



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
**COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®**

Acreditados
en **ALTA CALIDAD**
RESOLUCIÓN 013165 DE 2020

GC-FR-010
Fecha Publicación: 24-Octubre-2012

BIODIGESTORES:

Diseño

JUAN DAVID CORREA ESTRADA

Ingeniero Ambiental - M.Sc Ingeniería Urbana

E-mail: juan.correa@colmayor.edu.co

Canal en youtube: EDUCACION LIBRE

https://www.youtube.com/channel/UCxfrjd4_-2CC82aZTx63BRQ



BIODIGESTORES ANAEROBIOS

Explicación rápida de un tanque séptico – FAFA.

<https://www.youtube.com/watch?v=89HGSIDOIWc&list=PLewwYUegVT0mETQLc17eWN7PZDhtHGP3L&index=3>

Funcionamiento tanque séptico FAFA rural.

<https://www.youtube.com/watch?v=qEKGHmyvm14&list=PLewwYUegVT0mETQLc17eWN7PZDhtHGP3L&index=12>

Biodigestores de Bajo Costo – TvAgro.

<https://www.youtube.com/watch?v=1gmNnYbVLVs&feature=youtu.be>

Implementación de Digestores anaerobios en fincas TV AGRO. <https://youtu.be/8daURXyJOb4>

Construcción y características de biodigestores TV AGRO.

<https://www.youtube.com/watch?v=2LgyAwbLXIs>

Fabrica tu propio biodigestor tipo taiwanés - TV AGRO. <https://www.youtube.com/watch?v=FIilvEwMDOw>

Complemento: Construcción de biodigestor para familias rurales.

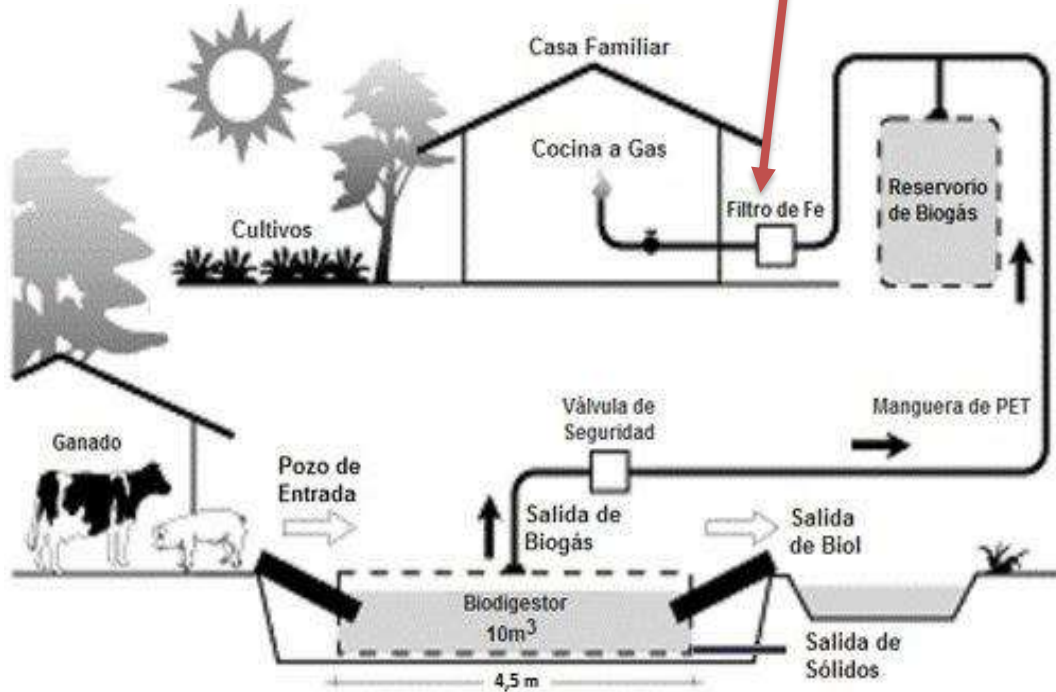
<https://www.youtube.com/watch?v=QbQlc-csNvw>



