

## Generación de electricidad a partir de biomasa en la Asociación de Ganaderos de Santo Domingo

Generation of electricity from biomass in the association of ranchers of Santo Domingo

### Autores:


Holger Arturo Intriago Mairongo 

Universidad Técnica Luis Vargas Torres

**Ciudad:** Esmeraldas

**País:** Ecuador

**Correo electrónico:** [holger.intriago@utelvt.edu.ec](mailto:holger.intriago@utelvt.edu.ec)

Juan Eliecer Montaña Hurtado 

Universidad Luis Vargas Torres

**Ciudad:** Esmeraldas

**País:** Ecuador

**Correo electrónico:** [juan.montano@utelvt.edu.ec](mailto:juan.montano@utelvt.edu.ec)


Martha Cecilia López 

Universidad Técnica Luis Vargas Torres

**Ciudad:** Esmeraldas

**País:** Ecuador

**Correo electrónico:** [cecilia.lopez@utelvt.edu.ec](mailto:cecilia.lopez@utelvt.edu.ec)

Ana Belén Vivanco Rios 

Universidad Internacional de La Rioja

**Ciudad:** Madrid

**País:** España

**Correo electrónico:** [abvivanco.stodgo@gmail.com](mailto:abvivanco.stodgo@gmail.com)

### Citación/cómo citar este artículo:

Intriago, H., Montaña, J., Vivanco, A. y López, M. (2022). Generación de electricidad a partir de biomasa en la Asociación de Ganaderos de Santo Domingo: Revista Social Fronteriza 2(6) pp 11 -29 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7246562>

**Enviado:** septiembre 28, 2022 **Aceptado:** octubre 24, 2022 **Publicado** noviembre 5, 2022



## Resumen

El presente trabajo de investigación aplicada se desarrolló en la asociación de ganaderos de Santo Domingo de los Tsáchilas (ASOGAN-SD) Ecuador, donde existen 500 agremiados y cuentan con una infraestructura para realizar comercialización de ganado vacuno, los cuales al permanecer por día en la feria en un número de 10 mil semanales generan biomasa (estiércol) el cual es arrojado directamente por recogedores a un barranco al aire libre quedando expuesto al medioambiente generando polución y malos olores. La metodología empleada se presenta como una investigación No-Experimental, Prospectivo-Transversal, porque no se manipulan variables durante la intervención, se observa el fenómeno tal como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos de forma prospectiva ya que predice un escenario futuro el cual consiste en aprovechar los biomas del ganado vacuno para obtención de biogás para generación de electricidad. Los resultados alcanzados implican la obtención de 16 m<sup>3</sup> de biogás los cuales pueden generar unos 96 Kw de energía eléctrica lo cual puede satisfacer la demanda instalada la cual se encuentra en unos 10 kW de electricidad para sistema de iluminación de corrales y sectores de influencia como bodegas baños y oficinas de comercialización; la inversión total para la implementación del sistema de generación se establece en 30 mil dólares recuperables para 5 primeros años y el tiempo de duración del sistema es 25 años.

**Palabras claves:** Biodigestor, Biogás, electricidad, Generación.



## Abstract

The present applied research work was developed in the ranchers' association of Santo Domingo de los Tsáchilas (ASOGAN-SD) Ecuador, where there are 500 members and they have an infrastructure to carry out the commercialization of cattle, which by staying per day in the fair in a number of 10 thousand weekly generate biomass (manure) which is thrown directly by collectors into a ravine in the open air being exposed to the environment generating pollution and bad odors. The methodology used is presented as a Non-Experimental, Prospective-Transversal investigation, because variables are not manipulated during the intervention, the phenomenon is observed as they occur in their natural context, and then analyzed prospectively since it predicts a future scenario. which consists of taking advantage of the biomes of cattle to obtain biogas for electricity generation. The results achieved involve obtaining 16 m<sup>3</sup> of biogas which can generate about 96 Kw of electrical energy which can satisfy the installed demand which is about 10 kW of electricity for the lighting system of pens and sectors of influence such as warehouses. restrooms and marketing offices; the total investment for the implementation of the generation system it is established at 30 thousand dollars recoverable for the first 5 years and the duration of the system is 25 years.

## Keywords

Biodigester, Biogas, electricity, Generation.



