



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA:

SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE BIOGÁS PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO



OBJETIVO GENERAL

Diseñar el sistema de conducción del biogás para un generador de energía eléctrica en la Hacienda San Francisco



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar el sustento teórico necesario para el desarrollo del proyecto.
- Cuantificar el recurso para generación de energía eléctrica.
- Diseñar el sistema de reducción y eliminación de H₂S y trazas de otros gases.
- Realizar los planos del sistema de conducción de biogás para un generador.



BIOGÁS

- El biogás es un combustible natural, no fósil, de alto poder calorífico dependiente del contenido de gas metano.
- El aprovechamiento del biogás comprende básicamente su uso como combustible para la generación de energía eléctrica en generadores, turbinas, calderas, para alimentación a la red de gas natural y como combustible para vehículos.



CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS

- La cantidad de 1 m³ biogás que se aprovecha en un generador de energía eléctrica es suficiente para generar un estimado de 2.2 kWh de electricidad
- Estos valores dependen considerablemente de la eficiencia de los equipos que se utilizan para el aprovechamiento del biogás.



COMPOSICIÓN DEL BIOGÁS

Componentes	Unidad	Contenido
Metano	%	60 – 70
Dióxido de carbono	%	30 – 40
Hidrogeno	%	5 – 10
Nitrógeno	%	1 – 2
Oxigeno	%	0,1
Sulfuro de hidrogeno	%	0,1 – 2
Saturación con vapor de agua	%	80 – 100



ACONDICIONAMIENTO DEL BIOGÁS

- Debido a su alto contenido de humedad y otros gases contaminantes el biogás debe tratarse y acondicionarse previo a su aprovechamiento en generadores para la producción de energía eléctrica.
- Reducción y/o eliminación del sulfuro de hidrógeno H_2S y trazas de otros gases, purificación.
- Eliminación de condensados.
- Corrección, calibración y control de presión.



ELIMINACIÓN DEL SULFURO DE HIDRÓGENO H_2S

- En un ambiente anaerobio, las bacterias sulfato reductoras producen ácido sulfhídrico como consecuencia de su metabolismo de degradación de los sulfatos presentes en el agua residual.
- El sulfuro de hidrógeno (H_2S) es un gas incoloro y muy tóxico con olor característico a huevos podridos.



ELIMINACIÓN DEL SULFURO DE HIDRÓGENO H₂S

- Para la eliminación del sulfuro de hidrógeno H₂S se han utilizado tecnologías de base físico-químicas, destacando entre ellas:
- La incineración,
- La adsorción,
- La absorción,
- La biológica
- La condensación y;
- Los procesos con membranas



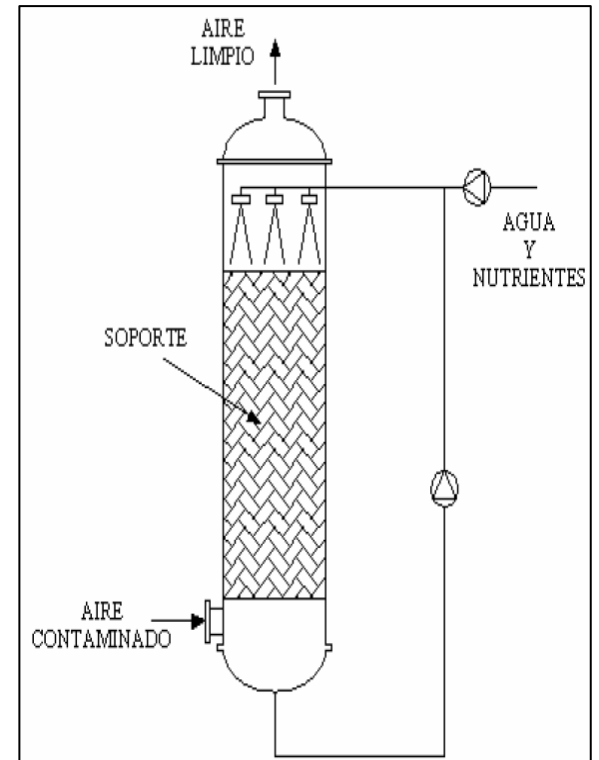
TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS

REACTOR	FASE MÓVIL	SOPORTE	BIOMASA ACTIVA
Biolavador (BL)	Líquida y gaseosa	CONTINUA Ninguno	Dispersa
Biofiltro de escurrimiento (BTF)	Líquida y gaseosa	Sintético	Inmovilizada
Biofiltro (BF)	Gaseosa	Orgánico/Sintético	Inmovilizada



BIOFILTROS DE ESCURRIMIENTO

- Consiste en un filtro biológico empaquetado con un soporte sintético en el cual se forma una biopelícula. A través del lecho se alimenta la corriente gaseosa con el contaminante a eliminar y, por su parte superior, se añade una corriente líquida, que es recirculada para aportar los nutrientes esenciales a la biopelícula.



VÁLVULA DE SEGURIDAD O TRAMPA DE CONDENSADOS

- La trampa de condensados o válvula de seguridad sirve para separar nieblas de condensado o acumulación de agua de condensación dentro del sistema de gas.
- Este vapor de agua se condensa y puede formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) en presencia del H_2S . Por esta razón es importante que como parte del tren de calibración se instale un tanque para la reducción de condensados.



