



## Generación de Biogás a partir de residuos orgánicos mediante la aplicación del NBS gas home organic reactor, en el anexo 14, distrito de San Ramón Junín, Perú

### Generation of Biogas from organic waste through the application of the NBS domestic organic gas reactor, in annex 14, district of San Ramón Junín, Peru

Benjamín Borda<sup>1</sup>, Nathalie Lahura<sup>2</sup> y Sophie Borda<sup>3</sup>.

#### RESUMEN

El objetivo de la investigación, fue realizar el diseño de un reactor de biogás mediante el uso de tubos de PVC para la obtención de gas a través de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos domésticos, el enfoque de la investigación fue cualitativo de método experimental el cual se ejecutó en el anexo 14 del distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, Junín, comprendido entre enero y noviembre del 2023. El reactor casero, NBS Gas Home Organic Reactor, cuenta con seis dispositivos conectados en serie, con una capacidad de carga o volumen efectiva de 42.41 litros de mezcla compuesta por agua, residuos domiciliarios y biomasa de ovinos y vacunos, el TRH fue de 40 días a 30°C para lograr el resultado deseado. Además, para la captación de biogás, se adaptó una cámara de geomembrana de vehículo con una resistencia de presión máxima de R17 el cual fue complementado con válvulas schrader para biogás. También, se realizó la medición de pH obteniendo valores de 6.8 a 7, esta condición permitió que los microorganismos anaerobios se desarrollen de forma correcta. Finalmente, se realizó la prueba de existencia del biogás mediante el uso de una cocina casera de dos hornillas, con resultado exitoso.

**Palabras clave:** Anaerobio, biogás, fertilizante, orgánico, residuos

#### ABSTRACT

The objective of the research was to design a biogas reactor using PVC pipes to obtain gas through the anaerobic digestion of domestic organic waste. The research approach was the qualitative and experimental method carried out in annex 14 of the San Ramón, province of Chanchamayo, Junín, between January and November 2023. The home reactor, NBS Gas Home Organic Reactor, has six devices connected in series, with a load capacity o effective volume of 42.41 liters of mixture composed of water, household waste, and biomass of sheep and cattle, the HRT was 40 days at 30°C to achieve the desired result. Additionally, a vehicle geomembrane chamber was adapted for biogas collection with a maximum pressure resistance of R17, which was complemented with Schrader valves for biogas. Also, pH measurement was carried out obtaining values of 6.8 to 7, this condition allowed anaerobic microorganisms to develop correctly. Finally, biogas was tested using a two-burner home stove, with successful results.

**Keywords:** Anaerobic, biogas, fertilizer, organic, waste

Recibido: 04/12/2023. Aceptado: 22/12/23

\* Autor para correspondencia

<sup>1</sup>. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Email: [benjaminborda@gmail.com](mailto:benjaminborda@gmail.com)

<sup>2</sup>. Grupo Aquara Moon, Perú. Email: [nathalielhura@gmail.com](mailto:nathalielhura@gmail.com)

<sup>3</sup>. Grupo Aquara Moon Perú. Email: [sophiebl@gmail.com](mailto:sophiebl@gmail.com)

---

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el informe presentado por el Sistema Nacional de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente, en el año 2020 se generó 7 905 118.13 de toneladas de residuos sólidos, de los cuales 64.8% fueron producidas por la población como residuos domiciliarios y el resto producto de las industrias, mercados, etc. (SINIA, 2020).

Según las cifras nacionales del 2019, según la guía para el cumplimiento de la META 3 del Programa de Incentivos a la mejora de la Gestión Municipal del año 2021 en el Perú al año se generan un total de 7 906 913 toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales el 57.64% (4,557,620 Tn) corresponden a residuos sólidos orgánicos que se logra ser valorizados en actividades como el compostaje; el 18.12% (1,432,771 Tn) corresponden a residuos sólidos inorgánicos con facultad de valorización como botellas de plástico, chatarra, papel, entre otros; y el 15.67% (1,239,403 Tn) corresponden a residuos no valorizables que incluyen residuos sanitarios, pilas, entre otros residuos (MEF, 2021).

El biogás es una aleación de diversos gases producidos por la composición anaeróbica de materia orgánica, como el estiércol y las basuras orgánicas. La composición química del biogás es de: CH<sub>4</sub> (40-70%), CO<sub>2</sub> (30-60%), H<sub>2</sub> (0.1%), N<sub>2</sub> (5.5%), CO (0.1%), O<sub>2</sub> (0.1%), H<sub>2</sub>S (0.1%). Siendo el metano (CH<sub>4</sub>) el más abundante; este es el primer hidrocarburo de la serie de alcanos y un gas de efecto invernadero. La mezcla de CH<sub>4</sub> con el aire se convierte en combustible y este arde con una llama azul (Blanco, 2011). La producción y utilización del biogás representa una mejora significativa de las condiciones ambientales y la producción de energía sostenible en las zonas rurales. Es por ello, que con la utilización del biogás se busca sustituir a la electricidad, al gas propano y al diésel como fuente energética en la producción de electricidad, calor o refrigeración (Akella, Shanna & Saini, 2007).

El impacto ambiental positivo que genera este tratamiento anaeróbico en la producción de biogás es evitar la emisión descontrolada de metano, que es uno de los gases con mayor efecto invernadero. La producción de biogás también ayuda a reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> a la atmósfera, el cual es 21 veces más dañino que el CO<sub>2</sub> como gas de invernadero (Gutiérrez et al., 2012.; FAO, 2012).

