



# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA

## TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECÁNICA

### ESTUDIO DEL ALMACENAMIENTO DE GAS METANO EN UN BIODIGESTOR PARA LA GENERACIÓN DE CALOR A TRAVÉS DEL USO DE DESECHOS ORGÁNICOS

**Proyecto realizado por:** Macias Nastul, Victor Andrés

**Tutor:** Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

Latacunga, 03 de febrero  
del 2022





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Agenda

Justificación

Objetivos

Biodigestor

Gas metano (Biogás)

Partes del Biodigestor

Dimensionamiento del Biodigestor

Análisis de factibilidad

Conclusiones

Recomendaciones





# JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del presente proyecto de estudio tiene como finalidad principal determinar que factibilidad presenta el utilizar el gas metano (proveniente de la descomposición de los desechos orgánicos) para la generación de calor.

Además, dicho proyecto también pretende ofrecer un mayor conocimiento con respecto a la capacidad de poder generar energía y calor a través del almacenamiento de material orgánico en un biodigestor, siendo este, un tema de gran importancia, pues permite así dar un uso a los desechos orgánicos que se producen mayoritariamente en campos como la ganadería y la agricultura y que tanto afectan al ecosistema, debido a que estos, al descomponerse producen de manera natural el gas metano, siendo dicho gas, muy nocivo para el medio ambiente.

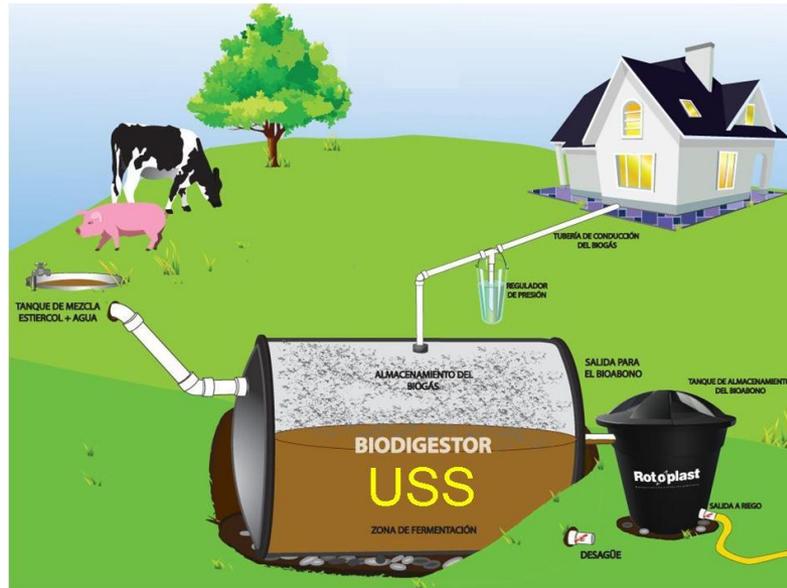




# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

La implementación de un biodigestor puede presentar un considerable ahorro económico, ya que prácticamente es generar calor y electricidad a partir de la descomposición de desechos orgánicos, desechos que no poseen ningún uso y no tienen ningún costo, además, que también aprovechamos el gas metano que regularmente se encuentra en la intemperie, y que tantos efectos negativos produce en el medio ambiente.





# OBJETIVOS

## Objetivo General

Estudiar el almacenamiento de gas metano en un biodigestor para la generación de calor a través del uso de desechos orgánicos.





# Objetivos Específicos

Recopilar información sobre la generación de gas metano en un biodigestor.

Realizar un muestreo de producción de desechos orgánicos.

Establecer los elementos que componen el sistema de biogás para su operación.

Determinar los parámetros a tomar en cuenta para dimensionar un biodigestor de manera óptima.

Determinar la factibilidad que presenta el uso de gas metano para la generación de calor.

