

# Los biodigestores plásticos de flujo continuo:

Una herramienta para la soberanía energética, alimentaria y económica



Lylían Rodríguez Jiménez

Colaboradores: Diana Zea, Edelmira

Hernández Mujica, Ricardo Granados Buch

[www.utafoundation.org](http://www.utafoundation.org) [www.redbiocol.org](http://www.redbiocol.org)

Versión 1.2 - Noviembre del 2019

# **BIODIGESTOR PLÁSTICO DE FLUJO CONTINUO**

## ***¿Qué es un biodigestor?***

Un biodigestor es el medio para digerir diferentes fuentes de material orgánico como son los residuos de las actividades de la producción animal, excretas de cerdos, bovinos, ovejas, cabras, gallinas; así como también residuos de la actividad humana como son aguas grises y negras y residuos orgánicos domiciliarios es decir, el biodigestor puede hacer también la función del pozo séptico.

## ***¿Qué pasa dentro de un biodigestor?***

Dentro del biodigestor hay un proceso de digestión de la misma forma que sucede en el estómago, es decir que dentro del biodigestor se establece un equipo de bacterias que trabajan para el procesamiento del material que nosotros suministramos como alimento del biodigestor. Es importante entender que el biodigestor es un habitante vivo más de la finca al que hay que cuidar y alimentar. El biodigestor está vivo y hay que cuidar el “equipo de trabajo” que son las bacterias, dándole las mejores condiciones de temperatura y pH que es la manera como se mide la acidez dentro del biodigestor. ¡Ah! ¡Sí, señoras y señores el biodigestor también se indigesta, le da acidez y se empacha si no se cuida y si no se alimenta o se sobre alimenta, así como pasa con nosotros los seres humanos! ¡Así que cuando instalamos un biodigestor es como tener un nuevo miembro en la familia!!

## ***¿Cuál es el principal material para hacer un biodigestor?***

Bueno, nosotros podemos hacer un biodigestor con diferentes

materiales como son por ejemplo canecas de descarte de las de 250 litros o 55 galones de capacidad; podemos también comprar geomembrana y otros materiales disponibles en el mercado, incluso hay biodigestores del material de los tanques de agua (fibra de vidrio) y hay biodigestores que se construyen en ladrillo y concreto que son los tipo chino e hindú. En el caso nuestro hablaremos de los biodigestores plásticos de flujo continuo y bajo costo.

Hay un material muy interesante que es plástico tubular calibre 8 mil (milésimas de pulgada) en Colombia, de 2 metros de ancho que abre a 4 metros de circunferencia y con este plástico podemos nosotros hacer los biodigestores. El material se consigue muy fácilmente, lo venden en rollos de 50 y 100 metros de largo generalmente. Es bueno que se unan varias familias y compren el rollo completo, para así facilitar el proceso y que se mas barato por metro.

¡Ah! Eso sí, es clave contarle a los del almacén que el plástico estará destinado a hacer biodigestores para que lo empaquen muy bien, cubriendo los extremos con mucho cartón y protegiendo el rollo para evitar daños en el transporte. Normalmente la gente que transporta no sabe cuál será su uso y no son cuidadosos; por esto se debe pedir a la fábrica garantía, entonces de esta manera se asegurarán de empaclar los rollos muy bien y así tendremos un material de primera calidad para la instalación. Y si trabajamos en proyectos de desarrollo con comunidades es necesario asegurarnos que el plástico que va para cada familia vaya empaclado en caja de cartón, reforzando los extremos.

Recordemos pedir el material con anticipación pues se demoran 15 días hábiles en entregarlo cuando no tienen en el almacén. Y recuerden calibre 8 mil (milésimas de pulgada) y con protección UV, que significa que tiene protección contra los rayos Ultra Violeta. En Colombia conseguimos fácil este plástico pues tenemos la floricultura muy desarrollada y se usa mucho plástico para los invernaderos igual que para hacer invernaderos para secado de café.

Un dato importante, todo el plástico sale de manera tubular de la fábrica, solo que ponen una cuchilla al lado para cortarlo, así que en

países donde no se tenga claro cuál es el plástico para biodigestor se puede ir directamente a la fábrica y pedir que lo dejen tubular.

Importante, en Colombia también tenemos plástico de 4 metros de ancho que abre a 8 metros de circunferencia calibre 8 mil (milésimas de pulgada). Este se puede usar en fincas donde hay un mayor número de animales. Aunque siempre es recomendable hacer varios biodigestores en lugar de hacer uno muy grande.

Del calibre del plástico que tengamos disponible depende si usamos dos capas de plástico o una. En el caso colombiano usamos dos capas de plástico porque el calibre es 8 mil (milésimas de pulgada) y es mejor asegurarnos de una mayor durabilidad. En Costa Rica se importa el plástico de Guatemala y hay un plástico de 2,5 m de ancho que abre a 5 m de circunferencia y es calibre 16 mil (milésimas de pulgada) ... ¡más grueso!!, por lo tanto se usa una sola capa. Si tienen calibre 8 mil (milésimas de pulgada) de 4 m de ancho que abre a 8 m de circunferencia entonces en este caso se usarían dos capas, va a depender de la situación de cada país. Lo cierto es que la capa externa puede cristalizarse mientras la capa interna no se cristaliza porque está completamente húmeda. Hemos tenido casos de biodigestores que a los 7 años se les cristaliza la primera capa y siguen sirviendo por muchos años más con una sola capa. Es clave entender que a pesar de que el plástico es un material frágil podemos decir que la mayoría de las razones de cambio son por sedimentación de lodos y formación de nata que conlleva a colmatación ó saturación de sólidos y no por el material; siempre y cuando nos aseguremos de protegerlo muy bien. Y cuando hablamos de protegerlo es cercarlo muy bien y en muchos casos hacer un invernadero o poner una especie de ruana con otro plástico que puede ser negro incluso. Es importante humedecer el biodigestor y luego colocar la capa de plástico “ruana”.

## ***¿Cuánto tiempo puede durar un biodigestor plástico de flujo continuo?***

Un biodigestor plástico de flujo continuo puede durar desde 5 minutos hasta 18 años (registros del biodigestor más antiguo en ASPROINCA, Riosucio, Caldas, Colombia, visita de campo de Lylian Rodríguez en el 2015). ¿Por qué 5 minutos? Porque puede dañarse el plástico en el momento de la instalación si no somos precavidos o incluso como mencioné anteriormente el daño puede estar ya como consecuencia de un mal transporte, por lo tanto, hay que ser muy cuidadosos con la manipulación del plástico y preparar muy bien el lugar donde se armara el biodigestor. Es cierto que el plástico es un material frágil pero bien cuidado puede durar mucho y es la manera en que la tecnología de los biodigestores es alcanzable por costo, por simplicidad y además el conocimiento se transmite y queda en manos de los productores, de las comunidades y no se crea dependencia y es de fácil transferencia de productor a productor.

## ***¿Cuál es el alimento de un biodigestor y como sé cuánto suministrarle?***

El alimento de un biodigestor son los residuos que podamos aprovechar en la finca, excretas de cerdos y bovinos principalmente en la mayoría de los casos. Estos materiales contienen materia seca y agua y el biogás que se produzca depende de la materia seca con que lo alimentemos. La **materia seca (MS)** es la parte que resta de un material después de extraer toda el agua posible a través de un calentamiento en un horno. Es un concepto usado en agricultura. Hay que entender que los nutrientes están en la materia seca. El biodigestor también necesita agua como nosotros. La cantidad depende del tipo de biodigestor. En los biodigestores plásticos de flujo continuo, que son los que estamos estudiando en esta publicación requerimos una mezcla con un contenido de aproximadamente 4 kg de Materia Seca (MS) por 100 Kg de mezcla, es decir 4% de MS y en la práctica 1 parte de estiércol fresco por 4 partes de agua.

