



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# TEMA: AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LA HACIENDA SAN FRANCISCO PARA USO DE UN GENERADOR A BIOGÁS COMO SUSTITUTO PARCIAL DE ENERGÍA



# OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una auditoría energética en la Hacienda San Francisco, para usar un generador a biogás como sustituto parcial de energía.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento del sistema energético de la Hacienda San Francisco.
- Analizar la calidad del suministro de energía eléctrica de la hacienda San Francisco y proponer soluciones frente a los problemas detectados para optimizar del uso de energía.
- Determinar las condiciones operativas y potenciales de ahorro en el sistema de aire comprimido de la Hacienda.
- Identificar las propiedades constitutivas del biogás producido en la hacienda.
- Dimensionar el generador en base a las características constitutivas del biogás, y determinar la cantidad de energía que puede sustituir parcialmente el suministro de energía eléctrica convencional.

# SISTEMAS ANALIZADOS

❑ SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.

❑ SISTEMA ELÉCTRICO.

❑ SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

# **ANÁLISIS DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO.**

# SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

- Equipo utilizado:

Detector ultrasónico SDT 200.



El objetivo es Identificar los puntos donde existen fugas de aire para establecer acciones correctivas para la optimización de recursos, esto se logra al bajar la presión de trabajo del sistema de aire comprimido, que se incrementa en caso de existir fugas de aire.

Es importante conocer que al bajar 1 bar de presión se reducen un 7% del costo de energía eléctrica [1]

[1] Atlas Copco, "Aire Comprimido", página 4, 2012.

# MEDICIONES OBTENIDAS.

Fuga #	dB	Fuga #	dB
1	28	10	31
2	30	11	36
3	45	12	35
4	34	13	34
5	33	14	28
6	43	15	43
7	39	16	42
8	41	17	50
9	42	18	46

Este equipo, posee una aplicación elaborada en Excel, que permite “estimar” el caudal que se pierde en el sistema de aire comprimido por concepto de fugas en función de los decibeles medidos por el equipo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
7	SDT Field Leaks Estimator										Type of sensor : Internal or flexible						Total leak rate		13.6	M <sup>3</sup> /hour				
8	Pressure in line : 100 psi						Distance from leak : 40 cm						Cost price of 1000 m <sup>3</sup>		241									
9	Input Cells						## bar						Cost a year		2,855 l									
10																								
11																								
12																								
13																								
14	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour	Leak #	dBpV	Litre/hour
15																								
16	1	19	500	13	20	529	25		0	37		0	37		0	37		0	37		0	37		0
17																								
18	2	27	792	14	28	839	26		0	38		0	38		0	38		0	38		0	38		0
19																								
20	3	15	397	15	16	420	27		0	39		0	39		0	39		0	39		0	39		0
21																								
22	4	34	1185	16	22	534	28		0	40		0	40		0	40		0	40		0	40		0
23																								
24	5	23	629	17	33	1118	29		0	41		0	41		0	41		0	41		0	41		0
25																								
26	6	30	941	18	16	420	30		0	42		0	42		0	42		0	42		0	42		0
27																								
28	7	19	500	19		0	31		0	43		0	43		0	43		0	43		0	43		0
29																								
30	8	31	997	20		0	32		0	44		0	44		0	44		0	44		0	44		0
31																								
32	9	39	1580	21		0	33		0	45		0	45		0	45		0	45		0	45		0
33																								
34	10	31	997	22		0	34		0	46		0	46		0	46		0	46		0	46		0
35																								
36	11	26	747	23		0	35		0	47		0	47		0	47		0	47		0	47		0
37																								
38	12	15	397	24		0	36		0	48		0	48		0	48		0	48		0	48		0
39																								
40																								
41																								
42																								
43																								
44																								
45																								
46																								
47																								
48																								
49																								
50																								
51																								
52																								
53																								
54																								
55																								
56																								
57																								
58																								
59																								
60																								





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
12																	
13			Motor KW		1.12												
14																	
15			Compressor capacity M <sup>3</sup> / min		1.5												
16																	
17			Operational hours per year		6,000												
18																	
19			Energy Cost € /kwatt-hr		0.0652 €												
20																	
21			Full load motor efficiency		78%												
22																	
23			Total cost energy per year		562 €		E13*E17*E19/E21										
24																	
25			Total cubic meter per year		540,000		E15*60*E17										
26																	
27			Energy cost per 1000 cubic meter		1.0402 €		E23 / (E25/1000)										
28																	
29			¡DT can not be held responsible for the use of this calculator!														
			Read First	Air lost per orifices	Compression cost	Flex@40cm	Flex@2m	Para@2m	Para@5m	Revision Table	Total leaks cost						





# RESULTADOS

- El costo de energía eléctrica anual por comprimir el aire con el equipo compresor actual es de \$ 800.
- Las pérdidas por concepto de fugas se estiman en  $13,6 \text{ m}^3/\text{h}$  , el valor calculado por generar  $1000\text{m}^3$  es de \$ 33,08.
- El caudal que se pierde anualmente a causa de las fugas es de:

$$\frac{13,6\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{42 \text{ horas}}{1 \text{ semana}} \times \frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año.}} = 29\,700 \text{ m}^3/\text{año}$$

Y tiene un costo de:

$$\frac{29\,700\text{m}^3}{\text{año}} \times \frac{\$ 1,41}{1000\text{m}^3} = \frac{\$50}{\text{año.}}$$

# **ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO**

# ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO.

- Equipo empleado:

Analizador de calidad de energía PQ BOX 100/ Software Win PQ Mobil



El equipo fue instalado durante 7 días en los bornes de bajo voltaje de cada uno de los transformadores, como lo estipula el CONELEC

[2] REGULACIÓN CONELEC 004/01, Disponible en:  
[http://www.conelec.gob.ec/normativa\\_detalle.php?cd\\_norm=23](http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=23)

# NORMAS PARA LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

PARÁMETRO A EVALUAR	NORMA	CRITERIO DE APROBACIÓN.
NIVEL DE VOLTAJE	CONELEC 004/001	Menos del 5% de los registros no exceden el $\pm 10 V_n$ .
FACTOR DE POTENCIA	CONELEC 004/001	Menos del 5% de los registros están bajo 0,92
ARMÓNICOS DE VOLTAJE	IEEE 519.	El índice THD no debe sobrepasar el 8% en distorsión total y el 6% en la distorsión individual.
ARMÓNICOS DE CORRIENTE.	IEEE 519	El índice THD no debe sobrepasar el % quede como resultado el valor de impedancia relativa ( $I_{cc} / I_L$ )
VARIACIÓN DE VOLTAJE	97% de los registros	Minimo el 95% de los registros deben cumplir con la variación de $\pm 10\%$ .

# Normativa IEEE para Distorsión Armónica de Voltaje.

Tensión kV	Componente armónico individual máximo de tensión (CAIMT) %	Distorsión armónica total de tensión (DATT) %
Menor de 1	6	8
De 1 a 35	5	6,5
Mayor de 35	2	3



# Normativa IEEE para distorsión armónica de Corriente.

Para determinar si los armónicos de corriente están en los límites correctos, es necesario calcular los valores de corriente de cortocircuito referida al transformador en estudio y la corriente de carga del sistema con la finalidad de poderlos comparar con la tabla de armónicos de corriente dada por la IEEE.

Impedancia (*) relativa ( $I_{cc}/I_L$ )	$h < 11$ %	$11 \leq h < 17$ %	$17 \leq h < 23$ %	DATD %
< 20	4	2	1,5	5
20 < 50	7	3,5	2,5	8
50 < 100	10	4,5	4,0	12
100 < 1000	12	5,5	5	15
$\geq 1000$	15	7	6	20

**Dónde:**

**I<sub>sc</sub>**= Máxima corriente de cortocircuito en el punto de conexión común (PCC) entre el usuario y la empresa distribuidora [A].

