

## **BIODIGESTOR DE POLIETILENO: CONSTRUCCIÓN & DISEÑO**

La información referenciada en este documento se basa en la recopilación de información del Taller Práctico sobre Biodigestores Familiares de Bajo Costo, realizado en La Paz-Bolivia, los días 26, 27 y 28 de marzo de 2007. Este taller fue organizado en el marco del Componente de Acceso de Servicios Energéticos del Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible - PROAGRO de la Cooperación Técnica Alemana-GTZ.

Este taller práctico, tuvo como fin difundir y dar a conocer esta tecnología para el uso de energía, tanto a nivel de diseño y adaptación de estos sistemas a las diferentes ecorregiones, como en el planteamiento y ejecución práctica de proyectos.

Se buscó que los asistentes, después de su participación en el taller, sean capaces de ejecutar sus propios proyectos de biodigestores desde la identificación hasta la instalación y sostenibilidad de los mismos.

### **1. BIODIGESTORES FAMILIARES PARA ZONAS RURALES:**

Los biodigestores familiares de bajo costo son sistemas naturales que aprovechan el estiércol del ganado para producir biogás y biol.

El biogás es un gas con alto porcentaje en metano que puede ser empleado en una cocina convencional sustituyendo a la leña o GLP. Este biogás también puede ser empleado en lámparas de gas para iluminación.

El biol es un fertilizante ecológico que puede emplearse directamente en el riego de las chacras o decantarlo para obtener fertilizante foliar, de esta forma no se pierde la capacidad fertilizante del estiércol que es de uso común en el ámbito rural.

Los biodigestores familiares de bajo costo son de gran utilidad en las áreas rurales, periurbanas y urbanas donde las familias poseen ganado, incluso en pequeñas cantidades.

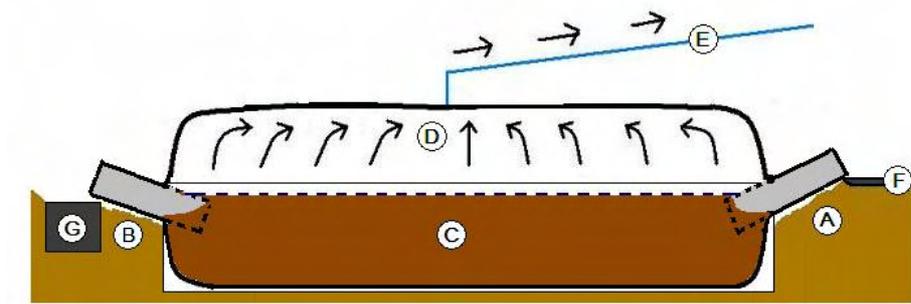
Estos sistemas se han introducido en Bolivia en el año 2002 como un proyecto piloto de tecnología apropiada. Son asequibles todos los materiales en el mercado local boliviano, con un bajo costo de inversión y con un fácil manejo y mantenimiento, que no requiere de técnicos, ya que la propia familia participa y es capacitada durante la instalación. Desde entonces, más de 150 biodigestores fueron instalados por diferentes instituciones. La tecnología se fue desarrollando para abarcar todas las ecoregiones, desde el trópico y valles hasta adaptar el funcionamiento de los biodigestores inclusive en el altiplano.

La incidencia de los biodigestores familiares de bajo costo no sólo es destacable por la generación de energía barata (biogás), y la producción de un fertilizante ecológico (biol), si no que también incide directamente sobre la salud familiar, al sustituir la leña para cocinar por un gas que no desprende humo en la cocina, tan dañino a las vías respiratorias, sobre todo para las mujeres. La carga de trabajo físico que conlleva la búsqueda de leña se ve reducida, especialmente en mujeres y niños. A nivel medioambiental, la carga de estiércol diario del biodigestor elimina moscas y olores, además de reducir enfermedades del ganado como la mastitis.