## ¿Cómo se hacen los cálculos para hacer un biodigestor?

Bueno, pues podemos hacer los cálculos teniendo en cuenta todas las formulas. Pero también mostraremos una tabla para saber qué hacer en diferentes situaciones sin necesidad de hacer todos los cálculos. A continuación, un ejemplo:

Una familia de 2 adultos y 3 niños de 10 años tiene 10 cerdos de engorde (promedio de peso = 50Kg) y se tiene plástico de 2.0 m de ancho que abre a 4 m decir circunferencia (calibre 8).

Calcular las dimensiones de la zanja, largo del biodigestor necesitado, cantidad de estiércol diario, cantidad de agua requerida, tiempo de retención, cantidad de efluente producido diariamente.

### PASO 1:

2 adultos \*70 Kg por adulto = 140 kg

3 niños\*35 Kg/niño = 105 Kg

10 cerdos\*50 kg/cerdo= 500 Kg

**Total=745 Kg de peso vivo**

➤ \*\*\* **Los consumos** son: 30-50 g de Materia Seca por kg de peso vivo para cerdos (**& gente**) 30 g de materia seca (MS) por Kg de peso vivo para ganado y 100 g de Materia Seca (MS) por kg de peso vivo en aves. Que es lo mismo que un consumo de 3-5% (cerdos), 3%(ganado) y 10 %(aves) como % del peso vivo en materia seca.

**Tabla 1.** Consumo de Materia Seca (MS)

Especie	Consumo de Materia Seca-MS en gramos por Kg de peso vivoPV	Consumo de Materia Seca-MS como % del peso vivo PV
Ganado y búfalos	30	3
Cerdos & Gente*	30-50	3-5
Aves	100	10

\*En el caso de los cerdos cuando son lechones pueden consumir hasta el 5% de su peso y van disminuyendo poco a poco el consumo respecto a su peso.

➤ Ejemplo: un cerdo de 100 Kg se come 3 kg de Materia Seca.

### PASO 2:

Ahora, el total de Kg que nos dio anteriormente fue  $745 * 0,040\text{Kg} = 29,8 \text{ Kg}$  de Materia Seca por día es el CONSUMO y planteando la regla de tres sería:

SI 745 KG de peso vivo es el 100% a cuanto equivale el 4% de MS

745---100%

X---4%

$X=29,8 \text{ Kg}$  de Materia Seca/día que es un aproximado del los 10 cerdos y adicionalmente las 5 personas.

### PASO 3:

→ Ahora, la INDIGESTIBILIDAD

¿Pero qué significa indigestibilidad? Es lo que no se digiere y sale como excreta, como residuo.

Hay unos estimados de indigestibilidad (lo que no se digiere, es decir la excreta o el estiércol) que podemos trabajar para las diferentes especies.

**Tabla 2.** Producción de Estiércol (indigestibilidad)

Especie	Dieta	gr MS de excreta por Kg de MS de Alimento	% de Indigestibilidad
Rumiantes (bovinos y búfalos)	Dietas fibrosas(paja de arroz)	450	45
	Pastos y Forrajes	350	35
	Concentrados (en alto %)	220	22
Monogástricos (Cerdos&Gente)	Mezclas	300	30
	Concentrados	170	17
Aves	Concentrados	170	17

Fuente: Preston T y Rodríguez L, Fundación UTA, 1996-2016

Entonces,

29,8 Kg de MS consumida por día \* 30% = 8,94 **Kg de materia Seca (MS) de estiércol diario** (de los cerdos & gente)

La regla de tres es

29,8 Kg de MS consumida --- 100%  
X --- 30% (indigestibilidad)

$$\frac{29,8 \text{ Kg de MS consumida} * 30\%}{100\%}$$

→ Si la carga diaria del biodigestor debe tener 4% de sólidos o MS (2,5 a 4,5 % estaría bien) y el estiércol de cerdo tiene 20% de Materia Seca (MS) es equivalente a los sólidos totales.

Ahora entendamos que los 8,94 kg de estiércol que hablamos, están en Materia Seca y para pasarlos a estiércol fresco hacemos la siguiente operación.

Entonces si tenemos 8,94 kg de MS de estiércol y si consideramos la materia seca del estiércol de cerdo es el 20%

100 Kg Estiércol Fresco-- 20kg MS de estiércol  
X -----8,94 kg MS Que necesito en la mezcla

X= **44,7 kg de estiércol fresco/día** que corresponden a (8,9 kg MS y 35.8 Kg de agua) Y si la carga diaria del biodigestor debe tener 4 % de sólidos/ MS. Es decir 44,7 Kg – 8.94 Kg = 35,8 Kg de agua.

**¡Recordemos que la carga diaria es el alimento diario para el biodigestor (el nuevo miembro de la familia), es decir la mezcla de estiércol y agua que suministramos al biodigestor!**

**Entonces si es 4% de Sólidos lo que debemos tener en la mezcla (cuando hablamos de sólidos es lo mismo que Materia Seca)**

$$\begin{array}{rcl} 100\text{kgde carga} & \text{----} & 4 \text{ Kg de sólidos MS} \\ X & & \text{----} 8,94 \text{ kg MS} \end{array}$$

X (Carga diaria total) = 223.5 Kg que son:

**44,7 kg de estiércol fresco + 178,8 litros de agua (4 partes de agua por 1 parte de estiércol)**

→ **La producción diaria de efluente** es de aproximadamente 224 litros diarios, pues recordemos que el biodigestor es de flujo continuo, así que esperamos que lo que entra diariamente debe salir diariamente. Podemos hacer una aproximación de un 90% pensando que hay alguna sedimentación por lo tanto sería una producción diaria aproximada de 200 litros de efluente después de haber completado el tiempo de retención, número que resulta de multiplicar  $224 * 90\%$ .

**Bueno... y, que es “El tiempo de retención”?** El tiempo de retención es el tiempo que dura la mezcla de estiércol y agua dentro del biodigestor para que pueda ser bien digerida y depende de la temperatura y del tipo de residuo que tratemos.

**Tener en cuenta que:**

→ El tiempo de retención en clima medio/cálido es 40 días para excreta de bovinos y 20 días para cerdos, pollos y gente. Si tenemos mezcla de estiércol de bovino y cerdos entonces trabajamos con 30 días de tiempo de retención, esto en climas medio/cálido.

OJO en clima frío el tiempo de retención es más largo, pudiendo llegar a 50-60 días para estiércol de bovinos y 40 días para estiércol de cerdo.

El TIEMPO DE RETENCIÓN debe ser suficiente para que la mezcla de estiércol con agua dentro del biodigestor se digiera y procese en biogás y efluente, que puede ser también conocido como biol/bioabono o digestato en el ámbito académico.

