



# Title: Design, construction and testing of a prototype floating hood biodigester for organic waste from municipal slaughterhouses

**Authors:** ACOSTA-PINTOR, Dulce Carolina, MOJICA-MESINAS, Cuitláhuac, VIDAL-BECERRA, Eleazar and GONZÁLEZ-ZARAZÚA, Jonathan de Jesús Constantino

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BECORFAN Control Number: 2021-01  
BECORFAN Classification (2021): 131221-0001

Pages: 19  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Introducción

De acuerdo a un estudio de cuantificación de residuos realizado previamente en el rastro municipal de Ciudad Valles, S.L.P., se estimó una generación de 21,388 kg por mes de residuos orgánicos, que representa 1,336.7 kilogramos por día (16 días de generación de residuos), de una mezcla principalmente de estiércol, sangre de bovino y cerdo, y contenido ruminal de bovino, por lo que es factible producir mensualmente hasta 1,625.95 m<sup>3</sup> de biogás (Vidal, 2021).

Se identificó que los residuos líquidos (agua y sangre) son enviados a la planta municipal tratadora de aguas residuales y los residuos sólidos de rumen, estiércol, pezuña, cola y cuernos son llevados al relleno sanitario; esta situación representa, además del evidente daño ambiental, un gran desperdicio de recursos que pueden ser valorizados para la generación de biogás o pueden ser considerados como un subproducto de la matanza. Debido a las características físico químicas que contienen los desechos orgánicos derivados del rastro, éstos pueden tener un uso y aprovechamiento para la generación de biogás.

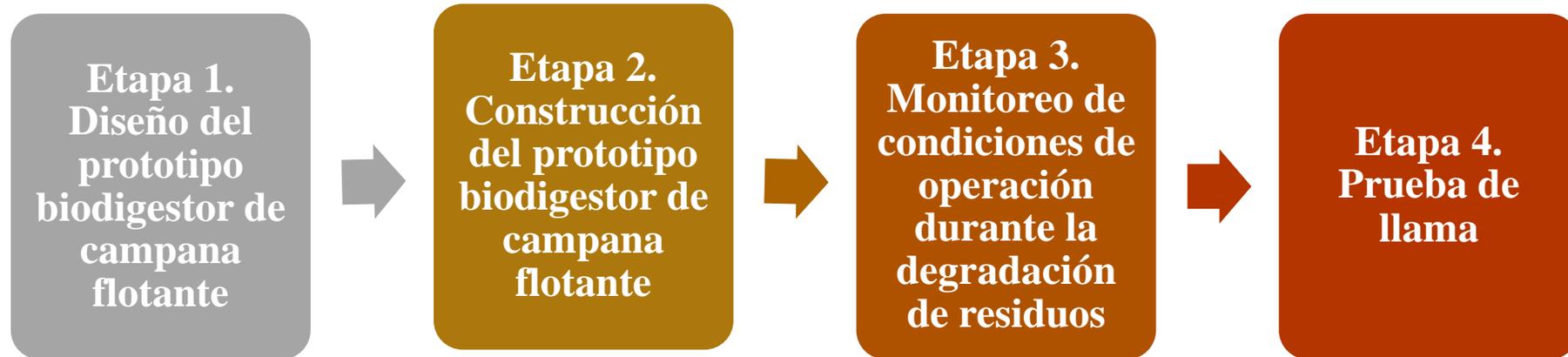
# Introducción

El propósito de este trabajo, fue realizar el diseño y construcción de un prototipo biodigestor de campana flotante para probar el funcionamiento de la digestión de residuos orgánicos y evaluar el funcionamiento. La razón por la cual se requiere del estudio de este tipo de biodigestor, es por las ventajas que representa tales como: años de vida útil, requerimiento de espacio menor, ubicación vertical, facilidad de mantenimiento y materiales de construcción más duraderos (Hernández, A. 2013), que pudieran considerarse al momento de implementar en campo un proyecto de este tipo.