**I<sub>L</sub>**= Máxima corriente de carga de la componente fundamental en PCC [A].

# Procedimiento dado por la norma IEEE- 519 (THD i)

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{p.u}}$$

Ec. 1

**Dónde**

**I<sub>cc</sub>**= Corriente de cortocircuito.

**X p.u**= Reactancia en por unidad del transformador.

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3}V_L}$$

Ec. 2

**Dónde:**

**I<sub>L</sub>**= Corriente de línea.

**S**= Potencia Aparente

**V**= Voltaje de fase

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{p.u}}$$

Ec.3

**Dónde:**

**I<sub>cc</sub>**= Corriente de corto circuito.

**X p.u**= Reactancia del transformador en por unidad.

$$I_{Lp.u} = \frac{I_{fase}}{I_{línea}}$$

Ec 4

**Dónde:**

**I<sub>cc</sub>**= Corriente de corto circuito.

**X p.u**= Reactancia del transformador en por unidad.

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{I_{Lp.u}}$$

Ec.5

$\alpha$  = Intervalo de valores armónicos en la tabla de armónicos individuales impares de la IEEE 519 (**I<sub>sc</sub>/I<sub>L</sub>**).(Distorsión armónica total)





# Datos para el cálculo de THD (corriente).

## BIODIGESTOR

# TRANSFORMADOR	8246
POTENCIA APARENTE	23,519 KVA
FASES	3
VOLTAJE	220 V

CORRIENTE	MÁXIMA
F1	67,11
F2	65,75
F3	64,90

$X_{p.u} = 0,0259$  /dato ELEPCO S.A

## ESTABLO

# TRANSFORMADOR	1408
POTENCIA APARENTE	29,41 KVA
FASES	3

CORRIENTE	MÁXIMA
F1	93,93
F2	94,66
F3	28,72

$X_{p.u} = 0,0259$  /dato ELEPCO S.A

# Análisis de calidad de energía en el área “BIODIGESTOR”

VOLTAJE			
LÍNEAS	MÁXIMO	MÍNIMO	CUMPLE
L1	134,88	126,60	SI
L2	133,59	126,79	SI
L3	134,22	125,04	SI
FACTOR DE POTENCIA			
L1	0,96	0,2	NO
L2	0,76	0,23	NO
L3	0,83	0,55	NO
THD VOLTAJE			
L1	1,15%	0,16%	SI
L2	1,95%	0,1%7	SI
L3	1,22 %	0,17%	SI
THD CORRIENTE			
THDi.	94,7 de los registros < 8	SI	
	VOLTAJE		
VOLTAJE	97% de los registros $\Delta$ menor 5%	SI	

# Análisis de calidad de energía en el área “ESTABLO”

VOLTAJE			
LÍNEAS	MÁXIMO	MÍNIMO	CUMPLE
L1	131,54	123,04	SI
L2	133,06	121,94	SI
L3	133,27	124,62	SI
FACTOR DE POTENCIA			
L1	0,99	0,01	SI
L2	0,98	0,02	SI
L3	0,97	0,01	SI
THD VOLTAJE			
L1	1,19%	0,36%	SI
L2	0,32%	1,15%	SI
L3	1,14 %	0,26%	SI
THD CORRIENTE.			
THD.	100% de los registros > 8	NO	
	VOLTAJE		
VOLTAJE	98% de los registros $\Delta$ menor 5%	SI	

# CÁLCULO THD (CORRIENTE-ESTABLO)

$$IL = \frac{S}{V_L \sqrt{3}}$$

$$IL = \frac{29410}{220\sqrt{3}}$$

**Ec. 6**

$$IL_{sistema} = 77,18[A]$$

$$I_{cc} = \frac{1}{X_{p.u}}$$

**Ec. 7**

$$I_{cc} = \frac{1}{0,04}$$

$$I_{cc} = 25$$

$$IL_{p.u} = \frac{I_{fase}}{I_{línea sistema}}$$

**Ec. 8**

$$IL_{p.u} = \frac{93,93}{77,18}$$

$$IL_{p.u} = 1,21$$

$$\alpha = \frac{I_{cc}}{IL_{p.u}}$$

**Ec.9**

$$\alpha = \frac{25}{1,21}$$

$$\alpha = 20,66$$



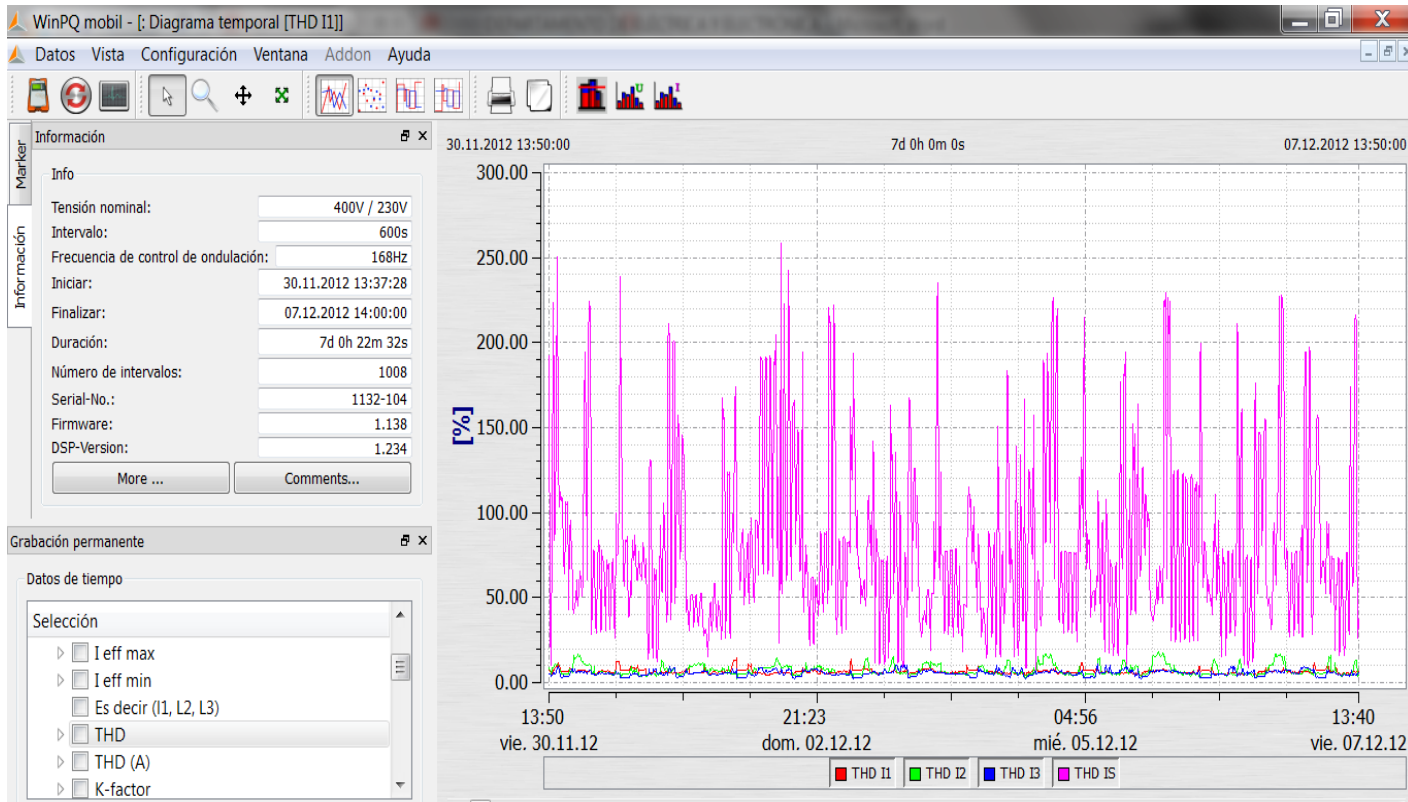
# RESULTADOS

Líneas	X p.u	Icc	IL p.u	$\alpha$
L1	0,04	25	1,21	20,66
L2	0,04	25	1,22	20,49
L3	0,04	25	0,37	67,56

Una vez obtenido el valor de  $\alpha$ , es necesario ubicarlo en la tabla siguiente para encontrar el valor correspondiente de **THD** máximo admisible; en este caso es de 8%. En la **Tabla No 21** que se encuentra en la hoja siguiente