Si la carga diaria es 223,5 litros y el tiempo de retención es 20 días,

entonces:

223,5 litros \* 20 días = 4,470 litros que sería la FASE O VOLUMEN LIQUIDO del biodigestor (que es la mezcla total de estiércol con agua)



→ Que la fase líquida o volumen líquido es aproximadamente 80% del volumen total

Entonces

$$\begin{array}{l} 4470 \text{ litros} - \text{ ----}80\% \text{ del volumen} - \text{ Fase líquida} \\ X \text{-----}100\% \text{ (Volumen total)} \end{array}$$

**X = 5587 Litros** (que es el **volumen total del biodigestor que necesitamos**)

→ Y si tenemos plástico de 2 metros de ancho entonces  $2.0 * 2 = 4$  m de circunferencia.

$$\text{Diámetro} = \text{Circunferencia} / (\pi = 3,1416)$$

$$\text{Diámetro} = 4 / 3.1416 = 1,2732 \text{ m de diámetro}$$

$$\text{Radio} = \text{Diámetro} / 2 =$$

$$\text{Radio} = 1,27 / 2 = 0.64$$

$$\text{Volumen} = \text{Largo} * (\pi * \text{radio}^2)$$

Entonces si el volumen total del biodigestor es 5587 litros sería igual a 5 m<sup>3</sup> y 587 litros pues 1 metro cúbico (m<sup>3</sup>) es igual a 1000 litros.

Entonces despejando la fórmula el Largo del biodigestor es igual a:

$$\text{LARGO} = \frac{\text{Volumen}}{\pi * \text{radio}^2}$$

Recuerden que  $\pi = 3,1416$  y es una constante matemática, entonces hay que despejar el largo:

$$LARGO = \frac{5,587 \text{ m}^3}{3.1416 * (0.64 \text{ m})^2}$$

$$LARGO = \frac{5,587 \text{ m}^3}{3.1416 * 0.41 \text{ m}^2} = 4.3 \text{ m Largo del Biodigestor}$$

4,3 m es el largo del biodigestor y lo aproximamos a 5 m lo que indicaría que si teníamos 745 kg de cerdos y gente podríamos tomar un dato que nos facilitaría los cálculos y sería que se necesitaría:

En el paso uno de nuestro ejemplo recordemos que tenemos 745kg de estiércol para alimentar nuestro biodigestor calculado en 5m de largo lo que equivale que en 1 m de largo de biodigestor (con plástico de 4 m de circunferencia); es decir 745Kg/ 5 m es igual a 149kg o mejor 150 kg de peso vivo o 3 cerdos de 50 kg promedio (siempre trabajamos promedios) por metro de largo de biodigestor de plástico de 4 m de circunferencia es decir que si nuestro biodigestor es para 6 cerdos trabajaríamos un biodigestor de 3 m de largo y si vamos a tratar aguas residuales podemos hacerlo de 4 metros de largo. Siempre es mejor poner un porcentaje adicional. EN general los biodigestores que instalamos a nivel rural son de 5 m de largo con plástico de 2 m de ancho que abre a 4 m de circunferencia.

Para este ejemplo de la cartilla debemos tener en cuenta que el valor de los residuos en producción de biogás se explican en la siguiente tabla.

*Tabla 3: Capacidad de producción de Biogas para diferentes tipos de desechos.*

5 Kg de estiércol de Cerdo fresco	1 Kg de MS	250 litros de Biogas
5 Kg de estiércol de Vaca Fresco	1 Kg De MS	150 Litros de Biogas
5 Kg de Residuos Domiciliarios	1 Kg de MS	500 litros de Biogas

Fuente: Rodríguez L y Preston T. Fundación UTA. 1996 - 2019

Importante tener en cuenta: Por 1 Kg de MS de estiércol de cerdo se producen 250 litros de biogás. En 8,9 kg de MS día produciríamos 2225 litros o 2,2 m<sup>3</sup> de biogás para usar en nuestra estufa por día.

1 m<sup>3</sup> de biogás equivalen a 1 lb de gas propano o sea que tendríamos 2,2 libras diarias a su equivalente en propano.

Cuando hacemos Biodigestores pequeños para tratar aguas residuales (negras y grises de la casa) con 1 o 2 cerdos hacemos Biodigestores de mínimo 3 metros de largo.

Cuando tenemos biodigestores de más de 8 metros de largo mejor hacemos dos biodigestores y así, si tenemos algún problema podemos cambiar uno de los biodigestores y desviar todas las aguas residuales al que está bien y dejamos el dañado quieto (sin cargarlo) por 20-30 días para que todo se digiera y sacamos los lodos que son ricos en nitrógeno, fosforo y potasio, lodos que nos servirán como fertilizante y cambiamos el plástico del biodigestor solamente pues casi todos los materiales son reutilizables. Es importante tener en cuenta que el cambio de un biodigestor es una oportunidad para cosechar nutrientes.

Tabla 4. ¿Qué biodigestor puedo hacer en clima medio/cálido?  
Con fase líquida de 4% de Sólidos/MS?

Número de cerdos	Largo del Biodigestor, m
2 cerdos y pozo séptico	biodigestor de 3 m de largo
hasta 10-15 cerdos de 50 kg en promedio	5 m de largo
De 15 a 24 cerdos de 50 kg en promedio	8m de largo

\*Nota: Con plástico de 2 m que abre a 4m de circunferencia, calibre 8.

Por esto es importante saber cómo se hacen los cálculos pues puede darse el caso de tener que trabajar con un material diferente o con una concentración de sólidos más baja. Los biodigestores plásticos de flujo continuo trabajan bien con proporciones de 1 parte de estiércol por 4 de agua que equivale a 3 a 4 % de sólidos/MS en la fase líquida (mezcla de estiércol y agua)

## ***¿Cómo se calculan las medidas de la zanja para ubicar el biodigestor?***

Para las medidas para la zanja debemos tener en cuenta el punto donde salen las aguas, es decir el borde inferior del tubo, desde este punto se debe tomar la profundidad real de la zanja. Lo que queremos es que el total de metros de la circunferencia se ajuste dentro de la zanja. Hay una buena manera de calcular esto (Material PRA301 EARTH, 2016) y es el 90% del diámetro del biodigestor para el ancho superior de la zanja y el 80% del diámetro para el ancho inferior de la zanja y la profundidad, esto permite tener las medidas para cualquier tipo de plástico que trabajemos. Es bueno que el biodigestor quede bien profundo para aprovechar su máxima capacidad, teniendo en cuenta esto; las medidas de la zanja para plástico de 2.0 m de ancho y 4 metros de circunferencia con un diámetro de 1,27 m serían:

Ancho arriba:  $1,27 * 90\% = 1,10$  m

Ancho abajo y profundidad:  $1,27 * 80\% = 1$  m

Nota: La profundidad depende del nivel de la salida del biodigestor y las condiciones del suelo.

Siempre hay que pasar los niveles y el fondo debe ser completamente nivelado con 1% de desnivel hacia la salida del efluente. Paredes y fondo no deben tener ningún filo y/o raíces corto punzantes, revisar pasando la mano por las paredes y barrer muy bien el fondo con escoba o con el palín. También se pueden frisar o recubrir las paredes con barro o arcilla especialmente en suelos difíciles.