Finalmente, considerando que en Perú no existen muchos proyectos de reactores caseros y portátiles para la generación de biogás, para la reducción de residuos sólidos orgánicos, se plantea esta investigación con la implementación de un prototipo de fácil construcción, uso y mantenimiento cuyos resultados tienen como objetivo minimizar la generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios para así reducir el impacto generado por el mal manejo de estos residuos, lo cuales generan una aglomeración descontrolada en los botaderos, rellenos sanitarios o en zonas públicas, es así que la aplicación de este

reactor casero significa un impacto positivo para el control de la contaminación ambiental generado por los residuos sólidos orgánicos domiciliarios que mediante la obtención de biogás se puede utilizar como una fuente de energía alternativa en la cocina o en ciertos casos para la obtención de electricidad con un bajo impacto en el ambiente en las zonas rurales, beneficiando directamente a los usuarios donde además el producto final se puede utilizar para fertilizar los suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el anexo 14 situada en el distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú, en el período comprendido de enero a noviembre del 2023. La población se consideró a los centros poblados del distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, Perú, el cual cuenta con 60 centros poblados, con un total de 2615 viviendas en las cuales habitan 8480 habitantes considerados como zonas rurales del distrito (INDECI, 2007).

La muestra de estudio se consideró al centro poblado del anexo 14 que cuenta con 70 viviendas y 200 habitantes (INDECI, 2007), donde se puso a prueba el NBS Gas Home Organic Reactor.

Para la investigación se empleó un enfoque cualitativo, debido a que se observa el proceso de cambios en la composición física química y microbiológica de los residuos orgánicos domiciliarios. El alcance de la investigación es explicativo, debido a que en el proceso de la investigación se explican las causas existentes en la relación de las variables tales como eventos, fenómenos, cambios, sucesos inherentes a la investigación desarrollada. El diseño de la investigación es experimental, debido a que los reactores son empleados para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario en la cual se observan los cambios que se originan en su estructura los cuales generarán biol y metano (Borda, 2022). Para la construcción estructural del NBS Gas Home Organic Reactor, se consideraron materiales elementales (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Relación de materiales utilizados para la fabricación del reactor NBS Gas Home Organic Reactor

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Tubo de PVC de 4 pulgadas	1
Tubería de 1/2 pulgada de salida de gas con orificios a 2.5 mm	6
Tubería de 1/2 pulgada de salida de biol con orificios a 2.5 mm	6
Unión universal con rosca de 1/2 "	12
Niples de 5 cm con rosca de 1/2"	12
Codo de 90° de SP 1/2"	18

Codo de 90° con rosca de 1/2"	12
Tapón de 1/2"	12
Niples de 10 cm de 1/2"	12
Unión con rosca interna de 1/2"	12
Tapón de 4"	6
Tapón con rosca de 4"	6
Acoples con rosca para tubos de 4"	6
Arandelas de jebe	24
Tubería de PVC de 1/2"	1
Topes de 4"	6
Galón de agua de 19 Lt	1
Tee SP de 1/2"	10
Medidor de presión de gas	1
Válvula check de 1/2"	4
Válvula bola 1/2"	1
Cámara de llanta	1

Las etapas del proceso experimental de la investigación se muestran en la Figura 1.

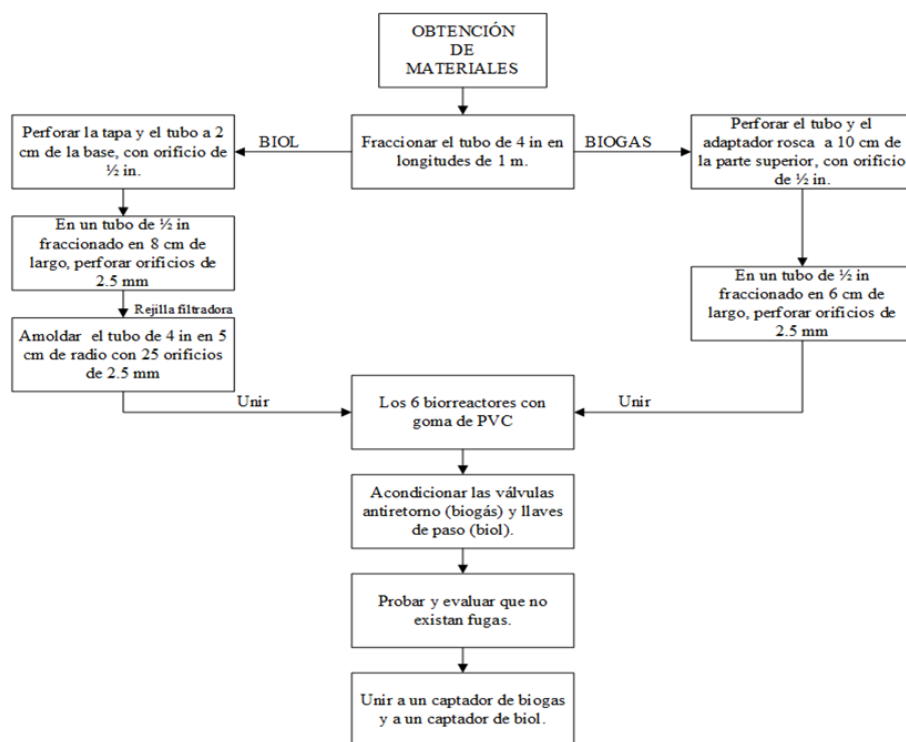


Figura 1. Flujograma de fabricación del reactor NBS Gas Home Organic Reactor

La activación de los residuos orgánicos requiere de nutrientes y activadores naturales que ayudan a mejorar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del reactor, para ello es necesario disponer y dosificar su suministro en el funcionamiento del sistema, estos activadores se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación de insumos utilizados para la generación del biol y gas.