SOPLADORES DE CANAL LATERAL

- El soplante o extractor tipo canal lateral, aumenta la presión del gas aspirado al crearse, en el canal toroidal periférico, una serie de remolinos causados por el empuje centrífugo del rotor
- **APLICACIÓN.**
- Aspiración de biogás en vertederos controlados y del envío a antorcha, al horno o a motores de gas.
- Extracción del biogás del gasómetro, gas natural de tuberías o de gasómetro y envío al hornillo o a motores de gas.



TUBERÍAS

MATERIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
L		
Plástico (PVC, CPVC)	Fácil de trabajar, relativamente barato	Fácil de quebrarse o fracturarse, pueden ser mordidos por roedores. Válvulas más caras que las de galvanizado. Está sujeta a la degradación causada por los rayos ultravioleta.
Acero galvanizado	Rígido, menos posibilidades de fracturarse	Se oxida, tubería más cara que la de PVC o plástico.
Manguera plástica	Fácil de conectar a los equipos	Cara Se puede dañar fácilmente.
Plástico (ABS)	Ninguna	No recomendado



DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE BIOGÁS



SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE BIOGÁS.

Mediante un sistema de conducción de biogás para generar energía eléctrica en la Hacienda San Francisco se pretende reducción de inversión económica en el consumo de energía eléctrica. Y así reducir el pago excesivo por consumo de energía eléctrica.



PARÁMETROS DE SELECCIÓN.

- Localización del digestor.
- Producción de biogás del digestor.
- Capacidad de producción de biogás del digestor.
- Las características del biogás producido.
- Las condiciones necesarias del biogás para el ingreso al generador.



LOCALIZACIÓN DEL DIGESTOR

- La hacienda San Francisco se localiza al Nor-Oeste del Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi, en la Parroquia Rural de Mulalo.
- Se encuentra a una altura de 2.200 m.s.n.m., la empresa se dedica principalmente a la producción de leche.



PRODUCCIÓN DE BIOGÁS DEL DIGESTOR

Para la producción actual de biogás en la Hacienda San Francisco se recopiló información mediante una bitácora de control de producción de biogás donde se realizó un registró diario de los valores marcados en el medidor de gas instalado, teniendo una producción de biogás de 23 m³/h.



CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS

Para obtener las características del biogás producido en el biodigestor existente en la Hacienda San Francisco se realizó dos cromatografías en el laboratorio de la Universidad Politécnica Nacional donde se obtuvo las siguientes características.

COMPONENTE	CROMATOGRAFIA	
	% PESO	% MOLES
NITROGENO	8,095	7,93
METANO	29,975	51,455
CO ₂	59,87	37,49
H ₂ S	0,1	0,08
AGUA	2,015	3,08
DENSIDAD RELATIVA PESO MOLECULAR PROM. (g/gmol)	0,955	
PODER CALORIFICO DEL GAS BTU/ft ³		521,24



DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR A BIOGÁS

Debido a que se trata de un combustible de alto poder calorífico los generadores a biogás que se utilizan para la producción de electricidad se deben basar en motores especiales, robustos y construidos expresamente para que funcionen con biogás



DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR EN BASE AL PORCENTAJE DE METANO

- El biogás ideal puede producir 2,2 kWh_elect, que tiene un contenido del 60 – 70 % de metano y teniendo un porcentaje promedio de metano de 51,45 %.
- Entonces se tiene que con 1 m³ de biogás con el 51,45 % de metano equivale a **1,74 kWh/m³**
- Con la producción de biogás de 23 m³/h y tomando en cuenta que se requiere por cada metro cubico de biogás antes de la purificación se necesita dos metros cúbicos, ya que se tiene pérdidas en la purificación, por lo que el volumen de biogás es 10,5 m³ donde se tiene:



DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR EN BASE AL PODER CALORÍFICO

El poder calorífico promedio del biogás producido en la Hacienda San Francisco es 521,24 BTU/Ft³

- $521,24 \frac{BTU}{ft^3} * \frac{1,055056 kJ}{1 BTU} * \frac{1 kWh}{3600 kJ} * \frac{1 ft^3}{0,3048^3 m^3} = 5,39 \frac{kWh_t}{m^3}$
- Con la producción de biogás de 23 m³/h se tiene:
- $5,39 \frac{kWh_t}{m^3} * 10,5 \frac{m^3}{h} = 56,6 \frac{kWh_t}{h}$
- $56,6 \frac{kWh_t}{h} * \frac{24 h}{1 día} = 1.358,28 \frac{kWh_t}{día}$
- Considerando una eficiencia de 30%, considerada por el generador de Aqualimpia, la potencia del generador es:
- $1.358,28 \frac{kWh_t}{día} * \frac{1 día}{24 h} * 0,30 = 16,98 kW$



- Considerando la producción de biogás de 50 m³/h se tiene:
- $5,39 \frac{kWh_t}{m^3} * 25 \frac{m^3}{h} = 134,75 \frac{kWh_t}{h}$
- $134,75 \frac{kWh_t}{h} * \frac{24 h}{1 \text{ día}} = 3.234 \frac{kWh_t}{\text{día}}$
- Considerando la eficiencia del 30%, considerada por el generador de Aqualimpia, la potencia del generador es:
- $3.234 \frac{kWh_t}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 h} * 0,30 = 40,43 kWh$



POTENCIA DEL GENERADOR

Método	Producción Actual	Producción Máxima
Porcentaje de metano	18,27 kW	43,5 kW
Poder calorífico	16,98 kW	40,43 kW



- A través de los dos métodos se obtienen valores similares de potencia, por lo que el generador apropiado para la producción actual deberá ser mínimo de 16,98 KW y máximo de 18,27 KW.
- Se selecciona entonces, el generador de la marca Aqualimpia, modelo AQL 16 que tiene una potencia de 15 KVA o 12 KW, que es el más próximo al cálculo así como disponible en el mercado.