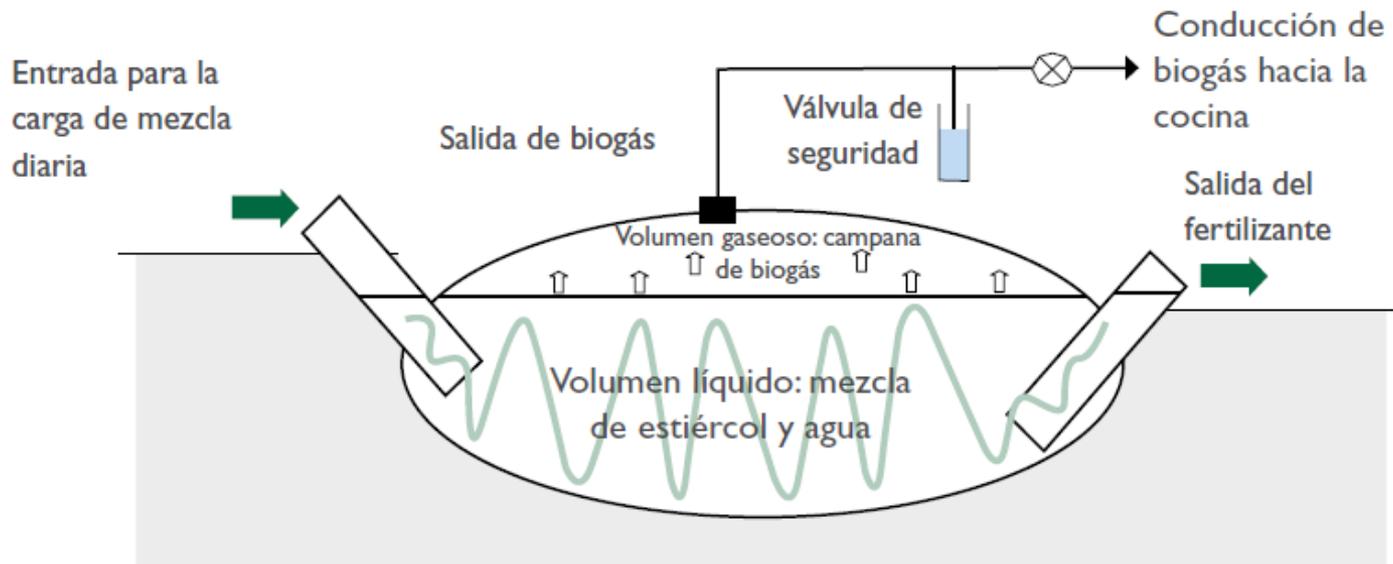




## BIODIGESTOR

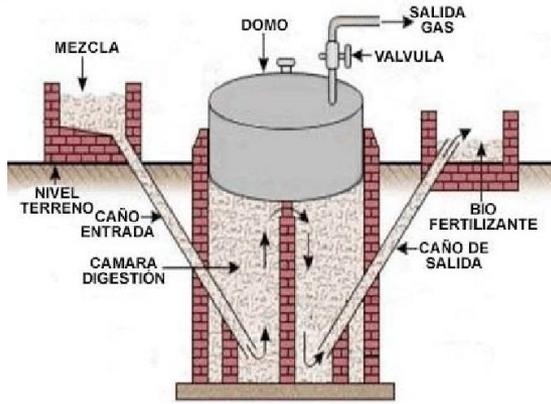
Un biodigestor consiste en un contenedor hermético y cerrado, dentro del cual se depositan toda variedad de desechos orgánicos tales como: residuos de comida, excremento de animales y personas, restos vegetales, desechos orgánicos industriales, etc.

Todos estos desechos, son mezclados con agua, y al descomponerse en un ambiente anaeróbico, es decir, con ausencia de oxígeno, y en un cierto periodo de tiempo, produce como resultado, el biogás.

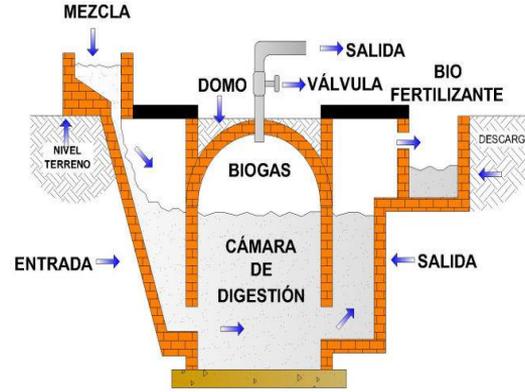




## Tipos de biodigestores



**Tipo hindú**



**Tipo chino**



**Diseño tubular**

Criterios	Tipo hindú	Tipo chino	Diseño tubular
Mejor producción de gas	X	X	X
Mayor desgaste de las partes	X		
Fácil instalación			X
Más utilizado en Latinoamérica			X
Menor costo			X
Mayor durabilidad		X	





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Biogás

Componentes	Unidad	Contenido
Metano	%	50-75
Dióxido de carbono	%	30-45
Nitrógeno	%	1-2
Oxígeno	%	0.1
Sulfuro de hidrogeno	%	0.01-0.40
Saturación con vapor de agua	%	80-100

Equipos	Consumo del biogás por hora ( $m^3/h$ )
Cocina (10cm de diámetro)	0.46 $m^3/h$
Lámpara	0.07 $m^3/h$
Calefactor	0.03 $m^3/h$
Calentador de agua (7L/ min)	2 $m^3/h$
Refrigerador	0.075 $m^3/h$
Generador (1.2kW)	0.6 $m^3/h$

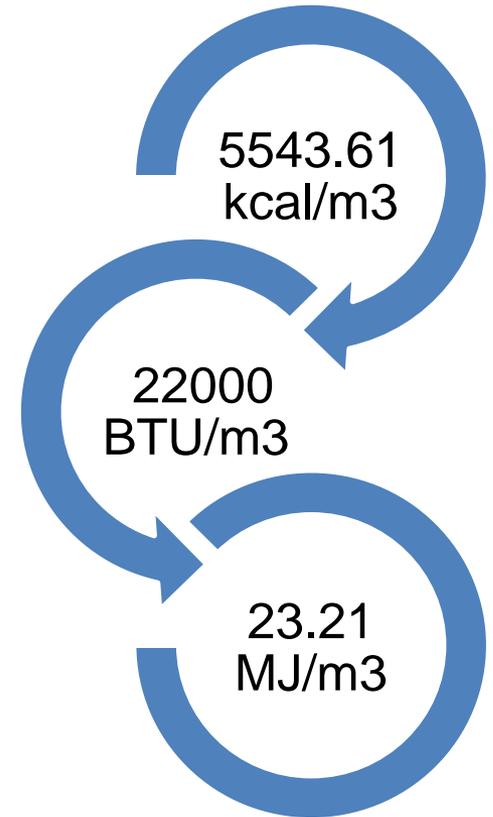




# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Valores	Unidades	Biogás	Gas Natural	Gas propano	Hidrogeno
Valor calorífico	(kWh/m <sup>3</sup> )	6.27	10	26	3
Peso específico	(kg/m <sup>3</sup> )	1.26	0.7	2.01	0.09
Densidad con respecto al aire		0.9	0.54	1.51	0.07
Contenido de oxígeno en % para explosión)		6-12	5-15	2-10	4-80
Temperatura de encendido	° C	699	650	470	585
Requerimiento teórico del aire	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	6.6	9.5	23.9	2.4