Insumos	Cantidad
Residuos domésticos	6 k
Cáscara de huevo	0.5 k
Levadura de pan	0.250 gr
ceniza	1 k

### Sistema de funcionamiento del biorreactor de biogás

El sistema de funcionamiento del biorreactor para la producción de biogás a partir de los residuos orgánicos domiciliarios se muestra en la Figura 2.

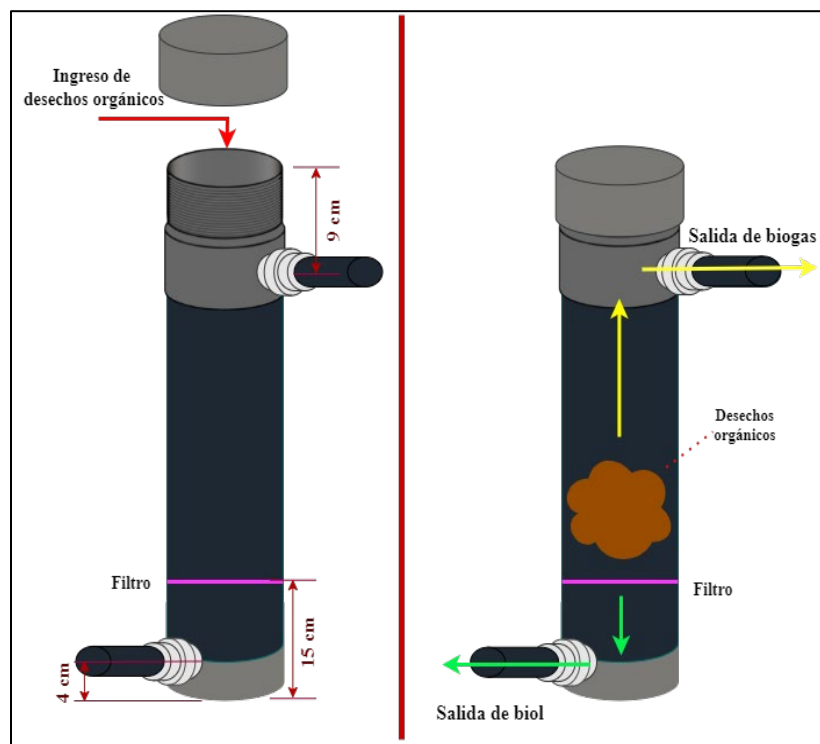


Figura 2. Flujograma del funcionamiento de los biorreactores

Para la construcción estructural de los reactores se usó el diseño modelado en Draw.IO., tal como se muestra en la Figura 3.

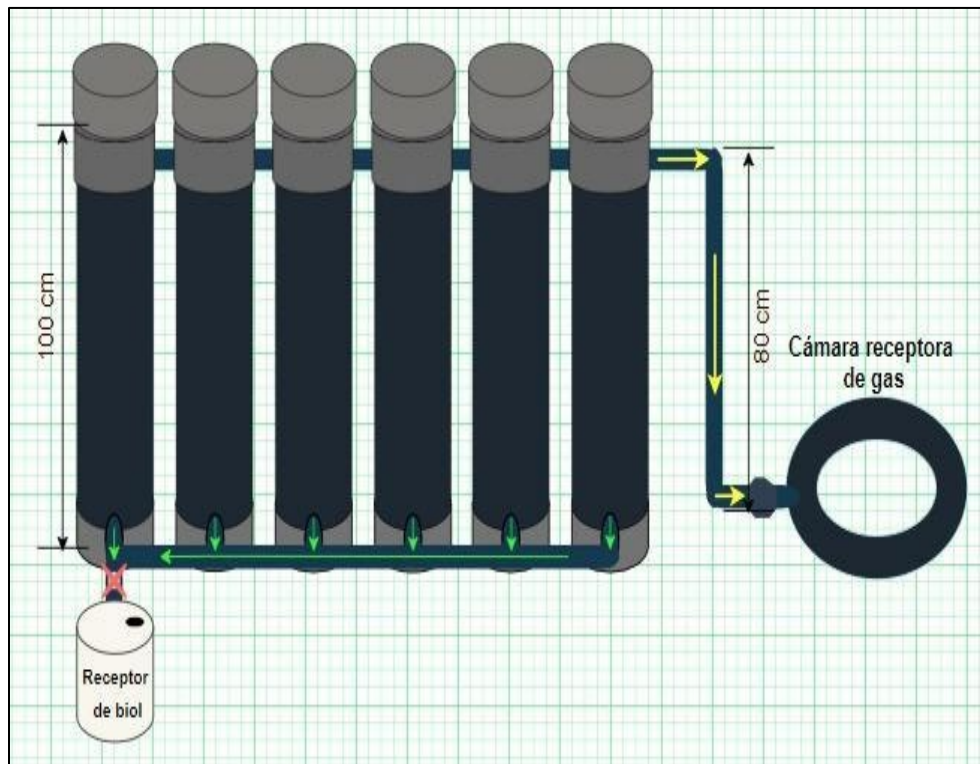


Figura 3. Diseño del sistema reactor NBS Gas Home Organic Reactor

Para la construcción estructural de la captación de biogás se usó el diseño modelado en Draw.IO., tal como se muestra en la Figura 4.