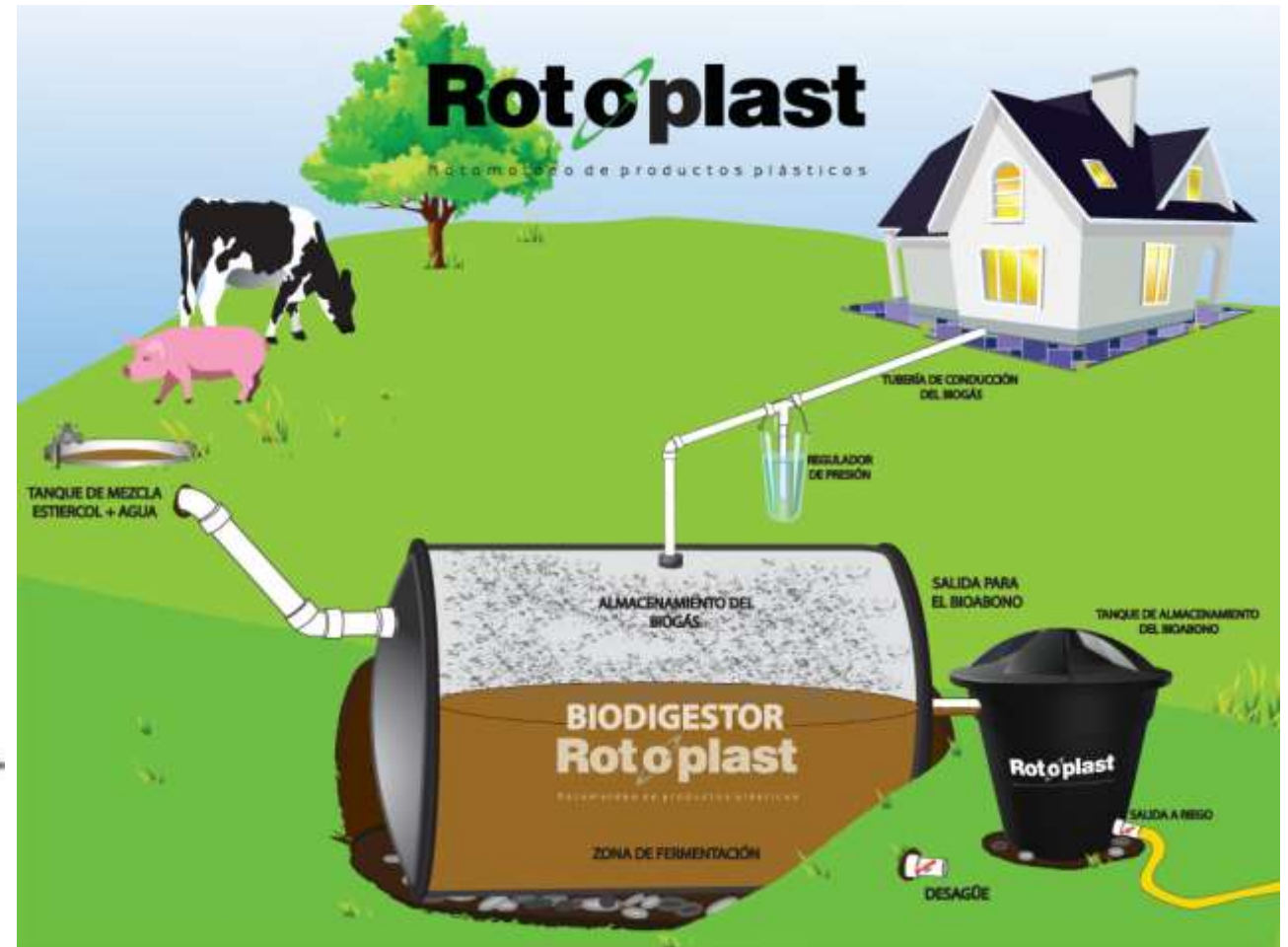
BIODIGESTORES ANAEROBIOS



BIODIGESTORES ANAEROBIOS



Fuente: <http://altertec.com/que-es-un-biodigestor/>



Fuente: rotoplast.com.co/biodigestor/

BIODIGESTORES ANAEROBIOS

Tipo tubular

Figura 7. Esquema biodigestor chino



Fuente:
<http://fcyt.uader.edu.ar/web/system/files/Gu%C3%ADa%20para%20proyectos%20de%20biodigesti%C3%B3n%20en%20Establecimientos%20Agropecuarios.pdf>

Fuente: WORDPRESS. Energía casera. 2009. [Blog]. [Consulta: el 7 de octubre de 2018]. Disponible en:
<https://energiascasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/>

BIODIGESTORES ANAEROBIOS

FACTORES

Factores que influyen en la digestión anaerobia:

- Tipo de Sustrato
- Tipo de inóculo
- Temperatura
- pH
- Sólidos totales
- Relación C/N
- Tiempo
- DBO/DQO

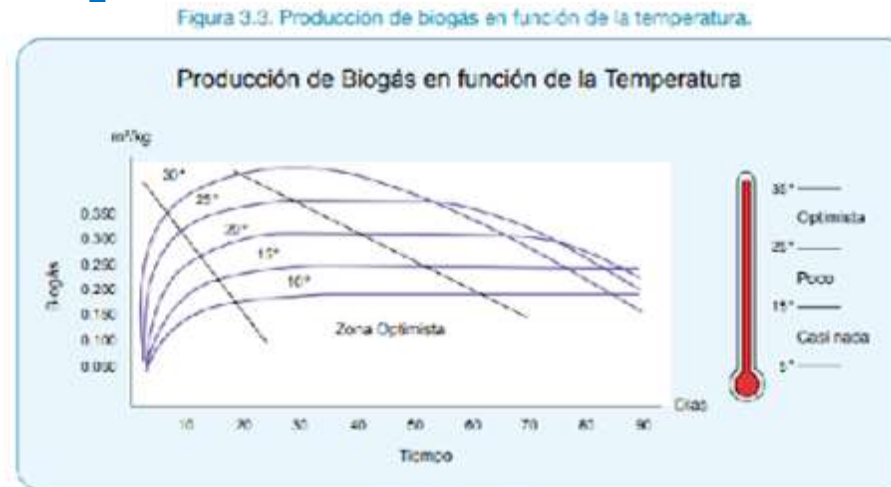


Figura 3. Datos promedio sobre el contenido de sólidos totales de diversos residuos

Materias primas	% Sólidos totales
Residuos animales	
Bovinos	13,4 – 58,2
Porcinos	15,0 – 49,0
Aves	26,0 – 92,0
Caprinos	83,0 – 92,0
Ovejas	32,0 – 45,0
Conejos	34,7 – 90,8
Equinos	19,0 – 42,9
Excretas humanas	17,0
Residuos vegetales	
Hojas secas	50,0
Rastrojo maíz	77,0
Paja trigo	88,0 – 90,0
Paja arroz	88,8 – 92,6
Leguminosas (paja)	60,0 – 80,0
Tubérculos (hojas)	10,0 – 20,0
Hortalizas (hojas)	10,0 – 15,0
Asemin	74,0 – 80,0

Ej: excretas bovinas con un 20% ST, se desean llevar a un 7% en concentración. O sea, debo agregar **3 litros agua/ excreta fresca**

Fuente: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

BIODIGESTORES ANAEROBIOS

Características de sustratos (alimento)

Tabla 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.16	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

Tabla 3.7. Producción de biogás a partir de residuos vegetales.