**Partes del biodigestor (Componentes generales)**

**Gasómetro**



**Invernadero**



**Tubería PVC 3/4 o 1/2 pulgada**



**Soplador lateral**



**Bomba estercolera**



**Tubería PVC 6 o 8 pulgadas**



**Flujómetro**



**Manguera para gas**



**Agitador**



**Sensor de gas metano**

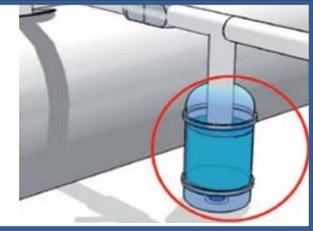


## Partes del biodigestor (conducción de biogás )

Primera válvula de control



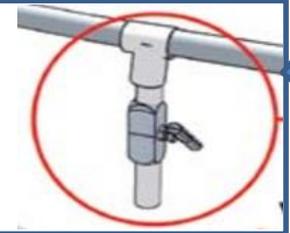
Válvula de alivio del biogás



Filtro de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ )



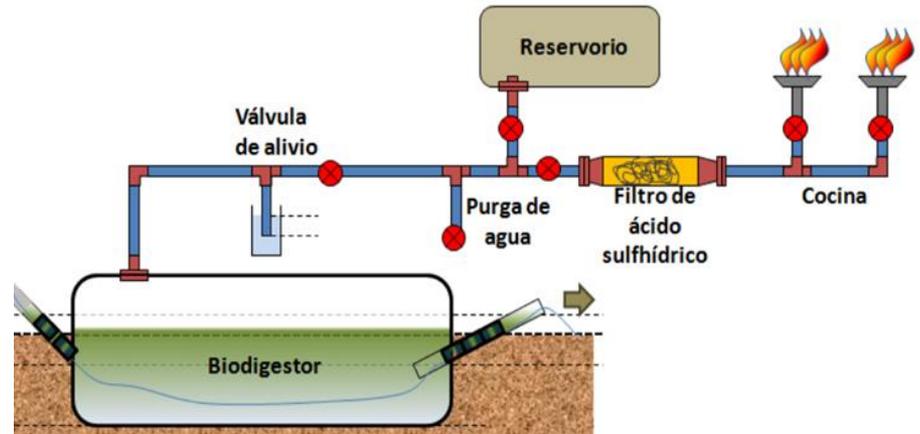
Válvula para la liberación de agua (trampa de agua)



Detector de ácido sulfhídrico



Válvula solenoide





# Parámetros para la descomposición de materia orgánica

PH

Temperatura

Retención  
Hidráulica

Eco región típica (altura, msnm)	Temperatura ambiente media (°C)	Temperatura sin diseño solar	Temperatura con diseño solar
Trópico cálido (< 300 )	28-32	28-32	No requiere
Trópico (300-1000)	23-27	23-27	No requiere
Valles (1000-2000)	18-22	18-22	23-27
Valles altos (2000-3000)	13-17	13-17	18-22
Altiplanos (3000-4500)	8-12	8-12	13-17

Temperatura	Tiempo de retención Hidráulica
35°C	25-30 días
30°C	30-40 días
25°C	35-50 días
20°C	50-65 días
15°C	65-90 días
10°C	90-125 días





# Desechos orgánicos

## Producción estimada de biogás

Material orgánico	Producción de biogás (m3/kg)
Estiércol de bovino	0.04
Estiércol Porcino	0.06
Estiércol Equino	0.04
Estiércol Ovino	0.05
Estiércol de aves	0.08
Estiércol humano	0.06
Estiércol de conejo	0.06
Estiércol caprino	0.05
Paja de arroz	0.35
Paja de trigo	0.36
Paja de maíz	0.51
Paja de cebada	0.38
Hojas de papa	0.6
Hojas de tomate	0.6
Desechos (verduras)	0.35
D. orgánicos de cocina	0.25

## Producción promedio de material orgánico

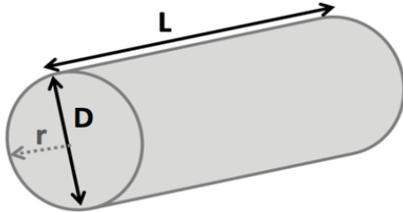
Animal	Kg de estiércol diario (kg/día)
Bovino (500 kg)	10.00
Porcino (50 kg )	2.25
Aves (2 kg)	0.18
Ovino (32 kg)	1.50
Caprino (50 kg)	2.00
Equino (450 kg)	10.00
Conejo (3 kg)	0.35
Humano	0.4

## Relación estiércol/agua

Estiércol	Relación Estiércol: Agua
Bovino	1:1
Porcino	1:3
Aves	1:3



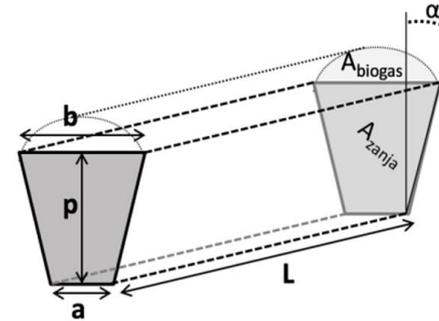
# Dimensionamiento de un biodigestor



$$C = 2 \times \pi \times r$$

$$\frac{L}{D} = 7.5$$

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				Mínima	Máxima	Optima
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



$$A_{zanja} = p \times \frac{(a + b)}{2}$$

$\alpha$ (°) desde vertical	% VL	% VB	a(m)	b(m)	p(m)	$A_{zanja}(m^2)$
0	88	12	$1.49 \times r$	$1.49 \times r$	$1.57 \times r$	$2.34 \times r^2$
0	83	17	$1.41 \times r$	$1.41 \times r$	$1.57 \times r$	$2.22 \times r^2$
0	80	20	$1.34 \times r$	$1.34 \times r$	$1.57 \times r$	$2.10 \times r^2$
7.5	80	20	$1.23 \times r$	$1.63 \times r$	$1.54 \times r$	$2.20 \times r^2$
15	76	24	$1.02 \times r$	$1.82 \times r$	$1.49 \times r$	$2.12 \times r^2$
30	75	25	$0.72 \times r$	$2.26 \times r$	$1.33 \times r$	$1.98 \times r^2$
45	65	35	$0.43 \times r$	$2.57 \times r$	$1.07 \times r$	$1.61 \times r^2$