	Standby(KVA)	10	16
	Model	AQL10	AQL16
standby power	KVAW	10/5.0	10/13.0
prime power	KVAW	8/7.0	10/12.0
frequency	Hz	60	60
rated voltage	V	400	400
brand			
Model motor	--	M-F10A	M-4Y
displacement	L	1,051	2,237
speed	RPM	3,000	1,500
starting method	--	electric start	electric start
cooling method	--	water cooled	water cooled
brand alternator	--	Stamford	Lucy Somer
model	--	PI 042 D	LSA 40 V32
phase	--	3 phases, 4 wires	3 phases, 4 wires
controller type	--	DS 05E7320	DS 05E7320
display	--	LCD	LCD
fuel	--	biogas	biogas
gas inlet pressure	kPa	1-5.5kPa	1-5.5kPa
dimension (open type)	mm*mm*mm	--	1400*10*920
net weight (open type)	kg	--	480
biogas consumption	m ³ /KW.h	0.05	0.05



- Con los datos recopilados la demanda de energía de la Hacienda San Francisco es de 20.800 kWh/mes.
- Con el generador dimensionado se tendrá una energía de:

$$12 \text{ kW} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} * 0,9 = 94.608 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 7.884 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

- Con la demanda de energía de la hacienda San Francisco y la generada por el generador se puede decir que se tendrá un déficit de energía de 12.916 kWh/mes que deberían ser tomados de la red eléctrica convencional.
- En el caso que el biodigestor trabajara al 100% de su capacidad (50m³/ h), se requerirá de un generador de la marca Aqualimpia, modelo AQL 50 que tiene una potencia de 45 KVA o 36 KW y se tendrá un sobrante de energía de 2.852 kWh/mes que serán entregados a red ELEPCO S.A..



SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

- La válvula de seguridad controla la presión de operación del biodigestor, debido a que presiones excesivas pueden ocasionar la explosión del digestor, roturas o zafaduras de la cubierta de membrana, esta válvula se selecciona considerando la capacidad de la planta.



PARÁMETROS DE SELECCIÓN

El único parámetro que se debe tomar en cuenta es la presión del digestor la misma que es de 1 mbar, por tanto se seleccionará una válvula de seguridad de 2 mbar ya que es la existente en el mercado, esto impide que exista una presión mayor a 2 mbar, asegurando una presión estable en el digestor

Kondensatopf COP Technische Daten

Modell	Durchsatz in Nm ³ /h	Durchmesser in mm	Höhe in mm	Anschlüsse DN
COP 200	max. 200	300	1.200	80
COP 300	200 – 400	480	1.400	125
COP 500	400 – 750	640	1.600	200
COP 1000	750 – 1.200	955	1.800	250



DISEÑO DEL FILTRO DE H₂S

El filtro de H₂S sirve para eliminar las sustancias de ácido sulfhídrico que se encuentran en el biogás y problemas de oxidación a los componentes del sistema de conducción de biogás.



PARÁMETROS DE DISEÑO

Tecnología de filtración	Biofiltración
Tipo de biofiltro	Biofiltro de escurrimiento
Tipo de bacterias	Thiobacillus
Medio	Lodo activo con espuma de poliuretano
Temperatura del medio de las bacterias	35°C
Tiempo de residencia	6,5 segundos
Porcentaje de H ₂ S que necesita el generador	< 200 ppm
Generación de biogás actual	23 m ³ /h
Generación de biogás máxima	50 m ³ /h
Porcentaje de H ₂ S en el biogás	0,08 % (800ppm)
Diámetro del tanque	0,3 m