## **2. CONCEPTO, VENTAJAS Y APLICACIONES DE LOS BIODIGESTORES:**

### **2.1 Biodigestor:**

Un biodigestor esta formado por un tanque hermético donde ocurre la fermentación y un depósito que sirve para el almacenaje de gas. Las dos partes pueden estar juntas o separadas y el tanque de gas puede ser de campana fija o flotante. En el caso del biodigestor de polietileno, el tanque de digestión y de recolección de gas, conforman uno sólo. El proceso de digestión ocurre en la parte inferior del recipiente, y en la parte superior se colecta el gas.



El esquema superior es un dibujo del perfil de un biodigestor para tener una idea básica de su concepto.

- A: Tubería de entrada del biodigestor.
- B: Tubería de salida del biodigestor
- C: Tanque donde se va a digerir la mezcla de agua y estiércol.
- D: Cámara de colección de gas.
- E: Tubería de salida del gas.
- F: Recipiente de entrada para la carga
- G: Recipiente de recolección de Biol.

Este biodigestor, posee una tubería de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (por ejemplo, estiércol animal o humano, las aguas sucias de las ciudades, residuos de matadero) en forma conjunta con agua, y una tubería de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente.

El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás.

La duración de la reducción del material biológico depende de los microorganismos especiales y de sus temperaturas óptimas del crecimiento. Los principales componentes del biogás son el metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Aunque la composición del biogás varía de acuerdo a la biomasa utilizada, su composición aproximada se presenta a continuación (Werner et al 1989):

Metano	CH <sub>4</sub> 40 - 70% volumen
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub> 30 - 60
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S 0 - 3
Hidrógeno	H <sub>2</sub> 0 - 1

El metano, principal componente del biogás, es el gas que le confiere las características combustibles al mismo, un combustible bastante limpio y

eficiente que puede ser utilizado directamente. El valor energético del biogás por lo tanto estará determinado por la concentración de metano - alrededor de 20 – 25 MJ/m<sup>3</sup>, comparado con 33 – 38MJ/m<sup>3</sup> para el gas natural (Werner et al 1989).

Por otro lado, los residuos de la fermentación (efluentes), contienen una alta concentración de nutrientes y materia orgánica, lo cual los hace susceptibles de ser utilizados como un excelente fertilizante que puede ser aplicado en fresco, ya que el proceso de digestión anaerobia elimina los malos olores y la proliferación de moscas. Otra ventaja es la eliminación de agentes patógenos presentes en las heces, lo cual significa que el efluente líquido puede ser utilizado para regadío de cualquier tipo de cultivos.

## 2.2 Características del digestor

Para una buena operación, es necesario que el digestor reúna las siguientes características:

- Hermético, para evitar fugas del biogás o entradas de aire.
- Térmicamente aislado, para evitar cambios bruscos de temperatura.
- El contenedor primario de gas deberá contar con una válvula de seguridad.
- Deberán tener acceso para mantenimiento.
- Deberá contar con un medio para romper las natas que se forman.

## 2.3 Procesos Bioquímicos<sup>1</sup>

Biodigestión Anaerobia:

La materia orgánica contenida en los desechos, bajo ciertas condiciones, es posible que sea tratada biológicamente por acción de microorganismos, en recipientes herméticamente sellados.

Este es un proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, donde se genera una mezcla de gases que, en su conjunto, reciben el nombre de biogás.

Básicamente, el proceso considera tres etapas: Hidrólisis, etapa en la que los polisacáridos (celulosa, almidón, etc.), los lípidos (grasas) y las proteínas, son reducidas a moléculas más simples; Acidogénesis, etapa en que los productos formados anteriormente son transformados principalmente en ácido acético, hidrógeno y CO<sub>2</sub>; Metanogénesis, los productos resultantes de esta etapa son metano CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, principalmente.