## Dimensionamiento de un biodigestor (Fórmulas)

$CD = \text{Estiercol diario} + \text{litros de agua}$	<b>Carga diaria del biodigestor</b>
$VL = TR \times CD$	<b>Volumen del biodigestor</b>
$VT = VL + VB$	<b>Volumen total</b>
$V_{zanja} = VL = A_{zanja} \times L$	<b>Volumen de la zanja</b>
$VB = \frac{VL}{3}$	<b>Volumen del biogás</b>
$P_{agitador} = K_T \times (N)^3 \times (Da)^5 \times \rho$	<b>Potencia requerida del agitador</b>
$P_{bomba} = \frac{Q.H}{(n.450)}$	<b>Potencia requerida de la bomba</b>
$V_{gasómetro} = C_{max} \times t_d$	<b>Volumen del gasómetro</b>
$Q_{biogás} = \frac{P}{PC}$	<b>Consumo del biogás</b>
$M.Orgánico_{requerido} = \frac{Biogás_{requerido}}{E.Biogás_{producido}}$	<b>Material orgánico requerido</b>
$N.Animales_{requerido} = \frac{M.Orgánico_{requerido}}{E.M.Orgánico_{producido}}$	<b>Número de animales requerido</b>





**7 Calefactores  
(para crianza  
de animales)  
(13 horas  
diarias)**



Calefactor eléctrico (175 W)



$$P = Q_{biogás} \times PC$$

$$P = 0.12 \left( \frac{m^3}{hr} \right) \times 6.27 \text{ kWh}/m^3$$

$$P = 0.75 \text{ kW}$$

Fabricante	Modelo	Consumo (m <sup>3</sup> /hr)
Gasolec	G12	2.03
Gasolec	M8	0.83
Gasolec	S8	0.58
Gasolec	M3	0.24
Gasolec	M2	0.17
Space-Ray	SHP2	0.20
Space-Ray	SHP3	0.34
<b>Puxin</b>	<b>Room Heater</b>	<b>0.12</b>



**3 Calefactores  
domiciliarios  
(5 horas  
diarias)**



Calefactor eléctrico 1kW



$$Q_{biogás} = \frac{P}{PC}$$

$$Q_{biogás} = \frac{3 \text{ kW}}{6.27 \text{ kWh}/m^3}$$

$$Q_{biogás} = 0.47 \left( \frac{m^3}{hr} \right)$$





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Equipos	Consumo del biogás por hora (m <sup>3</sup> /h)	Número de equipos	Horas requeridas por día	Consumo del biogás requerido por día
Calefactor para animal	0.12 m <sup>3</sup> /h	7 calefactores	13 horas	10.92 m <sup>3</sup> /día
Calefactor domiciliario (3kW)	0.47 m <sup>3</sup> /h	3 calefactores	5 horas	7.05 m <sup>3</sup> /día
Total del biogás requerido por día				18 m <sup>3</sup> /día

$$M. \text{Orgánico requerido} = \frac{\text{Biogás}_{\text{requerido}}}{E. \text{Biogás}_{\text{producido}}}$$

$$N. \text{Animales requerido} = \frac{M. \text{Orgánico requerido}}{E. M. \text{Orgánico}_{\text{producido}}}$$

$$M. O_{Req} = \frac{18000L}{80 L} \quad M. O_{req} = 225 \text{ kg}$$

$$N. A_{Req} = \frac{225 \text{ kg}}{0.18 \text{ kg}} \quad N. A_{Req} = 1250 \text{ aves}$$

$$M. O_{Req} = \frac{18000L}{60 L} \quad M. O_{req} = 300 \text{ kg}$$

$$N. A_{Req} = \frac{300 \text{ kg}}{2.25 \text{ kg}} \quad N. A_{Req} = 133 \text{ cerdos}$$

$$M. O_{Req} = \frac{18000L}{40 L} \quad M. O_{req} = 450 \text{ kg}$$

$$N. A_{Req} = \frac{450 \text{ kg}}{10 \text{ kg}} \quad N. A_{Req} = 45 \text{ vacas}$$

$$M. O_{Req} = \frac{18000L}{350 L} \quad M. O_{req} = 51 \text{ kg de desechos vegetales}$$





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Material Orgánico requerido

N de animales	Tipo de animal	Estiércol	Biogás producido
21	Vaca (500 kg)	210 kg/día	8.4 m <sup>3</sup> /día
20	Cerdo (90 kg)	81 kg/día	4.86 m <sup>3</sup> /día
6	Personas	2.4 kg /día	0.144 m <sup>3</sup> /día
10	Caballo (450 kg)	100 kg /día	4 m <sup>3</sup> /día
20	Gallinas (2kg)	3.6 kg /día	0.228 m <sup>3</sup> /día
Total de estiércol disponible		397 kg/día	
Total de biogás diario disponible de estiércol de animal			17.632 m <sup>3</sup> /día