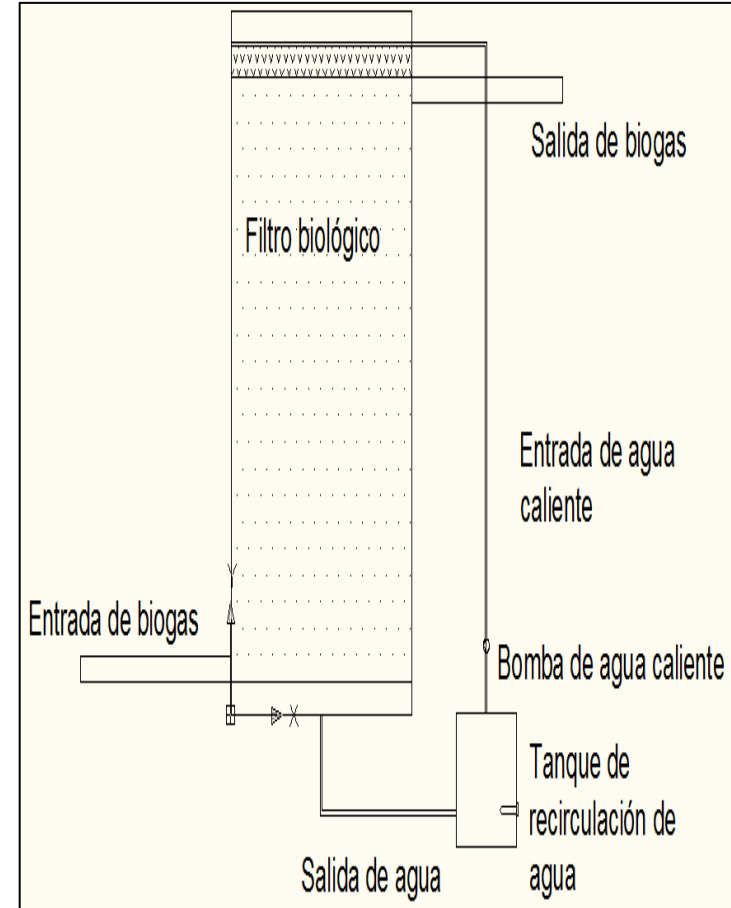
DIMENSIONAMIENTO DEL BIOFILTRO

- La producción actual de biogás es de 23 m³/h entonces se tiene que:
$$23 \frac{m^3}{h} * \frac{1 h}{3600 seg} = 0,0064 \frac{m^3}{seg}$$
- Con el caudal de 0,0064 m³ es lo que va a pasar en 1 segundo, y con el tiempo de residencia de 6,5 segundos se calcula el volumen del biofiltro
- $$V_f = 0,0064 \frac{m^3}{s} * 6,5 s = 0,042 m^3$$
-
- El volumen del biofiltro es 0,042 m³, entonces las dimensiones son:
- $$V = \pi * r^2 * h$$
- $$h = \frac{V}{\pi * r^2} = 0,85 m$$
- Entonces se necesita un biofiltro de 25 cm de diámetro y una altura de 85cm, entregándonos de 0,1 a 100 ppm es decir un porcentaje de 97 % de H₂S [6], en este caso tendremos 24 ppm.
- Para la producción máxima de biogás de 50 m³/h , entonces se necesita un biofiltro de 25 cm de diámetro y una altura de 1 metro 83 cm.



SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL BIOFILTRO

Para mantener una temperatura apta para la reproducción de bacterias y tener un mejor desempeño de las mismas al realizar la desulfurización, la temperatura adecuada para las bacterias es de 35°C es por esto que se realiza un intercambiador de calor.



DIMENSIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Tomando en cuenta los siguientes datos:

- Masa a calentarse: 35 Kg de agua.
- Calor específico del agua: $4,186 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$
- Variación de temperatura: $5^\circ C$
- Tiempo de calentamiento: 300 s

$$E = m \cdot cp \cdot \Delta T$$

$$E = 35 \text{ Kg} \times \left(4,186 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} \right) \times 5^\circ C = 732,55 \text{ KJ}$$

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = \frac{732,55 \text{ KJ}}{300 \text{ s}} = 2,5 \text{ KW}$$



CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN

- Volumen del biofiltro = $0,035 \text{ m}^3$
- Tiempo de recirculación = 300 s
- Por lo tanto se tiene que el caudal es:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0.035 \text{ m}^3}{300 \text{ s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 0,42 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- Para calcular diámetro de la tubería de succión y descarga se tiene:

$$\text{Caudal de recirculación } Q = 0,42 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Velocidad del liquido } v = 1 - 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \left(0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{\pi \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}} = 0,012 \text{ m} = 0,46 \text{ ''}$$

- Por lo tanto se requiere de una tubería de $\frac{1}{2}$ " de PVC para la línea de descarga y $\frac{3}{4}$ " para la línea de succión.



SELECCIÓN DE LA BOMBA DE RECIRCULACIÓN

Para recircular el agua y mantener la humedad dentro del biofiltro se requiere de una bomba circuladora UPS Serie 100 la misma que está diseñada especialmente para sistemas de calefacción monotubo.

Con el caudal de $0,42 \text{ m}^3$ y la carga total de $2,36 \text{ m}$ se escogió el modelo **UPS 25 – 40**

	Caudal Q																	
	m ³ /h →	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,0	3,2	3,3	4	5	6	7	8	9
Modelo	Altura en mca.																	
UPS 25-40	3,9	3,5	3,0	2,6	2,1	1,7	1,3	0,9	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-50	4,7	4,3	3,8	3,3	2,8	2,2	1,8	1,3	1,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-60	5,7	5,2	4,7	4,1	3,5	3,0	2,4	1,8	1,6	1,3	1,2	-	-	-	-	-	-	-



MATERIALES REQUERIDOS PARA EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL BIOFILTRO

Cantida d	Material	Descripción
1	Tanque de 30 x 30 x 50 centímetros.	Permite almacenar el agua la cual será calentada para transmitir el calor necesario al interior del filtro.
1	Resistencias de tanque de 2500 W a 220 V Modelo T009	Permite calentar el agua dentro del tanque para de esta manera intercambiar calor con las bacterias existentes en el interior del tanque.
1	Bomba de recirculación UPS 25-40-180 (220 V)	Por el hecho de necesitar una bomba por la cual recircule el agua caliente se optó por esta opción siendo la de menor caudal existente en el mercado y costo moderado.
1	Termostato interior tapa plástica	Control propio de la resistencia que permite asegurar que el agua no se evapore en el tanque.
Varios	Accesorios de tubería PVC	Válvulas, acoples y accesorios necesarios para la circulación de agua caliente en el intercambiador