## Introducción

La región de del trópico húmedo donde se encuentra la provincia Santo Domingo está ubicada en la parte centro del Ecuador, desde ya mucho tiempo es su principal actividad ganadera siendo su principal actividad económica que aporta a la economía de la región. El principal ganado que destaca en esta región es el vacuno y porcino, con una existencia reportada por el censo agropecuario del 2012 realizado por el ministerio de agricultura del Ecuador MAGAP, DE 80.000 cabezas de ganado VACUNO Y 60.000 porcino. Es probable que estos datos en la actualidad hayan variado, sin embargo, esta variación no debe ser significativa debido a que son actividades ligadas a la economía.

El propósito fundamental de la propuesta para autogeneración eléctrica a partir del estiércol de ganado en ASOGAN-SD también es cuidar el medio ambiente, mediante el diseño y la construcción de un sistema compuesto por un biodigestor tipo salchicha. Este utiliza los desechos orgánicos de la feria de ganados (heces de ganado vacuno) y líquidos (agua) para producir energía limpia y proteger el ecosistema.

Para Ysabel (2021) “La energía un factor importante de la prosperidad mundial. La dependencia de los combustibles fósiles como fuente principal de energía ha causado el cambio climático global, la degradación ambiental y problemas de salud humana” ( p. 1) como consecuencia para el año 2040, se prevé que el mundo tendrá entre 9 y 10 mil millones de personas y deberá contar con energía y materiales.

Frente al tema, la creciente demanda de energía a nivel mundial en base a combustibles fósiles ha causado severos daños al medio ambiente, el uso de excretas de ganado vacuno y porcino para la generación de biogás y la captación de electricidad es una opción de energía renovable que resulta altamente atractiva en términos de ahorros (Giler y Cedeño, 2020,p.12).

El gobierno de Indonesia estableció mediante un decreto presidencial como un objetivo energético ambicioso, el uso de las energías renovables en el 2005. Sin embargo, Indonesia tiene un abundante recurso de materia prima orgánica ya que la



agricultura es la principal fuente económica. Por esta razón, la bioenergía y el biogás podrían contribuir considerablemente a lograr la meta establecida. Además, muchas personas en Indonesia no tienen acceso a fuentes de energía económicas y convenientes como la electricidad o combustible, necesarios para realizar actividades cotidianas como cocinar o para el transporte por diversas razones, los servicios energéticos proporcionados por gobierno o el sector privado son de difícil acceso para quienes viven en áreas remotas. (Ghiandelli,2017,p.1)

Por ejemplo, para mejorar sus condiciones de vida y como seguimiento de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. Desarrollo, en 2006 el gobierno de los Países Bajos creó un programa sobre desarrollo sostenible que enfatiza las relaciones entre pobreza y energía. Uno de los principales objetivos de este programa es proporcionar acceso a la energía servicios para 10 millones de personas (2 millones de hogares) a través de medios de energía renovable sostenible, incluyendo biogás Para lograr el objetivo fijado, una organización no gubernamental holandesa sin fines de lucro en colaboración con el Ministerio de Energía y Recursos Minerales de Ecuador, desarrolló en 2018 una estrategia que tiene como objetivo instalar y promover el uso de anaeróbicos biodigestores anaeróbicos como fuente de energía local y sostenible mediante el desarrollo del mercado En efecto, en ausencia de oxígeno, las bacterias anaeróbicas consumen la materia orgánica para multiplicarse y producir biogás que es un medio limpio, energía renovable. En promedio, de 20 a 30 kg de residuos orgánicos pueden producir aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de biogás que corresponden a 6,1 kw/h de energía limpia (22 MJ), la misma cantidad producida por 0,7 litros de gasolina (Jørgensen,2009). Por lo tanto, transformar el abundante biorrecurso disponible en Indonesia en energía renovable como biogás podría ayudar a alcanzar el objetivo renovable establecido por el gobierno de Indonesia. (BIRU, 2015,p.12).

Según Kaltschmitt & Streicher (2009) “el biogás también puede ser actualizado a biometano, que es un combustible renovable como el biogás se produce durante la digestión anaeróbica de diferentes recursos de biomasa” (p,6) Por lo tanto, las propiedades son similares al gas natural, ya que se utiliza en las mismas aplicaciones



que el gas natural para producir calor y electricidad, o como combustible para el transporte.