**Rastro Municipal**

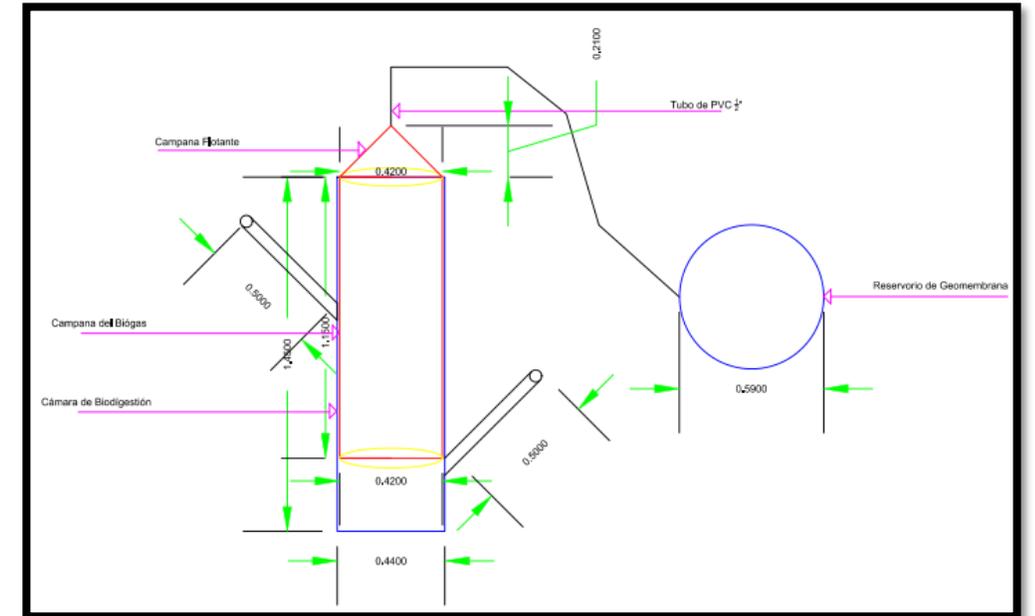
# Metodología



## Etapa 1. Diseño del prototipo biodigestor de campana flotante

Para la realización del diseño del prototipo, se consideró la ideación del sistema, y se determinaron los siguientes componentes para degradar la biomasa en fase única: Conducto de carga, Tanque biodigestor de concreto, Tubería de conducción de biogás, Campana flotante, Reservorio para gas, Conducto de descarga y Tanque de descarga.

Una vez identificados los componentes del sistema, se determinaron las dimensiones del prototipo en función de la proporción de mezcla a utilizar en el biodigestor para una operación de prueba de 30 días. Para ello, fueron utilizados los cálculos sugeridos por García, J. y León E. 2015.



El diseño del prototipo biodigestor de campana flotante, consideró su operación con la carga diaria en proporción 1:3 de 1 kg de residuos orgánicos obtenidos del rastro municipal de Ciudad Valles y 3 l de agua. Se dimensionó un volumen del tanque biodigestor para permitir la digestión de 4 kg diarios de mezcla en 30 días de operación. Para ello se determinó el Volumen del tanque del biodigestor ( $m^3$ ) obteniendo un volumen necesario de  $0.120 m^3$  en 30 días de operación para depositar la mezcla en el tanque de carga.

Se realizó el cálculo para determinar el volumen total necesario del biodigestor para ocupar un 75% en la mezcla y un 25% para el biogás generado, obteniendo un volumen de  $0.150 m^3$ . Para el dimensionamiento de la campana flotante se consideraron las medidas del tanque biodigestor, calculando el diámetro de 0.42 m.

La altura total de campana flotante fue estimada de 1.36m, el radio de la curvatura de la cúpula en 0.21 m. El diseño de la campana, considera un volumen total de almacenamiento de  $0.178 m^3$ , lo que será suficiente para cubrir la capacidad diaria teórica calculada de  $0.0760 m^3$  de biogás generado a partir de residuos del rastro municipal. Con estos datos fue realizado el diseño y dimensiones del prototipo biodigestor elaborado en AutoCAD.

## Etapa 2. Construcción del prototipo biodigestor de campana flotante

Para la construcción del prototipo se efectuó la excavación del terreno, considerando un área vertical de 1m para la posterior colocación del biodigestor. Para la construcción del tanque biodigestor se habilitó un tubo de concreto con dimensiones de 1.45 m de largo, diámetro de 0.44 m y con un grosor de 3 pulgadas; se le realizaron dos orificios de 0.08 m de diámetro para llevar a cabo la función de entrada de la biomasa al biodigestor y la salida de los efluentes del mismo.

Posteriormente se realizó el embaldosado del fondo de la excavación y se verificó el sellado. La estructura de concreto fue impermeabilizada de manera interna y externa para evitar filtraciones futuras durante la operación.



**Embaldosado y colocación del tubo de concreto**

## Etapa 2. Construcción del prototipo biodigestor de campana flotante



**Colocación de conductos de carga y descarga**

Se habilitó al tanque biodigestor los conductos de carga para la alimentación y descarga de los efluentes con tubos PVC de 3 pulgadas y sellados con silicón y cemento blanco. Se consideró una pendiente recta en los conductos para evitar la saturación del material y por lo tanto en la operación se facilite el mantenimiento. Se utilizó un recipiente de 20 l de capacidad conectado al conducto para su funcionamiento como tanque de descarga.

## Etapa 2. Construcción del prototipo biodigestor de campana flotante



**Colocación de campana flotante**

Para la elaboración de la campana flotante del biodigestor, se utilizó lámina de acero galvanizada con acabado en forma cónica, con una altura total de la campana de 1.36 m (1.15 m de altura de la campana y 0.21 m de altura de la cúpula), y diámetro de 0.42 m. La separación entre las paredes del biodigestor y el cuerpo de la campana flotante quedó alineada a 0.02 m, con la finalidad de que subiera y bajara con normalidad una vez que el proceso de biodigestión genere biogás. La campana flotante también fue impermeabilizada para evitar posibles fugas, una vez terminada se procedió a la inserción dentro del biodigestor.

## Etapa 2. Construcción del prototipo biodigestor de campana flotante

Fue considerada una geomembrana para el reservorio con capacidad de almacenamiento de  $0.178 \text{ m}^3$ . Para el medidor de columna de agua, se conectó un tubo PVC de  $\frac{1}{2}$ " con el fin de medir la presión del sistema biodigestor. Fue realizada una prueba hidrostática para verificar posibles fugas del biodigestor, donde se realizó el llenado con agua y se procedió a la revisión en todos los elementos del mismo.



**Prototipo biodigestor de campana flotante**

### Etapa 3. Monitoreo de condiciones de operación durante la degradación de residuos



**Preparación de residuos orgánicos y carga a biodigestor**

Se procedió alimentar con residuos orgánicos del rastro municipal por 30 días consecutivos a partir del día 08 de junio del 2021. Se realizó una mezcla en proporción 1:3, 1 kg de residuos orgánicos obtenidos del rastro municipal (contenido ruminal, sangre, excretas de ganado bovino y trozos de vísceras), y 3 l de agua, la cual fue homogenizada para su ingreso por el conducto de carga del biodigestor. Se realizó un registro diario de cantidad de mezcla cargada a biodigestor, pH y temperatura diaria para monitorear las condiciones de producción de biogás, las mediciones fueron realizadas con equipo multiparamétrico OAKTON PCD650.

### Etapa 3. Monitoreo de condiciones de operación durante la degradación de residuos

También se realizó la medición de columna de agua (mmCA) para calcular la producción de biogás generado a partir del día 14 de operación. Se utilizó el aparato Multitec modelo 540 para medir la calidad del biogás en el día 30 de operación del biodigestor.

Así mismo se analizaron los siguientes parámetros físico químicos de la mezcla de contenido ruminal para ser utilizado en la biodigestión: pH, % de humedad, % de sólidos totales, % de ceniza, % de sólidos volátiles, % de lípidos, % de carbono, % de nitrógeno, relación de carbono/nitrógeno.



**Monitoreo de calidad de biogás generado**

## Etapa 4. Prueba de llama

Se realizó una prueba de llama o “quema de biogás” (FAO, 2011), para verificar el inicio de producción de biogás (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en proporción similar).

# Resultados

Se diseñó un biodigestor con capacidad de almacenamiento en la campana flotante de  $0.178 \text{ m}^3$  para una operación de 30 días de prueba y almacenamiento de  $0.120 \text{ m}^3$  de mezcla de residuos orgánicos en tanque biodigestor; se consideró que  $1.0 \text{ kg}$  de residuos genera teóricamente  $0.0760 \text{ m}^3$  de biogás diarios.

Se realizó un registro de la cantidad de mezcla vertida al biodigestor, pH y temperatura diaria, para monitorear las condiciones de producción de biogás. Se destaca que en este prototipo se comenzó a producir biogás a partir del día 14 de la alimentación, tiempo durante el cual se midió la presión en mmCA y el volumen de biogás generado en litros durante 17 días, superando las expectativas de producción de biogás con un promedio de  $0.1801 \text{ m}^3$ , por lo que de manera diaria se despresurizaba el biodigestor.

# Resultados

En el día 30 de operación, se llevó a cabo una medición de la calidad de biogás con un medidor Multitec modelo 540, donde se identificó la composición del biogás.

De acuerdo a Varnero y Arellano (1991), para que el proceso se desarrolle satisfactoriamente, el valor del pH no debe bajar de 6.0 ni subir de 8.0. Un pH con valor inferior a 6 indica que el biogás generado es muy pobre en metano y, por tanto, tiene menores cualidades energéticas. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable (FAO, 2011). Se aprecian condiciones de pH que permiten la generación de metano, la composición del biogás al día 30 de operación, muestra un 59.4% de CH<sub>4</sub>, lo que indica inflamabilidad.

Composición del biogás	Resultado
Metano (CH <sub>4</sub> )	59.4%
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	37%
Ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	0.20 %

# Resultados

Los resultados de los parámetros físico químicos realizados a la mezcla de contenido ruminal de rastro municipal, se encuentran muy cerca de las referencias de Falla, 1995 y González, 2018. El contenido ruminal del rastro municipal presentó un pH de 7.11 cercano a la neutralidad que es un factor determinante en el proceso metanogénico. El porcentaje de humedad calculado fue del 88.15%, el porcentaje de materia sólida (ST) fue de 11.85% y los sólidos volátiles (SV) fueron cuantificados en un 87.2%. La relación de contenido de carbono y nitrógeno es de 22/1, lo que incrementa la producción de bacterias para generar las condiciones óptimas de producción de biogás.

Parámetro	Mezcla contenido ruminal	Referencia	
<b>pH</b>	7.11	6.5-7.5	Falla, L.
<b>% Humedad</b>	88.15	85	Falla, L.
<b>% ST</b>	11.85	14.63	González, R.
<b>% Ceniza</b>	12.8	27.06	Falla, L.
<b>% SV</b>	87.2	81.16	González, R.
<b>% Lípidos</b>	4.54	9.60	Falla, L.
<b>% C</b>	22	20	Falla, L.
<b>% N</b>	1	1	Falla, L.
<b>C/N</b>	22/1	20/1	Falla, L.

# Resultados

Se acopló un pequeño mechero a la manguera de salida del biogás, probando su encendido. La coloración azul intenso obtenida de la llama en el día 30 de operación del biodigestor, indica que el biogás posee un alto poder calorífico, el cual permitirá el calentamiento e inflamabilidad. Si el gas quema con una llama azulada y de buena consistencia, se puede iniciar el uso normal del biogás (FAO, 2011).



**Prueba de la llama, coloración azul intenso**

# Conclusiones

El prototipo biodigestor de campana flotante demostró que los residuos orgánicos (contenido ruminal, sangre, excretas de ganado bovino y trozos de vísceras) del rastro municipal generan un porcentaje importante de metano ( $\text{CH}_4$ ) en el proceso de digestión anaerobia, y puede ser captado en reservorio para posteriormente ser utilizado en los procesos de calentamiento de agua para el faenado de las canales y la limpieza de las instalaciones. Además, las características de este sistema biodigestor, se adaptan a la situación de falta de espacio en la extensión que ocupa el rastro municipal. El promedio de producción diaria de biogás de  $0.180\text{m}^3$  obtenida en este prototipo, demuestra que en la operación se puede llegar obtener un porcentaje mayor de producción de biogás con los residuos orgánicos. Una vez obtenidos estos resultados se espera realizar un estudio de factibilidad para un sistema biodigestor de campana flotante acorde a la cantidad de residuos orgánicos mensuales generados en el rastro municipal que considere los costos de implementación de un proyecto de esta magnitud.

# Referencias

Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. 2020. *Directorio de Establecimientos TIF*. Recuperado el 09 de mayo del 2021 <https://dj.senasica.gob.mx/SIAS/Statistics/Inocuidad/EstabTIF>

Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria. 2020. *Listado de Rastro y/o Centros de matanza en los que se realiza vigilancia o seguimiento operativo por parte de las entidades federativas*. Año 2020. Recuperado el 09 de mayo del 2021 <https://www.gob.mx/senasica/documentos/directorio-de-padron-de-rastros>

Falla, L. (1995). *Desechos de matadero con alimento animal en Colombia*. Frigorífico Guadalupe S. A. Santa fe de Bogotá Colombia.

García, J. y León E. (2015). *Diseño y construcción de un biodigestor hindú Anaerobio en la finca Los Cuencanos de la Parroquia García Moreno*. [Tesis de Licenciatura]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Repositorio Institucional DSpace ESPOCH <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4863>.

González, R. (2018). *Estudio de Factibilidad para la Producción de Biogás a Partir de los Residuos Orgánicos del Rastro Municipal de Juigalpa, Nicaragua*. (ONUDI)

# Referencias

Hernández, A. (2013). *El potencial de los biodigestores como técnica sostenible para la producción de biogás en la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Autónoma del Estado de México Facultad de Planeación Urbana y Regional. Repositorio Institucional RI. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58557>.

Varnero, M.T. FAO (2011). *Manual del Biogás*. Santiago, Chile. ISBN 978-95-306892-0 .Proyecto FAO.

Varnero, M.T. y Arellano, J. 1990. *Aprovechamiento racional de desechos orgánicos*. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile, 98p.

Vidal, E.,Mojica, C.,Acosta, D.C., Reyes, A.(2021). *Estudio de los residuos orgánicos de un rastro municipal, para su aprovechamiento en la generación de energía calorífica*. Congreso Internacional de Investigación de Academia Journals Puebla 2021 Vol. 13, No. 7.



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)