DISEÑO DEL FILTRO DE H₂S OPCIÓN 2 ADSORCIÓN

- Para el diseño del filtro se debe tomar en cuenta los parámetros:

Método de filtración	Absorción del H₂S a partir de óxido de hierro
Caudal de biogas requerido por el generador	1 m ³
Concentración de H ₂ S	800 ppm
Densidad del H ₂ S	1,19 kg/m ³
CONTINUA	
Límite de absorción del H ₂ S en Fe ₂ O ₃ [10]	56%
Diámetro del tanque	0,6 m



DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO

- Con los parámetros de la tabla anterior, empezando por el peso del H₂S en el biogás que será:
- $1 \text{ m}^3 * 1,19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,19 \text{ kg}$
- Realizando una regla de tres con el porcentaje 56% de absorción se tendrá:
- 2.13
- Entonces, la cantidad de Fe₂O₃ teórico que se necesita es de 2,13. En la práctica se incrementa en 20% esta cantidad [10], quedando como: 2,98 kg de Fe₂O₃
-
- Por lo general, el filtro se construye para una operación de 360 días [10], por lo que la cantidad de viruta tratada que se debe tener para una operación de 360 días es de: 1,17 tm = 1,17 m³ de Fe₂O₃
-
- El volumen del filtro es 1,71 m³, entonces las dimensiones son:
-
- $V = \pi * r^2 * h$
- $h = \frac{V}{\pi * r^2}$
- $h = 4,24 \text{ m}$
-
- Entonces se necesita un filtro de absorción del H₂S en Fe₂O₃ de 0,60 m de diámetro y una altura de 4,24 m, así como también el porcentaje de H₂S que nos entrega el filtro es de 448 ppm.



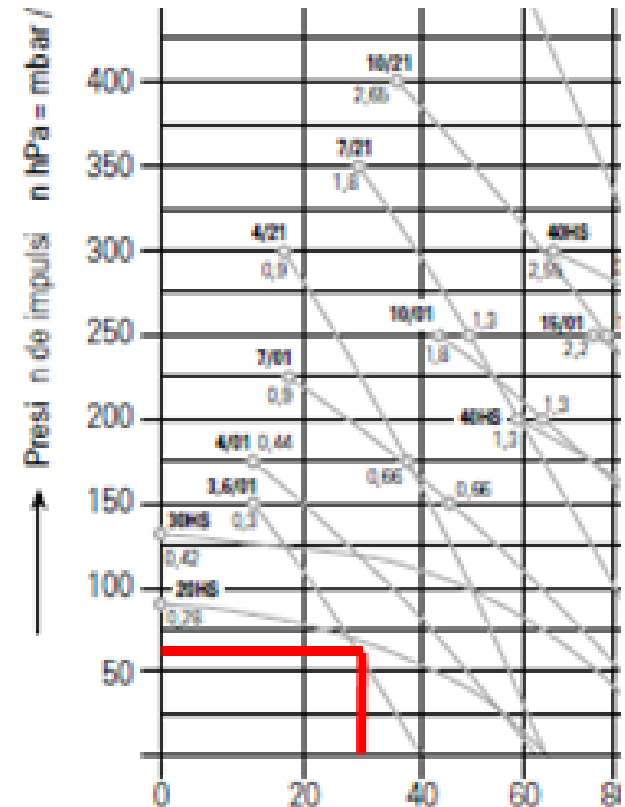
SELECCIÓN DE SOPLADORES PARA SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN PARA EL GENERADOR

Se utilizará un soplador del tipo canal lateral, estos son indicados para aplicaciones que exigen presiones considerablemente superiores a las que pueden conseguirse utilizando ventiladores centrífugos.



PARÁMETROS DE SELECCIÓN DEL SOPLADOR

- La presión requerida 55 mBar.
- Caudal de biogás 23 m³/h.
- Con la presión y caudal se emplea el diagrama caudal-presión, el soplador seleccionado es el modelo **CL 3,6/01** con una potencia del motor de **0,3 kW**. Se trata de un modelo ATEX para biogás a 60 Hz (3500 rpm).



DISEÑO DE LA TUBERÍA DE TRANSPORTE DE BIOGÁS

- Con los parámetros de la tabla y aplicando la formula:

$$D = 0,66 \left[\epsilon^{1,25} \left(\frac{LQ^2}{g h_L} \right)^{4,75} + vQ^{9,4} \left(\frac{L}{g h_L} \right)^{5,2} \right]^{0,04}$$

- Se seleccionará una tubería de PVC de 2", para la producción actual.

Parámetros para el diseño de la tubería

P₁ (salida soplador)	6 kPa
P₂ (entrada generador)	5,5 kPa
Q	23 m ³ /h
T₁	20 °C
L	10 m
R	52,8 Nm/N°K
V	17,5 m/s



SISTEMA ELÉCTRICO DE LA HACIENDA SAN FRANCISCO CON BIOGÁS

- El sistema eléctrico de potencia de la Hacienda San Francisco esta alimentado desde la sub estación Mulaló por el alimentador Guaytacama – Saquisilí y el alimentador Mulaló – Aláquez.