Puede, por lo tanto, ser utilizado en las mismas aplicaciones que el gas natural para producción de calor y electricidad, o como combustible para el transporte. Los efectos ambientales de la producción y el uso de biogás y biometano en Austria fueron analizados y evaluados en un proyecto de investigación financiado por el Clima de Austria y Fondo de Energía. En el proyecto 'Evaluación del ciclo de vida de Plantas de biogás: factores de éxito para el uso sostenible de tecnología de biogás basada en plantas de biogás en funcionamiento seis plantas de biogás austriacas existentes fueron investigado exhaustivamente para determinar los factores críticos para la tecnología de biogás sostenible. Este documento se centra en resultados relativos a los efectos de los sistemas de biogás en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), destacando las interacciones con prácticas de manejo agrícola. (Pucker et al., 2013,p.4)

Cuando a finales del siglo XVIII el físico italiano Alessandro Volta identificó por primera vez el metano (CH<sub>4</sub>) como el gas inflamable en las burbujas que emergían de los pantanos, no se pudo imaginar la importancia que este gas podría llegar a tener para la sociedad humana en los siglos venideros. El metano alcanzó una especial importancia durante la segunda guerra mundial debido a la escasez de combustibles. Con el fin de la guerra y la fácil disponibilidad de combustibles fósiles, la mayoría de las instalaciones fueron cesando en su funcionamiento. Sin embargo, en India, a comienzos de la década de los 60, se impulsó notablemente la tecnología de producción de biogás a partir de estiércol bovino con el doble propósito del aprovechamiento energético y la obtención de un biofertilizante. En China, a inicios de la década de los 70, se ha fomentado la construcción de digestores, mediante programas de ámbito nacional. (Moreno, 2012, p.9).

Moreno (2012) afirma que los procesos anaeróbicos, al igual que muchos otros sistemas biológicos, son fuertemente dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados que, a su vez, dependen de la temperatura. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los



microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás. La temperatura de operación del digester, es considerada uno de los principales parámetros de diseño, debido a la gran influencia de este factor en la velocidad de digestión anaeróbica. Las variaciones bruscas de temperatura en el digester pueden gatillar la desestabilización del proceso. Por ello, para garantizar una temperatura homogénea en el digester, es imprescindible un sistema adecuado de agitación y un controlador de temperatura. (p.38)

Según Sierra (2017) en la cual expresa “la tecnología de purificación de biogás es fundamental ya que presentan compuestos de biogás necesitan ser eliminados y los estándares que deben cumplirse en relación con los requerimientos de la aplicación final del gas” (p.40) ejemplo en motores, calderas, celdas de combustible, vehículos, etc.

Actualmente, se aplican diversas tecnologías para purificar el biogás enriqueciéndolo con biometano y usarlo como combustible para vehículos o para inyectarlo en una red de gas natural; destacan el lavado con agua (water scrubbing), la adsorción por oscilación de presión (pressure swing adsorption, PSA) y las tecnologías de membrana. (Sierra,2017,p.40).

Para Pérez (2008) citado por Varnero (2018) El ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) puede encontrarse en aguas estancadas, desagües y alcantarillados y es parte de la composición química de combustibles como el petróleo, gas natural e incluso del biogás, debido a que se produce por descomposición anaeróbica de restos orgánicos. La eliminación de este compuesto del biogás es relevante, pues este gas inflamable e incoloro, es altamente toxico y corrosivo, lo que constituye una gran desventaja, pues dificulta el traslado del gas por tuberías, su almacenamiento en tanques y otras estructuras metálicas, como aquellas que participan en la generación y distribución de electricidad. (Varnero et al.,2012,p.2).

Para Servati & Hajinezhad, (2020) citado por Ramos (2021) En las últimas décadas la producción de biogás ha tomado mayor relevancia al ser una fuente de bioenergía sostenible. El biogás es producido a partir de la degradación de biomasa por medio de microorganismos en condiciones anaerobias. El proceso ocurre en cuatro etapas



(hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis), el biodigestor tubular funciona por equilibrio hidráulico entre su entrada y salida; la velocidad de mezcla óptima es fundamental para el buen funcionamiento del biodigestor se recomienda 50,100 y 200 revoluciones por minuto (Ramos et al.,2021).