Considerando que las bacterias son el ingrediente esencial del proceso, es necesario mantenerlas en condiciones que permitan asegurar y optimizar su ciclo biológico. Los principales parámetros que influyen en la producción de biogás son:

- Temperatura
- Tiempo de Retención
- Relación Carbono/Nitrógeno
- Porcentaje de sólidos
- pH:
- Agitación

---

<sup>1</sup> FAO 1997; Reunión Regional sobre Biomasa para la producción de energía y alimentos: Aprovechamiento de Desechos Agropecuarios para la Producción de Energía; Daniel Alkalay Universidad Técnica Federico Santa María- Chile.

## 2.4 Biogás:

El biogás es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia (sin presencia de oxígeno) de la fracción orgánica de los residuos. Está compuesto principalmente por Metano (CH<sub>4</sub>) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), además de otros gases en cantidades menores.

Cuando los desechos orgánicos inician el proceso químico de fermentación (pudrimiento), liberan una cantidad de gases llamados biogás. Con tecnologías apropiadas, el biogás se puede transformar en otros tipos de energía, como calor, electricidad o energía mecánica.

## 2.5 Tipos<sup>2</sup>:

De acuerdo a la frecuencia de cargado, los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en:

- Batch o discontinuo.- se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que ha dejado de producir gas combustible. Normalmente consiste en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el biogás. Este sistema es aplicable cuando la materia a procesar esta disponible en forma intermitente.
- Semi continuos.- Es el tipo de digestor más usado en el medio rural, cuando se trata de digestores pequeños para uso doméstico. Los diseños más populares son el hindú y el chino. Poseen el gasómetro integrado al sistema y se construyen totalmente enterrados. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación.
- Continuos.- Este tipo de digestores se desarrollan principalmente para tratamiento de aguas residuales. En general son plantas muy grandes, en las cuales se emplean equipos comerciales para alimentarlos, proporcionarles calefacción, agitación, así como para su control.

De acuerdo a la configuración y funcionamiento de nuestro biodigestor, este se encuentra clasificado como de carga semicontinua.

## 2.6 Ventajas del uso de biodigestores<sup>3</sup>:

a) Relacionadas con el medio ambiente:

- Reducción de la producción de gas metano. El excremento en estado natural expulsa grandes cantidades al espacio de este gas, que es uno de los más perjudiciales para la capa de ozono.
- Evita los malos olores entre el 90 y 100%.
- Se evita la contaminación de suelos y agua. Los excrementos constituyen uno de los elementos más contaminantes de nuestro medio ambiente.
- Se evita la tala de árboles para ser utilizados como combustible. Los biodigestores son una de las grandes posibilidades para evitar la tala desmedida.

---

<sup>2</sup> Soluciones Prácticas – TDG; Ficha Técnica N° 8: Biodigestores.

<sup>3</sup> Jorge Arturo Sáenz; Sistematización de una experiencia exitosa en Producción de Biogás; Programa de Pequeñas Donaciones del PNUD/FMAM; octubre 2001.

- La producción de fertilizante orgánico; es una opción para cambiar la agricultura tradicional por una orgánica, el afluyente del biodigestor es una excelente alternativa.
- No se produce humo; este es uno de los males que afectan la salud de las mujeres del campo.
- Permite un manejo adecuado de los desechos.
- No se da la proliferación de insectos.

b) Asociado con el bienestar familiar:

- Se evita el hollín de los trastos, techo y toda la casa, cuando se cocina con leña es inevitable, la familia tiene que construir una cocina aparte de la casa para evitar los efectos del humo. Además, debe invertir para la reposición de trastos y techo para su casa, lo que se traduce en un gasto económico.
- La búsqueda de leña se reduce, por tanto se aminora o se suprime este trabajo en mujeres y niños.
- No hay peligro de explosiones, el cilindro de gas tradicional siempre es un peligro constante; el biodigestor nunca podrá ser una amenaza dentro de una casa.
- Mejora la economía familiar.
- Es muy rápido para cocinar. Este gas tiene una llama azul con una alta concentración de calor, lo que facilita una cocción rápida.
- El fuego del biodigestor se prende solo cuando se requiere de él. En el caso de cocinas con leña, ésta debe estar todo el día prendida y supone peligros.
- Cualquier miembro de la familia puede colaborar en la preparación de los alimentos por las ventajas que tiene el gas del biodigestor en la casa.
- Las reparaciones del biodigestor son sencillas. Cuando se tiene un conocimiento mínimo de cómo manejarlo, se puede realizar sin problemas.
- Es una inversión de bajo costo para la familia; muchos materiales los puede obtener de su finca y gran parte de la mano de obra la aporta la familia y el técnico sólo debe ofrecer la asesoría.
- Es una inversión para muchos años. Según datos, los materiales utilizados en la construcción del biodigestor, dependiendo del tipo de sistema, garantizan que será una actividad que dura desde 2 años en el caso de polietileno, hasta 30 años y más en construcciones de material noble.
- El mantenimiento es de bajo costo. En lo que puede tener problemas es con el plástico y éste se puede cambiar o reparar sin mucha inversión de dinero.

## 2.7 Aplicaciones:

A pequeña y mediana escala, el biogás ha sido utilizado en la mayor parte de los casos para cocinar en combustión directa en estufas simples. Sin embargo, también puede ser utilizado para iluminación, para calefacción y como reemplazo de la gasolina o el combustible diesel en motores de combustión interna.

La utilización de los biodigestores además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del

mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno (Hohlfeld y Sasse 1986).

- El efluente es mucho menos oloroso que el afluente.
- Control de patógenos.
- Control de malos olores
- El efluente puede ser utilizado como alimento para peces, en lagos o estanques artificiales, además de la lombricultura.

Un metro cúbico de biogás totalmente combustionado es suficiente para:

- Generar 1.25 kw/h de electricidad.
- Generar 6 horas de luz equivalente a un bombillo de 60 watt.
- Poner a funcionar un refrigerador de 1 m<sup>3</sup> de capacidad durante 1 hora.
- Hacer funcionar una incubadora de 1 m<sup>3</sup> de capacidad durante 30 minutos.
- Hacer funcionar un motor de 1 HP durante 2 horas.

### **3. CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONADO Y DISEÑO:**

Para el diseño del biodigestor de polietileno, deberán tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Necesidades de biogás. Tiempos a usarse en cocción o en iluminación.
- Necesidades de biol. Cantidad de fertilizante foliar requerido.
- Necesidades medioambientales. Tipo de problema ambiental a solucionar
- Limite de materia prima. Cantidad de estiércol a tratar diariamente.

#### **a. Calculo de cantidad de estiércol:**

<b>Animal</b>	<b>Estiércol (Kg./100 kg. De peso vivo)</b>	<b>Peso animal * (Kg.)</b>	<b>Estiércol diario (kg.)</b>
Vaca	8	400	32
Cerdo	4	70	2.8
cabra	4	60	2.4
caballo	7	350	24.5

**Tabla 1.1:** Estiércol disponible por tipo de animal

- la cantidad de estiércol disponible depende del manejo del ganado en la zona, para el caso de ganado tabulado, el total de estiércol a aprovechar es del 100% y en el caso de ganado tabulado sólo por la noche, el estiércol a aprovechar es del 25%.

#### **b. Materia a digerir.**

- Para obtención de biogás: La mezcla de estiércol y agua deberá ser de 1:4.
- Para la obtención de biol primordialmente: La mezcla deberá ser 1:3

Ejemplo 1:

En el caso de tener 2 vacas y un cerdo, los cálculos según Tabla 1.1:

Tipo de animal	Peso Kg.	Cant. De estiércol (Kg.) / día
Vaca	350	56
cerdo	70	2.6

Total: 58.6

En este caso, considerando mezcla de 1:4, la materia a digerir por día sería: (58.6 x 4 = 23.4); 58.6 de estiércol y 23.4 lts de agua.