Impedancia (*) relativa (Icc/I <sub>L</sub> )	h < 11 %	11 ≤ h < 17 %	17 ≤ h < 23 %	DATD %
< 20	4	2	1,5	5
20 < 50	7	3,5	2,5	8
50 < 100	10	4,5	4,0	12
100 < 1000	12	5,5	5	15
≥ 1000	15	7	6	20

# CONTENIDO ARMÓNICO DE CORRIENTE



La Gráfica, muestra los mismos datos de THD de corriente que la anterior, pero estos fueron exportados a Excel y de ahí se obtuvo el porcentaje de registros que cumplen con la norma.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	PQ Box 100		Serial-No.: 1132-104									
2												
3	Measurement: , , ,											
4												
5	Interval: 600 sec											
6	Voltage: 230 V											
7												
8												
9	Date/Time: 30/11/2012	#####	13:40:00									
10												
11	Fecha	Hora	THD I1	THD I2	THD I3	THD IS						
12	30/11/2012	13:50:00	7.48495	9.07849	5.2276	191.968						
13	30/11/2012	14:00:00	6.73559	6.92388	5.02906	32.382						
1018	07/12/2012	13:30:00	6.15911	3.70213	5.44208	26.3733						
1019	07/12/2012	13:40:00	6.44732	4.07176	5.7834	37.2747						
1020												

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Calibri 11 A<sup>+</sup> A<sup>-</sup>

Pegar

Portapapeles

Fuente

Alineación

N10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
10											
11	Fecha	Hora	THD I1	THD I2	THD I3	THD IS					
12	30/11/2012	13:50:00	12.1322	9.07849	5.2276	191.968	8.81276				
13	30/11/2012	14:00:00	12.0923	9.07849	5.02906	32.382	8.7332833				
14	30/11/2012	14:10:00	10.7042	12.1322	4.57003	9.90628	9.1354767				
15	30/11/2012	14:20:00	10.9934	12.0923	9.07849	11.6884	10.721397				
16	30/11/2012	14:30:00	10.7807	10.7042	4.40341	94.2086	8.6294367				
17	30/11/2012	14:40:00	9.87576	10.9934	12.1322	223.655	11.000453				
18	30/11/2012	14:50:00	10.4293	10.7807	12.0923	162.306	11.100767				
19	30/11/2012	15:00:00	8.36952	9.87576	10.7042	84.0911	9.6498267				
20	30/11/2012	15:10:00	8.82106	10.4293	10.9934	90.1403	10.081253				
21	30/11/2012	15:20:00	9.48831	10.3361	10.7807	158.904	10.201703				
22	30/11/2012	15:30:00	9.36524	10.6149	9.87576	250.76	9.9519667				
23	30/11/2012	15:40:00	11.4327	9.96207	10.4293	134.125	10.608023				
24	30/11/2012	15:50:00	11.1326	9.62533	9.49908	129.756	10.08567				
25	30/11/2012	16:00:00	10.367	7.2681	9.07849	103.046	8.90453				
26	30/11/2012	16:10:00	12.1322	7.09102	9.07849	112.357	9.4339033				
27	30/11/2012	16:20:00	12.0923	5.33517	12.1322	107.661	9.9532233				
28	30/11/2012	16:30:00	10.7042	5.36415	12.0923	106.755	9.3868833				
29	30/11/2012	16:40:00	10.9934	5.3268	10.7042	108.673	9.0081333				
30	30/11/2012	16:50:00	10.7807	5.16653	10.9934	73.006	8.98021				
31	30/11/2012	17:00:00	9.87576	4.74002	10.7807	64.0047	8.4654933				
32	30/11/2012	17:10:00	10.4293	4.8663	9.87576	89.3418	8.3904533				
33	30/11/2012	17:20:00	12.1322	4.91545	12.1322	106.256	9.7266167				
34	30/11/2012	17:30:00	12.0923	4.86953	12.0923	104.516	9.6843767				
35	30/11/2012	17:40:00	10.7042	4.91437	10.7042	106.018	8.7742567				
36	30/11/2012	17:50:00	10.9934	5.01237	10.9934	56.6164	8.9997233				
37	30/11/2012	18:00:00	10.7807	5.0962	10.7807	42.9569	8.8858667				
38	30/11/2012	18:10:00	9.87576	8.12096	9.87576	91.2593	8.2908267				
39	30/11/2012	18:20:00	10.4293	6.39193	10.4293	95.4323	9.08351				
40	30/11/2012	18:30:00	11.4327	6.44298	8.36952	72.1614	8.7484				
41	30/11/2012	18:40:00	8.82106	11.4327	8.82106	61.1139	9.6916067				
42	30/11/2012	18:50:00	9.48831	7.06958	9.48831	44.5771	8.6820667				
43	30/11/2012	19:00:00	9.36524	15.9736	9.36524	40.6176	11.568027				
44	30/11/2012	19:10:00	11.4327	13.5478	11.4327	46.3993	12.137733				
45	30/11/2012	19:20:00	11.1326	14.6395	11.1326	48.2243	12.301567				

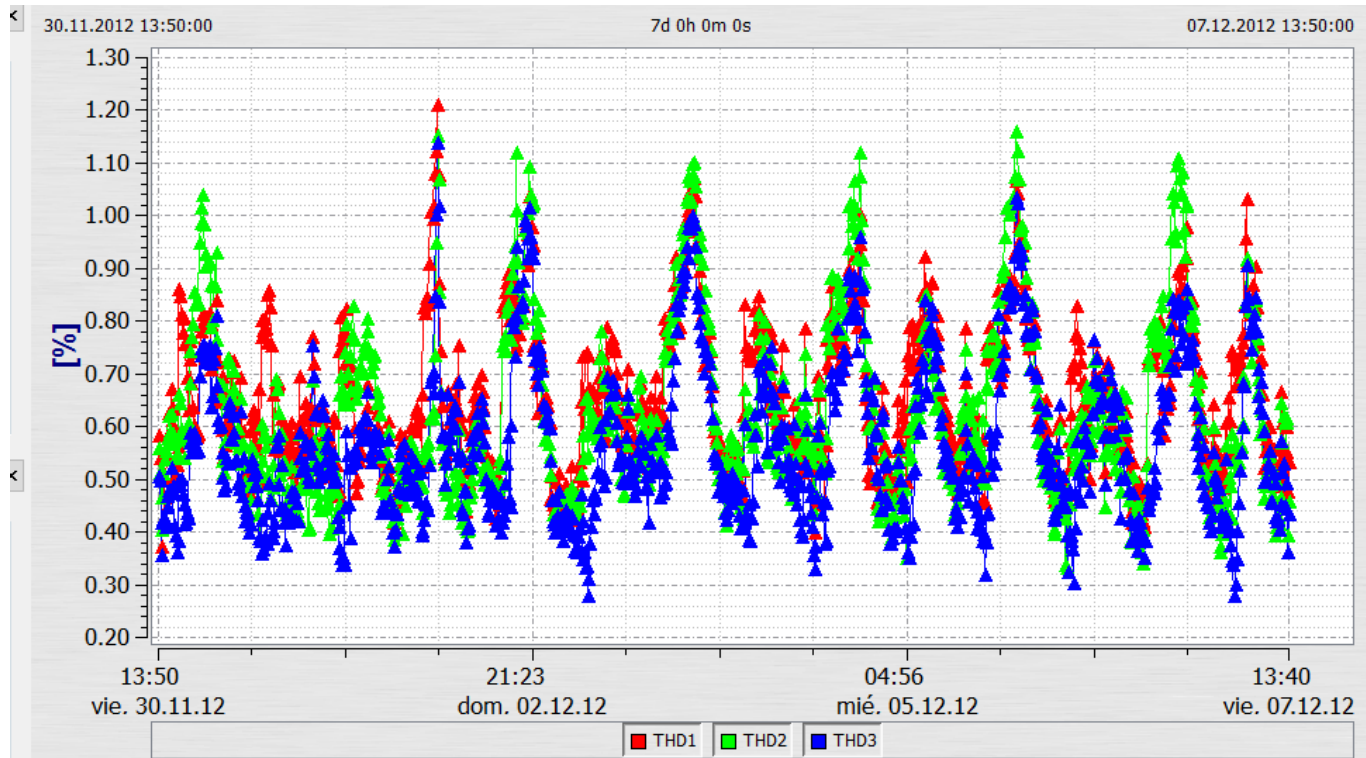
thd establo CORRIENTE

Seleccione el destino y presione ENTRAR o elija Pegar





# THD voltaje-“ESTABLO”



# PARÁMETROS ANALIZADOS.

item	Biodig.	Estab	Roc.	Piv
V	✓	✓	✓	✓
PF	X	✓	X	✓
THD v	✓	✓	✓	✓
THD i	✓	X	X	X

## CRITERIOS PARA EL REDISEÑO DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO DE BAJO VOLTAJE.

### REDISEÑO DE ALIMENTADORES (TABLEROS PRINCIPALES).

Para la selección de conductores que van desde el secundario del transformador hasta los tableros principales de bajo voltaje, se van a tomar en cuenta dos criterios:

- **CRITERIO POR CORRIENTE.**
- **CRITERIO POR VOLTAJE.**

#### ➤ **CRITERIO POR CORRIENTE.**

$$I_{sc} = I_n + 25\%I_n \quad \text{Ec. 10}$$

**Dónde:**

**I<sub>sc</sub>**= Corriente de sobrecarga.

**I<sub>n</sub>**= Corriente Nominal.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_L} \quad \text{Ec. 11}$$

**Dónde:**

**I<sub>n</sub>**= Corriente nominal

**V<sub>L</sub>**= Voltaje de línea.

## ➤ CRITERIO POR VOLTAJE.

TIPO DE INSTALACIÓN	VARIACIÓN MÁXIMA PERMITIDA
Línea general de alimentación	$\leq 1\% V_n$
Derivación individual	$\leq 1,5\% V_n$
Circuitos interiores	$\leq 3\% V_n$
Circuitos de alumbrado	$\leq 3\% V_n$
Circuitos de fuerza	$\leq 5\% V_n$

Es decir que la variación permisible en el caso de los alimentadores que van desde el secundario de los transformadores a cada uno de los tableros principales es de hasta  $1\% V_n$ , y para el caso de los circuitos de fuerza (motores) la variación debe ser de hasta el  $5\% V_n$ .

$$\Delta V = \frac{I_c}{n} \cdot R \cdot L$$

Ec. 12

- **Dónde:**
- $\Delta V$  = caída de voltaje porcentual.
- **R**= Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{Km}$ .
- **L**= Longitud del conductor.
- **n**= Número de conductores por fase.

$$I_c = I_m \cdot F_d$$

Ec. 13

$$I_c = \frac{P}{(\sqrt{3})V \times \text{FP}} \times F_d$$

$$F_d = \frac{\text{DEMANDA MÁXIMA EN W O KW}}{\text{CARGA INSTALAD EN W O KW}}$$

Ec. 14

**Dónde:**

**I<sub>c</sub>**= Corriente calculada para el conductor.

**I<sub>m</sub>**= Corriente máxima del circuito.

**F<sub>d</sub>**= Factor de demanda.

**P**=Potencia instalada

# CÁLCULO PARA LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR EN EL ÁREA DEL ESTABLO.

## IDENTIFICACIÓN DEL ALIMENTADOR DEL ESTABLO

<b>Carga instalada</b>	<b>31,60 HP</b>
<b>Longitud del conductor</b>	<b>25 m</b>
<b>Voltaje del conductor</b>	<b>220/ 110</b>
<b>Calibre actual</b>	<b>6 AWG TH</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>0,96</b>

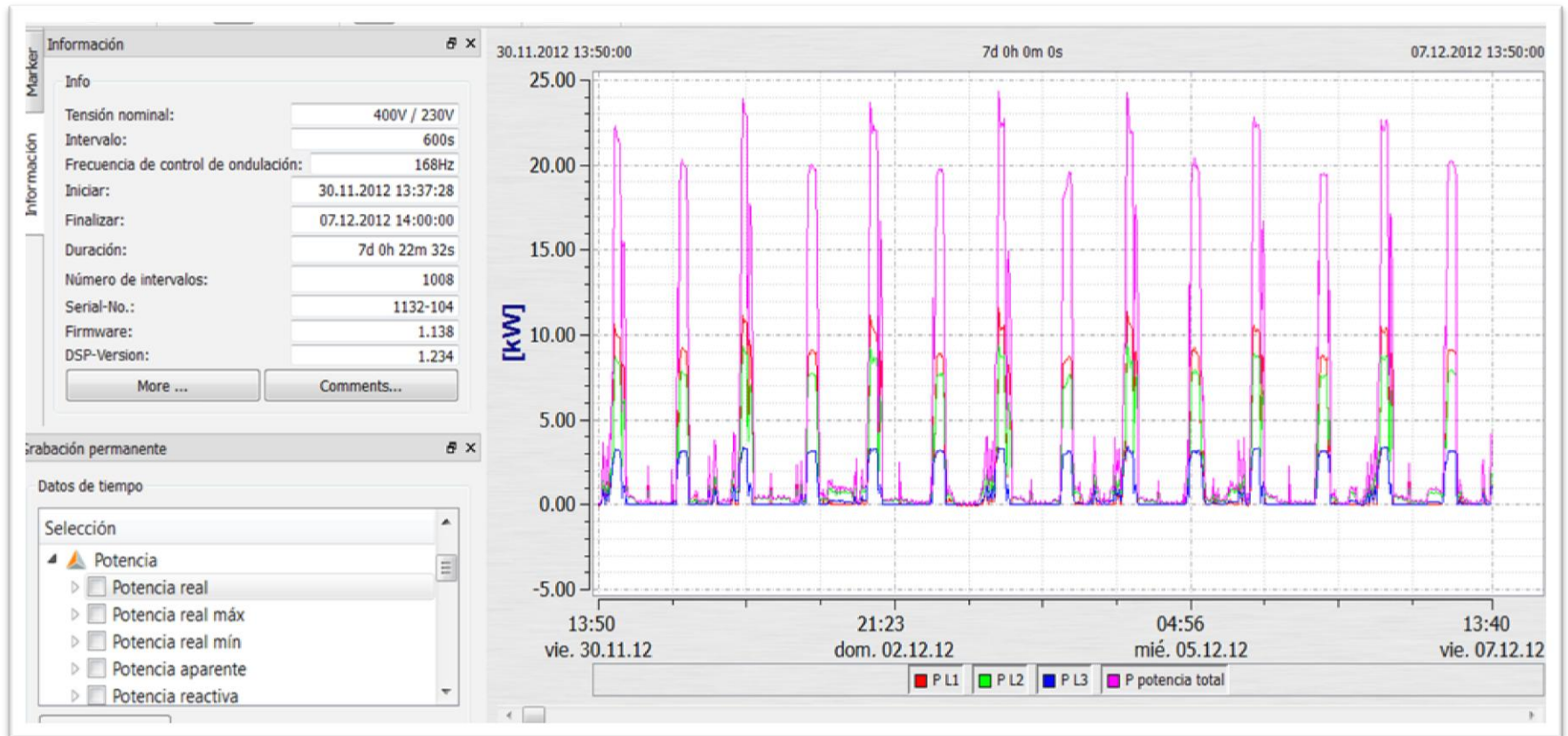
- Cálculo de la potencia activa, para utilizarla en el criterio de selección por voltaje.

$$P = \text{HP} * \frac{746}{1\text{HP} * 1000}$$
$$P = 31,60 * \frac{746}{1\text{HP} * 1000}$$
$$P = 23,07 \text{ KW.}$$

Ec. 15

En la figura siguiente se muestra la medición de potencia activa registrada por el analizador PQ Box 100. La curva de color rosa indica la potencia activa total del circuito y como se observa es muy similar a la calculada.