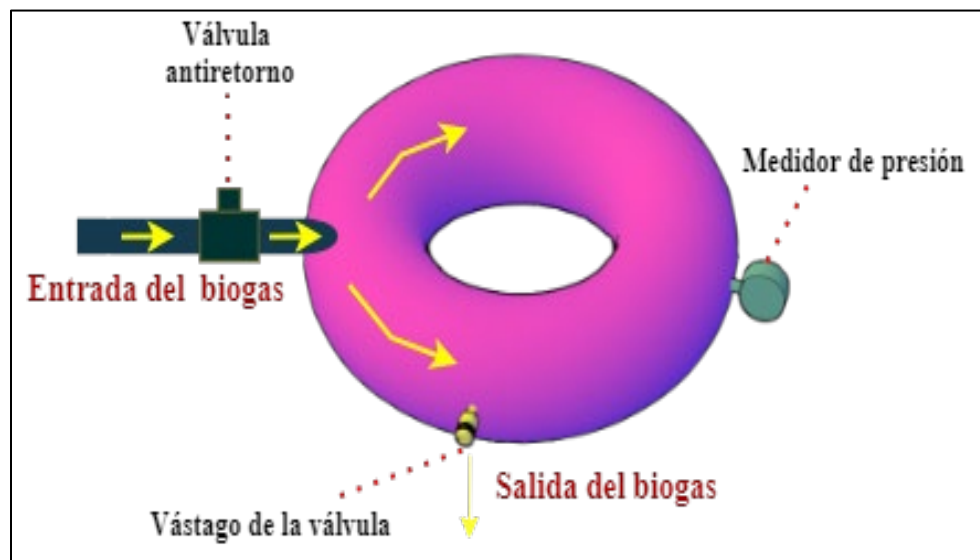


Figura 4. Diseño de la captación de biogás NBS Gas Home Organic Reactor

Las etapas del proceso de producción de biogás de la investigación se muestran en la Figura 5.

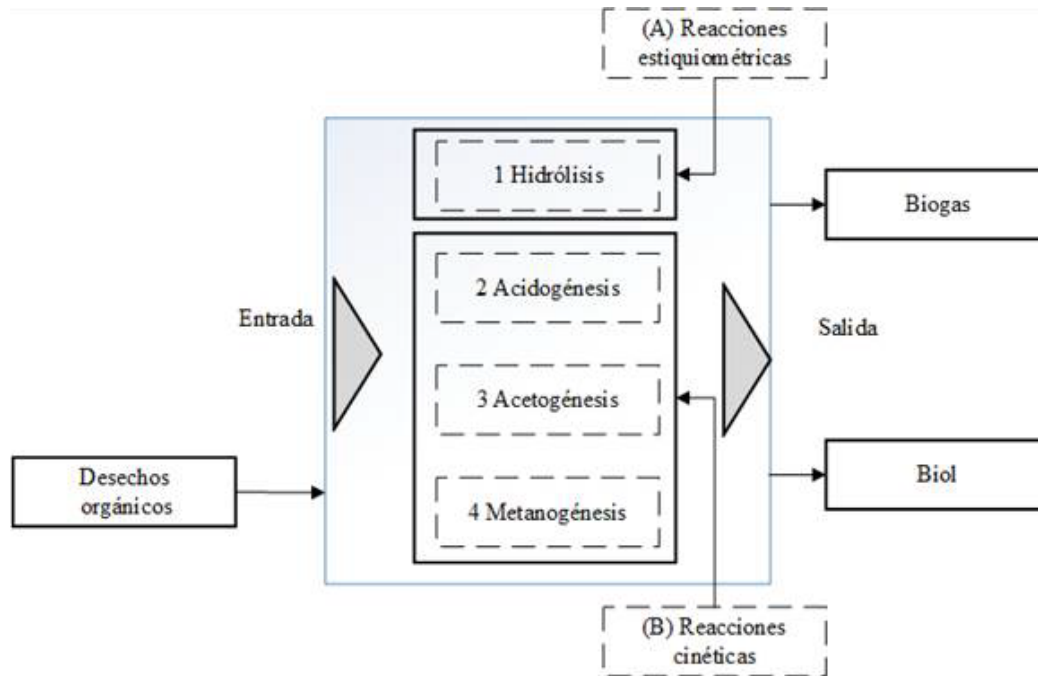


Figura 5. Diseño del proceso de producción de biogás NBS Gas Home Organic Reactor

## RESULTADOS

### Cálculo de los parámetros físicos del biorreactor

#### Cálculo de volumen de los desechos orgánicos:

Este cálculo se determinó en relación a las dimensiones de los biorreactores que se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones del reactor

Dimensiones	Valores
A	100 cm
Ae	90 cm
R	5 cm
V	7.854 L
CCb	7.068 L
NB	6
CCs	42.41 L

Donde:

CCb: Capacidad de carga de los biodigestores

CCs: Capacidad de carga total del sistema

A: Altura de los biodigestores

Ae: Altura efectiva de los biodigestores

V: Volumen de biodigestores

R: Radio de biodigestores

NB: Número de biodigestores

$$V = A * \pi * R^2$$

$$V = A * \pi * R^2$$

$$CCs = CCb * NB$$

Relación de desechos orgánicos y agua para la mezcla: Éstas estuvieron en la misma proporción para cada biodigestor. Se utilizó agua de río para favorecer el desarrollo de los microorganismos en ausencia de cloro y la materia orgánica relación que se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación de agua y materia orgánica para la mezcla de entrada a los biodigestores individuales

Agua	3.53 L
Materia orgánica	3.53 kg

**Composición de materia orgánica:** La mezcla total que entró al sistema contenía estiércol de ovino, cenizas, cáscaras de huevo y residuos domésticos en la proporción en que se muestra en la Tabla 5. Adicionalmente se le añadió levadura.