**c. Tiempo de retención:**

Es el tiempo que transcurre entre la carga y descarga del sistema. La velocidad de degradación depende en gran parte de la temperatura ambiente, pues a mayor temperatura el tiempo de retención requerido es menor.

Temperatura °C	Días
10	55
20	25
30	10

**Tabla 1.2:** Tiempos de Retención (TR)

Ejemplo 2:

Considerando: T<sup>o</sup> media= 20°C

Volúmenes de carga	Cant. en lts.
Vol. Diario de carga	293
Vol. Líquido	5860
Vol. gaseoso (+ 25% del vol. Total)	1465
Vol. Del tanque	<b>7325 (7 m<sup>3</sup> aprox)</b>
Tiempo de retención (TR)	25 días

- La cantidad de biogás producido, tiene una relación de +/- 35 % del volumen líquido.

Ejemplo 3:

Para un vol. líquido= 5860 lts; serán equivalentes a Vol de biogás=2051 lts  
Si una cocina de 2 fogones consume: 150 lts/hr; el biogás producido se consumiría en: + 13 hr.

**d. Dimensiones:**

- La relación entre el diámetro y la longitud, deben guardar una relación entre 1: 5 y 1:10 (lo recomendable es de 1:8)
- En el caso de biodigestores de polietileno, la fórmula base es:

$$\text{Vol} = \pi \times r^2 \times L \quad \text{Donde:} \quad \begin{array}{l} r = \text{radio} \\ L = \text{Longitud} \end{array}$$

Longitud (m.)	Radio (m.)	Diámetro	Relación
10	0.48	0.96	+/- 1:10
8	0.54	1.08	+/- 1:8
6	0.62	1.25	+/- 1: 4.6

- Los parámetros obtenidos, deben ceñirse a lo ofrecido en el mercado, quienes ofrecen el producto de acuerdo al "ancho de rollo", con una longitud de 50 m. lineales:

$$\text{Ancho de rollo (AR)} = \pi^2 \times r$$

- Considerando una relación de 1:8, para un r= 0.54; el AR=1.96, siendo lo ofrecido en el mercado de: AR= 1.5 m.

Ejemplo 3: Tomado como referencia el ejemplo 2; para un Vol. Del tanque= 7325 lts (7.235 m<sup>3</sup>):

r= 0.47 m. y L= 10.5 m y la relación es de 1:9

**e. Características finales del biodigestor:**

Materia disponible: 2 vacas y un cerdo	Estiércol diaria: 58.6 kg.
	Agua diario (mezcla 1:4): 234 lts.
	Vol. Total diario: 293 lts.

Considerando una T <sup>o</sup> media de 20°C	Tiempo de retención: 25 días
	Vol. Líquido: 5860 lts
	Vol. Gaseoso (+25% del vol. líquido): 1465 lts.
	Vol de biogás (+/- 35% del vol líquido) = 2051 lts.
Vol. Total: 7325 lts.	
Horas de cocción	13 horas

Dimensiones	Radio = 0.47 m.
	Longitud= 10.5 m.
	Relación= 1:9

**f. Precauciones de cálculo:**

- La consideración de +/- 35 % e en el volumen gaseoso, se utiliza en el caso de tener un T<sup>o</sup> media de 20° C.
- La consideración de +/- 35 % es en el caso de excremento porcino. En el caso de vacuno es de 30% del volumen líquido y el caso de caprinos de 25% del volumen líquido.
- Para dimensiones mayores de L=10 m, deberá considerarse la colocación de correas a fin de agitar la mezcla y evitar la formación de costras en la superficie.

**4. CONSIDERACIONES DE ACUERDO A LA ZONA DE TRABAJO**

- Las dimensiones del biodigestor se ajustan de acuerdo a la zona de trabajo.
- Implementación de un invernadero solar, en zonas con T<sup>o</sup> menores o iguales a 10°C.