Residuos	Cantidad residuo Ton/ha	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /Ton	m ³ /ha
Cereales (paja)				
Trigo	3.3	123:1	367	1200
Maíz	6.4	45:1	514	3300
Cebada	3.6	95:1	388	1400
Aroz	4.0	50:1	352	1400
Tubérculo (hojas)				
Papas	10.0	20:1	606	6000
Betarragas	12.0	23:1	501	6000
Leguminosas (paja)				
Porotos	3.2	38:1	518	1650
Habas	4.0	29:1	608	1400
Hortalizas (hojas)				
Tomate	5.5	12:1	603	3300
Cebolla	7.0	15:1	514	3600

Fuente: Varnero y Arellano, 1991.

 Fuente: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

BIODIGESTORES ANAEROBIOS

¿CÓMO DISEÑARLOS?



1. ¿Qué cantidad de animales o personas atiende el sistema?

Origen del estiércol	kg de estiércol fresco diario producido por cada 100 kg de peso del animal	Características cualitativas
Cerdo	4	Produce mucho biogás Biol muy ácido Digestión demora más que para el estiércol de vaca (9)
Vacuno	8	Estiércol equilibrado Cada animal produce mucho estiércol: más fácil recogerlo Proporción de CH ₄ en el biogás: 45-55% (10)
Caprino, ovino	4	
Conejo, cuy	3	Produce biogás con gran proporción de CH ₄ (60-70%) (10) Se recomienda preparar compost con el estiércol para que sea más fácil a utilizar
Equino	7	
Humano adulto	0.4 kg por adulto	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes
Humano niño	0.2 kg por niño	Produce mucho biogás Biol muy ácido y con coliformes

2. Calcular la cantidad de estiércol diaria a producir

Tipo de estiércol	Catidad	Peso vivo (kg)	Producción / 100 kg de peso	Peso estiércol (kg)
Cerdo	15	70	4	42,0
Cerda gestante	1	120	4	4,8
			TOTAL ESTIERCOL (kg/d)	46,8

Para cada tipo de estiércol:

$$Peso\ estiércol\ (kg) = \frac{Cantidad * peso * prodcción\ de\ estiércol\ cada\ 100kg}{100}$$

Después, sumo las cantidades y obtengo un total de estiércol



2. Calcular la cantidad de estiércol diaria a producir

Para cada tipo de estiércol:

$$\text{Peso estiercol (kg)} = \frac{\text{Cantidad} * \text{peso} * \text{prodcción de estiercol cada 100kg}}{100}$$

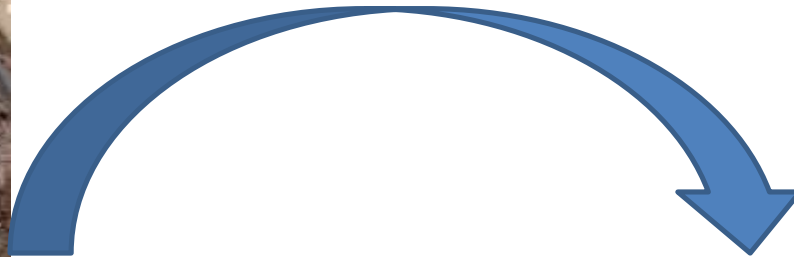
Después, sumo las cantidades y obtengo un total de estiércol



3. Mezcla del estiércol con agua

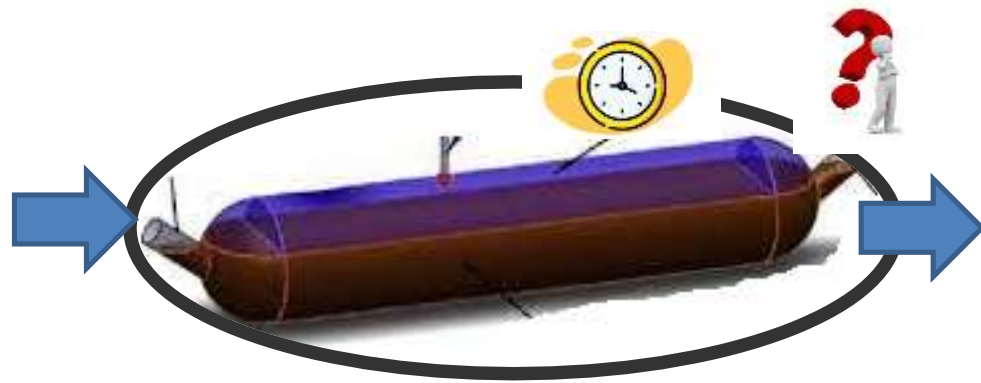


Ideal: Por cada 1 parte de ESTIÉRCOL (kg)
3 partes de AGUA (L)



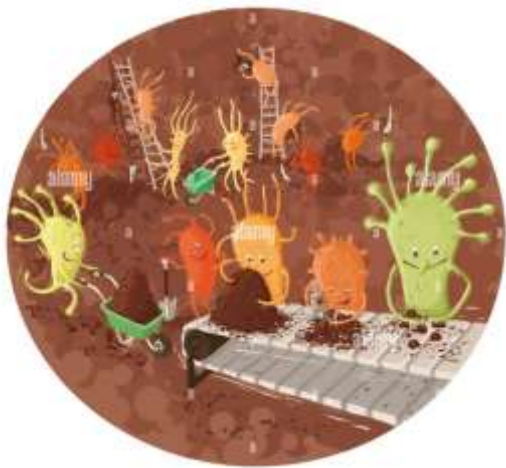
Para efectos de practicidad, se suman los kg de estiércol (62,4) con los litros de agua (187)

4. Características de la temperatura donde se realizará el biodigestor y tiempo de retención en el tanque



$$\text{Volumen de estiércol diario} \left(\frac{L}{d} \right) = 187 \frac{kg}{d} * 30 \text{ dias}$$

$$\text{Volumen de estiércol diario} \left(\frac{L}{d} \right) = 7500 L$$



Ellas trabajan mejor a temperaturas altas (20 – 35°C)

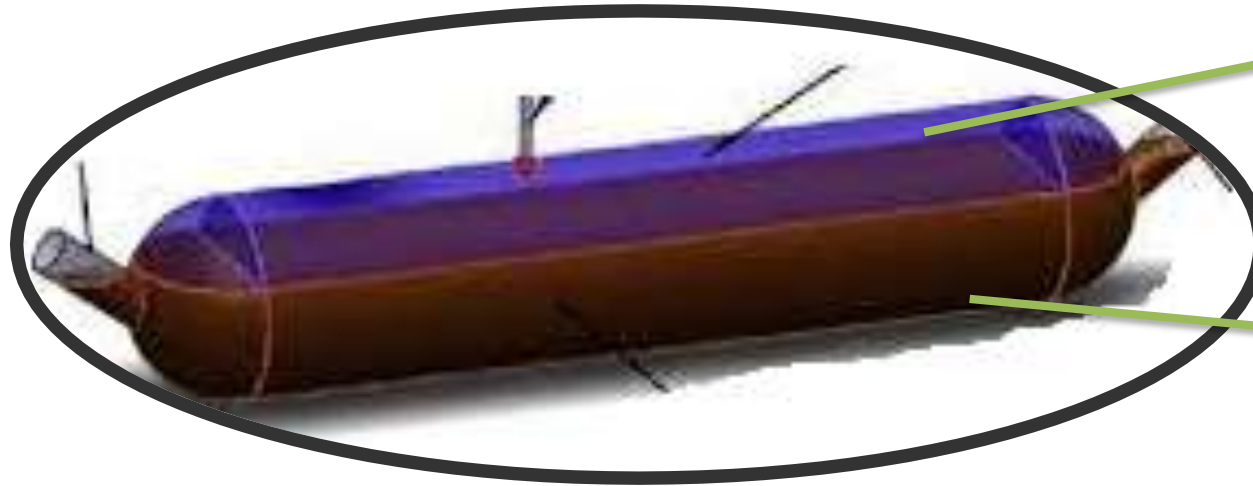
SE DEMORAN MENOS

Tabla 3.11. Tiempo de retención hidráulica de estiércol de ganado en distintas regiones.

Tiempo de retención hidráulica	Características
30 – 40 días	Clima tropical con regiones planas. Ej. Indonesia, Venezuela, América Central.
40 – 60 días	Regiones cálidas con inviernos fríos cortos. Ej. India, Filipinas, Etiopía.
60 – 90 días	Clima templado con inviernos fríos. Ej. China, Corea, Turquía.

Fuente: Varnero, 1991

5. Volumen del biodigestor



Almacenamiento
biogás (20%)

Estiércol
(80%)

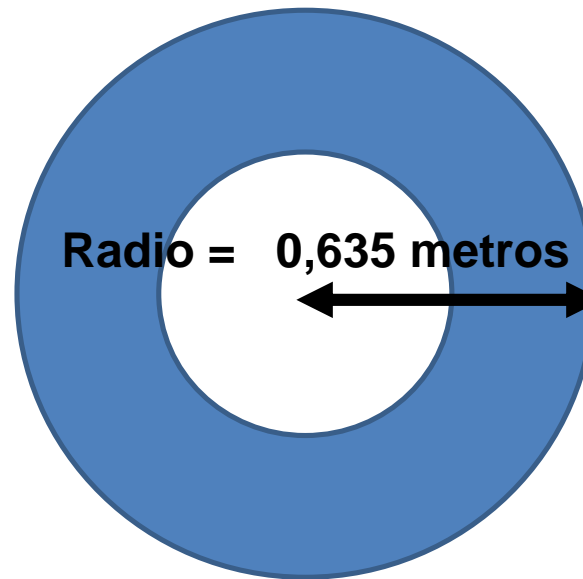
	30

$$\text{Volumen (L)} = \text{Volumen del estiércol} * 1,2$$

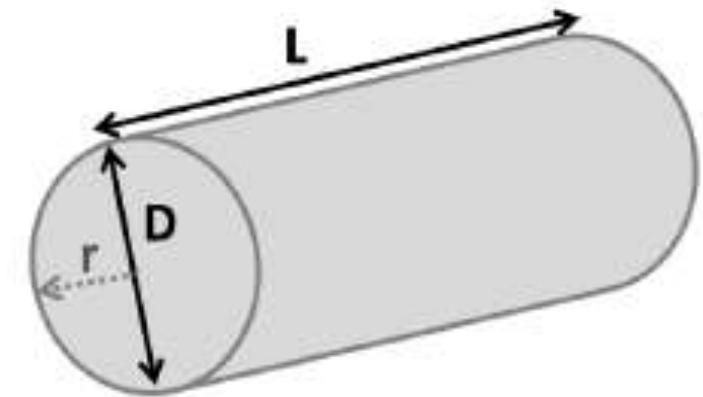
$$\text{Volumen biodigestor} \left(\frac{L}{d} \right) = 7500 L * 1,2 = 9000 L (\text{aprox})$$

6. Largo del biodigestor

Plástico tubular de 2 metros de ancho cal 8 (comercial)



Perímetro = 4 metros



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

Añadir de entrada y salida 2 metros
Total = 9 m

$$Largo = \frac{9000 L}{3,14 * 0,635^2} = 7 \text{ metros}$$



Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				mínima (m)	máxima (m)	óptima (m)
2	1	0.32	0.64	3.2	6.4	4.8
3	1.5	0.48	0.95	4.8	9.5	7.2
4	2	0.64	1.27	6.4	12.7	9.5
5	2.5	0.80	1.59	8.0	15.9	11.9
6	3	0.95	1.91	9.5	19.1	14.3
7	3.5	1.11	2.23	11.1	22.3	16.7
8	4	1.27	2.55	12.7	25.5	19.1
9	4.5	1.43	2.86	14.3	28.6	21.5
10	5	1.59	3.18	15.9	31.8	23.9
14	7	2.23	4.46	22.3	44.6	33.4

7. Zanjas

Las medidas de la zanja para plástico de 2 metros de ancho y 4 metros de circunferencia con un diámetro de 1,27 metros serían:

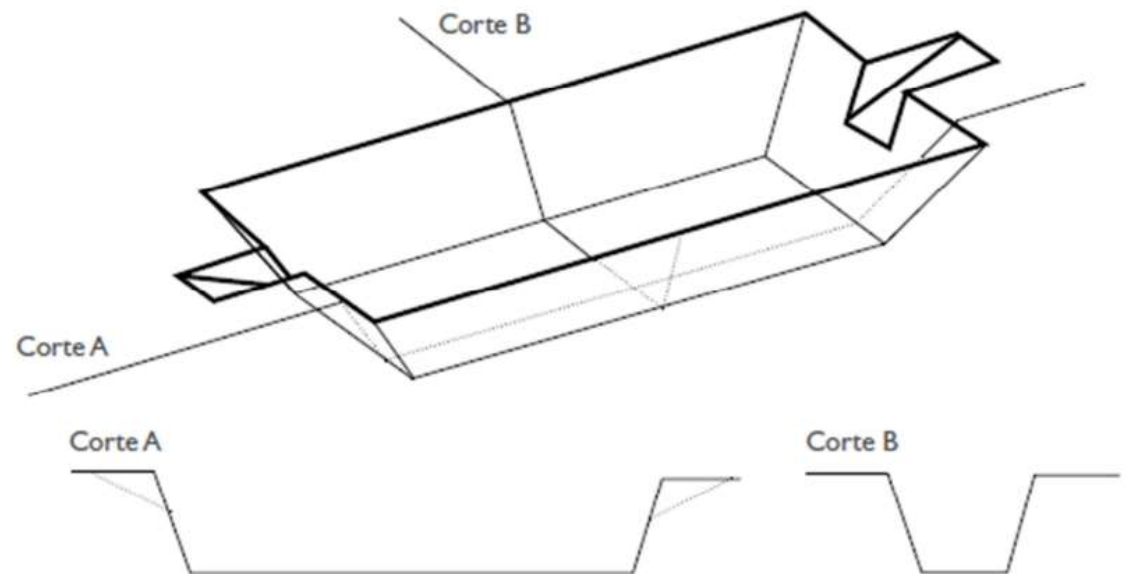
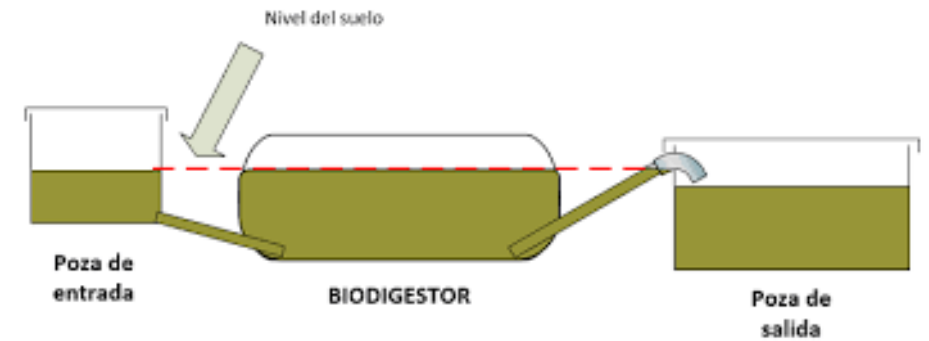
Ancho arriba: $1,27 \times 90\% = 1,10 \text{ m}$

Ancho abajo y profundidad: $1,27 \times 80\% = 1 \text{ m}$

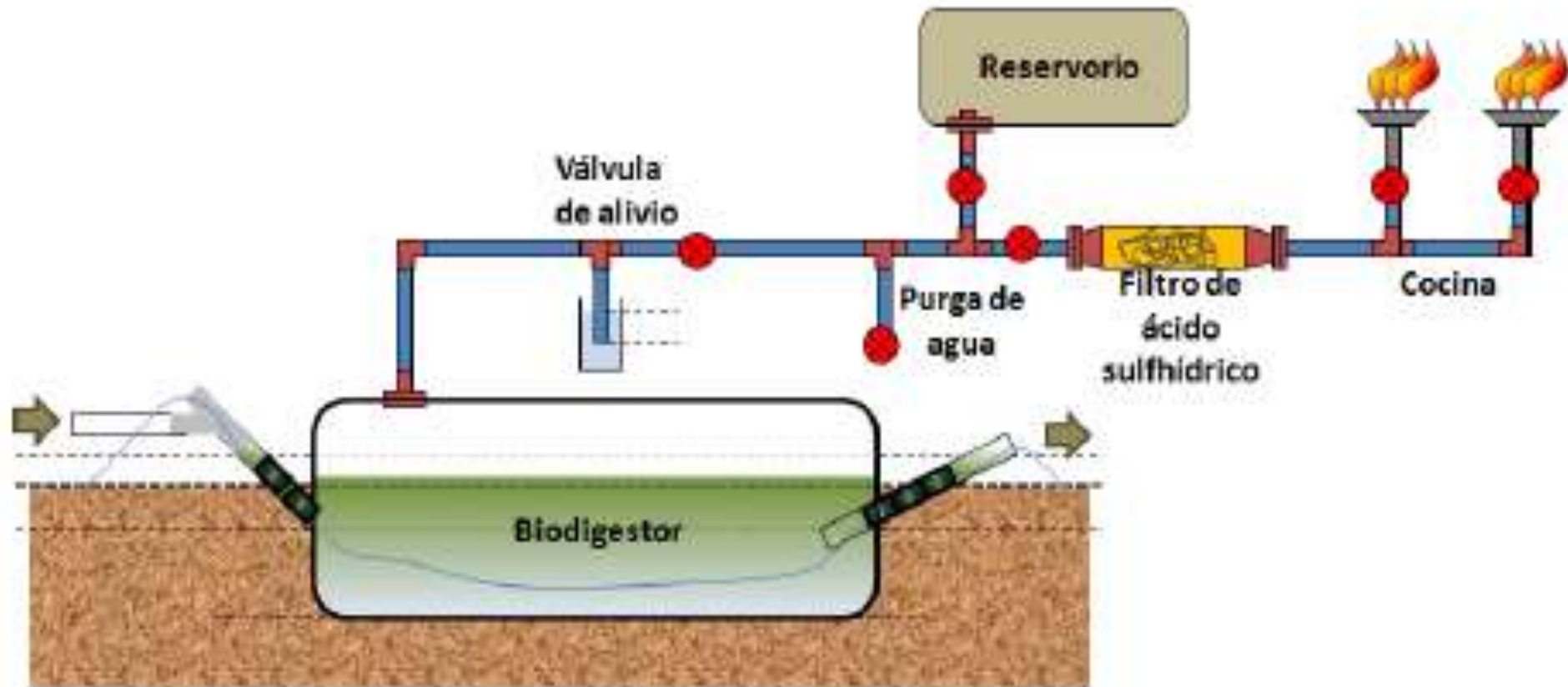
NOTA: La profundidad depende del nivel de la salida del biodigestor y las condiciones del suelo

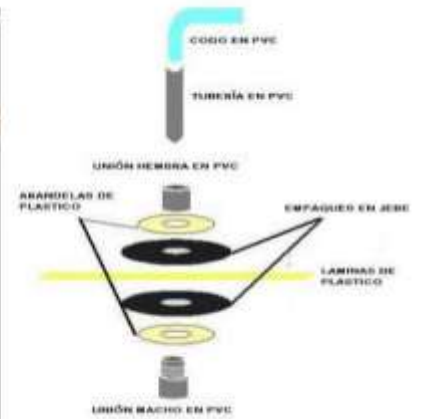
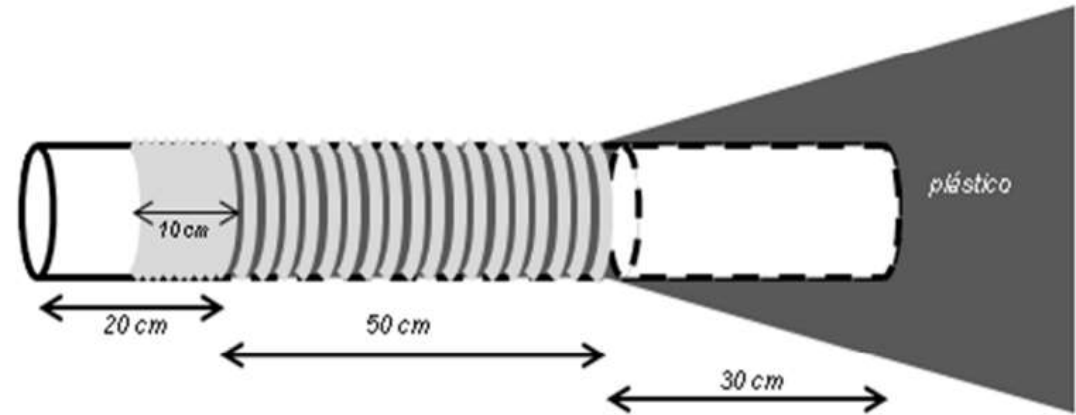
El fondo debe tener un desnivel del 1% hacia la salida del efluente

Paredes y fondo no deben tener ningún filo y/o raíces corto punzantes



8. Accesorios y partes





1. Para la entrada de la mezcla estiércol – agua y la salida del biol:

Tira de neumático de ring 13 o 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.



2. Tubo de PVC de 4" y aproximadamente 3 – 4 m de largo.

- 1 adaptador/acople hembra de ½ pulgada
- 1 adaptador/acople macho de ½ pulgada
- 1 codo de ½ pulgada
- 2 arandelas de plástico rígido de 10 cm de diámetro, el círculo central debe ser un poco menor a ½ pulgada para ajustar con los acoples y sellar correctamente
- 2 arandelas de neumático de 12 cm de diámetro, el círculo central menos a ½ pulgada
- 1 m de tubo PVC de ½ 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 ½"
- 1 llave de paso lisa de PVC de ½"
- 3 m de tubo de PVC de ½" o más, (esto depende de la distancia a instalar el reservorio y la estufa)
- 1 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 lazo del biodigestor +2 metros) 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 ½" para cada fogón requiere:

- Niple de 20 cm (el largo depende de la estufa a intervenir) de tubo galvanizado de media
- Codo de tubo galvanizado de media
- Niple de 3 – 4 cm de galvanizado de 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 ½"
- 50 cm de tubo PVC ½"
- 4 metros de plástico calibre 8
- 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

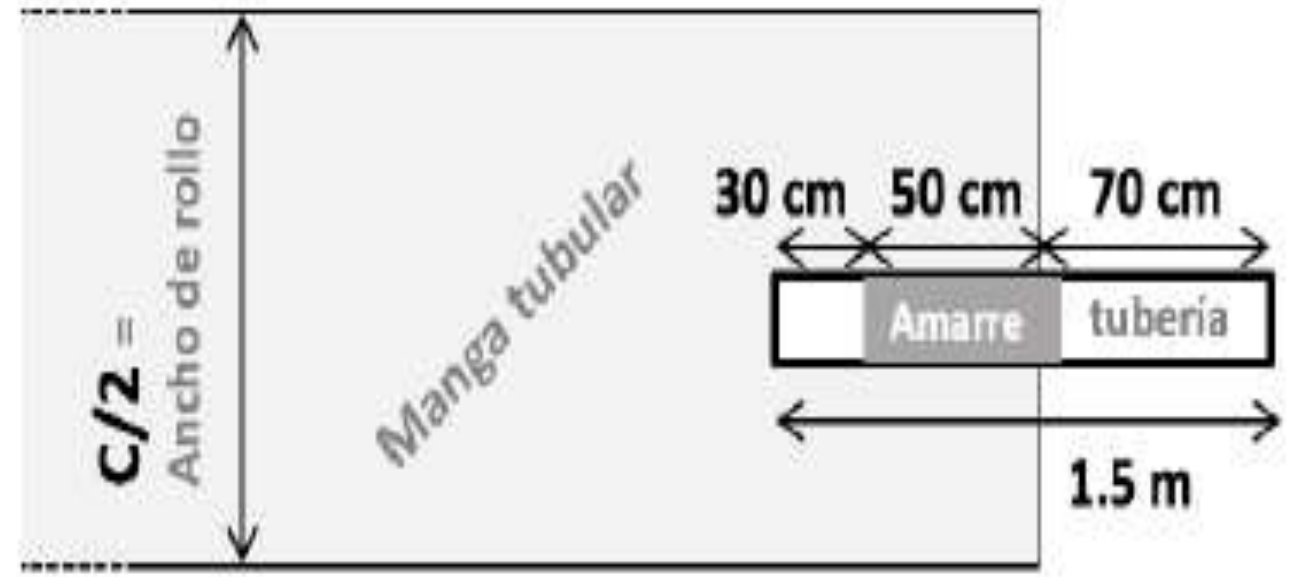


7. Varios (necesarios para los puntos anteriores y otros)

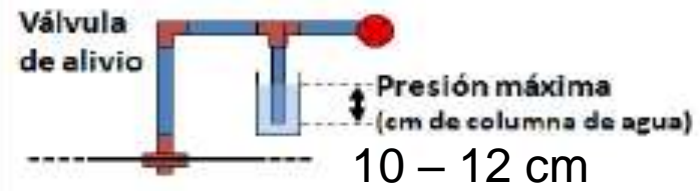
- Neumático de moto o bicicleta usado (3 – 4) o dos nuevos de carro pequeño
- Tarro de aceite de 2 T
- 4 estacas de 80 cm con punta
- 2 estacas de 35 cm pulidas, con estas se construirá el mezclador
- Alambre o fibra para amarrar
- Pegante de PVC
- Limpiador de PVC
- Pincel para aplicar pegante
- Trapo/tela para limpiar
- 4 bolsas plásticas negras de 10 kg aproximadamente para tapar tubos y una bolsa pequeña para tapar salidas del gas
- Pedazo de lija
- LONA para estirar el plástico en el momento de la instalación, sitio barrido y limpio
- Navaja/tijeras
- Pala cuadrada, azadón, palas, barras, alicates



Entradas y salidas

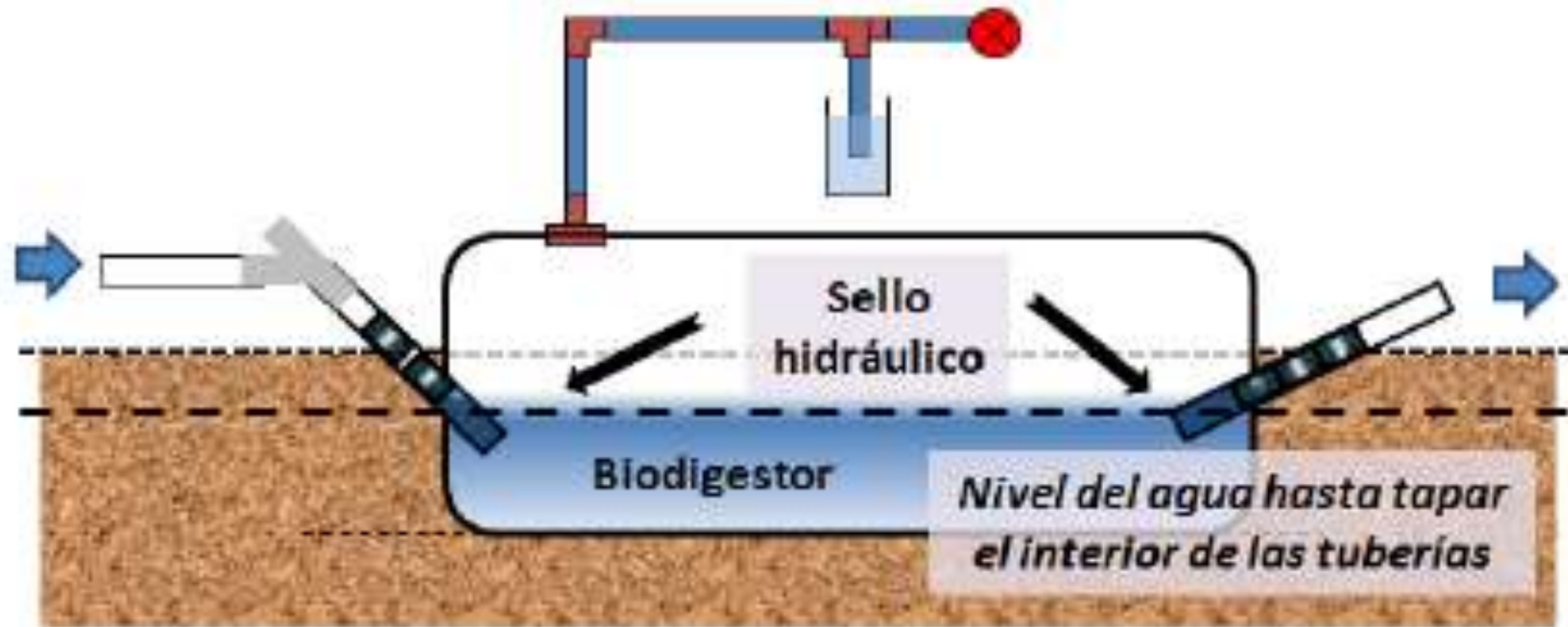


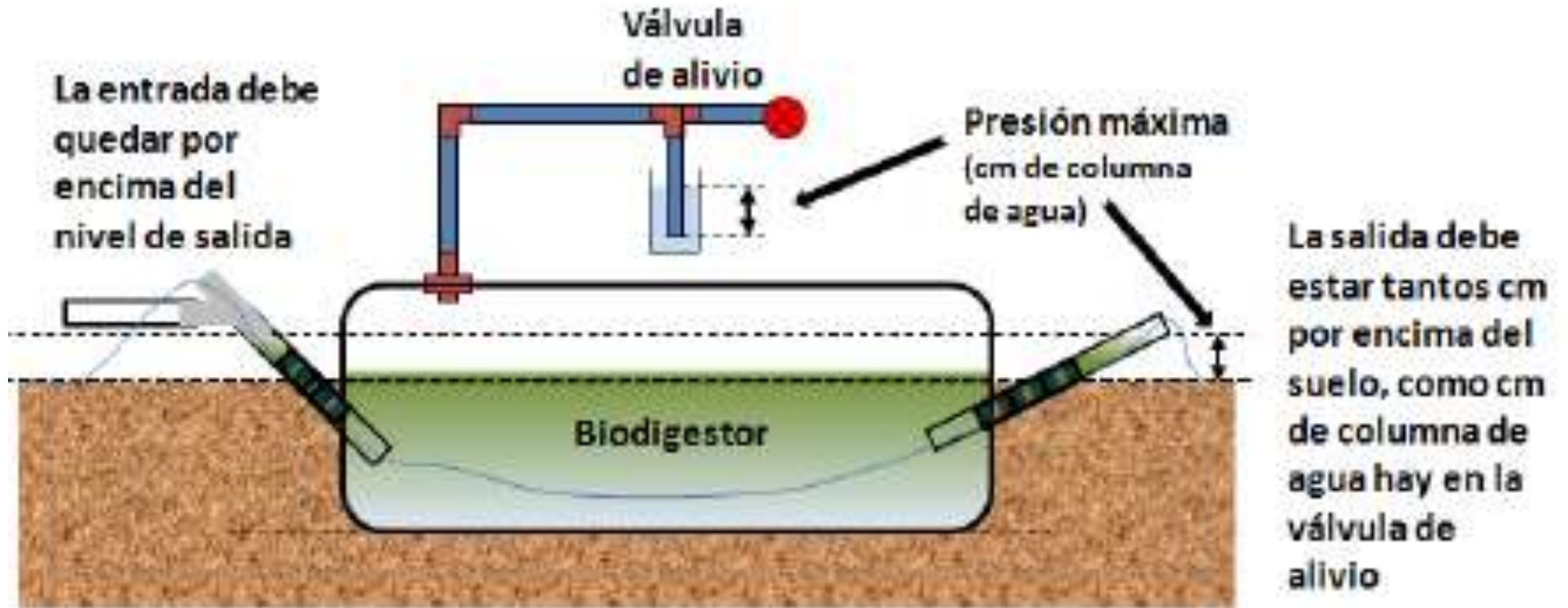
Válvula alivio de gas



Instalación







Cálculos biogás

Tabla 3.6. Producción de biogás por tipo de residuo animal.

Estiércol	Disponibilidad Kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /kg húmedo	m ³ /día/año
Bovino (500 kg)	10.00	25:1	0.04	0.400
Porcino (50 kg)	2.25	13:1	0.06	0.135
Aves (2 kg)	0.18	19:1	0.08	0.014
Ovino (32 kg)	1.50	35:1	0.05	0.075
Caprino (50 kg)	2.00	40:1	0.05	0.100
Equino (450 kg)	10.00	50:1	0.04	0.400
Conejo (3 kg)	0.35	13:1	0.06	0.021
Excretas humanas	0.40	3:1	0.06	0.025

Fuente: Vamero y Arellano, 1991.

* El dato se refiere a la cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto.

$$\text{Generación de energía} = \eta_{\text{biogas}} \times \%CH_4 \times PC_{\text{metano}}$$

η_{biogas} = Rendimiento del biogás a partir de un sustrato

$\%CH_4$ = Porcentaje del metano en el biogás

PC_{metano} = Poder calorífico del metano

A partir de bovinaza:

$$\text{Generación de energía} = 0,04 \frac{\text{m}^3 \text{ biogas}}{\text{kg bovinaza fresca}} \times 0,65 \frac{\text{m}^3 CH_4}{\text{m}^3 \text{ biogas}} \times 9,97 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 CH_4} = 0,26 \frac{\text{kWh}}{\text{kg Bovinaza}}$$

$$\text{Cantidad de energía generada: } 500 \frac{\text{kg bovinaza}}{\text{d}} * 0,26 \frac{\text{kWh}}{\text{kg Bovinaza}} = 129,6 \frac{\text{kWh}}{\text{d}}$$

1 vaca = 0,25 m³ biogás



Figura 1: Usos del biogás

Fuente: Bueso, Samayoa y Viquez, 2012

Fuente: <https://www.revistaei.cl/reportajes/autoridad-prepara-normativa-tecnica-de-seguridad-para-plantas-de-biogas/#>

MUCHAS GRACIAS