Tabla 5. Porcentaje de los componentes de la materia orgánica utilizadas en la mezcla

Componentes orgánicos de la mezcla	% porcentaje
Estiércol de ovinos	20
Cáscaras de huevo	4.5
Cenizas	1.8
Desechos de cocina	59
Estiércol de vacuno	14.7

**Cálculos hidráulicos del sistema:** Se tomaron parámetros como el caudal (Q) y el tiempo de retención hidráulica (TRH) ajustando al volumen de los biodigestores y a las recomendaciones mínimas, el sistema está adaptado para un caudal máximo de 1.06 L/día mostrado en la Tabla 6.



Tabla 6. Tiempo de retención hidráulica y caudales del sistema.

TRH	40 días
Qb	0.177 L
Qs	1.06 L

Qb: Caudal de biodigestor

Qs: Caudal del sistema

$$Qb = CCb * TRH$$

$$Qs = Qb * NB$$

### Fabricación del sistema

#### Tipo de materiales usados en los biorreactores:

El sistema de los biorreactores estaba compuesto de 6 tubos PVC de 4 pulgadas, 6 tapas de tubo de PVC de 4 pulgadas y 6 tapas con roscas de 4 pulgadas.

#### Salida de biogás del biorreactor:

Para la salida de biogás se contó con un tubo de media pulgada con perforaciones de medio centímetro de diámetro colocados a 9 cm de distancia de la parte superior (Figura 6).



Figura 6. Sistema de salida de biogás del biorreactor

#### Fabricación del sistema de captación de biol

La salida de biol está condicionada a 4 cm de la parte inferior del biorreactor, para mayor presión se puso en funcionamiento una unión tope de PVC presión de ½ in, acoplada a ella un tubo de ½ con rosca, de 3 cm y tubería PVC de 10 cm, para las uniones de cada biorreactor se instalaron tuberías de 14 cm, codos y T de PVC de ½ pulgada, como salida del biol de todo el biorreactor en sí se optó por instalar una llave de paso de ½ pulgada PVC. (in). Como receptor de biol se habilitó un balde plástico de pintura el cual

está compuesto en su mayoría de plástico de polietileno de alta densidad (es un plástico que se fabrica a partir del etileno) (Ver Figura 7).



Figura 7. Sistema de salida de biol del biorreactor NBS Gas Home Organic Reactor

El soporte fue diseñado considerando la altura de los biorreactores el cual es de 100 cm, capacidad de carga y peso, el soporte tiene que soportar un peso aproximado de 60 a 90 Kilos y como características de este se consideraron que la altura sea de 1 m con 17 cm, la parte inferior el soporte carga todo el peso de los reactores, por lo cual se consideró implantar la madera a 30 cm de ancho y largo 1.25 m, en la parte superior del soporte se empleó las mismas medidas de la parte inferior, para el soporte de los biorreactores se hicieron agujeros de 6 cm de radio a una distancia de 10 cm de tubo a tubo, se consideró poner una madera de costado de 1.50 para mayor estabilidad, estas piezas fueron aseguradas con tornillos bicromatado de 4 por 50 mm (Ver Figura 8).



Figura 8. Soporte del biorreactor NBS Gas Home Organic Reactor

### **La fabricación captación del biogás**

Se utilizó un tubo de unión mixta de  $\frac{1}{2}$  para adaptar el tubo de salida de gas del biodigestor a la manguera que conducirá el gas hasta la cámara de llanta. Así mismo se utilizaron en la entrada y la salida del tubos adaptadores de bronce de  $\frac{1}{4}$  y un adaptador de  $\frac{1}{4}$  junto 2 abrazaderas para asegurar el transporte del gas y así poder evitar fugas. Se acondicionó en medio de la manguera la válvula de presión junto con un adaptador de acero tipo T y 2 abrazaderas para asegurar y mantener la presión dentro de la llanta ver Figura 9.



Figura 9. Adaptación del biorreactor NBS Gas Home Organic Reactor a la cámara receptora de biogás

### Tipo de tubería

Se utilizó un tubo de unión mixta de  $\frac{1}{2}$  para adaptar el tubo de salida de gas del biodigestor a la manguera que conducirá el gas hasta la cámara de llanta. Así mismo se utilizaron en la entrada y la salida del tubos adaptadores de acero de  $\frac{1}{2}$  y un adaptador de  $\frac{3}{8}$  junto 2 abrazaderas para asegurar el transporte del gas y así poder evitar fugas. Se acondicionó en medio de la manguera la válvula de presión junto con un adaptador de acero tipo T y 2 abrazaderas para asegurar y mantener la presión dentro de la llanta. El manómetro que utilizamos mide la presión de 0 a 12 bar y/o de 0 a 170 psi, la cual fue adaptada con una válvula schrader a la cámara para llanta de moto RIN 17 (Ver Figura 10).