Residuos	Cantidad de residuos kg/día	Biogás producido (m <sup>3</sup> /día)
Paja de trigo	2 kg/día	0.7 m <sup>3</sup> /día
Desechos orgánicos vegetales	3 kg/día	1.05 m <sup>3</sup> /día
Total desechos disponibles	5 kg/día	
Total de biogás diario disponible de residuos vegetales		1.75 m <sup>3</sup> /día

## Producción de biogás diaria

Total de biogás diario disponible de estiércol de animal	17.632 m <sup>3</sup> /día
Total de biogás diario disponible de residuos vegetales	1.75 m <sup>3</sup> /día
<b>Total de biogás diario disponible</b>	<b>19.382 m<sup>3</sup>/día</b>

## 1. Carga diaria del Biodigestor

Animal / residuo	Kg estiércol/residuos + litros de agua	Mezcla litros/día (Carga diaria)
Vaca	210 + 210	420 litros/día
Cerdo	81 + 243	324 litros/día
Personas	2.4 + 7.2	9.6 litros/día
Caballos	100 + 300	400 litros/día
Gallinas	3.6 + 10.8	14.4 litros/día
Paja de trigo	2 + 4	6 litros/día
Desechos orgánicos vegetales	3 + 9	12 litros/día
<b>Carga diaria del Biodigestor</b>		<b>1186 litros/día</b>





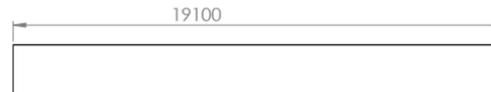
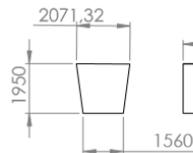
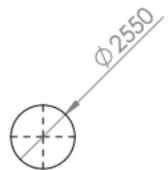
## 2. Volumen Biodigestor

$$VL = CD \times TR$$

$$VL = 1186 \frac{L}{\text{día}} \times 54 \text{ días}$$

$$VL = 64.04 \text{ m}^3$$

25°C	35-50 días
20°C	50-65 días
15°C	65-90 días

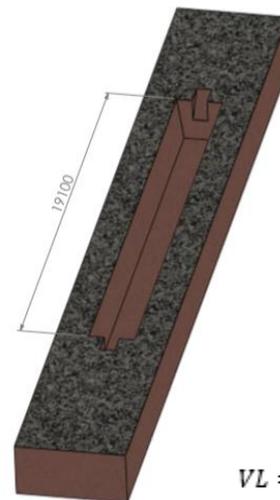


### Dimensión (Bolsa del Biodigestor)

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				Mínima	Máxima	Optima
8	4	1.27	2.55	12.7	25.5	19.1

### Dimensión (zanja del Biodigestor)

$\alpha$ (°) desde vertical	% VL	%VB	a(m)	b(m)	p(m)	$A_{zanja} (m^2)$
7.5	80	20	1.56 m	2.07 m	1.95 m	3.548 m <sup>2</sup>



$$VL = A_{zanja} \times L$$

$$VL = 3.548 \text{ m}^2 \times 19.1 \text{ m}$$

$$VL = 67.76 \text{ m}^3$$





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

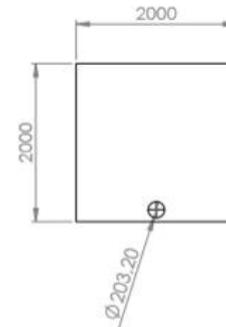
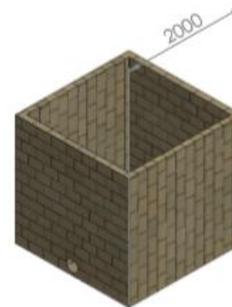
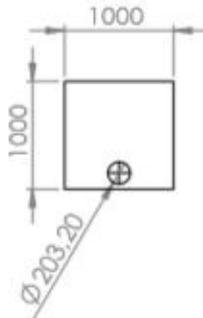
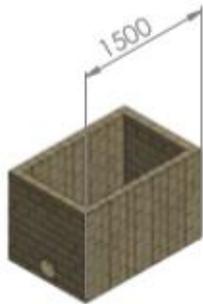
## Dimensión (Gasómetro)

$$V_{\text{gasómetro}} = 0.75 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 13 \text{ horas}$$

$$V_{\text{gasómetro}} = 9.75 \text{ m}^3$$

Circunferencia (m)	Ancho de rollo (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Longitud biodigestor tubular		
				Mínima	Máxima	Optima
4	2	0.64	1.27	6.4	12.7	9.5

## Depósitos de entrada y salida del efluente



$$P_{\text{agitador}} = K_T \times (N)^3 \times (D\alpha)^5 \times \rho$$

$$P_{\text{agitador}} = 5.75 \times (0.8515 \text{ rps})^3 \times (0.85)^5 \times 1160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P_{\text{agitador}} = 1827 \text{ Watts} = 1.82 \text{ kW}$$

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{1186 \text{ L}}{15 \text{ min}} = 79.06 \left( \frac{\text{L}}{\text{min}} \right)$$

$$P_{\text{bomba}} = \frac{Q \cdot H}{(n \times 450)}$$

$$P_{\text{bomba}} = \frac{79.06 \left( \frac{\text{L}}{\text{min}} \right) \cdot 4 \text{ bar}}{(0.70 \times 450)}$$

$$P_{\text{bomba}} = 1 \text{ hp}$$





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Análisis de Factibilidad (Ahorro económico)

### Consumo eléctrico del Biodigestor

Equipos	Potencia	Horas utilizadas	Consumo mensual
Agitador	1.8 Kw	0.5 horas × 30 días	27 kWh/mes
Bomba estercolera	0.75 Kw	0.25 horas × 30 días	5.62 kWh/mes
Turbina regenerativa	0.45 Kw	12 horas × 30 días	162 kWh/mes
Turbina regenerativa	0.45 Kw	5 horas × 30 días	67.5 kWh/mes
Total del consumo mensual			262.12 kWh/mes
Total del consumo anual			3145.44 kWh/año
Total de pago anual (USD 0,1047 centavos por kilovatio hora)			329.33 \$