SOLUCIÓN 1

- Transferencia de Energía en Media Tensión; con la generación de energía eléctrica a biogás, con una producción de 23 m³/h de biogás, el sistema de generación de energía eléctrica con biogás entregara 12 kW – 15 KVA.

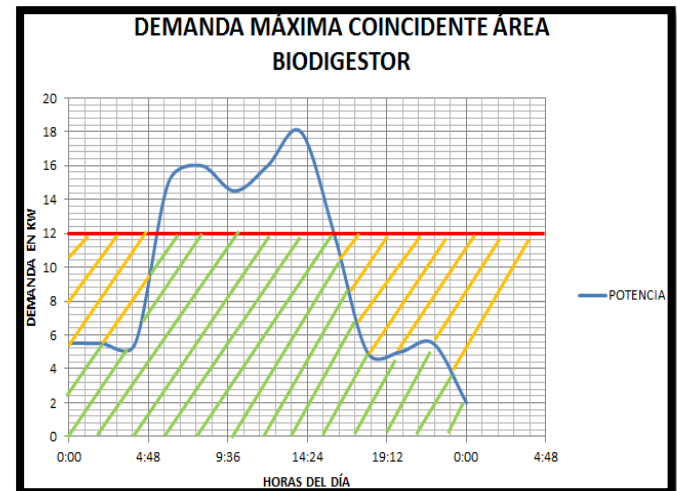


- El generador de 12 (kW), se ubica en la cámara de transformación 1, proveerá de flujo energético con biogás a la barra de la cámara 1 en los ramales **B** y **C (ANEXO J-2)** y hará uso del transformador 1 como transformador elevador, con el fin de elevar el voltaje del generador hasta los niveles suministrados por ELEPCOSA; de 13,8 (kV), de esta manera entregar flujo eléctrico a la misma, de 15:00 a 05:00. Tomando en cuenta el porcentaje de sobrecarga se tendrá un transformador de 15 kVA.

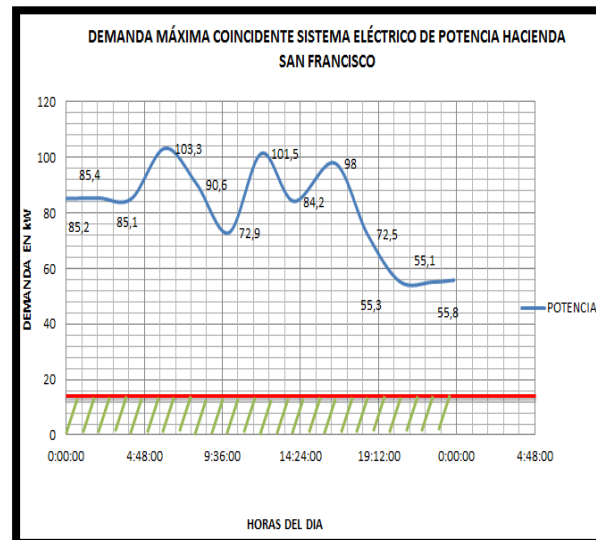


ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE POR ÁREAS

- Para la solución descrita se tomó en cuenta los valores de la demanda máxima coincidente que existe en la cámara de transformación, en la cámara 1 para ser abastecido por el generador a biogás. La curva de la demanda máxima coincidente para la solución 1 se la puede observar en la Ffgura.
- Con el generador a biogás de 12 (kW) con una energía entregada de 7.776 kWh/mes, la energía consumida durante las 07:00 hasta las 22:00 horas es de 3.765,8 kWh/mes, teniendo una entrega de energía del 51,6% (4.010,2 kWh/mes).

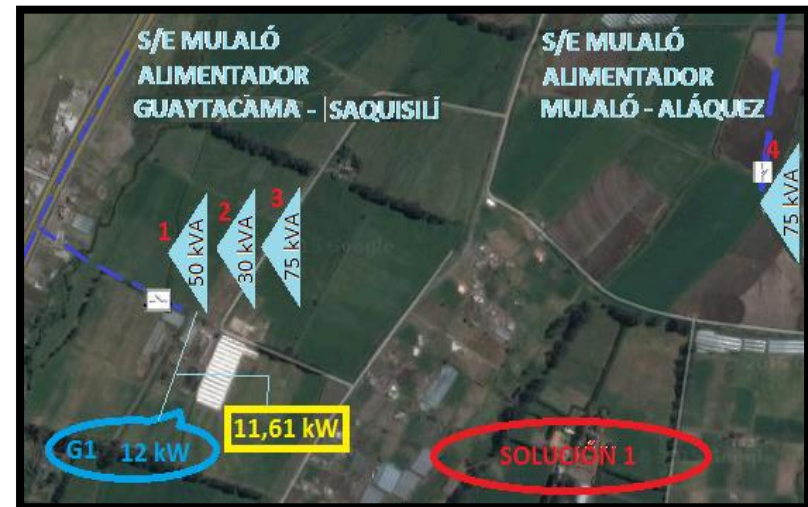


- Con el generador a biogás de 12 (kW) con una energía entregada de 7.776 kWh/mes, la energía consumida en todo el sistema durante las 07:00 hasta las 22:00 horas es de 20.800 kWh/mes, teniendo un déficit de energía del 62,6% (13.024 kWh/mes) como se puede ver en la figura.



