm³ de biogás, haciendo un total de producción acumulado de 95 litros = 95000 cm³ de biogás y además registrando una presión de 0.0725 PSI.

- El BIODIGESTOR 2, en este intervalo registró un volumen de 16 litros = 16000 cm³ de biogás, haciendo un total de producción acumulado de 51 litros = 51000 cm³ de biogás y además una presión de 0.0145 PSI.

Se afirma entonces que el tiempo de fermentación óptimo en relación con el rango de volumen y de presión es en promedio 3 meses 17 días, seleccionando el BIODIGESTOR 1, aquí se registró 34 litros = 34000 cm³ de biogás, acumulando 95 litros = 95000 cm³ de biogás y una presión de 0.0725 PSI; estos resultados no significan que el biodigestor luego de esta fecha no podrá producir más biogás, al contrario el ejercicio muestra que es factible la producción pero en menor proporción.

Finalmente, se debe tomar en cuenta la conformación de la mezcla de biomasa entre las excretas de cuy y agua para obtener una producción optima, también se debe tomar en cuenta la presión producida que debe ser máximo de 5 milibar = 0.0725189 PSI.

V. CONCLUSIONES

- a. Se diseñó dos biodigestores generadores de biogás a través de excretas de cuy y agua, los cuales fueron construidos de la misma forma y con materiales plásticos PVC casi en su totalidad.
- b. De acuerdo al volumen de producción acumulado en un tiempo de fermentación de 5 meses y 10 días, tanto para el BIODIGESTOR 1 como para el BIODIGESTOR 2, se determinó que la proporción de mezcla de excretas – agua óptima, es de 1 a 3 (BIODIGESTOR 1); es decir que por cada litro de excreta de cuy se necesita 3 litros de agua. Con esta mezcla y/o biomasa la producción de biogás del BIODIGESTOR 1 sería la mejor opción.
- c. El tiempo de fermentación, los rangos de presión y volumen generados para ambos BIODIGESTORES son:

Tabla Nº 2

Fuente: Terán, 2017	NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 1	TIEMPO DE FERMENTACIÓN	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN	TOTAL DE BIOGÁS
	0	0 días	00 litros	00 litros
	1	1 mes 10 días	18 litros	18 litros
	2	1 mes 29 días	27 litros	45 litros
	3	2 meses 21 días	16 litros	61 litros
	4	3 meses 17 días	34 litros	95 litros
	5	4 meses 03 días	30 litros	125 litros
	6	4 meses 22 días	17 litros	142 litros
	7	5 meses 10 días	05 litros	147 litros

Presión y volumen generados en Biodigestor 1

Tabla Nº 3

Fuente: Terán, 2017

NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 2	LAPSO ENTRE PRODUCCIÓN	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN	TOTAL DE BIOGÁS
0	00 días	00 litros	00 litros
1	40 días	07 litros	07 litros
2	19 días	13 litros	20 litros
3	23 días	15 litros	35 litros
4	23 días	16 litros	51 litros
5	17 días	11 litros	62 litros
6	19 días	06 litros	68 litros
7	18 días	04 litros	72 litros

Presión y volumen generados en Biodigestor 2

- d. De acuerdo a los resultados de la investigación podemos concluir que el rango de presión y el volumen óptimos, se encuentran en el BIODIGESTOR 1 y oscila entre 0.0058 y 0.0725 PSI y 16 y 34 litros (16000 cm³ y 34000 cm³) respectivamente.
- e. El tiempo de fermentación óptimo que generó mayor producción de biogás se encontró en el BIODIGESTOR 1, en el cuarto intervalo de los siete intervalos evaluados; es decir a los 3 meses 17 días, con una producción de 34 litros = 34000 cm³ y una producción acumulada para el ejercicio de 95 litros = 95000 cm³.
- f. Es viable la el diseño de un biodigestor de origen animal con excretas de cuy en el caserío de la Lucma del Distrito de Bambamarca, Hualgayoc – Cajamarca-2017.
- g. Se construyeron graficas mediante la plataforma Microsoft Excel, en las que mostraron la relación tiempo de fermentación, sobre volumen de biogás y presión generada, para un biodigestor de desechos orgánicos de origen animal con excretas de cuy en el caserío de la Lucma del Distrito de Bambamarca, Hualgayoc – Cajamarca-2017.

VI. RECOMENDACIONES

- a. Es importante diseñar correctamente el biodigestor con materiales plásticos PVC para su resistencia.
- b. Se debe tener en cuenta que la mezcla y/o biomasa debe ser proporcional entre la cantidad de excreta de cuy y la cantidad de agua; el nivel de proporción debe ser de 1 a 3 (1 litro de excreta de cuy por 3 litros de agua).
- c. Es de suma importancia saber que el máximo de presión que debe tener el biodigestor debe ser de 5 milibar = 0.0725189 PSI.
- d. El tiempo de fermentación óptimo de la biomasa compuesta por excreta de cuy y agua debe ser en promedio 4 meses, puesto que mientras más tiempo transcurra, disminuirá el volumen de producción de biogás.
- e. Realizar evaluaciones continuas para medir el volumen y presión del biodigestor, con esto se podrá descartar fallas en la producción de biogás.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Biogas from waste and renewable. **Deublen. 2008**. [s.l.] : Velag CmbH & Co, 2008.

Biogas. **Tomaz. 2009**. 2009.

BOSCHI. 2007. [En línea] 2007. [Citado el: 05 de septiembre de 2016.] <http://www.monografias.com/trabajos42/efluentes-ganaderos/efluentes-ganaderos2.shtml>.

CASTILLO Cotrina, Daladier y TITO Vargas, Carlos. 2011. *Obtención de Biogás a Partir de Excremento de Cuy en Condiciones Ambientales en Tacna Perú*. Tacna : s.n., 2011. pág. 8.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA. [2015?]. Comisión Nacional de Energía. [En línea] CNE, [2015?]. [Citado el: 25 de Agosto de 2016.] <http://www.cne.cl/tarificacion/hidrocarburos/>.

CUEVA Ancalla, Betty Lucila. 2012. *Obtención de biogás de estiércol porcino y restos vegetales, por fermentación semicontinua*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna : s.n., 2012. Tesis.

ECOLOGÍA VERDE. 2009. [En línea] ecología verde desarrollo sostenible para un mundo mejor, 10 de Julio de 2009. [Citado el: 27 de agosto de 2016.] <http://www.ecologiaverde.com/el-potencial-del-biogas-en-espana/>.

ENERSA. 2005. Enersa. *Ambientum.com*. [En línea] 2005. [Citado el: 27 de agosto de 2016.] <http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-04/aprovechamientobiogas.htm>.

GRUPO SAIVER PERÚ S.A.C. 2006. [En línea] Agronegocios Perú, 25 de abril de 2006. [Citado el: 28 de agosto de 2016.] <http://www.agronegociosperu.org/noticias/cajamarca-biodigestores-benefician-a-familias-de-menores-recursos.htm#.V8r9avmqkko>.

HUAMÁN. 2008. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. [Lima] : Development Index, 2008. PNUD.

MARTÍNEZ. 2005. *repositorio.espe.edu.ec*. [En línea] 02 de Abril de 2005. [Citado el: 26 de agosto de 2016.] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/308/8/T-ESPE-026444-4.pdf>.

OTÁROLA. 2015. [En línea] GobiernoCR, 08 de junio de 2015. [Citado el: 27 de agosto de 2016.] <http://gobierno.cr/ice-promueve-produccion-de-biogas-en-40-proyectos/> .

Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico.

CONTRERAS, LÓPEZ y ROMERO. 2006. 16, [Madrid] : Futuros, 2006, Vol. VI.

QUILUMBANGO Flores, Silvia Cecilia y ROBALINO Fernández, Luis Elías. 2012. *Evaluación de los procesos de fermentación en la producción de biofertilizante, mediante el uso de mini-biodigestores en Intag, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.* Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador : Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte, 2012. pág. 162, Tesis.

QUIPUZCO. 2011. [En línea] 10 de Agosto de 2011. [Citado el: 27 de agosto de 2016.]

revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/677/531 .

RAMOS. 2014. [En línea] 2014. [Citado el: 28 de Agosto de 2016.] http://oa.upm.es/28957/1/JUAN_LUIS_RAMOS_SUAREZ.pdf .

SANDOVAL Alvarado, Leandro. 2006. *Manual de Tecnologías Limpias en PyMEs del Sector Residuos Sólidos.* Organización de Estados Americanos. 2006.

SILVA. 2008. [En línea] Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 25 de septiembre de 2008. [Citado el: 27 de agosto de 2016.] <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/biogas.pdf>.

TELLEZ. 2008. *Cybertesis.* [En línea] Universidad Austral de Chile, 2008. [Citado el: 28 de agosto de 2016.] <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci275d/doc/bmfci275d.pdf>.

The Emergence of Ecology as a New Integrative Discipline. **BARRET y ODUM . 2006.** [s.l.] : Science.com, 2006, Vol. 195. 17738398.

The Site of Reaction in Solid-State Digestion. **D.J. MARTIN. 2001.** Limerick : ELSEVIER, 2001, Vol. 79.

TOMAS. 2009. blog. [En línea] 20 de agosto de 2009. [Citado el: 28 de agosto de 2016.] <http://fuentedeenergia.blogspot.pe/2009/07/ventajas-y-desventajas.html> .

URRA. 2009. [En línea] 2009. [Citado el: 26 de Agosto de 2016.] <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fau.81e/doc/fau.81e.pdf> .

Utilizacion de biogás como combustible para motores de combustion interna. **MARTÍNEZ. 2008.** Santa Clara : CETA, 2008.

VARNERO Moreno, María Teresa. 2011. *Manual de Biogás.* FAO. Santiago de Chile : s.n., 2011. pág. 120, Manual. ISBN 978-95-306892-0.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia39/HTML/articulo04.htm>

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia34/HTML/articulo03.htm>

ANEXOS
Figura N° 19

Fuente: Terán, 2017



Criadero de cuyes

Figura N° 20



Fuente: Terán, 2017

Obtención de excretas de cuy

Figura N° 21

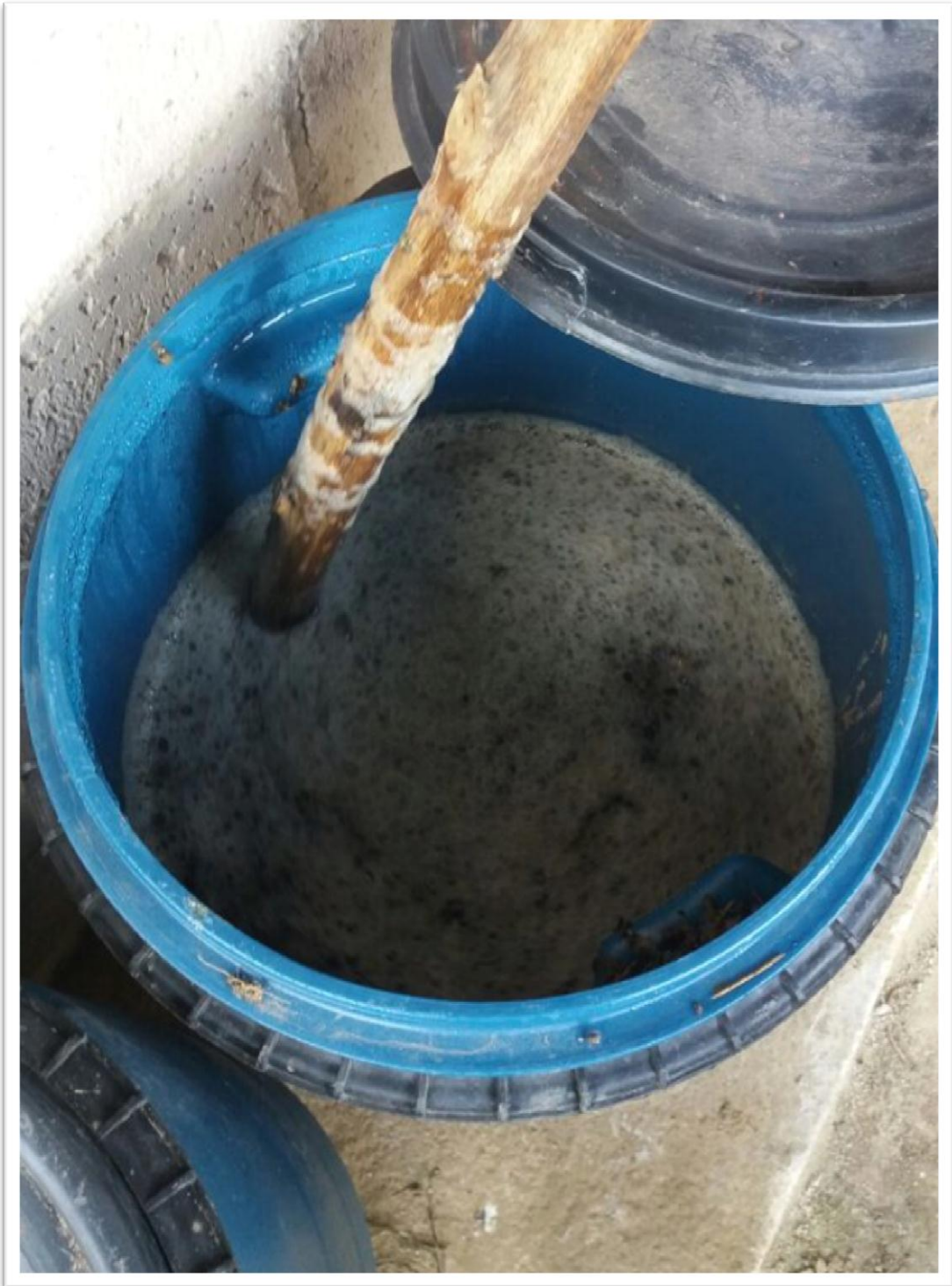


Fuente: Terán, 2017

Biodigestores utilizados

Figura N° 22

Fuente: Terán, 2017



Preparación de mezcla: Excretas - Agua

Tabla N° 4

NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 1	TIEMPO DE FERMENTACIÓN	LAPSO ENTRE PRODUCCIÓN	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN	TOTAL DE BIOGÁS
0	0 días	00 días	00 litros	00 litros
1	1 mes 10 días	40 días	18 litros	18 litros
2	1 mes 29 días	19 días	27 litros	45 litros
3	2 meses 21 días	23 días	16 litros	61 litros
4	3 meses 17 días	23 días	34 litros	95 litros
5	4 meses 03 días	17 días	30 litros	125 litros
6	4 meses 22 días	19 días	17 litros	142 litros
7	5 meses 10 días	18 días	05 litros	147 litros

Volúmenes de producciones de biogás obtenidas por fermentación en el BIODIGESTOR 1

Fuente: Terán, 2017

Tabla N° 5

NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 2	TIEMPO DE FERMENTACIÓN	LAPSO ENTRE PRODUCCIÓN	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN	TOTAL DE BIOGÁS
0	0 días	00 días	00 litros	00 litros
1	1 mes 10 días	40 días	07 litros	07 litros
2	1 mes 29 días	19 días	13 litros	20 litros
3	2 meses 21 días	23 días	15 litros	35 litros
4	3 meses 17 días	23 días	16 litros	51 litros
5	4 meses 03 días	17 días	11 litros	62 litros
6	4 meses 22 días	19 días	06 litros	68 litros
7	5 meses 10 días	18 días	04 litros	72 litros

Volúmenes de producciones de biogás obtenidas por fermentación en el BIODIGESTOR 2

Tabla N°6.

NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 1	LAPSO DE FERMENTACIÓN (Días)	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN (Litros)	TOTAL DE BIOGÁS (Litros)	PRESIÓN REGISTRADA (PSI)
0	0	0	0	0.0000
1	40	18	18	0.0290
2	59	27	45	0.0435
3	82	16	61	0.0145
4	105	34	95	0.0725
5	122	30	125	0.0580
6	141	17	142	0.0165
7	159	5	147	0.0058

Tiempo de fermentación, rango de presión y volumen generados en el BIODIGESTOR 1 (Excreta de cuy: 20 Lt.; Agua: 60 Lt.)

Fuente: Terán, 2017

Tabla N° 7

NÚMERO PRODUCCIÓN DE BIODIGESTOR 2	LAPSO DE FERMENTACIÓN (Días)	VOLUMEN DE BIOGÁS DE CADA PRODUCCIÓN (Litros)	TOTAL DE BIOGÁS (Litros)	PRESIÓN REGISTRADA (PSI)
0	0	0	0	0.0000
1	40	7	7	0.0081
2	59	13	20	0.0122
3	82	15	35	0.0129
4	105	16	51	0.0145
5	122	11	62	0.0122
6	141	6	68	0.0079
7	159	4	72	0.0054

Fuente: Terán, 2017

Tiempo de fermentación, rango de presión y volumen generados en el BIODIGESTOR 2 (Excreta de cuy: 40 Lt.; Agua: 40 Lt.)