Tipo de implementación	Total de pago mensual	Total de pago anual
Uso de calefactores eléctricos	97.13 \$	1165.62 \$
Uso del biodigestor	27.44 \$	329.33 \$
<b>Ahorro monetario</b>	<b>69.69 \$</b>	<b>836.29 \$</b>

### Consumo calefactores eléctricos convencionales

Equipos	Potencia	Número de equipos	Horas utilizadas	Consumo mensual
Calefactor (bombilla 175 W)	0.175 kW	7 equipos	13 horas × 30 días	477.75 kWh/mes
Calefactor eléctrico domiciliario	1 kW	3 equipos	5 horas × 30 días	450 kWh/mes
Total del consumo mensual				927.75 kWh/mes
Total del consumo anual				11,133 kWh/año
Total de pago anual (USD 0,1047 centavos por kilovatio hora)				1165.62 \$





Cantidad	Descripción	Costo unitario	Subtotal (USD)
<b>Conducción del biogás (estimado de distancia entre el biodigestor y el punto de consumo, 20 m).</b>			
9	Tubería PVC ¾" (5 metros)	11 \$	99 \$
11	Tee roscable PVC ¾"	1 \$	11 \$
10	Manguera para gas	1\$ por metro	10 \$
10	Adaptador PVC para manguera	0.50 \$	5 \$
11	Unión roscable PVC ¾"	0.50 \$	5.5 \$
7	Codo roscable PVC ¾"	0.55 \$	3.85 \$
1	Pegamento para tubería PVC	5 \$	5 \$
5	Teflón	0.60 \$	3 \$
<b>Bolsa del biodigestor (a= 4 m, l= 19.1 m), Tuberías de entrada y salida (2m cada una) y Gasómetro ( a= 2 m, l= 9.5 m).</b>			
1	Rollo de geomembrana de polietileno (76.4 m <sup>2</sup> +19 m <sup>2</sup> ) = 95.4 m <sup>2</sup>	1.60 \$ por metro cuadrado.	152.64 \$
1	Tubería PVC 8" de 4 metros.	11\$ por metro	44 \$
<b>Invernadero ( dimensiones 3m de ancho x 3m de alto x 19 m de largo )</b>			
1	Rollo de plástico para invernadero (152.8 m <sup>2</sup> )	1\$ por metro cuadrado	152.8 \$
9	Tubo metálico ¾" de 5 metros	3.60 \$ por metro	162 \$

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Subtotal (USD)
<b>Válvulas y equipos de medición</b>			
3	Flujómetro	40 \$	120 \$
1	Electroválvula	24 \$	24 \$
1	Sensor ácido sulfhídrico (arduino)	20 \$	20 \$
1	Filtro de ácido sulfhídrico	8 \$	8 \$
1	Válvula esfera para gas ¾"	10 \$	10 \$
10	Válvula de bola de rosca hembra cierre industrial para gas ¾"	5 \$	50 \$
2	Válvula Esférica de Paso PVC, Pegables ¾"	1 \$	2 \$
<b>Equipos eléctricos ( bombas, agitadores y sopladores)</b>			
2	Soplador lateral (0.45 kW, fase única, 220V)	102.00 \$	204 \$
1	Agitador 6 palas (motor trifásico 220V, 1.8 kW, 2.5 hp)	90 \$	90 \$
1	Bomba Centrifuga (1hp, 220V)	230 \$	230 \$
<b>Depósito de entrada del efluente y salida del efluente ( 1m de ancho x 1 m de largo x 1.5 m de largo) y depósito de salida del efluente (2m de ancho x 2 m de largo x 2 m de largo)</b>			
195	Bloques	0.30 \$	58.5 \$
2	Bolsas de cemento	7 \$	14 \$
<b>Total del costo</b>			<b>1484.29 \$</b>





Recuperación estimada (1 año 11 meses )

	Capital	Ahorro de luz
Primer día de inversión	- 1484.29 \$	
Después 1er año	696.9 \$	696.9 \$
Después 1er mes- 2do año	766.59 \$	69.69 \$
Después 2do mes - 2do año	836.28 \$	69.69 \$
Después 3er mes- 2do año	905.97 \$	69.69 \$
Después 4 mes- 2do año	975.66 \$	69.69 \$
Después 5to mes- 2do año	1045.35 \$	69.69 \$
Después 6to mes- 2do año	1115.04 \$	69.69 \$
Después 7mo mes- 2do año	1184.73 \$	69.69 \$
Después 8vo mes- 2do año	1254.42 \$	69.69 \$
Después 9no mes- 2do año	1324.11 \$	69.69 \$
Después 10mo mes- 2do año	1393.8 \$	69.69 \$
Después 11avo mes- 2do año	1463.49 \$	69.69 \$