TIEMPO DE VALIDEZ

- Para la Solución 1 mediante el análisis respectivo de carga la demanda máxima con la que cuenta el área del biodigestor en la Hacienda San Francisco es de 18 (kW).
- La alimentación con un generador a biogás de 12 (kW) con una energía entregada de 7.776 kWh/mes, la energía consumida durante las 07:00 hasta las 22:00 horas es de 3.765,8 kWh/mes, teniendo una entrega de energía del 51,6% (4.010,2 kWh/mes). Puesto que el generador funcionaría al límite de sus capacidades, se tiene un tiempo de validez de la solución propuesta en 3 años 10 meses.



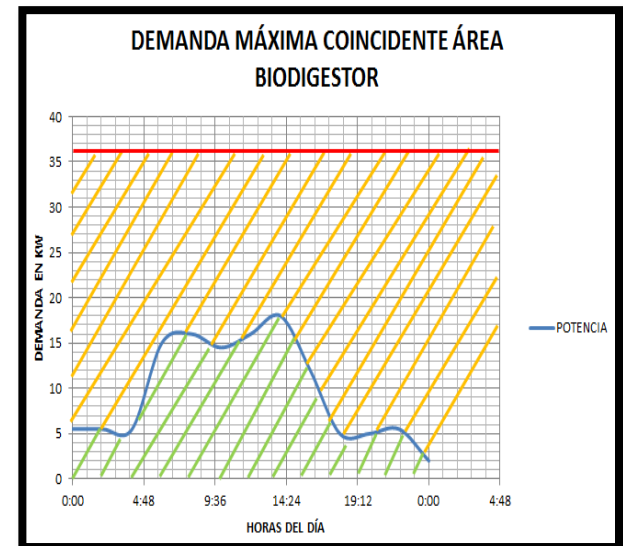
SOLUCIÓN 2.

- Transferencia de Energía en Media Tensión; con la generación de energía eléctrica a biogás, con una producción de 50 m³/h de biogás, en caso de corte del suministro eléctrico de energía, el sistema de generación de energía eléctrica con biogás entregara 36 kW, por lo que se abastecerá al área del biodigestor.
- El generador de 36 (kW) ubicado en la cámara de transformación 1, proveerá de flujo energético con biogás a la barra de la cámara 1 y hará uso de un transformador como transformador elevador, con el fin de elevar el voltaje del generador hasta los niveles suministrados por ELEPCOSA; de 13,8 (kV) y de esta manera abastecer de flujo eléctrico a la misma.

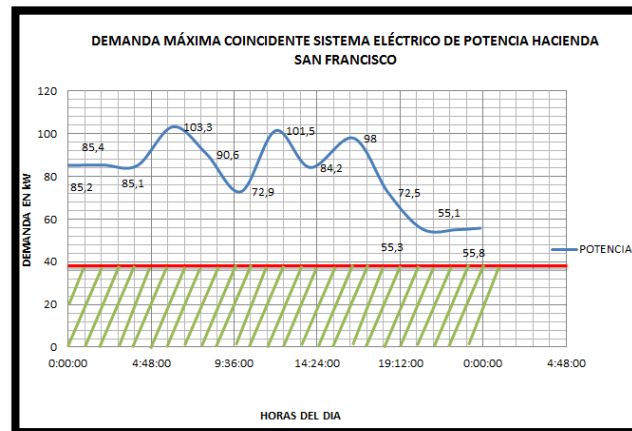


ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LA DEMANDA MÁXIMA COINCIDENTE POR ÁREAS.

- Para la solución descrita se tomó en cuenta los valores de la demanda máxima coincidente que existe en la cámara de transformación “1” para ser abastecidos por el generador con biogás. La curva de la demanda máxima coincidente para la solución 2 se las puede observar en la **Figura 2.21**.
- Con un generador a biogás de 36 (kW) con una energía entregada de 23.328 kWh/mes, la energía consumida durante las 07:00 hasta las 22:00 horas será de 3.765,8 kWh/mes, teniendo una entrega del 83,9% sobrante del generador (19.562,2 kWh/mes).

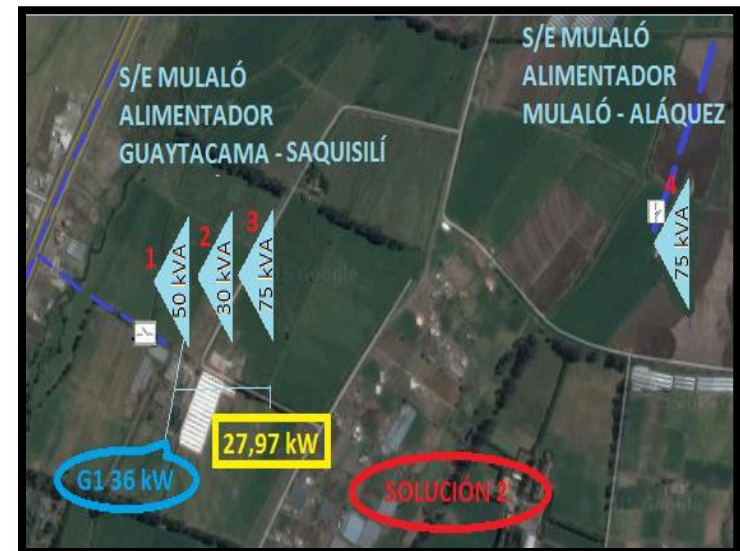


- Con un generador a biogás de 36 (kW) con una energía entregada de 23.328 kWh/mes, la energía consumida en todo el sistema durante las 07:00 hasta las 22:00 horas será de 20.800 kWh/mes teniendo una entrega del 12,15% sobrante del generador (2.528 kWh/mes) (**Figura 2.22**).