Emisiones globales excesivas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero (GEI) de la quema de combustibles fósiles ha llevado a una búsqueda de combustibles alternativos amigables con el clima. Demanda mundial de energía está aumentando y el consumo de combustibles fósiles, la principal fuente actual de energía, está aumentando como resultado. El agotamiento de los recursos petroleros es un Preocupación, particularmente para industrias que requieren combustión interna (IC) motores, que son ampliamente utilizados para el transporte y la generación de energía, entre otras aplicaciones industriales. (Valipour Berenjestanaki et al., 2021)

El gas de biomasa, que se considera una fuente renovable adecuada de energía, se deriva de desechos animales, vegetales y de cultivos alimentarios, así como de los desechos humanos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esta materia biológica puede se quemado directamente o convertido en biocombustibles líquidos como el bioetanol y biodiesel o biocombustibles gaseosos que pueden utilizarse como combustible para motores de combustión interna. El biogás se produce a partir de biomasa a través de la descomposición de la materia orgánica. residuos en un ambiente anaeróbico. El biogás, que consiste principalmente en metano (CH<sub>4</sub>) y CO<sub>2</sub>, es inflamable debido a la alta proporción de CH<sub>4</sub>. El biogás contiene entre un 40 % y un 70 % de CH<sub>4</sub> y entre un 20 y un 40 % de CO<sub>2</sub>, junto con pequeñas cantidades de nitrógeno y trazas de oxígeno y sulfuro de hidrógeno. La proporción de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en el biogás varía según la generación. La proporción de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> en el biogás varía según la generación. Método y materias primas utilizadas. El biogás es neutro en carbono, reduce contaminación de los vertederos y es relativamente barato de producir. (Henham et al., 2001,p.9)

Para Sousa (2013) Uno de los factores a considerar en un sistema de biopresión es la necesidad de utilizar combustible en el motor de compresores, filtro, bomba,





iluminación, etc. Ante esta situación, se desarrolló un sistema de acoplamiento para el uso de combustible directamente en la planta. Para el suministro de energía a la planta, el sistema de generación de biogás está configurado para realizar control, iluminación y suministro eléctrico monofásico a una tensión de 220 V 60 Hz. El generador puede reemplazar la fuente de alimentación del distribuidor como se muestra en ilustración I. Además de los generadores, se ha propuesto el uso de motores de biogás para reemplazo, bombeo, filtrado y compresión. Además del motor y la bomba, este combustible también es utilizado por el generador. La presión del biogás permite almacenarlo en cilindros y usarlo en automóviles; Por lo tanto, la mayoría de las aplicaciones pueden utilizar biogás, para utilizarlo es necesario comprimirlo a bajas, medias y altas presiones entre 30 y 240 bar. (Souza & Schaeffer, 2013)

De acuerdo al contexto analizado se presenta las siguientes preguntas de investigación ¿Cómo se puede aprovechar la biomasa de la asociación de ganaderos (ASOGAN-SD) para generación de electricidad mediante el diseño y dimensionamiento de un biodigestor para obtención de biogás? Realizando la revisión de tecnologías similares ¿Cómo podría determinarse la viabilidad tecno económica de la tecnología mejorada? ¿Cuál será el resultado de la producción de biogás en un biodigestor usando estiércol de ganado vacuno para generación de electricidad?

## Metodología

Para este estudio se parte de la existencia de biomasa esta se cuantifica determinando que cantidad en kilogramos de estiércol de ganado se recoge en la feria de ganado ASOGAN, mediante la observación directa de cuantas carretillas llenas se recolecta cada semana por parte del trabajador después de terminar la feria. Mediante instrumentos de observación documental se determinó que cantidad de energía desmanda el circuito de iluminación de los corrales carga en kilo watios.

El diseño del biodigestor se realizó empleando la variable cantidad de biomasa instalada, en función de la necesidad de generación de biogás para la producción de electricidad que iluminará los corrales. Mediante la elaboración de un modelo matemático se cuantifico el volumen contenido con la relación mezcla de sustrato con agua de 1/1,5 este dato se modela mediante software libre Octave; con criterios de



programación de variables se obtuvo la longitud y diámetro del biodigestor tipo salchicha de flujo continuo, la temperatura de trabajo se determinó usando RETScreen expert (software de gestión de energías limpias es un paquete de programas desarrollado por el Gobierno de Canadá). que permite determinar además los datos como humedad promedio mensual durante el año.

La modelación del proceso del biodigestor se realiza mediante software de animación (SolidWorks) que permite evaluar el proceso anaeróbico y velocidad necesario empleando unas paletas de agitación a 100 revoluciones por minutos datos obtenido mediante estudios previos experimentales que constan en la introducción del documento, el biogás obtenido se purifica extrayendo el ácido sulfhídrico para luego ser introducido al motor de combustión interna que genera corriente eléctrica para el sistema de iluminación de los corrales de la feria.