## ***¿Qué debo preguntar cuando voy a instalar un biodigestor?***

Es importante entender que cada caso es diferente: hay que hacer la primera visita y revisar:

1. Especie animal y número de animales.

2. Temperatura de la zona.
3. Disponibilidad de agua y posibilidad de captación de aguas lluvias: el agua de los techos es mejor capturarla ya que muchas veces causa daño en la zanja. Este recurso puede ser usado para el lavado de los corrales o para bebida de los animales con un buen sistema de filtros y manejo.
4. Si en el futuro se va a ampliar la producción.
5. Posibilidad de combinar diferentes tipos de estiércol y usar residuos orgánicos domiciliarios crudos.
6. Condiciones del pozo séptico y posibilidades de conectarlo, hay muchas fincas donde hay problemas con el pozo séptico o simplemente no se encuentra.
7. Donde se utilizará el efluente, con qué frecuencia se hará el riego del mismo y con base en esto se puede calcular el tamaño del reservorio, que puede ser un recipiente exactamente igual al biodigestor, pero para ser usado como reservorio y se pueden definir los puntos donde estos deben ser ubicados. Es importantísimo entender la necesidad de manejar muy bien el riego del efluente. Cada litro de efluente es como ver una moneda de 200 pesos colombianos (1 USD=3000 COP) por lo tanto es necesario pensar en la estrategia de manejo de efluente para fertiriego.
8. Sitio para hacer el biodigestor (si el terreno es pendiente, se aconseja hacerlo contra la pendiente)
9. Tener en cuenta las aguas de escorrentía para poder hacer desagües y evitar que agua lluvia entre a la zanja donde se acuna el biodigestor y debilite la zanja.
10. Sitio donde se usará el biogás, es importante desde el punto de vista del usuario tener un reservorio, esto asegurara la satisfacción de la familia. Hay que tener claro que el biogás fluye hacia arriba o hacia abajo sin ningún inconveniente, lo que si se debe tener en cuenta es que el biogás tiene agua por lo tanto hay que tener en la línea puntos de evacuación de agua pues esta puede ocasionar la obstrucción del paso del biogás. Es bueno dejar a propósito puntos en su recorrido de evacuacion con unos cms de tubo que llegan a una llave de paso para evacuar el agua. Hemos manejado tubería de PVC o manguera negra

## ***¿Qué otros puntos debo tener en cuenta?***

- 1 kg de Materia Seca (Sólidos) produce aproximadamente 250 litros de biogás diarios (puede variar entre 150 litros y 250 litros dependiendo de la especie animal, siendo más eficiente la excreta porcina). Hay que entender que las características del estiércol están directamente relacionadas con la dieta que se suministra a los animales.
- Que 1 metro cubico ( $m^3$ ) de biogás es igual a 1000 litros de gas
- Que 1 metro cubico ( $m^3$ ) de biogás es equivalente a 1 libra de propano
- Que 1  $m^3$  de biogás equivale a 3,5 kwh de energía: si, también podemos generar energía partir del biogás por medio de un motor y un generador de electricidad.
- Que el Biogás está compuesto por metano ( $CH_4$ ) y otros componentes como dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), Agua ( $H_2O$ ), Ácido Sulhídrico (que es el que corroe los motores y causa un olor a huevo podrido). Para esto es importante poner un filtro con una “esponjilla” oxidada en los pequeños biodigestores o hacer el cálculo apropiado cuando el biogás va a ser usado en el motor.
- Que el propano es un derivado del petróleo su fórmula es  $C_3H_8$  se llama GLP Gas Licuado de Petróleo y es un gas Incoloro e Inodoro es decir sin color y sin olor (el olor es un aditivo que le ponen). EL petróleo ha llegado hasta 150 USD el barril y hoy está en 59,48 USD ( 29 Oct. 2019) y probablemente volverá a subir, además del costo ambiental de su extracción con la implementación del “fracking”!

## ***¿Qué otros materiales requiero además del plástico?***

### **1. Para la entrada del sustrato y salida del efluente**

- ✓ Tira de neumático de ring 13 0 15 y cortarlo aproximadamente de 3 cm de ancho, lo suficientemente largo para cubrir por 75 cm el plástico alrededor del tubo de 4" en juntos extremos. Los neumáticos de ring 13 dan 6 m de largo y Rin 15 dan 9 mtrs de

largo aproximadamente.

2. Tubo de PVC de 4" de diámetro y aproximadamente 3 - 4 m de largo. El tubo puede ser de PVC Sanitario trabajo pesado o de ventilación (naranja) o blanco tipo liviano de 4 pulgadas de diámetro. OJO: NO usar tubería línea azul porque el sol/calor la daña muy fácil. Para la salida del biogás

- ✓ 1 adaptador/acople hembra de media ½ pulgada (revisar que enrosque muy bien al macho)
- ✓ 1 adaptador/acople macho de media-1/2 pulgada (revisar que enrosque muy bien en la hembra)
- ✓ 1 codo de media – ½ pulgada
- ✓ 2 arandelas de plástico rígido de 10 cm de diámetro, el círculo central debe ser un poco menor a 1/2 pulgada para ajustar con los acoples y sellar correctamente. (Esto se hace con un tarro de aceite de 2 tiempos o con cualquier pimpina/tarro/recipiente plástico de 1 galón usado.
- ✓ 2 arandelas de neumático de 12 cm de diámetro, el círculo central menor a 1/2 pulgada.
- ✓ 1 m de tubo PVC de 1/2 pulgada.
- ✓ Un Niple galvanizado de media pulgada por 20 cm. Se afila en uno de sus extremos con esmeril o lima para usarlo en perforar exactamente a la medida el plástico del biodigestor o las arandelas rígidas de pimpinas plásticas.

### 3. Para la válvula de seguridad

- ✓ 1 te de media – ½ pulgada
- ✓ 1 llave de paso lisas de pvc de media – ½ pulgada
- ✓ 3 m de tubo de pvc de media – ½ pulgada (se requiere más de acuerdo a la distancia a instalar el reservorio y la estufa)
- ✓ Botella de 2 litros de gaseosa vacía
- ✓ 2 estacas delgadas de buena calidad con punta de 1.5 y una caña brava
- ✓ Alambre o fibra para amarrar

### 4. Para el mezclador/agitador

- ✓ Manila/lazo Nro. 8 plástica (el doble del largo del

- biodigestor + 2 m) para el mezclador
- ✓ 2 tapas de cuñete de pintura de 20 litros para el mezclador

## 5. Para la estufa hecha en casa

- ✓ La estufa a utilizar es con tubo de galvanizado de media – ½ pulgada para cada fogón se requiere:
  - Niple de 20 cm (el largo depende de la estufa a adaptar) de tubo galvanizado de media
  - Codo de tubo galvanizado de media
  - Niple de 3-4 cm de galvanizado media
  - 1 llave de paso de galvanizado de media o de pvc lisa (y dependiendo de esto los adaptadores correspondientes)

## 6. Para el reservorio de biogás

- ✓ 1 te de media – ½ pulgada
- ✓ 50 cm de tubo de PVC de media – ½ pulgada
- ✓ 4 metros de plástico calibre 8 mil (milésimas de pulgada)
- ✓ Tira de neumático de 2,5 cm de ancho
- ✓ El metraje necesario de tubería que conducirá el biogás desde el biodigestor al reservorio y desde el reservorio hasta la estufa.
- ✓ Llave de paso de media pulgada que se pondrá justo antes (1 m) de entrar a la estufa de biogás, esto para poder solucionar cualquier problema en la estufa sin que se escape el gas.

## 7. Varios (necesarios para los puntos anteriores y otros)

- ✓ Neumático de moto o bicicleta usado (3 -4) o dos nuevos de carro pequeño.
- ✓ Tarro de aceite de 2 T
- ✓ 4 estacas de 80 cm con punta
- ✓ 2 estacas de 35 cm muy bien pulidas, para los lazos del mezclador.
- ✓ Alambre o fibra para amarrar
- ✓ Pegante de PVC
- ✓ Limpiador de PVC o alcohol (este funciona bien para la limpieza de los tubos)
- ✓ Pincel para aplicar pegante (de los que se usan para pintura).

- ✓ Trapo/tela para limpiar
- ✓ 4 bolsas plásticas negras de 10 kg aproximadamente para tapar tubos y una bolsa pequeña para tapar salida del gas.
- ✓ Pedazo de lija.
- ✓ LONA para estirar el plástico en el momento de la instalación y sitio barrido y limpio o guadañado.
- ✓ Navaja/tijeras
- ✓ Pala cuadrada, azadón, palas, barra, alicates

## **!Instalación del biodigestor paso a paso!**

Con las medidas claras se dispone a buscar el lugar más adecuado para realizar la zanja, debe ser lo más plano posible y lo suficientemente amplio para que el biodigestor quede bien, sin olvidar el espacio de la entrada del sustrato y salida del efluente, también que la salida no quede cerca de corrientes de agua.

Al iniciar la excavación se inicia con un ancho de 0,9m hasta obtener la profundidad requerida (1m dependiendo del terreno y de la salida del estiércol), después de realizada esta parte se inicia a bajar el excedente de las paredes, se realiza en juntos lados, esto con el fin de evitar que en un futuro estas se caigan sobre el plástico y lo dañen, al finalizar se obtiene una zanja con una figura como un trapezoidal, ancho arriba 1,10 y ancho abajo 1 m y profundidad 1 m, en el caso del plástico de 2 m de ancho que abre a 4 m de circunferencia (al sumar los lados: 1\*1 se . Una vez finalizada la excavación, se procede a revisar de forma minuciosa si se encuentran raíces que puedan llegar a dañar el plástico, de encontrarlas se procede a quitarlas.

### **Paso 1:**

#### **La Zanja/fosa: que es la cuna donde se pondrá el biodigestor**

Una vez terminada la excavación y revisión de la zanja donde se instalará el biodigestor, se procede a realizar las zanjas donde se ubicarán los tubos de 4" para la entrada y salida. Las medidas a tener en cuenta se encuentran en la figura que se encuentra al lado izquierdo, la ubicación de estas será a los extremos de la zanja ya realizada y se ubican en la mitad de la pared.



**Foto 1.** Zanja hecha con cajas fijas, estilo antiguo: la zanja estaba hecha y para poder instalar el nuevo biodigestor se cubrió con guadua y así poder dar uniformidad. En este caso la guadua también sirve como aislante es decir que se espera que ayude a mantener la temperatura en el biodigestor además de resolver el problema de la zanja. Es una buena alternativa para fincas donde abunda este material. Foto tomada por Lylian Rodríguez J, 6to Encuentro de la RedBioLAC, Valle del Cauca, Colombia, 2015



**Foto 2.** Zanja/fosa para plástico de 2 m de ancho que abre a 4 m de circunferencia. Es importante aclarar que en casi el 100% de los casos la zanja/fosa es en tierra totalmente. No es necesario usar concreto, sin embargo, si el terreno es arenoso se puede viga de amarre y pared en bloque o un friso con concreto y suelo de la misma zanja, pero estos son casos excepcionales. Foto tomada por Lylian Rodríguez, en la finca de Cayetano Obregón, Guapotá, Santander, Colombia

Para realizar las zanjas se puede ayudar de los tubos de PVC de 4", además una vez estén hechas se marcará el tubo en el lugar donde limita la pared interna de la zanja grande, esta marca servirá de guía para el amarre del plástico

## Paso 2: Ubicar los tubos de entrada y salida



**Figura 1.** Medidas para hacer las zanjas en los extremos para ubicar los tubos. **50 cm del piso para iniciar la excavación con un ángulo aproximado de 35-40 grados asegurando que el tubo queda como mínimo a 30 cm del piso para evitar que se tape la entrada.**

**Fotos 3 y 4.** Zanja en el extremo para ubicar tubo. La zanja se hace en todo el centro. Teniendo en cuenta las medidas de la figura 1. Y se aprovecha para marcar el espacio donde se amarrara el tubo que generalmente son 25 a 30 cm. Foto 3 tomada por Lylian Rodríguez J y Foto 4 por María Gabriela Elizondo, estudiante de la Universidad EARTH, Finca Integrada Orgánica-FIO y Finca Pecuaria Integrada-FPI, Universidad EARTH, Costa Rica, 2016

**Paso 3: Desempacar el plástico** (como mencionado anteriormente, esto debe hacerse antes para asegurarnos que el plástico está en perfectas condiciones.)



**Foto 5.** Desempacando rollo de plástico de 50 m de largo, calibre 8 mil (milésimas de pulgada), de 2 metros de ancho que abre a 4 m de circunferencia. Foto tomada por Lylian Rodríguez J, Finca Tosoly, Santander, Colombia

**Foto 6 .** Extremo del plástico muy protegido durante el transporte. Foto tomada por Lylian Rodríguez J, Finca Tosoly, Santander, Colombia

Con todas las zanjas ya realizadas se procede a medir y cortar el plástico, al largo definido se le agrega 1,5m para realizar los amarres en cada extremo, cada uno de 0,75m. Tener en cuenta que la superficie donde se apoye el plástico debe estar completamente limpia para evitar posibles daños al plástico

**Paso 4: Cortar el plástico:** es importante si se usan rollos, hacer una estructura sencilla como la que se ve en el fondo de la foto 5. El corte se debe hacer cuidadosamente en un apropiado para evitar daños.



**Foto 6.** Desenrollando el plástico para cortarlo. Foto tomada por Lylian Rodríguez J, Finca Tosoly, Santander, Colombia



**Foto 7.** Corte del plástico, Foto Diana Zea, Finca Tosoly, Santander, Colombia, 2016

Se deben cortar dos tubos de plástico de igual tamaño para generar la doble capa y uno de tres metros de largo para usarlo más adelante al inflar el biodigestor en su posición final.

**Paso 5A: Doble capa:** dependiendo del plástico, si es calibre 8 (en el caso Colombiano lo es, por esto usamos dos capas.



**Foto 8.** Corte de la segunda capa-tubo de plástico, Foto, Diana Zea, Finca Tosoly, Santander, Colombia, 2016



**Foto 9.** Poniendo una capa dentro de la otra pues es plástico calibre 8. Foto, Diana Zea, Finca Tosoly, Santander, Colombia, 2016

**Doble Capa:** este paso se puede realizar de diferentes formas, depende del espacio con el que se cuente, en esta ocasión se verá cuando el espacio es reducido que es el más común. Se inicia con ir recogiendo el plástico desde uno de los extremos, dos personas hacen este trabajo recogiendo el plástico sobre el brazo como cuando se recoge una manga larga, tener en cuenta que vaya abierto como se muestra en la imagen.

Cuando se llega al otro extremo, las personas que se encargaron de recoger la primera capa de plástico cogen la segunda y empiezan a llevarla con ellas, por otro lado, otras dos o tres personas se encargan de estirar la primera capa sobre la segunda en sentido contrario.

A medida que las dos capas van quedando en su lugar se va acomodando la capa interna para que queden parejas.

**Paso 5B:** Doble capa: dependiendo del plástico, si es calibre 8 (en el caso Colombiano lo es, por esto usamos dos capas



**Foto 10 y 11. Postura de una capa de plástico dentro de la otra.** Fotos Diana Zea, Finca Tosoly, Santander, Colombia, 2016

## Válvula de Salida del Gas

Cuando ya se ha terminado el paso anterior se busca el centro del plástico o el lugar en donde se ubicará la salida de biogás, se marca y se procede a instalar los acoples hembra y macho con sus respectivas arandelas de plástico rígido y neumático. El hueco se puede hacer con un tubo galvanizado al que se le saca filo con un esmeril o puede ser con un tubo caliente, teniendo en cuenta el diámetro de los adaptadores macho y hembra de PVC o simplemente con una tijera de navaja marcando con un indeleble/permanente el tamaño del orificio y cortando con mucho cuidado.

Una persona ingresa al tubo plástico y será quien coloque el acople macho en su lugar. Con la perforación ya hecha, la persona que se encuentra dentro pone el acople macho en la perforación, para las arandelas se pone primero la de plástico rígido y después la de neumático, esta última protege el polietileno de la primera. En la parte exterior se ubica primero el neumático y luego el plástico rígido y se termina por colocar el acople hembra y ajustar muy bien.

### Paso 6. Instalación de la válvula de salida del biogás.



**Fotos 12 a 18. Elaboración de la salida de gas:** puede ser en tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada o  $\frac{3}{4}$  o 1", esto va a influir en el costo total del biodigestor. Se sugiere hacer el hueco en el plástico cerca a la entrada del sustrato, esto es a gusto del usuario pero normalmente se puede tener en cuenta que si la zanja tiene un 1% de desnivel, lo que significa 1 cm por cada metro se sugiere dejar siempre la salida mas cerca a la entrada del sustrato y seguir la misma norma aun si el fondo de la zanja es completamente nivelado que es lo recomendado en la mayoría de los casos. Normalmente la salida del biogás la trabajamos con PVC de  $\frac{1}{2}$  pulgada. Importante: no es necesario usar pegante, ni teflón. Recuerden que el pegante de PVC puede dañar el plástico o debilitarlo. El tubo que conduce el biogás desde la salida si lo pegamos con pegante de PVC, igual hay personas que prefieren usar manguera para conducir el gas. Fotos tomadas por Lylian Rodríguez J en Colombia (comunidades de Santander) y Costa Rica (comunidades y Finca Pecuaría Integrada de la Universidad EARTH)

## Mezclador y Amarres

EL mezclador se hace con un lazo/mecate que mide el doble del biodigestor y se adicionan dos metros, es decir, si el biodigestor mide 5 m de largo, el lazo se corta de  $5\text{ m} * 2 = 10\text{ m} + 2\text{ m} = 12\text{ m}$  en total. En la mitad del lazo se ubica una tapa (foto paso 7) y luego la medida para poner la siguiente tapa, se tiene en cuenta el metraje que sale de dividir el largo del biodigestor en 2 y luego en dos nuevamente, es decir que si el biodigestor es de 5 m la segunda tapa la pondremos a 1,25 m que resulta de  $5\text{ m}/2 = 2,5/2 = 1,25\text{ m}$ . Esto buscando que las tapas recorran todo el biodigestor cuando se haga el mezclado. El mezclador se ubica dentro del biodigestor antes de iniciar con los amarres y los extremos del lazo/mecate se sacan por los tubos de entrada y salida, antes de iniciar con los amarres.

Una vez terminada la salida del biogás y postura del mezclador se procede con los amarres, por comodidad se realiza primero uno y luego el otro, si el lugar lo permite se pueden hacer los dos al tiempo. Primero se toma uno de los tubos de 4" (que ya han sido medidos, lijados en los extremos y marcados para saber el punto del amarre) y

se ubica en la mitad de un extremo del plástico. Con el tubo en su lugar se inicia con los pliegues a cada uno de los lados del tubo hasta terminar de doblar el plástico.

Antes de empezar con el amarre se deben organizar los pliegues alrededor del tubo y con ayuda de una tira de neumático sostenerlo para evitar que se deshagan. Las tiras de neumático se pueden tomar de uno viejo y cortar de unos 3cm de ancho aproximadamente y en forma de espiral para que salga una tira larga.

El amarre se inicia en la marca que se realizó al hacer la zanja del tubo y va hasta que se cubre por completo el plástico. La tira de neumático se debe estirar muy bien para que no se lleguen a producir fugas, también se debe cubrir todo el plástico en esta parte, pero tener cuidado de no dejar muy montado el neumático para que rinda.

Se realiza el mismo procedimiento en el otro extremo del plástico tubular y se tienen listos los amarres en juntos lados.

Uno de los extremos se tapa con una bolsa para poder inflar el biodigestor más adelante, al igual que la salida del biogás.

Durante todo el proceso se debe tener claro cuál es el tubo de entrada y cuál es el de salida para tenerlo en cuenta en la instalación, también porque algunas de las medidas pueden variar según la posición en la que se vayan a instalar.

## Paso 7 Mezclador y amarres



**Fotos 19 a 27.** Mezclador y amarres de los tubos, fotos tomadas por Lylian Rodríguez, Gabriela Elizondo en Universidad EARTH y por Diana Zea en la Finca Tosoly, Santander, Colombia

## Instalación biodigestor

El biodigestor armado se traslada del lugar en el que se elaboró a la zanja ya realizada. Revisar cuidadosamente el camino por donde se transportará, es bueno que la persona que reviso, sea quien guie al grupo. Al transportarlo se debe hacer con cuidado y no dañar el plástico, al llegar se ubica de manera que los tubos de entrada y salida queden en su lugar y la salida del biogás quede en la parte superior y lo más centrado posible.

Con el biodigestor ya ubicado, se acomoda el plástico que se cortó de 3m en el tubo que no está tapado, una persona debe quedarse ahí y sostenerlo para que el aire que ingrese no se vaya a salir de nuevo. Seguido a esto dos o tres personas baten uno de los lados del plástico de forma que el aire ingrese y se infle este pequeño, luego las personas cierran la entrada de aire y hacen presión sobre el plástico para que este pase por el tubo al plástico más grande. Este procedimiento se repite hasta inflar por completo el biodigestor, cuando se termina de inflar se retira el plástico con el que se infló y rápidamente se tapa el tubo, puede ser con una bolsa plástica.

### Paso 8. Instalación del biodigestor y postura de aire



**Fotos 28 a 33.** Transporte, postura en la zanja/fosa y postura de aire como parte del proceso de instalación. El aire tiene el fin de asegurar que la forma del biodigestor sea la correcta. fotos tomadas por Lylian Rodríguez, Gabriela Elizondo en Universidad EARTH y por Diana Zea en la Finca Tosoly, Santander, Colombia

## Instalación válvula de seguridad

Para soportar la válvula se debe hacer o tener un poste para soportar la botella de 2,5 a 3 litros que soportará la válvula de seguridad, la válvula se amarra allí y con el soporte(poste/estaca gruesa) listo se mide la distancia del hasta la salida del biogás para poder cortar el tubo de PVC de media pulgada, a este se pega el codo y otro tubo de PVC, previamente cortado según el lugar donde se desea dejar la válvula, al otro extremo de este tubo se pega la T, tener en cuenta que quede alineada con el tubo que baja del codo, en la salida de la T que baja se pega un tubo de unos 30 cm según el tamaño de la botella que se va a poner allí, a la botella se le hace un hueco rectangular en la parte superior para por allí mantenerla llena de agua. La idea es que el tubo de PVC quede sumergido dentro del agua aproximadamente 12 cm, esto es lo que maneja la presión en el sistema y quiere decir que, si la familia sale de viaje y no usa el biogás, se llena de biogás tanto el espacio/campana de gas en el biodigestor y además se llena el reservorio, entonces el biogás alcanza 12 cm presión y el biogás va a buscar por donde escapar, entonces en este momento burbujea por la botella. Siempre hay que estar pendientes de poner agua en la botella, de lo contrario el gas se escapara por allí.

Al tener la estructura armada se procede a soldar el tubo que baja del codo a la salida del biogás en el biodigestor, se recomienda cubrir muy bien la superficie del plástico que queda expuesta para evitar que le caída pendiente dañe o debilite el plástico.

El tubo de PVC se fija a la caña brava/estaca delgada con un pedazo de neumático flojo, de tal manera que si el biodigestor se desinfla no se va a ejercer presión sobre la salida del biogás.

### Paso 9. Tubería de conducción del biogás hasta la válvula de seguridad





**Fotos 34 a 39.** Tubería de conducción del biogás hasta la válvula de seguridad. Fotos tomadas por Diana Zea, 2016 Tosoly, Santander, Colombia

## Postura de agua al biodigestor hasta sellar los tubos

Una vez puesta la válvula de seguridad procedemos a abrir el extremo que nos quede mas cómodo, haciendo un pequeño hueco en el plástico que cubre uno de los tubos (de entrada, o salida) y poner la manguera con agua. Es importante hacer un aforo del caudal de agua de la manguera tomando el tiempo que se demora en llenar un recipiente de 20 litros y de allí hacemos el cálculo de cuantos litros por hora y calculamos el 30% del biodigestor aproximadamente y así sabremos el tiempo aproximado que se tomara en cubrir los tubos. Este paso es importante porque permite luego quitar el plástico y hacer la conexión al corral tranquilamente y proceder a lavar los corrales. Si no hacemos esto el biodigestor se desinfla al momento de hacer las conexiones.

**Ejemplo:** se toma 1'mn y 45"seg, llenar el balde de 20litros. Con este dato calculamos: si en 105 segundos da un caudal de 20 litros en 60 segundos cuanto caudal proporciona

$$\begin{array}{r} 105 \text{ seg} \text{ ----} 20 \text{ litros de agua} \\ 60 \text{ seg} \text{ -----} \quad \quad \quad x \end{array}$$

$$X = \frac{60\text{seg} * 20\text{litros}}{105\text{seg}} = 11,4 \text{ litros por min} * 60 \text{ min} = 685 \text{ litro de agua por hora}$$

En un biodigestor de 5 m de largo que tiene una capacidad de 5600 litros el 30% es  $5600 * 0,3 = 1680$  litros que es lo que necesitaríamos aproximadamente para que los tubos queden cubiertos por agua y al quitar los plásticos no se salga el aire. Y si en una hora (60 min) el caudal deliberado es 685 litros entonces necesitaríamos aproximadamente en 2 horas y 27 minutos podemos regresar a revisar.

Es importante que el hueco que se hace en el plástico se cubra con barro para evitar que el aire salga por allí. Este paso se debe realizar después de tener la válvula de seguridad lista pues como el biodigestor ya está lleno de aire, al poner el agua se va a llenar y el aire empezara a salir por la válvula de seguridad. Se verá en ese momento como el aire forma burbujas y escapa por esta vía.

**Paso 10.** Llenado de agua hasta cubrir los tubos.



**Fotos 40 a 4** . Una vez terminada la válvula de seguridad y hecho el aforo, se inserta la manguera con agua para llenar hasta cubrir “sellar” los tubos y luego proceder a quitar los plásticos, conectar tuberías, preferiblemente no pegar nada, no es necesario. Posteriormente proceder a lavar los corrales. Fotos tomadas por Lylian Rodríguez, Colombia 2014

## Reservorio de Biogás

El reservorio es clave en el sistema, cabe recordar que el reservorio nació como idea de un productor colombiano en 1989, en una finca en la Costa Atlántica donde el biodigestor quedaba muy lejos del campamento donde se cocinaban los alimentos y el productor se ideó almacenar el biogás en un plástico tubular igual al usado para los biodigestores.

### Paso 11. Reservorio de biogás



**Fotos 43 a 45.** Reservorios de biogás. Se debe construir de acuerdo al espacio disponible. Fotos tomadas por Lylian Rodríguez en Camboya, Sur este Asiático.

## Estufa de biogás

Con los materiales mencionados se pueden hacer estufas muy sencillas y se construyen modelos locales, con metal o con barro. La idea es no crear dependencia en ningún tipo de estufa.



**Fotos 46 y 47.** Estufas de Biogás en Guapotá, Santander Colombia. Fotos tomadas por Lylian Rodríguez 2014

De esta forma se da por finalizada la construcción del biodigestor. Es importante que cuando se conecte el reservorio ya se tenga llave en la llave de paso instalada inmediatamente después de la válvula de seguridad. Esto generalmente si se carga/alimenta el biodigestor adecuadamente sucede a los 20-30 días en clima medio/cálido.

### **Cerca y protección del biodigestor.**

Como el plástico tiene protección UV no es necesario realizar un invernadero para protegerlo, sin embargo, se recomienda hacerlo para ayudar a elevar la temperatura del biodigestor y evitar que le caigan cosas encima, por otro lado también es importante realizar una cerca alrededor para evitar que lleguen animales y caigan sobre este.



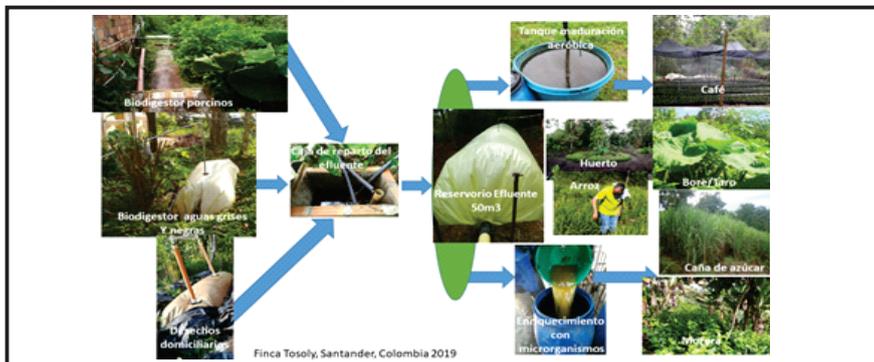
**Foto 47.** Biodigestor con techo y cerca. Foto tomada por Ricardo Granados B. Málaga 2019

## Reservorio del efluente



**Foto 48.** Reservorio de Efluente de 50 m<sup>3</sup>, Finca Tosoly, 2019

En los últimos años hemos decidido instalar el biodigestor y a la vez instalar bajo el mismo sistema un reservorio que permite el almacenamiento del efluente y procesos adicionales de refinamiento. Es una solución práctica y económica que permite usar el efluente refinado (con adición de microorganismos nativos y otros procesos, como fermentos de plantas) en un sistema de riego programado y organizado en el sistema productivo.



**Diagrama de flujo del efluente, Finca TOSOLY, Santander**

Ver en Anexo 1 una tabla para instalación de Biodigestores en clima medio/cálido según el largo del biodigestor ó de acuerdo al número de cerdos o a los kg de estiércol disponible. Y en el Anexo 2, los mismos datos para el caso bovinos en clima cálido y medio.

## Comentarios finales

Este manual ha sido un esfuerzo de plasmar experiencias e ideas basadas en la experiencia de la autora principal Lylian Rodríguez, experiencias desde el año 1996 adquiridas en el equipo de la Fundación UTA, de Diana Zea, estudiante de pasantía de la Universidad del Bosque bajo el marco de un convenio entre la Fundación UTA [www.utafoundation.org](http://www.utafoundation.org), EL Común: Asociación asociaciones campesinas y populares de Colombia y la Universidad del Bosque, Edelmira Hernández Mujica, directora de EL COMUN quien en el 2016 lideró un proyecto presentado por EL COMUN, avalado por la RedBioCol y aprobado por el Ministerio de Agricultura de Colombia donde se tenía como tarea instalar 90 unidades de cerdos con biodigestores. Green Empowerment [www.greenempowerment.org](http://www.greenempowerment.org) ha soportado la parte administrativa del proyecto de EL COMUN y con los recursos ha brindado la oportunidad de extender la tecnología a otros productores, esta cartilla ha tenido la participación y apoyo de Ricardo Granados Buch, miembro de la fundación UTA y la experiencia de much@s promotor@s campesin@s, organizaciones, estudiantes de muchos países y gente inquieta. El manual se ha puesto a disposición de los interesados y en esta ocasión lo compartimos impreso a todos los participantes *del III Encuentro Nacional: Minga Cultural y Artística RedBioCol: vamos hacia el sur por la soberanía de nuestras organizaciones* y seguirá disponible a todos los interesados y a las organizaciones de la RedBioCol y RedBioLAC y a los estudiantes de diferentes universidades en Colombia y el mundo.

La UTA, EL COMUN y La Universidad del Bosque son parte de la RedBioCOL [www.redbiocol.org](http://www.redbiocol.org) con quien se han realizado actividades de instalación que han liderado al fortalecimiento de la tecnología en las comunidades y organizaciones con las que trabaja EL COMUN. En el 2018 Lylian Rodríguez y Ricardo Granados Buch participaron en la instalación de 20 biodigestores en Málaga, Santander con uno de los proyectos de EL COMUN. En esta edición, 1.2 de octubre del 2019 se han plasmado experiencias de los últimos años y sabemos que día a día aprenderemos más sobre la tecnología y estamos seguros de que compartiremos el conocimiento con todos

los miembros de la RedBioCol y otras redes a nivel nacional e internacional.

La RedBioCol nace inspirada en la Red de biodigestores para Latinoamérica y el Caribe RedBioLAC [www.redbiolac.org](http://www.redbiolac.org) de la cual también la Fundación UTA hace parte y promueve la difusión de la tecnología en más de 15 países latinoamericanos y del caribe. Es importante resaltar que la Red Colombiana de la energía de la biomasa parte de la energía que cada uno le pone a los procesos de desarrollo personal, familiar, comunitario, regional y de nuestro país, el biodigestor es simplemente un elemento en el sistema y su éxito depende de la adopción y adaptación de la tecnología a las economías locales.

WISIONS <http://www.wisions.net/> ha sido importante en el proceso de la RedBioCol y en el apoyo a la coordinación de las actividades que han liderado a la promoción de tecnologías en energía renovable.

En el momento de terminar esta versión de la cartilla/manual Lylian Rodríguez J está trabajando en su proyecto de vida familiar y es directora de la Fundación UTA Colombia y es miembro del equipo articulador de la RedBioCol.

Los biodigestores plásticos son una herramienta útil y funcional para el tratamiento de residuos en la finca siempre y cuando se involucren los usuarios en el proceso de capacitación y se formen líderes/gestores comunitarios. Esta es la manera de que la tecnología perdure en el tiempo y sea verdaderamente sostenible.

La autora principal de este manual, ha construido biodigestores plásticos de flujo continuo, usado biogás (cocción de alimentos y generación de electricidad) y usado el efluente para la fertilización de cultivos dentro de los sistemas agropecuarios sostenibles y generado investigación por más de 20 años en la Fundación UTA y está comprometida y convencida de la simplicidad y utilidad de la tecnología para productores y comunidades enteras en el mundo.

Esta es la continuación de una serie de publicaciones donde esperamos que ustedes los lectores sean los más beneficiados.

Guapotá, Santander Colombia  
29 de octubre del 2019

## **Referencias**

Rodríguez Lylian y Preston Thomas, Manual de biodigestores digital - FAO

<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/Recycle/biodig/manual.htm>

Material usado para el curso PRA301 2016 Universidad EARTH – Sistemas Agropecuarios Sostenibles – impartido por Lylian Rodríguez J

Para mayor información dirijase a:

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

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

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

**Anexo 1.** Caso cerdo, plástico calibre 8, de 2 m de ancho que abre a 4 m de circunferencia, fase líquida 80 % - Tiempo de Retención 20 días y sólidos o Materia Seca en la mezcla de 3,5%

Largo, m	m <sup>3</sup> /biodigestor	# cerdos	Fase líquida, l	Campana de gas, m <sup>3</sup>	Estiércol fresco, kg	Agua, Kg	Biogas m <sup>3</sup> /día	Biogas /año	Equivalente a propano año, kg	Litro Efluente/día	Efluente, l/año	Balance CO2 evitado y CO2 producido en la combustión, t/año/biodigestor
1	1,3	3	1019	0,255	9	42	0,4	163	81	48	17660	1,21
2	2,55	5,9	2037	0,509	18	84	0,9	325	163	97	35320	2,42
3	3,8	8,9	3056	0,764	27	126	1,3	488	244	145	52979	3,64
4	5,09	11,9	4074	1,019	36	168	1,8	651	325	194	70639	4,85
5	6,4	14,9	5093	1,273	45	210	2,2	813	407	242	88299	6,06
6	7,6	17,8	6112	1,528	53	252	2,7	976	488	290	105959	7,27
7	8,9	20,8	7130	1,783	62	294	3,1	1139	569	339	123619	8,48
8	10,2	23,8	8149	2,037	71	336	3,6	1301	651	387	141278	9,7
9	11,5	26,7	9167	2,292	80	378	4	1464	732	435	158938	10,91
10	12,7	29,7	10186	2,546	89	420	4,5	1627	813	484	176598	12,12

Fuente: Lylian Rodríguez J 2019, Encuentro RedBioLAC Brasil

**Anexo 2.** Caso bovino, plástico calibre 8, de 2 m de ancho que abre a 4 m de circunferencia, fase líquida 80 % - Tiempo de Retención 20 días y sólidos o Materia Seca en la mezcla de 3,5% y estabulación 100% (es mejor tomar como guía la columna de la cantidad de estiércol)

Largo Biodig .	m3/biodigestor	# UA=400Kg Bovinos	Fase líquida, litros	Campana de gas, l	Estiércol fresco, kg	Agua, kg	Biogas m3/día	Biogas,m3/año	Equivalente a propano año, kg	Litros Efluente /día	Litros Efluente /año	Balance CO2 evitado y CO2 producido en la combustión, t/año/biodigestor
1	1.3	0.26	1019	255	6	23	0.204	74,4	37	26	9560	0,554
2	2.55	0.52	2037	509	12	46	0.407	148,7	74	52	19120	1,108
3	3.82	0.78	3056	764	18	69	0.611	223,1	112	79	28681	1,662
4	5.09	1.04	4074	1019	24	92	0.815	297,4	149	105	38241	2,216
5	6.37	1.3	5093	1273	30	116	1.019	371,8	186	131	47801	2,771
6	7.64	1.56	6112	1528	36	139	1.222	446,1	223	157	57361	3,325
7	8.91	1.82	7130	1783	41,9	162	1.426	520,5	260	183	66921	3,879
8	10.19	2.08	8149	2037	47,9	185	1.63	594,9	297	210	76482	4,433
9	11.46	2.34	9167	2292	53,9	208	1.833	669,2	335	236	86042	4,987
10	12.73	2.6	10186	2546	59,9	231	2.037	743,6	372	262	95602	5,541

Fuente: Lylian Rodríguez J 2019, Encuentro RedBioLAC Brasil



green empowerment  
Village Solutions for Global Change