- Al poseer el lodo inercia térmica, debe asegurarse una T° de trabajo de 10 °C, para tal fin, se recomienda enterrar el biodigestor o cercarlo con un muro de adobe y utilizar aislantes.
- Variar el porcentaje de producción vol. de gas en un 30% del vol. Líquido.
- El tiempo de residencia utilizado será de 25 días.
- Para la colocación del biodigestor, deberá tomarse en cuenta la trayectoria del sol.

**Mayores referencias, ver documento: Diseño de biodigestores para Palca.doc**

## **5. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN BIODIGESTOR DE POLIETILENO**

El estilo de biodigestor desarrollado es uno bastante sencillo y económico. Unos pasos en la construcción requieren mano de obra pesada y ciertas capacidades para la construcción de tapial o colocación de adobes.

Para facilitar una mejor comprensión de las instrucciones se incluye una breve descripción de los usos de los materiales en un biodigestor. Algunas cosas no incluidas no son esenciales para un biodigestor o son cambiables por otros materiales debido a sus preferencias y posibilidades.

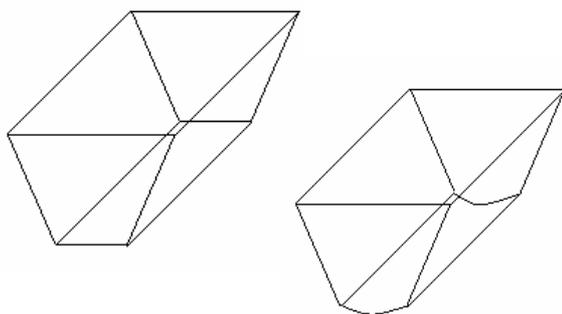
<b>Material</b>	<b>Descripción</b>
Film negro UV (2x50 m) 300 micr.	Polietileno UV, que servirá para hacer el biodigestor.
Film translúcido UV (2x50 m) 300 micr.	Polietileno UV, que servirá para hacer el invernadero.
Tubería PEAD	Tubería para hacer conexión de gas.
Codos	Para empalme en las conexiones
Tee	Conexión para la distribución del biogás
Llave bola	Conexión para controlar salida de gas
Copla	Para empalme entre tubos.
Flange	Para empalme entre tubos.
Tubo 16 cm	Conexión para la salida de biogás en la cocina.
Herramientas:	Flexo 5m Cinta americana adhesivo Gomas (3 neumaticos/biodigestor) Alambre/cordel Alicates Selladora Manual Bombril (estropajo de acero) Teflón Tijeras Clavos Tarraja 1/2"

**Mayores referencias, ver documento: Diseño de biodigestores para Palca.doc y pres\_biogas.xls.**

## **6. CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA PARA BIODIGESTOR**

- Para construir un biodigestor de esta clase, hay que cavar un hoyo primero. El hoyo deberá guardar las mismas dimensiones que el

biodigestor. Se recomienda realizar la base en forma de U o V, como se muestra en la figura:



**Fig 2 .** Hoyo en forma de "V" y "U"



**Fig. 3** Estructura en tapial en forma de U

- Luego de haber cavado el hoyo, en caso de encontrarse en zonas frías por debajo de 10°C, construir un cerco alrededor del biodigestor para preservar la temperatura. En caso de zonas con temperaturas mayores a 10 °C, sólo basta el hoyo en donde se colocará el biodigestor.

Los cercos alrededor de biodigestor, pueden ser de tapial o adobe. En el caso de construcciones de adobe y de acuerdo a su longitud (mayores a 7 m.), considerar en la estructura soportes de seguridad cada cierto tramo, como se muestra en la figura.

Nótese la diferencia de alturas en la estructura, esto se debe a que esta diferencia hará la semejanza de techo a desnivel, que soportará bastidores sobre los cuales se colocará el polietileno para causar el efecto invernadero.