Los problemas tácticos que se encontró fueron recogidos a través de la literatura. Revisión de tecnologías similares los parámetros y procesos para implementar el sistema de biodigestor se obtuvieron a partir de las condiciones locales que existen en Santo Domingo en cuanto a la materia prima y el clima todas estas variables aportaron al diseño del sistema de generación eléctrica mediante el aprovechamiento del estiércol del ganado en la asociación de ganaderos de Santo Domingo ASOGAN-SD.

Para Rainer (2013) citado por Ghiandelli (2017) El poliéster revestido de PVC rayado de PVC de 550 g/m<sup>2</sup> fue seleccionado como material para el reactor. es multicapas materiales compuestos con hilos especiales de baja mecha densamente tejidos en el tejido base. La membrana diferente los materiales se clasifican por peso, resistencia, sistema de lacado y translucidez. Como se puede ver en la figura 13, la membrana consta de diferentes capas combinadas con el tejido; una capa de imprimación, una capa superior y una superficie tratamiento para el sellado o impresión. La capa de imprimación tiene las funciones principales descritas anteriormente. y está protegido por una fina capa superior químicamente distinta. La capa exterior es específica de la naturaleza química. de los recubrimientos para permitir la unión y sellado de piezas de tejidos por compatibilidad química de los componentes. (Ghiandelli, n.d., p. 20)



Mediante observación directa en corrales de ASOGAN-SD se constata cada día miércoles la forma de recolección de estiércol+. El cual recolecta mediante palas y realizando montículos se puede observar la gráfica que cada carretilla que geoméricamente tienen una modificación como se puede observar en las figuras y demás anexos estas pueden alcanzar hasta 90 kg de estiércol según durante la contabilización de carretillas que se descargan como desecho a unos 50 metros del corral suman un promedio de 60 semanales.

## Resultados y Discusión

**Figura 2**

*Corrales de ASOGAN- SD*



**Nota.** En la figura, se puede observar las características geométricas de la carretilla de recolección de estiércol.

Para la obtención de los datos, cantidad de biomasa que se recolecta en los corrales de ASOGAN-SD se elaboró un instrumento ficha de observación que permite enumerar el número de recolectores y cuantas descargas realizan en el botadero a cielo abierto hacia una pendiente la cual conduce al río Toachi el cual se encuentra a una distancia de 300 metros y con respecto a los corrales es 50 metros en además se obtuvo un promedio de la carga kilogramos que cada carretillero transporta.

**Tabla 1**

*Fichas de observación*

Recolector	Numero de carretillas	Kg/carretillas	Total Kg
1	10	80	800
2	9	85	765
3	12	80	960
4	11	80	880
5	10	84	840
6	11	80	880
<b>Total</b>	<b>61</b>		<b>5125</b>

**Nota.** \* Mediante esta tabla describe la actividad promedio de recolección de estiércol en corrales cada miércoles de recolección.

**Tabla 2**

Determinación de producción de biogás durante el mes

Item - Semana	Cantidad de estiércol	Kg de estiércol (0,030m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> de biogás
1	5200	0,030	156
2	5000	0,030	150
3	5300	0,030	159
4	4900	0,030	149
<b>Total</b>	<b>20400</b>		<b>612</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

La constante 0.030 m<sup>3</sup> obtenida de la tabla (distribuidas soluciones agro eficientes nos presenta que se puede obtener 612 metros cúbicos de biogás para esto es necesario almacenar el biogás en tanque de almacenamiento a 200 atm previo retirase el agua del y azufre que contiene producto de proceso anaeróbico

**Tabla 3**

*Requerimiento de energía en corrales de asogan para iluminación.*

<b>CALCULO DE LA ENERGIA ELECTRICA-ASOGAN-SD</b>						
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>POTENCIA(Watt/h)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>POTENCIA INSTALADA (Watt)</b>	<b>TIEMPO USO (horas/día)</b>	<b>CONSUMO ENERGIA (W-h/día)</b>
1	Lámparas de corrales	200	20	4000	8	32000
2	Lampara de pasillo de corrales	60	20	1200	4	4800
3	Focos de oficina de feria	30	10	300	8	2400
4	Focos de bodega	4	40	400	3	1200
5	Bascula	30	3	90	5	450
6	Parlantes	400	4	1600	1	1600
7	Refrigerador	400	3	1200	4	4800
8	Modem	10	3	30	24	720
9	Focos baños	3	30	90	1	90
<b>TOTAL</b>				<b>8910(8.91 kW/h)</b>	<b>48060(48.060 kW/4)</b>	

**Nota.** \* Del cuadro se puede observar que el consumo diario de energía en la feria de ganados ASOGAN-SD es de 14890 W-h/día o 14.890 kW-h/día. Fuente obtenido modelo de instrumento tesis Diseño de un biodigestor para generación de energía eléctrica a partir del estiércol de ganado vacuno de una vivienda en Perú - Chiclayo Autor (Yonton, 2020., P. 35)

**Tabla 4**



*Holger Intriago, Juan Montaña, Ana Vivanco, Martha López. Generación de electricidad a partir de biomasa en la Asociación de Ganaderos de Santo Domingo*

Fórmulas para el diseño de biodigestor

Parámetro de diseño	Ecuación de calculo
Volumen de la caja de evacuación  De cada biodigestor conectados en paralelo	$\text{Volumen} = A \times L \times P$ <p>V: Volumen (1.5x 1.5 x 1.5=3.375 m<sup>3</sup>)</p> <p>A: Ancho =1.5 m</p> <p>L: Largo= 1.5 m</p> <p>P: Profundidad= 1.5 m</p>
Volumen total del biodigestor	$VB = Vc + 2 \times (Vs)$ <p>VB: Volumen total del biodigestor=48+2x16= 64 m<sup>3</sup></p> <p>VC: Volumen del cilindro= 48</p> <p>VS: Volumen de las semiesferas = 16</p>
Volumen de la carga semanal	$VCS = CE + (1.2 \text{ H}_2\text{O litros} \times CE)$ <p>VCS: Volumen de carga semanal =15.000+(1.2x15.000) =33.000 lt</p> <p>CE: Desechos orgánicos semanales=15.000 litros</p> <p>1,2 H<sub>2</sub>O: Litros de agua 1,2</p>
Caudal	$Q = V / \Delta t$ <p>Q: Caudal 33.000/30= 1.1</p> <p>V: Volumen 33.000 lt</p> <p>Δt: Tiempo 30</p>
	$Vsl = VB * 75\%$



Volumen que ocupa la carga (sólido y líquido)	$Vsl: \text{Volumen líquido} = 33.000 * 75\% = 24.750 \text{ lt}$ $VB: \text{Volumen del biodigestor} = 33.000$
Volumen Real de gas	$Vg = VB * 75\%$ $Vg: \text{Volumen gaseoso} = 33.000 * 0.75 = 24.750 \text{ lt}$ $VB: \text{Volumen del biodigestor} = 33.000$
Energía	$E = P_{csv} * V$ $E: \text{Energía} = 4500 * 16 = 72.000 \text{ Kcal}$ $P_{csv}: \text{poder calorífico superior volumétrico} = 4500$ $\text{Kcal/m}^3$ $V: \text{Volumen del gas metano} = 16 \text{ m}^3$

**Data.** \* el material utilizado es PVC 550. Se ubicaron dos orificios adicionales en el costado del biodigestor que podrían usarse para controlar la temperatura. Fuente Development and implementation of small-scale biogas balloon biodigester in Bali, Indonesia. Autor (Ghiandelli, 2017., p.16)

Para determinar el valor de la producción mínima de energía, se utilizó el poder calorífico, que se define como la cantidad de energía liberada por un combustible cuando se quema asimétricamente, y puede expresarse en kcal/m<sup>3</sup>. De acuerdo con Garcia (2006) citado por Roldan 2022 una de las propiedades del metano es el poder calorífico superior volumétrico (PCSV), cuyo valor es 4.500 kcal/m<sup>3</sup>. A partir de los 33m<sup>3</sup> de biogás obtenido en el proyecto, el porcentaje de gas metano es aproximadamente 70%, lo que corresponde a 23.1 m<sup>3</sup> que genera 103,950.0 kcal de energía.  $103.959 \text{ Kcal} * 4.186 \times 10^3 \text{ joul/1Kcal} * 1 \text{ Kw}/3.6 \times 10^6 \text{ joul} = 120 \text{ Kw}$   
Aplicando las relaciones de unidades de energía se puede identificar que se obtiene unos 120 Kw por cada carga a un bio digestor.

## Conclusiones





Para determinar el volumen total del biogás, según Cardona Citado por (Roldan, 2021) afirma que 1 kg de materia orgánica se debería generar 0.00325m<sup>3</sup> a 370C en un periodo de 15 días. Para el biodigestor instalado en ASOGAN-SD, de unos 20000 kg se obtiene 16 m<sup>3</sup> a 250 en 30 días, que equivale a 0.00351 m<sup>3</sup> de gas por kilogramo de materia

Para determinar el valor de la producción mínima de energía, se utilizó el poder calorífico, que se define como la calidad de energía liberada por un combustible cuando se quema estequiométricamente, y puede expresarse en kcal/m<sup>3</sup>. De acuerdo Garcia Posada, Amell y Burbano (2006), una de las propiedades del metano es poder calorífico superior volumen (PCSV), cuyo valor es 4.500 kcal/m<sup>3</sup>. A partir de los 16m<sup>3</sup> de biogás obtenido en el proyecto, el porcentaje de gas metano es de aproximadamente el 70% lo que corresponde a 11.2 m<sup>3</sup> que generan aproximadamente unas 72.000 kcal de energía.

El sistema de biodigestores debe ubicarse a un costado del corral, sobre una superficie plan y rígida (cemento), de modo que facilite el transporte y llenado del material orgánico hacia los biodigestores. Efectuar una recolección total del estiércol que produce la ASOGAN-SD, de modo que se puedan incorporar nuevos biodigestores con el tiempo, a fin de disminuir significativamente el impacto ambiental.

Se recomienda a los socios de ASOGAN-SD la aplicación de este proyecto, de manera que se incentive a la población campesina de los alrededores, incorporar la tecnología de los biodigestores para el manejo y disposición final del excremento. Continuar con investigaciones para el aprovechamiento del biogás, de tal modo que se pueda producir energía eléctrica, mediante el diseño de turbinas impulsadas por la combustión, y el almacenamiento del mismo en recipientes bajo presión.



## Referencias bibliográficas:

- Biru. 2015. BIRU Programme. *BIRU*. [Online] 2015. [Cited: 10 02 2017.]  
<http://www.biru.or.id/en/index.php/biru-program/>.
- Ghiandelli, M. (n.d.). *Development and implementation of small-scale biogas balloon biodigester in Bali, Indonesia*.
- Henham A, Makkar MK. Combustion of simulated biogas in a dual-fuel diesel engine. *Energy Convers Manage* 1998;39(16-18):2001-9.
- Iván, V. R., José, M. R., Melitón, E. J., & Agustina, O. S. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(3), 429-436.
- Pucker, J., Jungmeier, G., Siegl, S., & Pötsch, E. M. (2013). Anaerobic digestion of agricultural and other substrates – implications for greenhouse gas emissions. *Animal*, 7, 283-291.  
<https://doi.org/10.1017/S1751731113000840>
- Ramos, E., Carranza, G., & Gómez, P. (2021). Estudio de la simulación hidrodinámica de un biodigestor doméstico de tipo tubular. *Revista RedBioLAC*, 5(1), 41-47
- Sierra, H. (2017). Purificación y usos del biogás. Barcelona, Spain: Universitat Autònoma de Barcelona. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/utelvt/50402?page=36>
- Souza, J., & Schaeffer, L. (2013). Sistema de compresión de biogás y biometano. *Informacion Tecnologica*, 24(6), 3-8. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000600002>
- Valipour Berenjestanaki, A., Kawahara, N., Tsuboi, K., & Tomita, E. (2021). Performance, emissions and end-gas autoignition characteristics of PREMIER combustion in a pilot fuel-ignited dual-fuel biogas engine with various CO<sub>2</sub> ratios. *Fuel*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119330>
- Vista de Construcción de un biodigestor para generar energía renovable a partir de desechos orgánicos en el camal de Pacto - Ecuador*. (n.d.).
- Varnero Moreno, M. T. (2012). *Manual de Biogás*. D - FAO. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/utelvt/66099?page=10>
- Varnero, M. T., Carú, M., Galleguillos, K., & Achondo, P. (2012). Tecnologías disponibles para la Purificación de Biogás usado en la Generación Eléctrica. *Información tecnológica*, 23(2), 31-40.
- Ysabel, B. R., Ramos, G., Jamis, I. E., & Vásquez, M. (n.d.). *facultad de ingeniería escuela profesional de ingeniería mecánica tesis*.



### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses