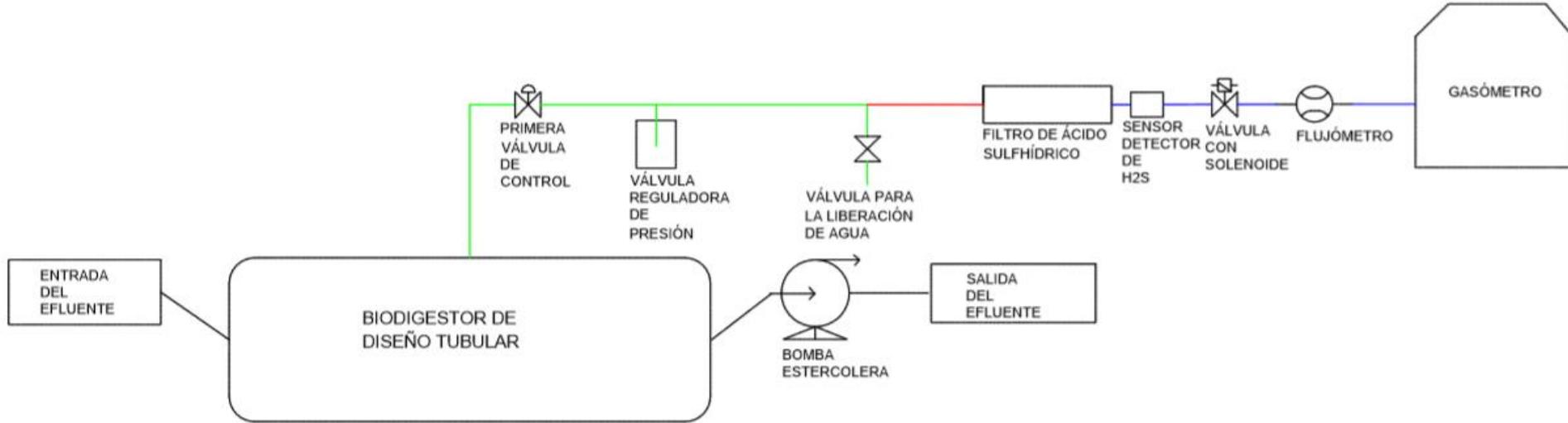
Equipos	Consumo del biogás por hora ( $m^3/h$ )	Número de equipos	Horas requeridas por día	Consumo del biogás requerido por día
Cocina	0.46 $m^3/h$	3 hornillas de 10cm de diámetro	7 horas	9.66 $m^3/día$
Lámpara	0.07 $m^3/h$	7 lámparas	6 horas	2.94 $m^3/día$
Refrigerador	0.075 $m^3/h$	1 Refrigerador	24 horas	1.8 $m^3/día$
Calentador instantáneo de agua	2 $m^3/h$	1 calentador instantáneo de agua de 7L/min	1 hora	2 $m^3/día$
Generador	0.6 $m^3/h$	Generador (1.2kW)	3 horas	1.8 $m^3/día$
Total del biogás requerido por día				18.2 $m^3/día$





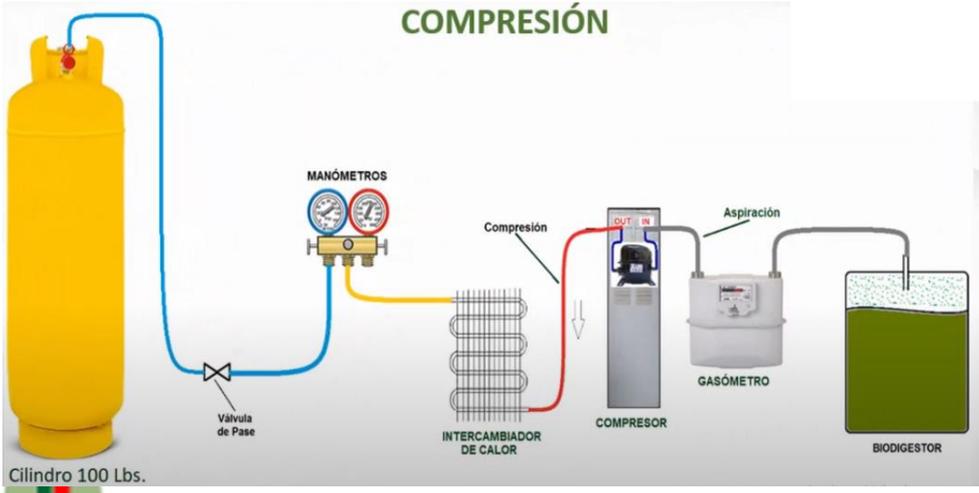
# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# Almacenamiento y transporte de Biogás



Descripción	Valores
Capacidad	100 Lbs (45.36 kg)
Diámetro	35.5 cm (0.375 m)
Longitud	125 cm (1.25 m)
Espesor	2 mm (0.02 m)
Presión	250 psi (1723689.77 Pa)



$$Q = PC \times m$$

$$Q = \left( 50050 \frac{KJ}{kg} \right) \times (0.9839 kg)$$

$$Q = 49244 KJ$$

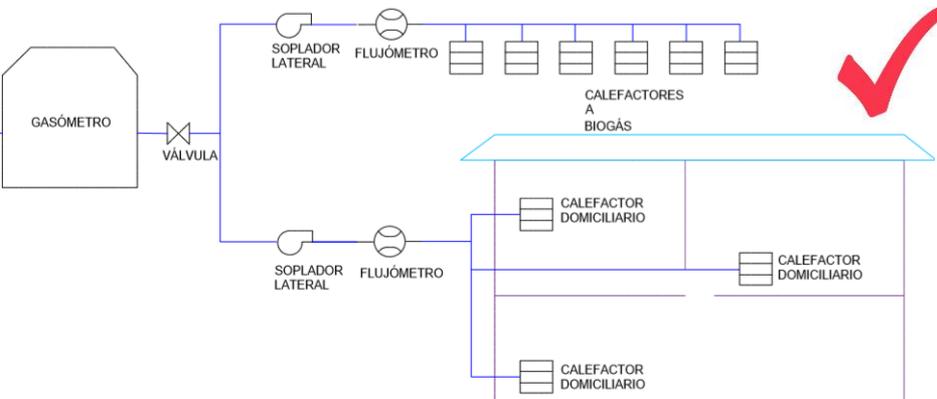
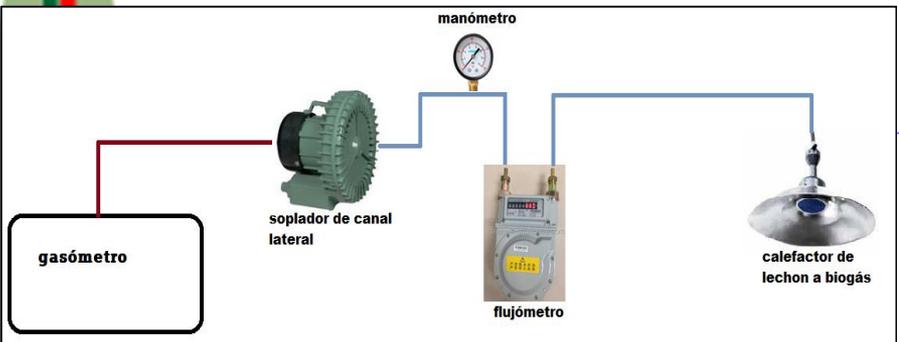
**Biogás (65% metano)**

$$Q = PC \times m$$

$$Q = \left( 46340 \frac{KJ}{kg} \right) \times (45.36 kg)$$

$$Q = 2101982.4 KJ$$

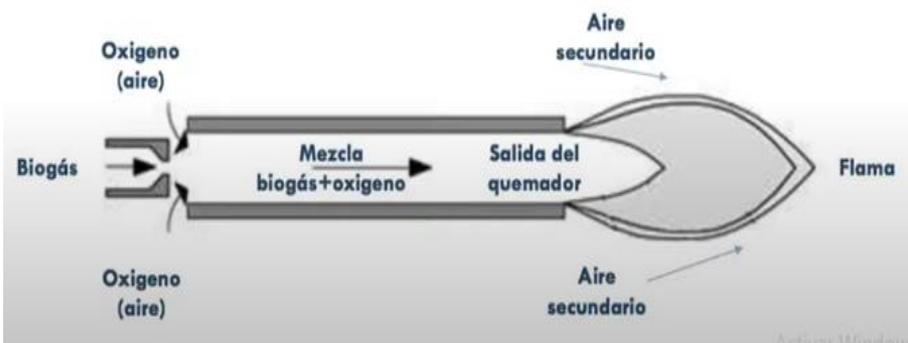
**Propano**





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

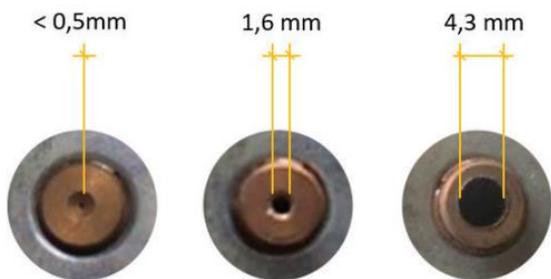


Potencia del calefactor	Poder calorífico del biogás en (kWh/m <sup>3</sup> )	Horas de consumo promedio	Consumo del biogás
4 kW	6.27 kWh/m <sup>3</sup>	5 horas	3.18 (m <sup>3</sup> /día)
3 kW		5 horas	2.39 (m <sup>3</sup> /día)

Potencia del calefactor	Poder calorífico del propano en (kWh/m <sup>3</sup> )	Horas de consumo promedio	Consumo del propano
4 kW	26 kWh/m <sup>3</sup>	5 horas	0.76 (m <sup>3</sup> /día)
3 kW		5 horas	0.57 (m <sup>3</sup> /día)

## Diámetro del Inyector de un Quemador



$$d_i = \sqrt{\frac{Q_{biogás}}{(0.036)Cd} \times \frac{s}{p}}$$

Donde:

$d_i$  = Diámetro del inyector del quemador en mm

$Cd$  = Coeficiente de flujo (valores entre 0.8 y 0.9)

$s$  = Gravedad específica, usualmente de 0,94 kg/m<sup>3</sup>

$p$  = Presión del biogás en mbar

$Q_{biogás}$  = caudal del biogás en  $\frac{m^3}{hr}$





La manera más común de dar uso al biogás, es a través de una combustión directa, siendo dicho gas, comúnmente utilizado en ámbitos como la cocina, calefacción e iluminación.

El eliminar el ácido sulfhídrico del biogás es uno de los puntos más primordiales a tomar en cuenta para poder utilizar nuestro biogás sin problemas, debido a que el  $H_2S$  es un componente nocivo para el ser humano, además de ser el causante de que el biogás posea un olor a huevo podrido.

El uso del biogás representa un considerable ahorro energético, ya que dicho gas puede ser empleado tanto para la generación de energía eléctrica como térmica, logrando sustituir a otras fuentes de energías convencionales.

El poder calorífico del biogás es considerablemente bajo, en comparación a otro tipo de gases como el propano (teniendo un poder calorífico tres veces mayor al del biogás).





# Recomendaciones

Para el dimensionamiento de un biodigestor, se recomienda enfocarse primeramente en la cantidad de desechos y material orgánico que se disponga, para luego, enfocado en eso ver la capacidad y el tamaño del biodigestor.

Si se desea implementar un biodigestor de diseño tubular, se recomienda utilizar geomembrana de polietileno, pues este material posee una mayor resistencia a diferencia de otros materiales como plástico de invernadero.

Se recomienda que el lugar donde será instalado el biodigestor, sea un sitio amplio y despejado, y que además este cerca de una fuente de residuos y desechos orgánicos.

Se recomienda el uso de una turbina regenerativa, para aumentar el flujo de presión del biogás que ingresará en nuestros equipos de calefacción.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Gracias