Figura 10. Adaptación del biorreactor NBS Gas Home Organic Reactor a la cámara receptora de gas

### Tipo de envases utilizado para el almacenamiento del biogás

Se adaptó a la cámara para llanta de moto RIN 17, dos válvulas schrader; una para la entrada y salida del gas, implantado con una T de bronce, para evitar la fuga de gas al momento de encender la cocina, se acondicionó una válvula esférica de paso de ½ in y una manguera de gas y otra para la implementación del manómetro. La presión máxima que resiste la cámara R17 o RIN 17 es de 33 psi como menciona la marca (Ver Figura 11).



Figura 11. Adaptación del biorreactor NBS Gas Home Organic Reactor a la cámara receptora de gas

### Pruebas Hidráulicas

Se hicieron las respectivas pruebas llenando de agua a los biodigestores con la intención de asegurar que no exista ninguna fuga en el sistema y se pueda medir la presión con los gases generados. En el proceso se pudo encontrar algunos biodigestores defectuosos e inmediatamente se parcharon todas las salidas (Figura 12).



Figura 12. Pruebas hidráulicas realizadas para el conocimiento existente de fugas en el biorreactor

### Medición de pH y Temperatura

Para la medición de pH, se utilizó tiras de pH de papel tornasol. El material de este papel asegura que la tira reactiva muestre un color diferente cuando los pH tienen distinta acidez. Para poder realizar la medición se extrajo el biol de los bioreactores en un vaso de plástico limpio para evitar la alteración del pH al momento de hacer la respectiva medición. Se sumerge la tira de medición de pH por dos segundos y se espera por un tiempo de 10 segundos para poder realizar la comparación, del indicador de la tira con la tabla de medición de pH. En la primera medición se obtuvo un pH de 5, el cual nos indica una acidez, tal como se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Medición de pH NBS Gas Home Organic Reactor

### **Prueba de existencia de gas**

La primera prueba se realizó a los 8 días después de realizada la carga de residuos orgánicos, estiércol de bovino y activadores, la prueba consiste en instalar una cocina de GLP a la manguera gas para comprobar si se almacenó suficiente biogás en la cámara receptora, una vez instalada la manguera se abre la válvula esférica de paso de  $\frac{1}{2}$  in, posteriormente abrimos la perilla de la cocina GLP y con un fósforo tratamos de encender. En esta prueba se determinó que los 8 días no son suficientes para el almacenamiento necesario ya que la cocina GLP no se llegó a encender (Figura 14).



Figura 14. Prueba de existencia a los 8 días del NBS Gas Home Organic Reactor

La segunda prueba se realizó a los 14 días después realizada la carga de residuos orgánicos, estiércol de bovino y activadores, la prueba consiste en instalar una cocina de GLP a la manguera de gas para comprobar si se almacenó suficiente gas en la cámara receptora, una vez instalada la manguera se abre la válvula esférica de paso de  $\frac{1}{4}$  in, posteriormente abrimos la perilla de la cocina GLP y con un fósforo tratamos de encender. En esta prueba se determinó que, si se almacenó el gas, a los 14 días (Figura 15).



Figura 15. Prueba de existencia a los 14 días del NBS Gas Home Organic Reactor

## DISCUSIÓN

El biorreactor, NBS Gas Home Organic Reactor, consta de 6 dispositivos con una capacidad de carga o volumen efectiva total de 42.41 L de biomasa compuesta por agua, materia orgánica domiciliaria, biomasa de ovinos y vacunos; las capacidades fueron superiores a las de escala de laboratorio como el que mostró de la investigación de Merino (2019), donde se presentó un biorreactor de 11.9 L con una mezcla similar con volumen libre de los biorreactores en un rango de 10% a 20%, para la presente investigación se tomó el rango mínimo de 10%.

En el artículo “Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Hospital de Clínicas: Un estudio preliminar”, los autores Giubi J, Bernal M, Cañete F. (2019), muestran un estudio experimental que consiste en dos sistemas: en el sistema primero se ha expuesto a la sombra, con 39 kilos de residuos de cocina, 3 kilos de estiércol, 5,5 de pH, 1 a 4 de residuo/agua durante 30 días. En segundo sistema, se ha expuesto a la luz solar, con 68 kilos de residuo de cocina, 10 kilos de estiércol, 7 de pH, 1 a 1 de residuo/agua, durante 30 días.

La relación de desechos orgánicos y agua para la mezcla de la solución es de 7.06 L por biorreactor, se hizo tomando en cuenta la Guía de Biogás proporcionada por la FAO (2011), que recomienda esa proporción mínima de agua respecto a materia orgánica con estiércol de vacunos y ovinos. También, se

tomó esta guía de referencia para establecer el TRH de 40 días, que es lo mínimo recomendado para lugares con climas de temperaturas alrededor de 30°C como lo es en nuestra localidad.

El promedio de los residuos utilizados para la generación del biol y gas, se estimó de 6 kilos en residuos domésticos, 0.5 kilos en cáscara de huevo, 0.25 gramos en levadura de pan, 1 kilo de ceniza, comparamos con el trabajo de Revista de la Facultad de Ingeniería (2014), donde nos indica que: El promedio de residuos biodegradables fue de 229.16 kg por día. Este podría variar dependiendo del menú que se establezca. Por ejemplo, los días que se preparan vegetales con cáscaras, habrá mayor cantidad de residuos no comestibles.

En los parámetros de funcionamiento se observan las pruebas hidráulicas Borda (2022), por lo tanto, para los reactores con la mezcla, la mayor parte de la digestión se produce en los primeros 20 días (Generación de Biogás a través de Biodigestores Anaerobios, Junio, 2019).

Para obtener biogás y fertilizante de buena calidad, se debe de tener en cuenta la relación estiércol-agua, condiciones de temperatura y pH, el biodigestor tendrá buen rendimiento dependiendo de la biomasa escogida, y el tiempo de retención necesaria para completar cada una de las etapas de la digestión anaerobia. Para la mezcla se puede utilizar excrementos de ganado porcino, bovino, caprino, humanos y animales, como también restos vegetales, etc. Ya que estos son fácilmente degradados en el biodigestor. No se debe tomar en cuenta en la mezcla del sustrato huesos, grasas, tierra, piedras, maderas verdes; ramas, troncos, aserrín, viruta. El biodigestor debe estar en constante monitoreo, procurando que no tenga fugas, o esté lleno de presión, generando el riesgo de explotar (Toala E. 2013).

El reactor NBS Gas Home Organic Reactor, está compuesto por 6 reactores en serie, similar al estudio planteado en la codigestión de residuos orgánicos agroindustriales para la producción y uso de biogás de Plasencia (2014), donde se utilizaron dos biodigestores piloto tipo vertical de 30 L de capacidad, de los cuales cuentan con control de temperatura programable y con agitación mecánica, este tipo de biorreactores nos facilita la obtención de gas ya que están diseñados para este fin.

La estructura para el soporte del biorreactor, se construyó de madera con armazones de 125 cm de altura y 30 cm de ancho y 2.5 cm de espesor en la parte superior se hicieron 6 agujeros de 6 cm de radio al similar diseño al planteado por Alvarado (2019), donde consideró 6 agujeros en las platinas laterales esto en la línea de su biogás con una estructura de acero de 81x60x37 cm, para las paredes del tanque uso vidrio de 6 mm de espesor.

El biorreactor cuenta con acoples de acero de  $\frac{1}{2}$  del tubo hacia la manguera que dirige a la cámara de recepción de biogás donde se instaló un medidor de presión sujetado con abrazaderas para evitar la fuga

---

del biogás, se puso un T de ½” de bronce para la captación y salida del biogás hacia la cocina, situación similar a lo planteado por Ardila (2020), donde utilizó una válvula en el inicio de la salida, considero acoples hembra y macho de PVC entre el plástico polietileno y las tuberías, para su almacenamiento utilizó un empaque de neopreno de 2.3 mm de espesor.

En la fabricación del sistema de captación de biogás se consideró una cámara de geomembrana RIN 17, dos válvulas schrader; una para la entrada y salida del gas en a que se le implantó una T de bronce, para evitar la fuga innecesaria de gas al momento de encender la cocina. En el proyecto de tesis “Producción de biogás a partir de residuos orgánicos de frutas y hortalizas generados en el mercado Gomez Rendon se utilizó otros materiales como son una bandeja de 4 L, llaves de paso, codos, reductores de PVC la manguera, silicona selladora, en la cual se puso en funcionamiento para poder recolectar el biogás y posteriormente utilizar para poder encender una cocina de mesa a gas, tal como indica (Gamarra, D., y Sanabria, L. 2020).

En la tesis “Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander”, se fabricó el sistema de captación de gas de la siguiente manera: se abrió un agujero a las tapas de los frascos para insertar la sonda en ellas. Esto se hizo para que el gas circulara por el tubo y llegará al buretrol. El buretrol fue conectado a una manguera que conducía a un contenedor donde se almacenó el líquido desplazado. Dicha manguera se conectó a la parte inferior del buretrol y se realizó una curva en U para evitar que, por el principio de vasos comunicantes, la mezcla con NaOH se desviara hacia el frasco y perturbara el desarrollo del experimento (Vega y Silva 2020).

El biorreactor, NBS Gas Home Organic Reactor., consta de 6 reactores en serie, mediante tubos de PVC de 4”, los cuales fueron acondicionados para la fermentación de los desechos orgánicos y así puedan llegar a la producción de biogás, Valdivia (2000) menciona que el reactor es un contenedor cerrado, hermético e impermeable dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar en determinada dilución de agua para que se descomponga por microorganismos, produciendo por un lado gas metano y por otros fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

Para la captación de gas del NBS Gas Home Organic Reactor, se adaptó una cámara de llanta el cual tiene una resistencia de presión máxima de R17, complementando con válvulas de entrada y de salida para biogás similar a la investigación de Jiménez (2012), donde nos muestra que el sistema de captación del biogás lo compone la bolsa de captación y el filtro de H<sub>2</sub>S. Para la bolsa de captación se utilizó una cámara de llanta perfectamente sellada.



En la primera medición de pH se obtuvo 5, el cual nos indica la presencia acidez, resultados diferentes a otro estudio similar donde se tuvo un pH 6, lo que se considera adecuado para el proceso de digestión anaerobia que busca obtener la producción de biogás la investigación fue realizada por Revista de la Facultad de Ingeniería (2014), donde también nos indica que para mayor producción de metano el pH óptimo es de 7. Según Alvarado, Rodríguez y Botero (2010), la composición del biol en promedio tiene un pH de 7,5 el cual considera que el pH es óptimo de 7 a 9 para mayor eficacia.