# POTENCIA ACTIVA(ESTABLO)



# Datos calculados.

AREA	BIODIGESTOR	ESTABLO	ROCIADORES	PIVOTES
Carga instalada (P)	18,87KW	23,57 KW	37,3KW	39,16KW
Carga instalada(S)	22,2 KVA	19,45 KVA	40,4 KVA	40,30 KVA
In	51,04 A	63,11 A	39,75 A	51,83 A
Isc	63,8 A	78,88 A	49,68 A	64,18 A
VL	220 V	220 V	440 V	440 V
Factor de demanda( $F_d$ )	0,86	0,91	0,97	0,99
$F_p$	0,85	0,96	0,73	0,98
Longitud. alimentador(m)	53 m	25 m	15 m	320 m
Alimentador actual	8 AWG	6 AWG	4 AWG	2 AWG
Resistencia	$2,06 \Omega / Km$	$1,29 \Omega / Km$	$0,81 \Omega / Km$	$0,512 \Omega / Km$



➤ **Por corriente**

- $I_{sc} = 78,88 \text{ A}$

Se selecciona el conductor en función de la corriente de sobrecarga. El conductor seleccionado según la tabla que se indica en el **anexo E**, es el conductor # 4 AWG.

➤ **Por voltaje.**

$$I_c = \frac{P}{(\sqrt{3})VL \times F_p} \times F_d$$
$$I_c = \frac{23,57}{(\sqrt{3})220 \times 0,96} \times 0,91$$
$$I_c = 58,63 \text{ A}$$

Este valor de  $I_c$  se lo reemplaza

$$\Delta V = \frac{I_c}{n} \cdot R \cdot L$$

$$\Delta V \leq 1\% V_n$$

$$1,8 \leq 1\%(220)$$

**1,8 ≤ 2,2 SI CUMPLE**

TIPO DE INSTALACION	VARIACION MAXIMA PERMITIDA
Línea general de alimentación	≤ 1% $V_n$
Derivación individual	≤ 1,5% $V_n$
Circuitos interiores	≤ 3% $V_n$
Circuitos de alumbrado	≤ 3% $V_n$
Circuitos de fuerza	≤ 5% $V_n$



# CÁLCULO PARA EL REDISEÑO DE CONDUCTORES DE

## FUERZA.

## BIODIGESTOR

TIPO DE INSTALACION	VARIACION MAXIMA PERMITIDA
Línea general de alimentación	$\leq 1\% V_n$
Derivación individual	$\leq 1,5\% V_n$
Circuitos interiores	$\leq 3\% V_n$
Circuitos de alumbrado	$\leq 3\% V_n$
Circuitos de fuerza	$\leq 5\% V_n$

Equipo	Conductor actual	Criterio por corriente	Criterio por voltaje
agitador piscina	12 AWG THW	14 AWG THW	12 AWG THW
agitador ingreso	12 AWG THW	14 AWG THW	12 AWG THW
bomba de carga	10 AWG THW	10 AWG THW	10 AWG THW continúa...
agitador 1	12 AWG THHW	10 AWG THHW	12 AWG THHW
agitador 2	12 AWG THHW	10 AWG THHW	12 AWG THHW
bomba biol 1	10 AWG TH	10 AWG TH	10 AWG TH
bomba biol 2	12 AWG TH	10 AWG TH	12 AWG TH
bomba caldero 1	12 AWG XLPE	12 AWG XLPE	12 AWG XLPE
bomba caldero 2	12 AWG TFF	12 AWG TFF	12 AWG TFF
Soplador	16 AWG THW	14 AWG THW	16 AWG THW

## ESTABLO

Equipo	Conductor actual	Criterio por corriente	Criterio por voltaje
bomba agua	8 AWG	14 AWG	8 AWG
bomba leche	12 AWG	14 AWG	12 AWG
bomba lavado	10 AWG	14 AWG	10 AWG
bomba ordeño	10 AWG	6 AWG	10 AWG
compresor	12 AWG	6 AWG	12 AWG
tanque refrigeración	10 AWG	4 AWG	10 AWG

## ROCIADORES

Equipo	Conductor actual	Criterio por corriente	Criterio por voltaje
Bombas riegos	4 AWG	4 AWG	4 AWG

## PIVOTES

Equipo	Conductor actual	Criterio por corriente	Criterio por voltaje
Pivotes	2 AWG	6 AWG	1/0 AWG



# SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.



# CALIDAD DEL BIOGÁS PRODUCIDO EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO.

ANÁLISIS DE BIOGÁS POR CROMATOGRAFÍA.					
BIOGÁS PRODUCIDO EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO LATACUNGA-ECUADOR					
CROMATOGRAFÍA # 1.			CROMATOGRAFÍA # 2.		
10 de julio del 2013.	% PESO	% MOLES	20 de septiembre del 2013.	% PESO	% MOLES
NITROGENO.	6,97	7,04	NITROGENO.	9.22	8.82
METANO.	27,85	49,19	METANO.	32.10	53.72
CO2.	63,03	40,47	CO2.	56.71	34.51
H2S.	0,10	0,08	H2S.	Ver anexo O3	
AGUA.	2,05	3,22	AGUA.	1.98	2.94
DENSIDAD RELATIVA.	0,98		DENSIDAD RELATIVA.	0,93	
PESO MOLECULAR PROM. (g/gmol)	28,26		PESO MOLECULAR PROM. (g/gmol)	26,78	
PODER CALORÍFICO DEL GAS $BTU/ft^3$	498,40		PODER CALORÍFICO DEL GAS $BTU/ft^3$	544,08	

Fuente: Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ingeniería Química (Laboratorio de Análisis Instrumental)



# VALORES PROMEDIO DE LAS CROMATOGRAFÍAS.

PERÍODO	NOV 2012-AGOST 2013
TEMPERATURA PROMEDIO	20 GRADOS CENTÍGRADOS
PODER CALORÍFICO	521,24 BTU/PIE CÚBICO
PORCENTAJE DE METANO PROMEDIO	51,45
PORCENTAJE DE DIÓXIDO DE CARBONO PROMEDIO	37,49
PORCENTAJE DE NITRÓGENO	7,93
PORCENTAJE DE ÁCIDO SULFHÍDRICO	0,04
PORCENTAJE DE AGUA	3,08
PRODUCCIÓN DIARIA	482 METROS CÚBICOS DÍA
PRODUCCIÓN POR HORA	23METROS CÚBICOS/HORA

# CÁLCULO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA QUE SE PUEDE GENERAR A PARTIR DEL BIOGÁS.

De los datos obtenidos por las cromatografías de biogás, se requiere básicamente del contenido de metano, y el poder calorífico del biogás.

El biogás ideal puede producir hasta 2,2 kWh\_elect. ,  
entendiéndose como ideal al que tiene un contenido  
comprendido entre el 60 y 70% de metano;  
partiendo de los datos obtenidos de la cromatografía  
el porcentaje de metano promedio es de 51.45%

65 %-----2,2  $kwh/m^3$

51,45%-----X

$$X = 1,74 \text{ } kwh/m^3$$

# DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR EN BASE AL CONTENIDO DE METANO.

**Con la producción actual de biogás.**

$$1,74 \frac{Kwh}{m^3} \times 23 \frac{m^3}{h} = 40,02Kw$$

**Con la producción nominal de biogás.**

$$1,74 \frac{Kwh}{m^3} \times 50 \frac{m^3}{h} = 87Kw$$



# DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR EN BASE AL PODER CALORÍFICO DEL BIOGÁS

Poder calorífico promedio del biogás producido en la Hacienda San Francisco  $521,24 \text{ BTU}/\text{ft}^3$ .