**Fig. 4** Estructura de adobe con soportes de seguridad.

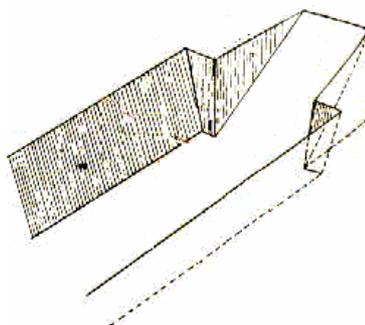
- Deben cavarse dos zanjás—una para el tubo de entrada y otra para el tubo de salida. La zanja de entrada se debe cavar a un ángulo de unos 45°, entrando el tanque tan cerca del fondo posible, dejando no más de 30 centímetros entre el punto de la entrada y el fondo del tanque. El tubo de entrada debe estar por encima del tanque por lo menos unos 40 centímetros. El tubo de salida se debe cavar a un ángulo de 30°.



**Fig. 5** Zanja para tubería en estructura de tapial



**Fig. 6** Zanja para tubería en estructura de adobe



**Fig. 7** Esquema de Zanja

- Una vez lista la estructura que contendrá el biodigestor (tomando en consideración los tiempos de secado del adobe y tapial), se procederá a la instalación del biodigestor y la colocación de recipientes que faciliten la carga del material y la descarga del biol.

## **7. INSTALACIÓN DEL BIODIGESTOR**

- Recortar el polietileno de acuerdo a las dimensiones establecidas. Este deberá ser de doble ancho a fin de conformar una capa más resistente. Se recomienda precaución en el manejo de polietileno, resguardarlo de hendiduras producidas por piedras u otro material, para este fin pueden extenderse sobre sacos de rafia o superficies limpias.

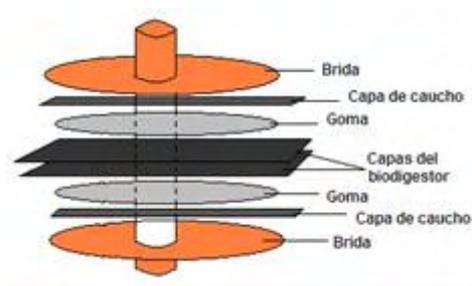


**Fig. 8** Medición



**Fig. 9** Extendido de polietileno

- Instalación de válvula de salida gas: para la instalación de esta válvula, se utiliza un "pasamuros" de 1/2" y se requiere hacer una hendidura de un diámetro aproximado de 1 cm. Esta se ubicará a 30 cm de donde se colocará la tubería de entrada. Esta brida debe instalarse por capas, introducir el dispositivo desde el interior del biodigestor junto a una goma de sujeción y un pedazo de caucho por dentro y fuera de las dos capas del biodigestor y ajustar con el soporte de plástico, según muestra la figura.



**Fig. 10** Esquema de colocación de válvula



**Fig. 11** Pasamuros



**Fig. 12:** Corte para colocación de válvula



**Fig. 13:** Válvula instalada

- Instalar la manguera y la válvula para la salida de gas, se recomienda utilizar una válvula de bola. Esta válvula permitirá controlar la salida de gas hasta una válvula de seguridad, construida con una botella descartable, llena de agua, abierta lateralmente unos 5 cm. o colocando un tubo adicional para el paso de gas hasta su contacto con el agua.



**Fig. 14:** Instalación de manguera y llave de paso



**Fig. 15:** Vista de válvula de seguridad

- Proceder a instalar los tubos de entrada y salida. La longitud de los tubos oscilan entre 1 y 1.20 m de largo. Es necesario forrar los tubos por fuera con una cinta de jebe de unos 3 ó 4 cm. de espesor, con el fin de proteger el biodigestor de las astillas producidas por el corte del tubo.



- La instalación de los tubos se realiza introduciendo unos 50 cm. de tubo a cada lado del biodigestor, doblar las esquinas en forma envolvente y sujetarlos bien con la cinta de jebe, sin dejar hendiduras a fin de evitar el ingreso de oxígeno, como se muestra en la figura.



- Si la instalación contempla un invernadero, deberá prepararse con antelación al traslado del biodigestor, la estructura para el soporte de la cubierta. Se colocarán los soportes de madera, siempre teniendo mucho cuidado de retirar trozos de piedra y rastros que podrían dañar el biodigestor.



- Trasladar el biodigestor hasta la estructura de adobe o tapial. Antes de colocarlo sobre la superficie, deberá cubrirse con capas de material aislante y de protección a hendiduras. Por ejemplo, se puede colocar primero una cubierta con sacos de rafia en los laterales y el fondo, además de una capa de paja.



- Instalado el biodigestor, medir el grado de inclinación de cada tubo con un nivel de carpintero u otra herramienta, se recomienda que el ángulo de inclinación deberá oscilar entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$ , cuidando siempre de colocarlo de tal forma que al llenar el biodigestor con la mezcla, buena parte de ambos tubos quede cubierta y se cree un sello que no permita el paso de oxígeno. Una vez lograda la ubicación, sujetar los tubos a postes de madera, haciendo pasar por el centro del tubo un cordel o alambre, a fin de mantener esta posición.



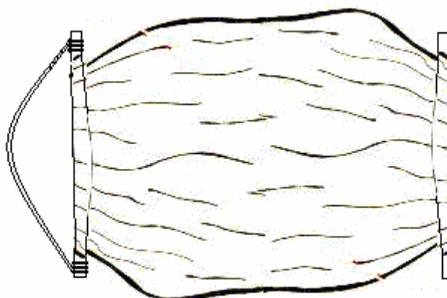
- Posterior a este proceso, colocar los recipientes para entrada de mezcla y salida de biol. Existen muchas formas de realizar este proceso, que van desde hacer una entrada con cubierta de cemento, hasta colocar un embudo hecho de sobras de polietileno. Para la salida de material, puede cavarse un hoyo y colocar un recipiente para coleccionar el biol, inclusive cavar un canal hasta el sistema de regadío y utilizarlo de forma directa.
- Finalizado el proceso de colocación de aditamentos, se deberá instalar la tubería de conexión del biodigestor hasta el recipiente de recolección de gas, y de ahí hasta el punto de consumo. Se sugiere prever una distancia no mayor a 20 m. La cantidad de válvulas y codos dependerá de la distribución del uso: cantidad de hornillas para cocción, iluminación, etc.



- Colocar los soportes de palo y luego la capa de polietileno, cubriendo completamente la estructura, tratando de evitar las hendiduras por los lados, colocando en los extremos una mezcla de barro y piedras a fin de evitar que sean arrancados por vientos fuertes. No olvidar dejar los tubos de entrada y salida para poder realizar la carga y descarga.



- Con respecto al recipiente de recolección del gas, este puede realizarse cortando un pedazo de polietileno y cerrándolo por ambos lados de forma que no escape el gas. Se puede colocar dos tubos en los extremos y pender de él una soga, a fin de que permita colgarlo de ambos lados.



- Una vez instalado el biodigestor, se puede proceder a realizar la carga. La carga inicial deberá realizarse llenando con una buena cantidad de agua, la mayor que se pueda hasta la cuarta parte del sistema, posterior a ello, introducir la carga de estiércol correspondiente. La segunda carga se realizará respetando la equivalencia 1:4, uno de agua por 4 de estiércol.
- La ventaja de este tipo de instalación es su versatilidad a modificaciones en la construcción y el uso de aditamentos y la facilidad para la operación (carga) y el mantenimiento.

## **8. PROTECCIÓN DEL BIODIGESTOR.**

- Construya a todo lo largo de la bolsa o biodigestor, utilizando madera o similares, cercos de protección contra animales y niños que podrían dañar el sistema.
- Instale techos de protección que evite la llegada directa de rayos de sol y la caída de animales al foso.
- En épocas de lluvia tape las bocas de entrada y salida del biodigestor, para evitar que penetre el agua.
- Evite también el paso de piedras o sobrantes de pasto al biodigestor.