Los resultados obtenidos en la primera medición de pH, no fue la indicada, por esa razón se tuvo que recurrir a una segunda medición el cual sí fue considerado como óptimo debido a que oscilaba en el rango de pH 7. Clark y Speece, (1989), mencionan que, los microorganismos anaerobios necesitan de manera estricta un pH en torno a la neutralidad para su desarrollo correcto, aunque permiten cierta oscilación y problemas si baja por debajo de 6 o sube por encima de 8.3 (Lay, Li, y Noike, 1997).

Las etapas de prueba de existencia determinaron que el gas acumulado es suficiente para encender dos hornillas de cocina. Sin embargo, es importante caracterizar por la presencia de otros gases FAO (2011), donde mencionan que es importante dejar la salida de gas abierta por al menos una semana, con el propósito de eliminar la mayor cantidad del oxígeno inicial existente que puede obstruir en la digestión anaerobia. También se menciona que es posible producir entre 400 y 700 litros de metano por cada kilogramo y el gas tiende a componerse fundamentalmente de metano y anhídrido carbónico en relaciones aproximadas de 70% y 30% respectivamente y 2% de otros gases, de esta forma, se puede mejorar la eficiencia en la producción de biogás.

## **CONCLUSIONES**

El estudio se enfocó en la viabilidad de la implementación de un biorreactor casero, que funcione con residuos orgánicos domésticos y otros fáciles de conseguir, con el objetivo de hacer frente a la problemática de la mala gestión de residuos sólidos orgánicos que suelen acumularse en pozos de relleno sanitario y lugares públicos.

Los reactores seriados verticales para biogás planteados con el diseño NBS Gas Home Organic Reactor, funcionan de forma correcta y eficiente, son fáciles de utilizar y de mantenimiento continuo, con recargas independientes donde no se interrumpe el funcionamiento del sistema logrando optimizar los tiempos de producción de biogás. Además, los productos obtenidos luego de un ciclo de proceso se utilizan como biofertilizante el cual asegura 100% de transformación de los residuos orgánicos domiciliarios.

---

En el proceso es imprescindible adecuar las condiciones necesarias para la actividad microbiana en la metanogénesis, eso implica regular cuidadosamente el pH, la temperatura y la composición de la mezcla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, H.; D. Rodríguez & R. Botero. 2010. Evaluación de la vinaza y su efecto sobre la producción y calidad de biogás y de sus efluentes. *Tierra Tropical*;6 (2): 241-248.
- Ardila, E. (2020). Aprovechamiento de los residuos orgánicos producidos en los hogares del conjunto residencial Bellavista, sector rural del municipio de Garzón, para la obtención de biogás a partir de la construcción de un biodigestor. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/6323>.
- Borda Luna, B. (2022). Generación de biol a partir de residuos orgánicos mediante la aplicación de reactores orgánicos en el anexo 14 de San Ramón, Junín (Perú). *Yotantsipanko*, 2(1), 81 - 94. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v2i1.16>
- Cepero, L., Savran, V., Blanco, D., Díaz, M., Suárez, J., y Palacios, A. (2012). Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 219-226. Recuperado en 21 de julio de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&tlng=es).
- Espinoza et al (2017). Diseño y Construcción de un Biorreactor Batch de bajo costo a escala laboratorio para la producción de gas metano a partir de biomasa residual. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ciencias de la Energía y Mecánica. Recuperado el 11 de Julio de: [http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Espinoza-Rafael\\_residual.pdf](http://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2017/12/Espinoza-Rafael_residual.pdf)
- FAO (2011). Manual de Biogás. MINENERGIA, PNUD, FAO & GEF. Recuperado el 11 de julio de: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Gamarra, D., y Sanabria, L. (2020). Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la producción de energía renovable en Colombia. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/4488>
- Giubi, J., Bernal, M., y Cañete, F. (2019). Producción de Biogás a partir de residuos orgánicos generados en el Hospital de Clínicas: Un estudio preliminar. *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción)*, 52(3), 53-58. <https://doi.org/10.18004/anales/2019.052.03.53-058>
- Jimenez (2012). Tesis de “Evaluación de los parámetros de un biodigestor anaerobio tipo continuo, Universidad Veracruzana, facultad de ingeniería mecánica eléctrica, maestría en ingeniería energética

- Merino (2019). Diseño e implementación de reactor anaerobio semicontinuo para aprovechamiento de cáscaras de cacao. Universidad de Piura. Recuperado en 11 de julio de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4239/IME\\_268.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4239/IME_268.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Moreira, E. (2013). “Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica.” escuela superior politécnica de chimborazo.
- Lay, J.J., Li, Y.Y., Noike, T. 1997. Influences of pH and moisture content on the methane production in high-solids sludge digestion. *Water Research*, vol. 31 (10).
- León, C., Nomberto, C., Mendoza, G., Bardales, C., Cabos, J., y Barrena, M. (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, *Biol y Biosol. Arnaldoa*, 26(3), 1017-1032. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26311>
- Serrat, M., Méndez, A. (2015). Construcción y Validación Experimental de un Biorreactor Artesanal Tipo Tanque Agitado para Fermentaciones Sumergidas a Escala de Laboratorio. *Tecnología Química*, 35(3), 362-375. Recuperado en 21 de julio de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852015000300010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000300010&lng=es&tlng=es).
- Toala, E. (2014). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba
- Valdivia, T. R. (2000). Uso de Biogás para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasolinero estacionario modificado. Lima, Perú.
- Vega, D., y SILVA, F.(2020), Estudio para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos de búfalo mediante la biodigestión en el municipio de Rionegro, Santander. S.l.: s.n. 2020. 11 pp.