Factores de conversiones utilizados:

$$521,24 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3} \times \frac{1,055 \text{KJ}}{1 \text{Btu}} \times \frac{1 \text{Kwh}}{3600 \text{KJ}} \times \frac{1 \text{ft}^3}{0,3048^3 \text{m}^3} = 5,36 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{m}^3}$$

- Con una producción de  $23 \text{ m}^3/\text{h}$ .

$$5,36 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{m}^3} \times \frac{23 \text{m}^3}{\text{h}} = 123 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{h}} = 3000 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{día}}$$

Considerando una eficiencia de 30%( dada por el generador de Aqualimpia), la potencia del generador es:

$$3000 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{h}} \times 0,30 = 37,5 \text{ Kw}$$

Ahora considerando la producción nominal de biogás que es de

$$50 \text{ m}^3 / \text{h.}$$

$$5,36 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{m}^3} \times \frac{50\text{m}^3}{\text{h}} = 268 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{h}} = \frac{6400\text{Kwh}_t}{\text{día}}$$

Considerando una eficiencia de 30%( dada por el generador de Aqualimpia)

$$6\ 400 \frac{\text{Kwh}_t}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24\text{h}} \times 0,30 = \mathbf{80 \text{ KW}}$$

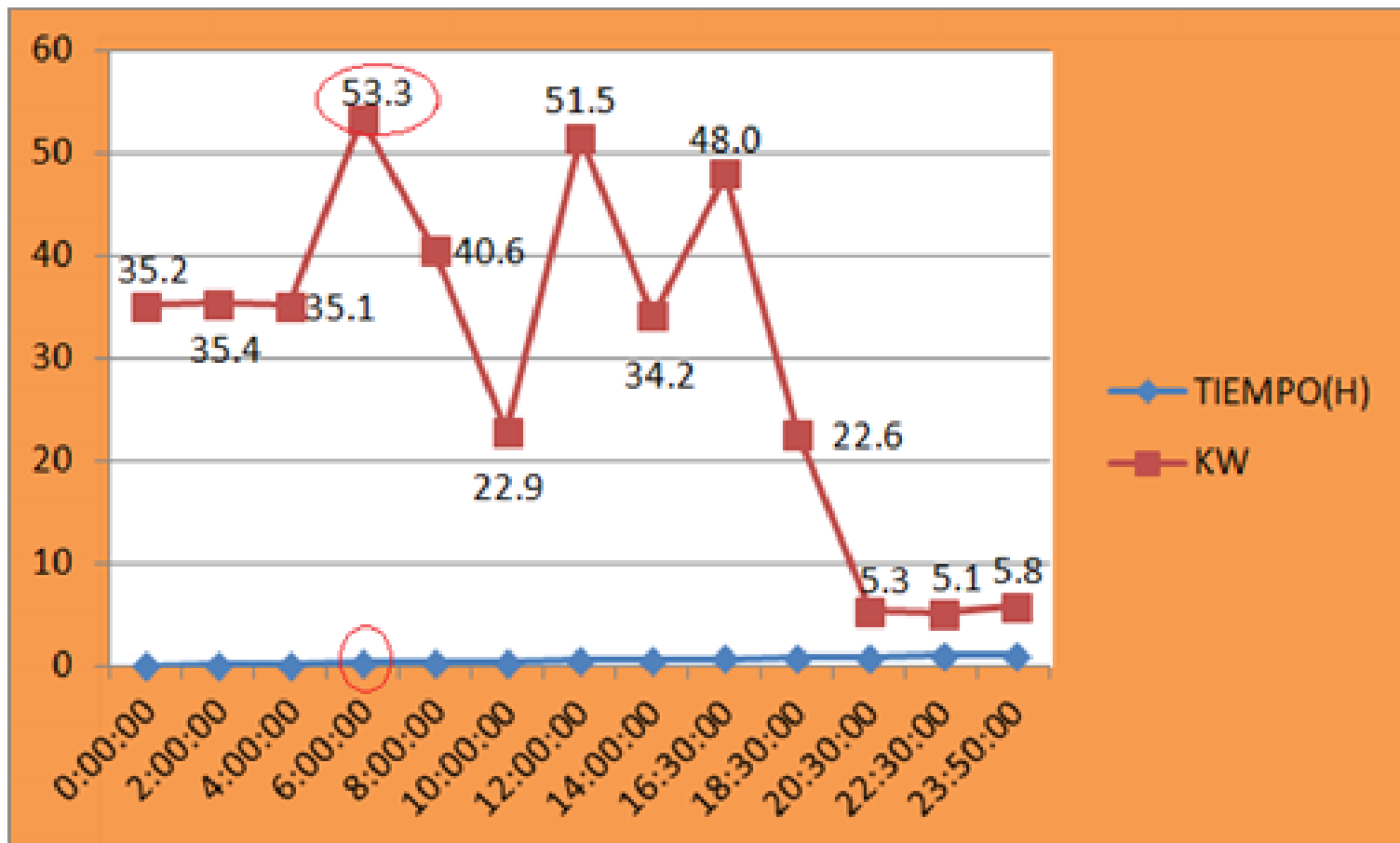
MÉTODO	PRODUCCION ACTUAL $23 \text{ m}^3 / \text{h.}$
% DE METANO	40 KW
PODER CALORÍFICO	37,5 KW

Se selecciona entonces, el generador de la marca Aqualimpia, modelo AQL 50 que tiene una potencia de entrega de 45 Kva o 36 Kw, este es el más aproximado al cálculo disponible comercialmente



## Consideraciones:

- 1.- La hacienda actualmente no tiene como prioridad hacer trabajar al biodigestor al 100% de su capacidad ( $50 \text{ m}^3/h$ ).
- 2.- Considerando un factor de planta del 80%. En la práctica, el factor de planta nunca es 100%. Se ve disminuido por: operaciones de mantenimiento programados y no programados, la ausencia de demanda de electricidad, la intermitencia o irregularidad de la fuente de energía como es en este caso el biodigestor (ruptura de la membrana generalmente).
- 3.- La necesidad de producción de energía comprendería básicamente entre las seis horas en la mañana hasta las 6 horas en la tarde, como se aprecia en la curva de carga posteriormente.



Para realizar esta curva de carga se tomaron los datos obtenidos con el analizador de un día miércoles, se sumaron las potencias consumidas simultáneamente en los cuatro transformadores en intervalos de tiempo de dos horas.

4.- La demanda de energía de la hacienda es de  $20\,800 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$ , es decir que existiría un déficit de energía de  $9000 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$  que deberían ser tomados de la red eléctrica convencional.

$$36\text{Kw} \times \frac{12\text{h}}{1 \text{ dia}} \times \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} \times 0.9 = 141\,900 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} \quad 11\,800 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}}$$

Se puede concluir que el generador podría trabajar únicamente como sustituto parcial de energía eléctrica, mas no sustituir completamente el suministro de energía eléctrica convencional.

# Especificaciones técnicas: Generadores desde 30 kW hasta 69 kW

Generador		AQL30	AQL33	AQL50	AQL66
Especificaciones	Standby power [kVA/kW]	30/24	33/26	50/40	66/53
	Prime power [kVA/kW]	28/22	30/24	45/36	60/48
	Corriente nominal [A]	33,1	36,1	54,1	72,2
Motor	Marca	Isuzu	Toyota	Cummins	Cummins
	Modelo	4JB1T	4Y	4BTAA	4BTAA
	Cilindrada [L]	2,771	2,237	3,9	3,9
	Velocidad de giro [RPM]	1800	3600	1800	1800
	Relación de compresión	10:1	8.8:1	10:1	10:1
	Diámetro*carrera [mm*mm]	93*102	91*86	102*120	102*120



# ANÁLISIS TÉCNICO -ECONÓMICO

- ✓ **PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES TÉCNICAS.**
- ✓ **ANÁLISIS FINANCIERO.**



## PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA HACIENDA SAN FRANCISCO.

ÁREA	SOLUCIÓN	CARACT. TÉCNICAS.
Biodig.	A	13 KVAR
	D	48 KW
	E	50 KVAR/TRANSF/480-220V↑ VOLT.PRIMARIO 13.8 kV
Establo	B	258 A
	C	
Rociad.	A	12.5 y 15 KVAR
Pivotes.	---	---

Elaborado por: Vanessa Zambrano.

- A. Banco de capacitores.**
- B. Filtro de armónicos.**
- C. Corrección de fugas de aire.**
- D. Implementación de un generador a biogás.**
- E. Transformador para uso del generador.**



# PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA EL ÁREA DE RIEGO CON ROCIADORES..



## **CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.**

En el caso del área de riego con rociadores el transformador tiene conectado un solo motor de 37 KW el cual es el encargado de accionar la bomba que permite el riego utilizando rociadores

El cálculo se realiza a partir de:

$$Q_c = P \times Factor[kvar]$$

Ec. 16

# Datos:

- **Coseno  $\phi$  actual**= 0,73
- **Coseno  $\phi$  deseado**=0,92
- **Potencia real**= 30,3[Kw]
- **Factor encontrado en la tabla**= 0,936 [3]

$$Q_c = 30,3 \times 0,936$$

Ec. 17

$$Q_c = 28,36 \text{ [Kvar]}$$

Ahora se debe seguir el siguiente procedimiento para seleccionar un banco de capacitores fijo o automático

[3] Catálogo Schneider Electric.



## Datos:

- Potencia nominal de transformador=75 KVA
- Potencia consumida = 40,4 KVA
- 15% de la potencia nominal del transformador=11,25 KVA.

Como la demanda en KVA es superior al 15% es recomendable instalar un banco de **capacitores automático**. Para lo cual se requiere de la adquisición de un regulador automático.

# DIMENSIONAMIENTO DEL FILTRO ACTIVO

Datos:

- Voltaje del sistema. 220 V
- Corriente promedio 20,07 A
- Porcentaje de THD 81,28%
- Energía reactiva consumida. 16,26 Kvar

Mediante la siguiente fórmula es posible estimar la corriente rms armónica, es decir la componente efectiva relacionada con las frecuencias no fundamentales:

$$IH = \frac{I_{rms}^2}{\sqrt{\frac{1}{THD^2} + 1}}$$

Ec. 18

Dónde:

$I_{rms}$ : Corriente total de carga.

THDi: Tasa de distorsión armónica en corriente.

IH: Corriente efectiva armónica

Una vez obtenidos los datos, se estima la corriente armónica total:

$$IH = \frac{20,07^2}{\sqrt{\frac{1}{0,81^2} + 1}} = 255 \text{ A} \quad \text{Ec. 19}$$

El filtro activo Accusine® compensa simultáneamente los armónicos y los reactivos mediante inyección dinámica de corriente. La capacidad total de inyección del filtro está dada por la siguiente relación:

$$I_{\text{filtro}} = \sqrt{IH^2 + IR^2} \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

I filtro: Capacidad requerida del filtro activo.

IH: Corriente efectiva armónica requerida.

IR: Corriente efectiva reactiva requerida.

Así, se estima la corriente equivalente necesaria para compensar los 116,26 Kvar que absorbe la carga, asumiendo un factor de potencia objetivo unitario:

$$I_R = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V_{L-L}}$$
$$I_R = \frac{16,26 \text{ Kvar}}{\sqrt{3} \times 220}$$
$$I_R = 42,67 \text{ A}$$

**Ec. 21**

Finalmente, se calcula la capacidad del filtro requerido:

$$I_{\text{filtro}} = \sqrt{I_H^2 + I_R^2}$$
$$I_{\text{filtro}} = \sqrt{255^2 + 42,67^2}$$
$$I_{\text{filtro}} = 258 \text{ A}$$

**Ec. 22**

En base a este valor se selecciona un filtro de:

## Tabla de selección del filtro AccuSine® PCS

Corriente nominal (rms)	Máxima potencia reactiva (kVAR)			Referencia	Encerramiento	Dimensiones	Peso
	208 V	400 V	480 V		Clase	Figura #	Lbs (kg)
50	18	34,8	41,8	PCS05005N1265	NEMA 12	1	661 (300)
				PCS05005IP3065	IP 30		
100	38	88,2	83,1	PCS10005N1265	NEMA 12	2	771 (350)
				PCS10005IP3065	IP 30		
300	108	207,8	249,4	PCS30005N1265	NEMA 12	3	1212 (550)
				PCS30005IP3065	IP 30		





Al implementarlo se conseguiría que la corriente rms total disminuya, ya que se elimina la componente adicional que genera los armónicos. De esta forma, disminuyen las pérdidas por calentamiento en conductores y devanados, las pérdidas en núcleo de transformador, consiguiendo importantes ahorros de energía.



El siguiente ejemplo fue tomado del manual de filtros activos Schneider Electric, datos que fueron de tomados de una aplicación real, aquí se muestra el comportamiento del sistema una vez colocado el filtro.

	SIN ACCUSINE®	CON ACCUSINE®
Tensión del sistema	440 VAC	440VAC
Corriente promedio	480A	360A
THD en tensión	33%	4,5%
THD en corriente	30%	5%
Factor de potencia total	0,65	0,96

Esta gráfica fue tomada del catálogo de Accusine, donde indica un ejemplo de la reducción de corriente que se puede lograr con la implementación de este filtro. Se puede apreciar que el consumo de energía eléctrica se reduce en un 25%. Es decir que si en el establo se paga en promedio alrededor de \$ 584 mensuales, este valor se podría reducir a \$438 mensuales.

# Fugas en el sistema de distribución de aire comprimido.

Las fugas que se detectaron al ser corregidas, lograrían que la presión de trabajo disminuya y que el compresor tenga que entrar en cargar menos número de veces por lo que se reduciría el costo de planilla de energía eléctrica. Como se dijo anteriormente la reducción de un bar de presión implica la reducción del 7% del consumo de energía eléctrica (ATLAS COPCO, 2012). Actualmente se pierde aproximadamente \$ 50 por concepto de fugas

# ANÁLISIS DE COSTOS.

## COSTOS DIRECTOS.

### Área del Establo.

DESCRIPCION	PRECIO
Materiales para corrección de fugas	\$110
<b>Total</b>	<b>\$ 110</b>

### Precios de los elementos eléctricos del área de rociadores.

CANTIDAD	ELEMENTO	CARACTERISTICA	PRECIO
1	Banco de capacitores	Varplus 2 12,5 Kvar	\$96,91
1	Banco de capacitores	Varplus 2 15 Kvar	\$108,89
2	Tapas de protección superior	IP 42	\$16,48
1	Regulador automático	Varlogic NR6*	\$518,56
1	Filtro activo	Accusine	\$450
<b>Total</b>			<b>\$1190,84</b>



### Costos del generador de energía eléctrica a biogás.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>Generador a biogás</b>	48 Kw 480/227V 60Hz 3 fases 4 hilos. D= 35%	1	\$23 500	\$23500
<b>Flete</b>	5% costo	1	\$1 175	\$1 175
<b>Desnaturalización</b>	Desaforo	1	\$2 000	\$2 000
<b>Transporte terrestre</b>	Pto. Guayaquil - Cotopaxi	1	\$700	\$700
<b>Transformador</b>	50Kw V.Primario=13.8Kv 480/220 v	1	\$3 650	\$3 650
<b>Total</b>				<b>30 000</b>



# COSTOS INDIRECTOS.

## Costos directos.

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	VALOR
Equipos eléctricos para mejora de la calidad de energía	\$ 1 190.84
Materiales para reparación de fugas en la línea de aire comprimido	\$ 110
Adquisición del generador a biogás + Transformador	\$ 30 000
Montaje del generador.	\$ 200
Montaje del transformador.	\$ 300
Montaje de bancos de capacitores y filtro activo	\$ 280
Otros	\$ 80



# TOTAL DE COSTOS/ INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.

## Costos Indirectos.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>VALOR</b>
Materiales y servicios indirectos.	\$ 250
Gastos imprevistos	\$ 50

## Total de costos

<b>TIPO DE COSTO</b>	<b>VALOR</b>
COSTO TOTAL DIRECTO	\$ 32 080
COSTO TOTAL INDIRECTO	\$ 300
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 32 380</b>

# GASTOS DE FUNCIONAMIENTO.

## Gastos de funcionamiento.

GASTOS DE FUNCIONAMIENTO	Valor/ anual
Salario operador	\$ 5 904
Pago de energía eléctrica	\$ 27 621
<b>Total</b>	<b>\$ 33 525</b>

## Consumo de energía eléctrica anual.

ÁREA	RECARGO F.P (MENSUAL)	RECARGO F.P (ANUAL)	COSTO MENSUAL INCLUIDO RECARGO F.P	COSTO ANUAL TOTAL
BIODIGESTOR	0	0	\$406,70	\$4 880,40
ESTABLO	0	0	\$584,80	\$7 017,60
ROCIADORES	29,25	351	\$302,65	\$3 631,80
PIVOTES	0	0	\$1007,62	\$1 2091,44
<b>Total</b>				<b>\$27621,24</b>





# 1. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL.

## Gastos de funcionamiento.

GASTOS DE FUNCIONAMIENTO	Valor/ anual
Salario operador	\$ 5 904
Pago de energía eléctrica	\$ 27 621
<b>Total</b>	<b>\$ 33 525</b>

## Proyección de inversión en un año.

TIPO DE COSTO	VALOR ANUAL
Mantenimiento generador	\$ 2 200,00
Salario del operador	\$ 5 904
Mantenimiento en la línea de distribución de aire comprimido	\$ 50
<b>Total</b>	<b>\$ 8 184</b>



# PROYECCIÓN DE INVERSIÓN PARA UN AÑO

Proyección de inversión en un año.

TIPO DE COSTO	VALOR ANUAL
Mantenimiento generador	\$ 2 200,00
Salario del operador	\$ 5 904
Mantenimiento en la línea de distribución de aire comprimido	\$ 50
<b>Total</b>	<b>\$ 8 184</b>

# PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.


## INGRESOS ANUALES.

Tabla de ingresos anuales.

ÁREA OPERATIVA	PROPUESTAS	INGRESO ANUAL APLICANDO LAS PROPUESTAS
ESTABLO	Instalación/Filtro activo	\$ 1 752
	Corrección de fugas	\$ 50
ROCIADORES	Instalación de banco de condensadores	\$ 360
PIVOTES	No se requieren adecuaciones ni cambios.	
BIODIGESTOR	Implementación del generador	*\$ 16 992
<b>Total</b>		<b>\$ 22 876</b>



# TABLA DE AMORTIZACIÓN DEL PRÉSTAMO.

 <b>CUADRO DE AMORTIZACIÓN DE PRÉSTAMOS</b>					
importe	32,380				
años	5				
comisión de apertura	0.00%				
interés nominal	9.53%				
periodo de pago	1				
tipo amortización cuotas constantes	2				
		<b>PAGOS TOTALES</b>			
		PRINCIPAL	32,380.00		
		INTERESES	9,257.44		
		COMISIÓN	0.00		
		<b>TOTAL</b>	<b>41,637.44</b>		
		<a href="http://www.economia-excel.com">www.economia-excel.com</a>			
		<b>coste efectivo</b>	<b>9.53%</b>		
años	cuota	intereses	amortización	amortizado	pendiente
0					32,380.00
1	9,561.81	3,085.81	6,476.00	6,476.00	25,904.00
2	8,944.65	2,468.65	6,476.00	12,952.00	19,428.00
3	8,327.49	1,851.49	6,476.00	19,428.00	12,952.00
4	7,710.33	1,234.33	6,476.00	25,904.00	6,476.00
5	7,093.16	617.16	6,476.00	32,380.00	0.00



# FLUJO DE CAJA.

RUBROS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
	0	1	2	3	4	5
INVERSION INICIAL	-32,380	0	0	0	0	0
INGRESOS POR GENERACION DE E.E		22.876,00	22.965,000	23.651,000	23.690,000	23.721,000
EGRESOS:						
INTERES PRÉSTAMO (9,53%)		3.085,00	2.468,00	1.851,00	1.234,00	617,00
Amortizacion de la deuda		-6.476,00	-6.476,00	-6.476,00	-6.476,00	-6.476,00
COSTOS DE OPERACION		-8.184,00	-8.184,00	-8.184,00	-8.184,00	-8.184,00
FLUJO DE CAJA	-32,380	11.301,00	10.773,00	10.842,00	10.264,00	9.678,00
VAN	\$ 40.819,54					
CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO	\$ 8.439,00					
TIR	19,47%					

# ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Análisis costo/beneficio.

ANOS	FCN	FCNA	FCNAA
1	11 301	10 320	19 304
2	10 773	8 984	28 288
3	10 842	8 257	36 545
4	10 264	7 139	43 684
5	9 678	6 147	49 831
		\$ 40 847	

$$RC/B = \frac{40\ 847}{32\ 380}$$

$$RC/B = 1,26$$

Es decir que por cada dólar invertido se tiene un ingreso de \$ 1,26.

# PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).

$$PR = \frac{I - FCAA}{FCAP} \times 12$$

$$PR = \frac{32\ 380 - 28\ 288}{8\ 257} \times 12$$

$$PR = 5,94 \text{ meses.}$$

El valor se multiplica por 12 para expresar en meses:

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir se recuperará la inversión inicial en un periodo de **2 años, 6 meses.**

# VALORES REFERENCIALES PARA LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

## Valores referenciales para la viabilidad del proyecto

TECNICA DE EVALUACION	RANGO
VPN(\$)	$VPN \geq 0$
TIR (%)	$TIR > TMAR$
PR, ANOS	$PR < N$
RB/C	$RCB > 1$

Todas estas condiciones se cumplen, por lo tanto se ratifica la viabilidad del presente proyecto.



# CONCLUSIONES

- La potencia instalada en transformadores de distribución en la Hacienda San Francisco es de 230 Kva; mientras que la potencia utilizada es de 141 Kva, es decir que en forma general existe una disponibilidad de 39%(141 Kva) de la potencia instalada. La demanda coincidente de la hacienda es de 53 Kw.
- La calidad de energía eléctrica se ve afectada principalmente por dos aspectos: el contenido armónico de corriente que para el caso de la hacienda el límite máximo corresponde al 8% y en las áreas de rociadores, establo y pivotes el  $THD_i$  es superior a este valor; mientras que el factor de potencia está por debajo de lo establecido en el área del biodigestor así como en el área de los rociadores.
- Empleando el detector ultrasónico de fugas SDT 200, se pudo determinar que las fugas en la línea de aire comprimido son relativamente pequeñas, ya que actualmente a causa de ellas se pierden  $16,3 \text{ m}^3/h$  es decir  $29\,700 \text{ m}^3/año$ , que representan un costo de \$ 50 anuales.

- A partir de las dos pruebas de cromatografía de biogás realizadas en el Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional (Laboratorio de Análisis Instrumental), se determinó que el biogás de la hacienda San Francisco es un gas medianamente pobre ya que tiene en promedio: el 51.45 % de contenido de metano( $CH_4$ ), el 37.49 % de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), 7.93% de nitrógeno(N), 0.04% de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y 3.08% de agua ( $H_2O$ )
- En base a la disponibilidad energética del biogás producido en la Hacienda se calculó que es factible utilizarlo en un generador de 45 Kva/36 Kw, que podría satisfacer la demanda de energía de la Hacienda que es de  $20\,866 \frac{KWh}{mes}$ ; en un 56% ( $11\,800 \frac{KWh}{mes}$ ).
- Respecto a la demanda en potencia, el generador de 36 Kw, estaría en capacidad de cubrir la demanda máxima coincidente de la Hacienda que es de 53 Kw, es decir que podría sustituir solo “parcialmente” la demanda en potencia de la Hacienda San Francisco.

# RECOMENDACIONES.

- No descuidar el estado del biodigestor, pues el biogás producido en el representa un potencial económico que actualmente está siendo desaprovechado.
- Reparar las fugas detectadas en la línea de distribución de aire comprimido para optimizar el consumo de energía eléctrica.
- Adquirir un nuevo compresor, pues los equipos con tecnología actual son mucho más compactos y sobretodo eficientes, en consecuencia el consumo de energía eléctrica disminuirá.
- Implementar el filtro activo así como los bancos de capacitores propuestos pues esto implica un ahorro inmediato de energía eléctrica una vez colocados, ya que la energía consumida se convertirá en trabajo real y no sea desperdiciada, incurriendo en la disminución del pago de energía eléctrica.
- Capacitar a una persona que pueda mantener las condiciones operativas adecuadas del biodigestor, sobre todo para que la inversión que representa el generador no se vea afectada.