TIEMPO DE VALIDEZ.

- Para la Solución 2 mediante el análisis respectivo de carga la demanda máxima con la que cuenta el área del biodigestor en la Hacienda San Francisco es de 18 (kW).
- La alimentación con un generador a biogas de 36 (kW) con una energía entregada de 23.380 kWh/mes, la energía consumida durante las 07:00 hasta las 22:00 horas será de 20.800 kWh/mes, teniendo una entrega del 12,15% sobrante del generador (2.528 kWh/mes). Puesto que el generador funcionaría al límite de sus capacidades, se tiene un tiempo de validez de la solución propuesta en 2 año 1 mes.



ANÁLISIS ECONÓMICO



SOLUCIÓN 1

Cálculo del VAN, TIR y Tiempo de recuperación

Tasa de descuento (anual)	10,21 %
Ahorro mensual:	1.536,80
Ahorro anual:	12.441,60
Inversión inicial:	58.013,14
Periodo años	
	Flujo de fondos anuales
0	-58.013,14
1	16.793,80
2	15.609,19
3	14.424,56
4	13.239,94
5	12.055,31
Valor actual neto (VAN):	2759,86
Tasa interna de retorno (TIR):	8,21% anual
Tiempo de recuperación (TR):	46 Meses



SOLUCIÓN 2

Cálculo del VAN, TIR y Tiempo de recuperación

Tasa de descuento (anual)	10,21 %
Ahorro mensual:	2.799,36
Ahorro anual:	35.592,32
Inversión inicial:	62.823,21
CONTINUA	
Periodo años	Flujo de fondos anuales
0	-62.823,21
1	4.883,88
2	6.166,73
3	7.449,58
4	8.712,43
5	10.096,08
Valor actual neto (VAN):	35.634,81
Tasa interna de retorno (TIR):	13,89% anual
Tiempo de recuperación (TR):	25 Meses



GENERADOR A BIOGÁS

GENERADOR A BIOGÁS			
1	Generador a biogás de 50 KWVA	23.500,0	23.500,00
1	Mano de obra de instalación	5 %	1.175,00
1	Transporte	15%	3.525,00
1	Impuestos Importación	10%	2.350,00
1	Transporte terrestre		700,00
	Subtotal		31.250,00

SOPLADOR ATEX			
1	Soplador ATEX de 0,42 KW / 230 V	2.000,00	2.000,00
1	Mano de obra del soplador	5 %	100,00
1	Transporte	15%	300,00
1	Impuestos de Importación	10%	200,00
1	Transporte terrestre		700,00
	Subtotal		3.300,00

COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN

35.241,20



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES



- AQUALIMPIA es la fuente mas amplia y confiable para el diseño del sistema de conducción de bigás para generar energía eléctrica en la hacienda San Francisco.
- Con la bitacora de producción de biogás se tiene el dato promedio de producción actual de biogás de 23 m³/h en el biodigestor.
- El método de biofiltración purifica el biogás en un 97% con una vida útil del biofiltro de 2 años, mientras que con el método de adsorción por limalla de hierro se tiene una purificación del 56 % con una vida útil de un año tomando en cuenta para volúmenes pequeños.



- Con el diseño realizado para el sistema de conducción de biogás para la generación de energía eléctrica se tiene una unidad de generación de 12 kw y se estima lograr una recuperación de la inversión en 3 años 10 meses para la opción 1 así como para la opción 2 se tiene una unidad de generación de 36 kW y se recupera la inversión en 2 año 1 mes.



RECOMENDACIONES



- Buscar otras fuentes bibliográficas para poder ampliar de mejor manera la información recopilada y así poder realizar diseños con nuevas fuentes de energía.
- Realizar cronogramas de mantenimiento e inspecciones y poder garantizar un óptimo funcionamiento del digestor para obtener más energía y poder autoabastecer a la Hacienda.
- Para reducir costos en la implementación del filtro de H₂S se puede implementar el filtro por absorción con óxido de hierro el cual nos entrega una purificación del 56% con un costo reducido, pero solo es rentable en volúmenes pequeños.



- Utilizar equipos antiexplosivos ya que el biogás contiene un porcentaje elevado de metano convirtiéndole en un biocombustible altamente explosivo al momento de su utilización.
- Una vez puesto en operación el prototipo para la generación de biogás se lo debe mantener en continuo funcionamiento es decir se debe cargar diariamente con el peso correcto y controlar los parámetros necesarios para que la producción de biogás sea estable.
- Implementar un laboratorio de energías renovables para un mejor desarrollo de energías alternativas en la carrera de Ingeniería Electromecánica.



***GRACIAS POR
SU ATENCIÓN***



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA